

# **MOSAICO DOURADO DO FEIJOEIRO: CRESCIMENTO DO HOSPEDEIRO, PROGRESSO DA DOENÇA E PRODUÇÃO**

**ANÉSIO BIANCHINI**

Engenheiro Agrônomo

**Orientador: Prof. Armando Bergamin Filho**

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

**PIRACICABA**

Estado de São Paulo - Brasil

Janeiro - 1998

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

Bianchini, Anésio

Mosaico dourado do feijoeiro: crescimento do hospedeiro, progresso da doença e produção / Anésio Bianchini. - - Piracicaba, 1998.

95 p. : il.

Tese (doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1998.  
Bibliografia.

1. Crescimento vegetal 2. Dano 3. Doença de planta 4. Mosaico-dourado-do-feijoeiro 5. Produção vegetal 6. Vírus de planta I. Título

CDD 635.652

# MOSAICO DOURADO DO FEIJOEIRO: CRESCIMENTO DO HOSPEDEIRO, PROGRESSO DA DOENÇA E PRODUÇÃO

ANÉSIO BIANCHINI

Aprovada em: 14/04/98

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Armando Bergamin Filho

ESALQ/USP

Dr. Celso Jamil Marur

IAPAR

Prof. Dr. Ivan Paulo Bedendo

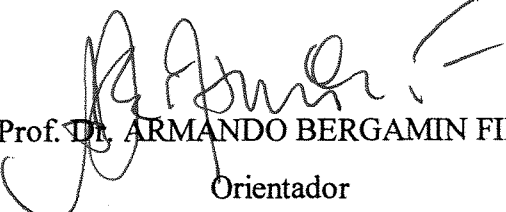
ESALQ/USP

Profª Drª. Lillian Amorim

ESALQ/USP

Prof. Dr. Marcelo Agenor Pavan

UNESP/FCA



Prof. Dr. ARMANDO BERGAMIN FILHO  
Orientador

À minha esposa, **Sílvia**,

*pela compreensão e conforto,*

Aos meus filhos **Eduardo e Carolina**

*pelo amor e alegria,*

Aos meus pais **Angelo** (in memoria) e **Santina**

*pelo caminho.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Deus por tudo e por todos.

Ao Professor Armando Bergamin Filho, pela orientação, incentivo e amizade.

À Professora LÍlian Amorim, pela colaboração apoio e sugestões.

Ao Professor Hiroshi Kimati, pelos ensinamentos, respeito e amizade durante minha vida acadêmica e profissional.

Aos Professores do Departamento de Fitopatologia da ESALQ, pelos ensinamentos apoio e amizade.

À Dra. LÍlian Maria Arruda Bacchi, pela apoio e cooperação nas análises e redação deste trabalho.

Aos colegas de pós-graduação e funcionários do Departamento de Fitopatologia da ESALQ, pelo convívio, cooperação e amizade.

Ao Técnico Agrícola, Paulo Domingos Faria, Técnico de Laboratório Jurandir Bussulo, e Terezinha K. K. Tame, aos funcionários, Inei R. Nogueira e Paulo G. Iziquiel do IAPAR, pelo apoio na condução dos experimentos.

Aos colegas e funcionários da Área de Proteção de Plantas do IAPAR, pela cooperação e amizade e especialmente ao Dr. Rui P. Leite, Hugo Y. Muramoto e Simira P. Muramoto pelo apoio na redação, e aos demais funcionários do IAPAR que de uma maneira ou outra colaboraram na realização deste trabalho.

Ao colega Dr. Celso Jamil Marur do IAPAR pela cooperação nos trabalhos relacionados a fotossíntese do feijoeiro.

Ao Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR e ao Departamento de Fitopatologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ/USP, pela oportunidade e estrutura concedida.

Ao CNPq e a Comunidade Econômica Européia - CEE pela concessão de auxílio financeiro.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	vii
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	xii
<b>RESUMO</b> .....	xiv
<b>SUMMARY</b> .....	xvi
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	01
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	04
2.1 Etiologia do BGMV .....	04
2.2 Aspectos epidemiológicos do BGMV.....	06
2.3 Sintomas induzidos pelo BGMV .....	09
2.4 Quantificação de danos causados por doenças .....	10
2.4.1. Avaliação de doenças .....	10
2.4.2. Métodos indiretos de avaliação de doenças.....	11
2.4.3. Modelos para estimativa de danos.....	12
2.4.4. Obtenção de dados para estimativa de danos .....	15
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	17
3.1 Instalação dos experimentos .....	17
3.2 Obtenção de dados .....	18
3.3 Análise de resultados .....	24
3.3.1. Avaliação de danos .....	24
3.3.2. Curva de incidência do mosaico dourado durante o ciclo do feijoeiro.....	25
<b>4. RESULTADOS</b> .....	27
4.1. Incidência do BGMV x épocas de cultivos.....	27
4.2. Época de plantio x índice de área foliar (LAI).....	29
4.3. Severidade da doença (AUDPCe e AUDPCm) x Produção.....	31
4.4. Danos na produção em função da época de infecção.....	35

4.5. Época de plantio e produção.....	40
4.6. Época de infecção x duração de área foliar (LAD) e absorção de área foliar sadia (HAA).....	40
4.7. Duração de área foliar (LAD) e produção.....	46
4.8. Absorção de área foliar sadia (HAA).....	56
4.9. Atividade fotossintética relacionada a severidade de mosaico dourado.....	62
4.10. Teor de clorofila em diferentes níveis de mosaico dourado.....	68
<b>5. DISCUSSÃO.....</b>	<b>71</b>
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>82</b>
<b>7. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>83</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA N°</b>	<b>Página</b>
01. Graus de severidade de sintomas de mosaico causados pelo vírus do mosaico dourado do feijoeiro (BGMV), -escala de 0 a 5 (0=sem sintomas).....	21
02. Graus de severidade de sintomas de encarquilhamento causados pelo vírus do mosaico dourado do feijoeiro (BGMV), escala de 0 a 5 (0=sem sintomas). 6=Cultivar Carioca, experimento de fevereiro de 1994; 7=cultivar Carioca (frente) e cultivar Iapar 57 (fundo) no experimento de março de 1994.....	22
03. Curvas de incidência do mosaico dourado no feijoeiro durante o ciclo da cultura nas cultivares Carioca e Iapar 57 e do índice de área foliar em seis épocas de plantio.....	28
04. Índice de área foliar (LAI) das cultivares Carioca e Iapar 57 em plantas sadias e infectadas, antes e depois dos 50 dias após o plantio, (DAP) em plantio de abril de 1993 e de março de 1995.....	30
05. Área sob a curva de progresso da doença de encarquilhamento (AUDPC-E) e de mosaico (AUDPC-M), causados pelo BGMV, e produção de grãos (peso por planta) nas cultivares Carioca e Iapar 57 em diferentes épocas de cultivo.....	32
06. Área sob a curva de progresso da doença de encarquilhamento (AUDPC-E) e mosaico (AUDPC-M), causados pelo BGMV, e	

produção de vagens por planta nas cultivares Carioca e Iapar 57 em diferentes épocas de cultivo.....	33
07. Porcentagem de redução da produção de grãos (peso) e número de vagens por planta nas cultivares Carioca e Iapar 57 em função da área sob a curva de progresso de encarquilhamento (AUDPC-E) e mosaico (AUDPC-M), causados pelo BGMV, em plantios realizados em abril de 1993 e março de 1995.....	36
08. Produção de plantas das cultivares Carioca e Iapar 57, infectadas em diferentes épocas (dias após plantio-DAP-I) pelo BGMV e de plantas sadias (100 DAP-I) em diferentes condições, plantios de março de 1993 e de março de 1995.....	38
09. Porcentagem de redução da produção de grãos (peso) e do número de vagens por planta das cultivares Carioca e Iapar 57, em função da idade da planta (dias após plantio-DAP-I) no momento da infecção pelo BGMV, em relação às plantas sadias (100 DAP-I) em plantios realizados em abril de 1993 e março de 1995.....	39
10. Produção de grãos por planta das cultivares Carioca e Iapar 57, em plantios sob incidência do BGMV (abr/93, fev/94, mar/94 e mar/95) e em plantios livres de vírus (ago/93 e set/94).....	41
11. Produção de vagens das cultivares Carioca e Iapar 57 em épocas de incidência do BGMV (abr/93, fev/94, mar/94 e mar/95) e épocas livres do vírus (ago/93 e set/94).....	42

12. Duração de área foliar (LAD) das cultivares Carioca e Iapar 57, em função da idade da planta (dias após plantio-DAP-I) no momento da infecção pelo BGMV (100 DAP-I=plantas saudas), em plantios realizados em abril de 1993 e março de 1995..... 44
13. Absorção de área foliar sadia (HAA) das cultivares Carioca e Iapar 57 em função da idade da planta (dias após plantio-DAP-I) no momento da infecção pelo BGMV (100 DAP-I=plantas saudas), em plantios realizados em abril de 1993 e março de 1995..... 45
14. Duração de área foliar (LAD) e produção de grãos das cultivares Carioca e Iapar 57 em épocas de plantio afetadas pelo BGMV fevereiro, março e abril, e em épocas livres do vírus, agosto e setembro..... 47
15. Duração de área foliar (LAD) e produção de vagens das cultivares Carioca e Iapar 57, em épocas de plantio afetadas pelo BGMV, fevereiro, março e abril, e em épocas livres do vírus, agosto e setembro..... 48
16. Duração de área foliar (LAD) e produção de grãos da cultivar Carioca, em plantas saudas e infectadas com o BGMV, antes e depois dos 50 dias após o plantio (DAP)..... 52
17. Duração de área foliar (LAD) e produção de vagens da cultivar Carioca, em plantas saudas e infectadas com o BGMV, antes e depois dos 50 dias após o plantio (DAP)..... 53

18. Duração de área foliar (LAD) e produção de grãos da cultivar Iapar 57, em plantas sadias e infectadas com o BGMV, antes e depois dos 50 dias após o plantio (DAP).....	54
19. Duração de área foliar (LAD) e produção de vagens da cultivar Iapar 57, em plantas sadias e infectadas com o BGMV, antes e depois dos 50 dias após o plantio (DAP).....	55
20. Absorção de área foliar sadia (HAA) e produção de grãos das cultivares Carioca e Iapar 57, em épocas de plantio afetadas pelo BGMV (abr/93, fev/94, mar/94, mar/95) e plantios livres do vírus (ago/93 e set/94).....	58
21. Absorção de área foliar sadia (HAA) e produção de vagens das cultivares Carioca e Iapar 57, em épocas de plantio afetadas pelo BGMV, (abr/93, fev/94, mar/94, mar/95) e plantios livres do vírus (ago/93 e set/94).....	59
22. Absorção de área foliar sadia (HAA) e produção de grãos da cultivar Carioca, em plantas sadias e infectadas com o BGMV, antes e depois dos 50 dias após o plantio (DAP).....	60
23. Absorção de área foliar sadia (HAA) e produção de vagens da cultivar Carioca, em plantas sadias, e infectadas com o BGMV, antes e depois dos 50 dias após o plantio (DAP).....	61
24. Absorção de área foliar sadia (HAA) e produção de grãos da cultivar Iapar 57, em plantas sadias e infectadas com o BGMV, antes e depois dos 50 dias após o plantio (DAP).....	63

25. Absorção de área foliar sadia (HAA) e produção de vagens da cultivar Iapar 57, em plantas sadias e infectadas com o BGMV, antes e depois dos 50 dias após o plantio (DAP)..... 64
26. Atividade fotossintética (assimilação de  $\text{CO}_2$ ) da cultivar Carioca, durante o período entre 7.00h e 18.00 h, em plantas sadias (TO) e com graus 2 (T2) e 4 (T4) de severidade de mosaico dourado..... 65
27. Atividade fotossintética (assimilação de  $\text{CO}_2/\text{h}$ ) em feijoeiro, cultivar Carioca, em plantas sem sintomas e com graus 2 e 4 de severidade de mosaico dourado..... 66
28. Variação diária (7:00h, 12:00h e 18:00h) e em 24 horas (entre 7:00h e 7:00h) dos teores de amido, açúcares totais e redutores, em folhas de plantas sem sintomas (TO), folhas com grau 2 de severidade de mosaico dourado (T2) e grau 4 (T4). Graus de severidade seguidos de letras iguais não diferiram pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade..... 67
29. Teores de clorofila em folhas de feijoeiro, cultivar Carioca, com diferentes graus de severidade de mosaico, causado pelo BGMV, em relação às folhas sem sintomas em dois experimentos (1 e 2). (A)=Teor de clorofila (mg) por  $\text{cm}^2$  de folha; (B)=Teor de clorofila por peso seco de tecido (mg/g)..... 69

## LISTA DE TABELAS

TABELA N <sup>o</sup>	Página
01. Escala descritiva de severidade de mosaico.....	19
02. Escala descritiva de severidade de encarquilhamento.....	20
03. Área sob a curva da porcentagem de plantas de feijoeiro infectadas com o vírus do mosaico dourado, cultivares Carioca e Iapar 57, em diferentes épocas de plantio, em Londrina, Paraná.....	29
04. Coeficientes angulares ( $\pm$ erro padrão) de regressão linear forçada à origem entre produção ( $\text{g/m}^2$ ) e duração de área foliar (Leaf Area Duration- LAD) das cultivares Carioca e Iapar 57, em experimentos afetados pelo mosaico dourado (abr/93, fev/94, mar/94 e abr/95) e experimentos livres da doença (ago/93, set/94) em Londrina, Paraná.....	50
05. Coeficientes angulares ( $\pm$ erro padrão) de regressão linear forçada à origem entre produção ( $\text{g/m}^2$ ) e duração de área foliar (Leaf Area Duration- LAD) de plantas sadias e infectadas pelo vírus do mosaico dourado, antes e depois dos 50 dias após o plantio, nas cultivares Carioca e Iapar 57, nos experimentos de abril de 93 e março de 1995 em Londrina, Paraná.....	50

06. Assimilação total de carbono (ATC) e exportação de assimilados, em  $\text{g CH}_2\text{O/m}^2$ , entre 7:00h e 18:00h (11h) e entre 7:00h e 7:00h (24h) em feijoeiro sem sintomas (T0) e com graus de severidade 2 (T2) e 4 (T4) (escala de 0 a 5) de mosaico dourado e respectivas porcentagens de redução, em Londrina, PR..... 68
07. Porcentagem de redução do teor de clorofila em feijoeiro, cultivar Carioca, infectado com o vírus do mosaico dourado, com diferentes graus de severidade de mosaico, comparado com plantas sem sintomas em dois experimentos (dois locais), Londrina, Paraná..... 70

## **MOSAICO DOURADO DO FEIJOEIRO: CRESCIMENTO DO HOSPEDEIRO, PROGRESSO DA DOENÇA E PRODUÇÃO**

Autor: ANÉSIO BIANCHINI

Orientador: PROF. ARMANDO BERGAMIN FILHO

### **RESUMO**

A área sob a curva do progresso da doença (AUDPC), índice de área foliar (LAI), duração de área foliar (LAD) e absorção de área foliar sadia (HAA) foram avaliados em plantas das cultivares Carioca e Iapar 57, naturalmente infectadas com o vírus do mosaico dourado do feijoeiro (BGMV). As avaliações foram realizadas em 100 plantas de cada cultivar, em campo em Londrina, PR, em seis experimentos em diferentes épocas. Semanalmente, estimou-se: a severidade de mosaico e de encarquilhamento com o uso de uma escala descritiva de 0 a 5 (0=ausência de sintoma e 5=grau máximo); e a largura máxima do folíolo central de cada folha para cálculo das variáveis de área foliar. Visando estimar a porcentagem doente da planta ( $X$ ) foram avaliados na cv. Carioca infectada com BGMV, o conteúdo de clorofila (através da absorbância em luz VIS-UV de 645nm e 663 nm, de suspensões de clorofila), a atividade fotossintética (através da assimilação de  $\text{CO}_2$  medido com uma câmara portátil de fotossíntese modelo LI-6200) e a exportação de assimilados (baseada na assimilação de  $\text{CH}_2\text{O}$  e na variação de açúcares).

Neste estudo, o máximo valor de  $X$  foi 0,5, baseado na redução de clorofila e assimilação de  $\text{CO}_2$ .

A média de incidência do BGMV variou entre 60 a 90% de plantas infectadas, entre os experimentos, com reduções médias na produção entre 80% e 90%, nas plantas da cv. Carioca infectadas antes dos 50 dias após plantio (DAP). As reduções no LAI, LAD e HAA também foram mais elevadas nas plantas infectadas até os 50 (DAP). A redução do teto de produção das plantas da cv. Carioca foi evidente, no entanto, devido à grande variação nos níveis de severidade mais baixos da doença, a relação com a AUDPC foi baixa. As relações LAD-produção e HAA-produção foram mais estreitas nas plantas sadias que plantas afetadas pelo BGMV. As inclinações das retas de regressão entre LAD-produção foram menores nos experimentos com alta incidência e severidade do mosaico, mas foram variáveis entre experimentos. As curvas das relações HAA-produção apresentaram um modelo mais próximo ao exponencial e uma menor variação nos seus padrões, entre os diferentes experimentos, que nas relações LAD e produção. Na cv. Iapar 57, com resistência ao vírus, houve baixa ou nenhuma influência do mosaico dourado no LAI e nas relações LAD e HAA com produção, mostrando assim que as variações destes fatores na cv. Carioca (suscetível) foram em função da virose.

O conteúdo de clorofila, a assimilação de  $\text{CO}_2$  e exportação de assimilados mostraram-se negativamente relacionados à severidade de mosaico. O conteúdo de clorofila teve uma redução de 56%, no grau 5 de severidade, em relação as plantas sadias, e a assimilação de  $\text{CO}_2$  e exportação de assimilados tiveram reduções de 33 e 79%, respectivamente, no grau 4 de severidade. Considerando que estas reduções são influenciadas pelas interações específicas vírus-hospedeiro e intensidade de luz, o uso dos parâmetros relacionados à fotossíntese, poderá otimizar o uso do modelo HAA para avaliação de danos do BGMV em diferentes condições de ambientes.

## **BEAN GOLDEN MOSAIC: HOST GROWTH, DISEASE PROGRESS AND YIELD**

Autor: ANÉSIO BIANCHINI

Orientador: PROF. ARMANDO BERGAMIN FILHO

### **SUMMARY**

The area under disease progress curve (AUDPC), the leaf area index (LAI), leaf area duration (LAD), healthy leaf area absorption (HAA), and yield of bean, cultivars Carioca and Iapar 57, were evaluated in plants, naturally infected by the bean golden mosaic virus (BGMV), in experiments in six crop seasons in Londrina, PR. Every week were evaluated the width of central leaflet of the leaves (to calculate the LAI, LAD and HAA) and the degree of severity of mosaic and plant malformation by using a 0 to 5 scale (0=without symptoms; 5=highest severity). Aiming to estimate the diseased percentage of the plants ( $X$ ), were evaluated in the cv. Carioca, the CO<sub>2</sub> assimilation, (with a portable infra-red gas analyser LI-6200), content of chlorophyll, (by absorbance at VIS-UV light at 645nm and 663nm), and assimilate export (by CH<sub>2</sub>O assimilation and the day sugar variation). In this study the maximum values of  $X$ , used to calculate the HAA was 0.5, based in the chlorophyll and CO<sub>2</sub> assimilation.

The BGMV incidence was variable among the experiments with means of 60 to 90% of infected plants, with reductions on yield higher than 80% in the plants of

the cv. Carioca infected before of 50 days after planting (DAP). The effects on the yield in the plants infected between 40 to 50 DAP were similar those infected at 20DAP. The reduction on LAI, LAD and HAA, also, was higher in the plants infected before of 50DAP than that infected after 50DAP and healthy plants.

The reduction by BGMV infection on the top of production of the plants was evident, therefore, due the large yield variation at the low disease severity, the relation AUDPC-yield was low in the most of experiments. The relations LAD-yield and HAA-yield in healthy plants were higher than in the infected plants. The slopes of regression lines between LAD-yield were lower in the experiments with higher incidence and in the plants with higher severity of golden mosaic, but they were variable among experiments. The regression lines HAA-yield showed a exponential tendency, whose model curves had a lower variation among the differents experiments and between infected and healthy plants, than the LAD-yield relationships. The cv. Iapar 57, with resistance to golden mosaic, had a low or any influence of the BGMV on the LAI and on the LAD-yield and HAA-yield relations. These results prove the influence of the virus on these factors on the susceptible cv. Carioca.

The chlorophyll contents, CO<sub>2</sub> assimilation, and assimilate export showed a negative relation with mosaic severity. The chlorophyll contents was reduced 56% at degree 5 of mosaic severity in relation to health plants, and CO<sub>2</sub> assimilation and assimilate export were reduced 34 and 79%, respectively, at degree 2 and 4 of mosaic severity. Considering these reductions are influenced by the specific interation virus-host and light intensity; the use of the parameters related to the photosynthesis, may adjust the model HAA for damage avaluation of the BGMV in bean to different conditions of environment.

## 1. INTRODUÇÃO

A doença causada pelo vírus do mosaico dourado do feijoeiro (Bean Golden Mosaic Virus - BGMV) descrita no Brasil por Costa (1965), tornou-se, a partir da década de setenta, a mais danosa doença para a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Incidências de BGMV, a níveis prejudiciais, foram constatadas inicialmente nos Estados do Paraná e São Paulo (Costa et al., 1973). Posteriormente, foi relatada sua ocorrência também nos Estados de Minas Gerais e Goiás (Costa, 1975). Atualmente, ocorre na maioria dos estados produtores de feijão do Brasil em condições de temperaturas elevadas, acima de 27°C. A doença constitui sério problema também em outros países da América Latina, como Argentina, México, República Dominicana, Guatemala e outros (Gálvez & Cardenas, 1980; Gálvez & Morales, 1989). Nos últimos anos, a virose tem sido constatada também na Flórida, sul dos Estados Unidos da América (Blair et al., 1995).

Nos Estados do Paraná e São Paulo, as altas incidências da virose ocorrem na safra da seca, plantios de janeiro a março (Costa et al., 1973; Bianchini et al., 1981). Este fato tem sido atribuído à migração da mosca branca (*Bemisia tabaci* Genn.) vetora do vírus, da soja para o feijoeiro (Costa et al., 1973). A incidência e a severidade da doença variam de acordo com as condições climáticas de cada ano. Os danos na produção, por sua vez, também são variáveis, dependendo da pressão de inóculo em cada região, estágio do desenvolvimento das plantas por ocasião da infecção e também das estirpes do vírus ocorrente. Porém, em condições propícias à ocorrência de altas populações da mosca branca, como no norte do Paraná, a incidência da virose tem sido

de 80 a 100% de plantas infectadas na maioria das lavouras, com danos na produção superiores a 80% em consequência da redução do peso e da qualidade de grãos (Bianchini et al., 1981; 1989). Nas regiões produtoras de feijão ao sul do Estado de São Paulo, a incidência de BGMV também tem atingido níveis acima de 90% de plantas infectadas (Caner et al., 1981).

Experimentos em condições de campo têm mostrado redução na produção de grãos, na cultivar Carioca, de 85% nas plantas infectadas com o BGMV até os 30 dias de idade, e 43% nas infecções tardias, na fase de frutificação (Almeida et al., 1984). As reduções no número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso específico de grãos foram de 65, 35 e 50%, respectivamente, nas plantas infectadas até os 30 dias de idade (Almeida et al., 1984). Em condições de casa de vegetação, nas infecções aos 15 dias da emergência das plantas, a redução na produção de grãos foi de 85%, e nas infecções aos 30 dias, as reduções caíram para 45% (Costa & Cupertino, 1976).

No Paraná, o mosaico dourado passou a ser fator limitante ao cultivo do feijão da seca desde a ocorrência da doença a níveis epidêmicos. Nas regiões norte, noroeste, centro oeste e sudoeste do Estado, o feijoeiro deixou de ser uma cultura economicamente viável ou recomendada oficialmente nesta época de plantio, em função dos danos causados por BGMV (Bianchini et al., 1989).

As variações que ocorrem na incidência e severidade da virose, nos diferentes anos e regiões, em função das condições climáticas, têm influenciado o estabelecimento de épocas de plantio, visando a evitar os picos de incidência da virose. Estas variações têm dificultado também as avaliações dos danos causados.

Os trabalhos relatados sobre avaliações de danos, realizadas em condições de campo, em sua maioria, tiveram como alvo principal as reduções de produção baseadas na porcentagem de plantas infectadas ou plantas infectadas em apenas duas épocas ou períodos de infecção. Não houve avaliação da produção em relação a severidade da doença quantificada no tempo ou durante o ciclo das plantas. Trabalho que considerou severidade da doença foi o realizado por Issa & Watanabe (1982). Neste caso, utilizou-se como variável de doença, proporções da planta afetada pela virose, ou

seja, planta inteiramente afetada, metade superior afetada e somente o ponteiro afetado. Estas proporções indiretamente representam diferentes estádios da planta por ocasião da infecção. Neste trabalho, a maior redução na produção de grãos foi de 42,8%, observada nas plantas inteiramente afetadas. Nas plantas apresentando a metade superior com mosaico, a redução na produção foi de 19,8% e nas plantas com mosaico apenas no seu ápice, a redução foi de 4,8%.

Um fator agravante desta doença é a dificuldade de desenvolvimento de medidas de controle eficientes. Devido às elevadas populações da mosca branca, nas regiões propícias à sua ocorrência, o controle da doença através do controle químico do vetor, tem sido inviável (Hohmann, 1982). Medidas de controle cultural como sistemas de cultivos intercalares, consorciados, épocas de plantio e zoneamento agrícola, têm sido avaliadas em várias regiões onde ocorre a virose no Brasil (Menten & Roston, 1980; Bianchini & Faria, 1987; Bianchini, 1988). Estas medidas, apesar de proporcionarem reduções significativas ou evitar maiores prejuízos com BGMV, não são possíveis de serem aplicadas em todas as situações, ou propiciar um controle satisfatório em condições de incidência elevada da virose.

No campo da resistência genética, somente após quinze anos de pesquisa surgiram os primeiros genótipos com níveis de resistência ou tolerância satisfatórios para uma produção viável, sob alta incidência da virose (Bianchini, 1988, 1990; Morales & Singh, 1993). No Brasil, cultivares com resistência ao vírus vêm sendo recomendadas em algumas regiões do Paraná e do Brasil Central (Iapar, 1992; Bianchini, 1993; Faria, 1994).

O presente trabalho teve como objetivos: correlacionar a curva de incidência do vírus do mosaico dourado do feijoeiro (BGMV) com a curva de crescimento do feijoeiro, avaliar métodos de quantificação da doença causada pelo BGMV e comparar métodos de quantificação de danos para este patossistema.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Etiologia do BGMV

O vírus do mosaico dourado do feijoeiro (Bean Golden Mosaic Virus - BGMV) é transmitido pela mosca branca (*Bemisia tabaci* Genn.) e pertence ao gênero subgroup III Geminivirus, da família *Geminiviridae*. É constituído de partículas icosaédricas geminadas medindo 30 x 19nm (Gálvez & Castaño, 1976). O genoma da maioria do subgroup III é bipartido, com dois componentes (A e B) de ácido nucléico do tipo DNA circular de fita simples de 2,6 a 2,8 kb cada, dividido nas duas unidades da partícula que compõem o vírion. As duas moléculas de DNA são diferentes em sua seqüência de nucleotídeos e ambas são necessárias para que a partícula seja infectiva (Haber et al., 1981; Stanley, 1985; Gilbertson et al., 1993).

O vírus que ocorre em alguns países da América Central, Colômbia e Flórida, nos EUA, embora induza doença semelhante ao mosaico dourado do Brasil e receba a mesma denominação, possui algumas características patogênicas e genéticas diferentes. Aquele vírus pode ser transmitido mecanicamente entre plantas de feijoeiro, através de fricção com macerado foliar, enquanto o BGMV do Brasil não pode ser transmitido por este método (Costa, 1965; Figueira, 1980). O padrão de reação de genótipos de feijoeiro também apresenta diferenças quando infectados com vírus das diferentes origens. A similaridade de seqüência de nucleotídeos entre os isolados do BGMV da Guatemala, Porto Rico e República Dominicana é maior que 95%, enquanto que a similaridade de isolados de BGMV do Brasil com aqueles vírus é de 75% (Faria et

al., 1990; Gilbertson et al., 1990). Por essa razão, foram classificados como geminivirus do tipo I (BGMV do Brasil) e do tipo II (BGMV da Guatemala, R. Dominicana e P. Rico)(Gilbertson et al., 1993). Isolados de BGMV do Brasil têm maior similaridade genética com o vírus do mosaico dourado do tomateiro (Tomato Golden Mosaic Virus - TGMV) do Brasil. Isto sugere que o BGMV brasileiro e o TGMV tenham a mesma origem, diferente daquela do BGMV dos outros países citados acima (Costa & Kitajima, 1974).

A longevidade de BGMV “in vitro” é de 48 horas à temperatura ambiente, seu ponto de inativação térmica está entre 50 a 55°C (10 min.) e seu ponto final de diluição é de  $10^{-1}$  a  $10^{-2}$  (Gálvez & Castaño, 1976).

O BGMV não é transmitido através da semente do feijoeiro. A introdução e disseminação na lavoura dão-se exclusivamente pela mosca branca a qual transmite o vírus com muita eficiência. O inseto pode adquirir o vírus em poucos minutos. No entanto, para haver transmissão eficiente, é necessário um período mais longo. Um período mínimo de 3 horas é necessário para haver 20% de sucesso na aquisição do vírus e um período de 6 horas de alimentação, para haver 100% de transmissão (Gamez, 1971). Em geral, após a obtenção do vírus, o inseto pode transmiti-lo durante alguns dias ou várias semanas. As fêmeas transmitem o vírus com maior eficiência que os machos (Costa, 1976a).

A relação vírus-vetor, em alguns casos, é descrita como persistente, em outros, como semi-persistente (Costa, 1976a; Bird, 1981). Não há indicação de transmissão transovariana. A maior concentração de vírus na planta ocorre logo após o aparecimento dos sintomas, 8 a 12 dias após a infecção. Se a infecção ocorreu na fase inicial do desenvolvimento das plantas (até 5 dias após a emergência), embora possam ser observados sintomas intensos de mosaico na sua fase adulta (entre 40 e 50 dias após a emergência) a concentração de vírus nesta fase pode ser menor que a observada entre 11 e 17 dias após a emergência (Shock & Goodman, 1981).

## 2.2. Aspectos epidemiológicos do BGMV

A disseminação de BGMV em condições naturais depende exclusivamente do vetor, por isso sua incidência a níveis prejudiciais é resultante do aumento populacional de mosca branca portadora do vírus. Até fins da década de sessenta, a incidência da mosca branca era muito baixa, sendo observada com maior frequência na cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.) e em algumas espécies da vegetação espontânea. Em 1968, ocorreu o primeiro grande surto de mosca branca nos municípios de Santa Isabel e Monte Castelo, norte do Paraná, no algodoeiro (Costa et al., 1973). Em 1973 ocorreu o segundo grande surto, com populações extremamente elevadas, nunca antes observadas no Brasil, desta vez, nas culturas da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), feijão, algodão e girassol (*Helianthus annuus* L.). Este surto estendeu-se desde Maringá, no Paraná, até o sul de São Paulo, principalmente na região de Ourinhos (Costa et al., 1973). A partir deste ano, os níveis populacionais da mosca branca, apesar de variar a cada ano, mantiveram-se sempre mais elevados que nos anos anteriores a 1968.

A incidência do mosaico dourado também atingiu níveis elevados em 1973 (Costa et al., 1973) causando, pela primeira vez, danos na produção. A doença, à semelhança do vetor, também manteve-se elevada nos anos seguintes, com pequenas variações a cada ano e na abrangência geográfica, mas sempre a níveis prejudiciais à cultura. Um surto de mosca branca parecido com o de 1973, aconteceu novamente no Paraná em 1984. Foi observado, nesse ano na região de Londrina, uma incidência média de 520 insetos (ovos + ninfas) por 10 cm<sup>2</sup> de folha, na cv. Carioca, enquanto em 1983, foi observado em média 12,5 insetos por 10 cm<sup>2</sup> (Bianchini, 1988). Em 1984 a virose atingiu quase todas as regiões produtoras do Estado. Houve incidências acima de 80% de plantas infectadas na região centro sul, nunca antes afetada pelo BGMV, ficando isentas do vírus, somente o extremo sul e o sudeste. Nas lavouras que ainda persistiam na região norte do Estado, a média de incidência foi de 93% (Bianchini et al., 1989).

Nos campos experimentais de Londrina a incidência do BGMV foi de 100% de plantas infectadas, com perdas também dessa ordem. Os surtos repentinos da

mosca branca foram atribuídos às condições climáticas favoráveis e à expansão da cultura da soja, hospedeira do inseto (Costa et al., 1973). No Paraná, a expansão da cultura da soja também favoreceu o aumento da população de plantas do amendoim bravo (*Euphorbia* sp.) a qual também é uma ótima hospedeira da mosca branca. Esta erva passou a predominar as áreas ocupadas pela soja após sua colheita. As densas populações de plantas de amendoim bravo têm possibilitado a manutenção de altas populações da mosca branca após a soja, agravando ainda mais o problema da disseminação de BGMV no feijoeiro. Outras ervas da vegetação espontânea como as guanxumas, malváceas do gênero *Sida*, e o rubim (*Leonurus sibiricus*) são espécies também de presença constante nas proximidades das lavouras de feijão e que contribuem com a multiplicação da mosca branca.

Com relação à influência climática, temperaturas acima de 28°C são favoráveis à multiplicação da mosca branca. Nestas condições o inseto pode completar seu ciclo em 16 dias, enquanto que a 20°C o ciclo aumenta para 29 dias, além de diminuir a taxa de postura (Carvalho, 1987). Maior eficiência na multiplicação e transmissão do BGMV também ocorre à temperaturas acima de 25°C (Gálvez & Cardenas 1980; Aozaki et al., 1989). Levantamentos da ocorrência da virose no Paraná, no período de 1981 a 1987, também mostraram que as variações na incidência da virose tiveram uma maior relação com as variações climáticas que com as variações na população de hospedeiros da mosca branca entre os diferentes anos (Bianchini & Faria, 1987).

As maiores incidências, do vetor e da virose, têm coincidido com anos de verão com temperaturas mais elevadas e menos chuvosos, com picos de incidência e severidade nos meses de fevereiro e março (Bianchini, et al., 1989). Por outro lado, o início da epidemia de mosaico dourado no Paraná, não só coincidiu com o aumento da área cultivada com soja, mas também com a extinção das lavouras cafeeiras, das pequenas áreas de pastagens e das pequenas roças de culturas diversas. Isto tem propiciado mudanças microclimáticas e ecológicas, as quais também contribuíram para o desenvolvimento da mosca branca. Os cultivos intercalados a lavouras cafeeiras mostraram estes efeitos. Nestas condições, tem-se observado reduções de até 80% na

incidência da virose com relação às lavouras solteiras (cultivo único), com uma média de redução de 50%, nas diferentes safras, lavouras e regiões. Nos feijoeiros intercalados ou consorciados com milho, as maiores reduções foram de 45%, com média de 33% (Bianchini, 1988; Bianchini, et al., 1989).

Nos cultivos entre barreiras de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.), sob níveis populacionais de mosca branca comumente observado no norte do Paraná, nas diferentes safras (menos de 20 insetos, ovos + ninfas /10 cm<sup>2</sup> de folha), a redução na incidência da virose com relação ao cultivo único foi de 85%. Sob níveis excepcionalmente elevados da mosca branca (520 insetos/10 cm<sup>2</sup> de folha), a redução na incidência da virose com cultivo entre barreiras de sorgo foi de 8% (Bianchini, 1988; Bianchini et al., 1989).

Nos cultivos intercalares, devido à disseminação mais lenta do vírus, a severidade da doença também foi menor que nas lavouras solteiras. Em condições experimentais, em Londrina, PR, as reduções de mosca branca foram de 70, 40, 50 e 77% para os cultivos de feijoeiro intercalares a café sombreado, café, milho e sorgo, respectivamente (Carvalho, 1988).

O vírus pode ser introduzido em uma lavoura proveniente de outras lavouras de feijoeiro ou de hospedeiras da vegetação espontânea. Várias espécies de leguminosas são suscetíveis ao vírus em condições naturais, *Phaseolus lunatus* L. (feijão-de-lima), *P. longepedunculatus* Mart. e *Macroptilium erythroloma* Mart. ex. Benth. (Costa, 1976b; Chagas et al., 1981; Costa, 1987). Calopogônio (*Calopogonium mucunoides* Desv.) é relatada como hospedeira de BGMV em alguns países na América Central (Costa, 1976b). Hospedeira comumente encontrada na vegetação espontânea, com sintomas de mosaico dourado que pode ser um dos principais reservatórios do vírus é o feijão-de-lima. Outras espécies, não conhecidas como hospedeiras de BGMV, devem estar servindo como reservatório ou fonte deste vírus, isto porque, nas regiões e épocas onde as condições são favoráveis à ocorrência da virose, sua incidência no feijoeiro é alta e rápida, independentemente da ocorrência das espécies hospedeiras mencionadas nas proximidades dessas lavouras ou na região. As espécies da vegetação espontânea mais

freqüentes, com população mais elevada e com sintomas de viroses, são as ervas daninhas amendoim bravo (*Euphorbia spp* Jacq.), as guanxumas (*Sida spp.*) e rubim (*Leomurus sibiricus*). Estas espécies têm servido como hospedeiras da mosca branca mas não há constatação de transmissão de BGMV destas para o feijoeiro.

### **2.3. Sintomas induzidos por BGMV**

O BGMV induz diferentes tipos de sintomas no feijoeiro com diferentes graus de severidade: mosaico, encarquilhamento das folhas, redução do crescimento da planta e superbrotamento (Mohan et al., 1983). O mosaico é caracterizado por um salpicamento amarelo que se inicia com clareamento ou clorose das nervuras podendo, posteriormente, tomar todo o limbo foliar. A intensidade e tipos de sintomas podem variar de acordo com a variedade de feijoeiro e isolados ou estirpes do vírus. Isolados de BGMV além de induzir diferentes graus de severidade, também podem induzir o sintoma de superbrotamento (Nardo & Costa, 1986; Costa, 1987). A infecção das plantas em diferentes estádios do seu desenvolvimento e a pressão de inóculo são também responsáveis pela maior ou menor severidade dos sintomas. Existem variedades que reagem predominantemente com mosaico e outras com encarquilhamento. Existem também variedades que apresentam todos os tipos de sintomas, ou seja, plantas somente com mosaico, plantas com predominância de encarquilhamento e plantas com os dois tipos. Quando o sintoma predominante é o mosaico, a redução no desenvolvimento é menos acentuada que no caso do encarquilhamento.

O superbrotamento caracteriza-se por um excesso de brotações axilares, nanismo severo, folhas miúdas e malformadas. Tem sido observado com freqüência no norte do Paraná em algumas cultivares como Carioca, Aeté 1/38 e outras do mesmo grupo. Este tipo de sintoma tem sido atribuído, em sua maioria, à infecção mista do BGMV com outro vírus do mesmo grupo (Mohan et al., 1983). Conforme relato de Costa (1987), sintomas de superbrotamento podem ser induzidos por alguns isolados de BGMV, pelo vírus do mosaico anão (VMA) do feijoeiro, também denominado como

vírus do mosaico do abutylon, e pela infecção mista de BGMV com vírus isométricos dos gêneros *Comovirus* e *Sobemovirus* (Costa, 1983a; Costa, 1987). Superbrotamento também pode ser causado por infecção mista de BGMV com VMA. Porém, esta combinação é rara. Quando ocorre, pode haver supressão de VMA por BGMV, o sintoma de mosaico passa a predominar e o superbrotamento pode desaparecer (Costa, 1983b).

## **2.4. Quantificação de danos causados por doenças**

### **2.4.1. Avaliação de doenças**

A quantificação da intensidade de doença tem papel preponderante nos estudos de fitopatologia, tão importante quanto a diagnose. Sem o conhecimento da intensidade de doença não seriam possíveis os estudos de epidemiologia e suas aplicações (Kranz, 1988). As quantificações de doenças têm sido baseadas na sua incidência, porcentagem de plantas ou partes de plantas doentes em uma população, e na severidade, porcentagem da área ou do volume de tecidos cobertos por sintomas em uma planta (James, 1974; Kranz, 1988).

Incidência é utilizada principalmente para doenças que afetam a planta inteira, como murchas vasculares e algumas viroses. Doenças dessa natureza causam morte da planta ou causam danos que inviabilizam totalmente sua produção. Para avaliação de severidade de doenças existem vários métodos: escalas ou chaves descritivas; escalas diagramáticas e análises de imagem (James, 1974; James & Teng, 1979; Gaunt, 1987; Kranz, 1988).

Chaves descritivas consistem de escalas arbitrárias com valores que representam diferentes níveis de severidade de uma determinada doença. Cada valor ou número da escala deve receber descrições apropriadas no sentido de definir a magnitude ou abrangência de cada um deles. Este método tem sido empregado para avaliação de doenças sistêmicas, como as causadas por vírus, onde dificilmente pode-se avaliar ou medir a extensão ou área afetada da planta.

As escalas diagramáticas, devido a sua maior facilidade de uso, rapidez e menor custo, têm sido um dos métodos mais utilizados (Amorim & Bergamin Filho, 1991). Este método é muito usado para avaliação de doenças fúngicas e bacterianas que causam lesões cujas áreas afetadas podem ser medidas ou mapeadas. Com os dados destas áreas, elaboram-se diagramas ou “mapas” de folhas correspondentes às diferentes porcentagens de área afetada. Para elaboração da escala tem-se que respeitar o grau máximo que a doença normalmente atinge nas melhores condições (Amorim, 1995). Os diagramas ou mapas servirão de referência para avaliação no campo, comparando-se visualmente, as áreas afetadas da planta com as escalas de áreas afetadas do diagrama ou mapa.

Análise de imagem, consiste na obtenção da imagem de uma área doente ou sadia com câmera de vídeo. Esta imagem é transferida para o microcomputador o qual avalia a área doente e sadia. A precisão deste tipo de avaliação é muito elevada, sendo muito eficaz para análise de folhas individualizadas e cujos tecidos lesionados são bem contrastados com tecidos sadios (Amorim, 1995).

#### **2.4.2. Métodos indiretos de avaliação de doenças**

Conforme descritos por Amorim (1995), os métodos indiretos têm as seguintes características e aplicações: consistem na determinação da população do patógeno em vez da avaliação dos sintomas. São utilizados nas avaliações de doenças cujos sintomas observados na planta envolvem apenas redução de vigor, diminuição de produção e enfezamento. Sintomas desta natureza são muito comuns nas doenças causadas por vírus e nematóides. As avaliações de vírus podem ser feitas por técnicas de diagnose como indexação em plantas indicadoras ou técnicas serológicas. Uma das técnicas serológicas utilizadas com este objetivo é o teste imuno-enzimático conhecido por ELISA. Para avaliação de população de nematóides patogênicos, são utilizadas técnicas específicas que consistem na amostragem de solos e raízes, extração e contagem dos indivíduos.

Medições de população patogênica podem ser usadas também para avaliar a distribuição espacial de doenças causadas por fungos cujos esporos são disseminados pelo ar. A quantidade de esporos é medida com o auxílio de diferentes tipos de armadilhas distribuídas em posições estratégicas no campo (Amorim, 1995).

### **2.4.3. Modelos para estimativa de danos**

As decisões sobre a conveniência de controle de uma doença, quanto e de que forma investir, dependem do conhecimento dos danos causados pela doença. A falta de dados confiáveis, quantitativos, a respeito dos danos causados pelos patógenos tem sido um dos maiores problemas neste aspecto. Vários tipos de modelos têm sido empregados para relacionar danos com doenças: modelo de ponto crítico, modelo de múltiplos pontos, modelos integrais, de superfície de resposta e sincológicos (Teng & Johnson, 1988). Conforme Bergamin Filho (1995), os modelos são caracterizados ou definidos das seguintes formas: no modelo de ponto crítico, para muitas doenças, é possível identificar um determinado estágio de desenvolvimento do hospedeiro no qual a intensidade de doença presente está altamente correlacionada com o dano futuro. Portanto, uma só variável independente reflete, com maior ou menor exatidão, toda a epidemia. Sua maior limitação é que tanto a taxa de infecção "r", como a forma da curva de progresso, não são consideradas para determinação de danos (James, 1974). Este modelo pode ser usado para estimar danos causados por epidemias de curta duração com taxa aparente de infecção relativamente estável (Teng, 1985). É útil para doenças que ocorrem preferencialmente no fim do ciclo.

O modelo de múltiplos pontos relaciona dano com variáveis derivadas de avaliações sucessivas do progresso da doença durante o ciclo do desenvolvimento do hospedeiro. Estas variáveis podem ser tanto os incrementos de doença entre períodos consecutivos ou a severidade da doença em estágios de desenvolvimento determinados (Teng, 1985). Este modelo é mais adequado para epidemias com taxas de infecção variáveis, formas variáveis das curvas de progresso da doença e longos períodos para formar os componentes de produção (James, 1974).

O modelo integral relaciona danos com alguma variável que represente a totalidade de uma epidemia, como por exemplo, a área sob a curva de progresso da doença (area under disease progress curve - AUDPC), ou seja, integrais ou soma das severidades da doença em determinados períodos do crescimento do hospedeiro (Teng, 1985).

Modelo de superfície de resposta relaciona danos com duas variáveis, usualmente severidade da doença e estágio de desenvolvimento do hospedeiro. Modelo sinecológico relaciona danos com múltiplos fatores limitantes da produção, bióticos ou abióticos (Teng, 1985). Neste modelo são levantados dados sobre diferentes organismos nocivos que afetam concomitantemente o hospedeiro. Neste caso, o número de dados é muito mais elevado que nos modelos anteriores. Isto deve-se à necessidade de obter-se diversos níveis de intensidade de ataque para cada um dos diferentes organismos nocivos considerados.

Apesar dos modelos desenvolvidos e estudos intensivos sobre avaliação de danos causados por doenças nos últimos anos, há poucos dados confiáveis que permitam relacionar níveis de danos com níveis de doença (Madden, 1983). Segundo Waggoner & Berger (1987) a lógica da relação severidade de doença e danos causados é incerta. Lembrem que, a severidade da doença, considerada isoladamente, tem efeito diferente caso ocorra precoce ou tardiamente numa plantação, ou porque, a desfolha ou a área foliar não são consideradas. Lembrem ainda, os autores, que a produção ou a matéria seca de uma planta é função, em grande parte, da fotossíntese que ocorre nas folhas. Watson (1947) encontrou alta correlação entre produção e índice de área foliar (Leaf Area Index - LAI), relação entre metros quadrados de área foliar por metros quadrados de solo. Encontrou também, relação entre a produção e a duração de área foliar (Leaf Area Duration - LAD), definida como a integral do índice de área foliar em função do tempo.

Com a introdução do parâmetro área foliar para avaliar produção e do conceito de que a fotossíntese está mais relacionada com absorção da radiação solar pelas folhas do que com a área foliar, ou mesmo, com o índice de área foliar (Montieth, 1981;

Charles-Edwards, 1982), surgiram novas variáveis que promovem maior correlação com a produção que a duração de área foliar (LAD). Entre estas, foi proposta a duração da área foliar sadia (Healthy Area Duration - HAD), a qual é resultante da integração do índice de área foliar sadio durante o período de crescimento do hospedeiro (Waggoner & Berger, 1987). Esta variável estabelece uma relação entre a curva de progresso da doença e crescimento da planta. Considerando ainda que a energia absorvida pelas folhas, durante o ciclo da planta, é que determina a produção, Waggoner & Berger (1987) propuseram a variável absorção de área foliar sadia (Healthy Area Absortion - HAA) a qual também é uma integral da radiação solar absorvida pela área foliar sadia.

Estes novos modelos abriram novas perspectivas na compreensão das relações entre doenças e danos na produção. Porém, uma maior utilização destes métodos não tem acontecido devido à necessidade de obtenção de área foliar real para determinação do HAD ou HAA. Isto torna a obtenção de dados muito mais trabalhosa que na determinação da intensidade de doença que é uma medida relativa, estimada geralmente com o auxílio de escalas diagramáticas (Madden 1983; Campbell & Madden, 1990). Na prática no campo, a dificuldade ainda é maior e tem impedido o uso de HAD e HAA em sistemas integrados de manejo de doenças (Lopes et al., 1994).

No caso de doenças causadas por vírus ou qualquer doença de natureza sistêmica, as dificuldades de se utilizar os modelos HAD ou HAA são ainda maiores face às dificuldades ou impossibilidades de se quantificar tecido sadio e tecido doente através da área foliar. Para o mosaico dourado do feijoeiro, por exemplo, a severidade da doença tem sido estabelecida com escalas descritivas que levam em consideração avaliações subjetivas do nível de mosaico, uma vez que é muito difícil ou impossível estimar a área verde e a área amarela das plantas doentes visualmente.

Os sintomas de doenças causadas por vírus são resultantes, principalmente, de alterações nos processos fisiológicos e bioquímicos das plantas. Decréscimo da fotossíntese (associado à redução de cloroplastos e ribossomos), aumento na taxa de respiração, aumento da atividade de enzimas e decréscimo ou aumento de

atividades hormonais são efeitos que as plantas infectadas por vírus podem sofrer (Matthews, 1991).

Sintomas causados por muitos vírus, principalmente os do tipo de mosaico ou cloroses, são decorrentes do efeito do vírus na síntese de clorofila e redução, alterações ou destruição de cloroplastos (Bedbrook & Matthews, 1972; 1973; Magyarosy et al., 1973; Kitajima & Costa 1974; Goodman et al., 1986). Decréscimo da fotossíntese associado à redução de clorofila também tem sido observado em várias interações específicas vírus-hospedeira (Platt et al., 1979; Balachandran et al., 1994). Portanto, a possibilidade de quantificação destes processos fisiológicos e bioquímicos, relacionados às infecções por vírus, vislumbram a possibilidade de quantificação da severidade de doenças desta natureza e o estabelecimento de uma função de danos para este sistema fitopatológico associada aos modelos HAD ou HAA.

Uma alternativa para superar as dificuldades de viabilização de HAD ou HAA, inclusive para doenças de natureza virótica ou sistêmicas, é o emprego da técnica do sensoriamento remoto. Esta técnica faz uso de radiômetros de múltiplo espectro para medir a refletância das folhagens e avaliar a sanidade das culturas (Jackson, 1986; Carlsson & Nilsson, 1993).

#### **2.4.4. Obtenção de dados para estimativa de danos**

A avaliação de danos em condições de campo pode ser feita em parcelas experimentais ou parcelas pareadas ou em plantas individuais. Parcelas experimentais pareadas é o emprego de parcelas controle, sem doença, ao lado da parcela com doença (Chiarappa, 1971). Estas podem ser utilizadas nos casos em que há possibilidade de obter-se parcelas sadias ao lado ou na mesma condição das parcelas infectadas, como no caso de doenças fúngicas possíveis de ser controladas com fungicidas. Este método pode também ser usado quando se deseja obter diferentes níveis de doença com inoculações artificiais, conhecido como experimento de tratamentos múltiplos (Shane & Teng, 1987).

O método de plantas individuais consiste na marcação de plantas em um campo experimental ou lavoura comercial. As plantas são avaliadas individualmente e os

dados são analisados através de regressão (Shane & Teng, 1987). Com este método há possibilidade de obter-se diferentes níveis de severidade, diferentes épocas de infecção e plantas sadias. É bastante útil nas avaliações de doenças onde não há possibilidade de se obter parcelas sadias nas mesmas condições de parcelas doentes.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Instalação dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos em condições de campo em Londrina, PR. Foram instalados experimentos em épocas de ocorrência do BGMV, plantios em abril de 1993, fevereiro e março de 1994 e março de 1995, e em épocas livres do vírus, plantios de agosto de 1993 e setembro de 1994. As unidades de avaliação foram plantas individuais as quais foram marcadas ao acaso no campo experimental. As avaliações foram feitas em duas cultivares, sendo uma delas suscetível ao vírus e mais comumente plantada no Estado, cultivar Carioca, e uma outra com resistência ao BGMV, cultivar Iapar 57 (Bianchini, 1994). O campo experimental foi constituído de uma área de 200 m<sup>2</sup> para cada cultivar. O sistema de plantio foi o normalmente recomendado para feijoeiro, com espaçamento de 0,5 m entre linhas e densidade de 10 a 13 plantas por metro linear (20 a 26 plantas por m<sup>2</sup>) no final do ciclo.

A adubação de base foi igual à recomendada para o local, 300 kg/ha da fórmula 4-30-10. A adubação de cobertura foi de 200 kg/ha de sulfato de amônio, aplicados aos 20 ou 25 dias após a emergência. O controle de pragas em geral foi realizado com aplicações de inseticidas a base de Parathion Metílico, para o controle de pragas iniciais, e Hostathion ou Vertimec para controle de outras pragas mais tardias como cigarrinhas verdes, percevejos e ácaros. As doenças fúngicas, foram controladas com fungicidas a base de Hidróxido de Trifenil Estanho e/ou Tebuconazole.

### 3.2. Obtenção de dados

Para cada cultivar foram marcadas 100 plantas com fitas coloridas e numeradas. Em cada planta foram avaliadas, semanalmente, a área foliar (AF), o grau de severidade dos sintomas causados pelo BGMV e a produção.

A área foliar da planta foi estimada pelo método de Iamauti (1995). Para isso foi medida, com o auxílio de uma régua, a maior largura do folíolo central (LFC) de cada folha. Com este dado calculou-se a área total da folha (AF) através da equação:

$$AF = 2.137094 * [(LFC)^{1.96418}] - 2.701269, \quad (1)$$

As medições foram realizadas a partir da primeira folha trifoliolada desenvolvida, em intervalos de 7 a 10 dias, até a senescência ou maturação fisiológica da planta.

A cada medição da largura dos folíolos, foram também avaliadas a severidade do mosaico (intensidade do amarelo) e severidade de encarquilhamento (deformação e redução do tamanho das folhas e da planta). Os graus de severidade foram estimados através de escalas descritivas. As definições e magnitudes dos diferentes graus estão descritas nas Tabelas 1 e 2 e ilustradas na Figuras 1 e 2. Com os graus de severidade de doença calculou-se a área sob a curva de severidade de mosaico (AUDPC-M) e a área sob a curva de severidade de encarquilhamento (AUDPC-E) em todos os plantios onde a doença ocorreu. A AUDPC foi calculada através da equação:

$$AUDPC = LAD = \sum_{i=1}^{n0-1} [(D_i + D_{i+1}) / 2 * (t_{i+1} - t_i)], \quad (2)$$

onde  $(D_i + D_{i+1})/2$  é a média de severidade da doença no período entre uma avaliação e outra e  $(t_{i+1} - t_i)$  é o número de dias entre uma avaliação e outra.

Para fins comparativos, os valores de AUDPC foram normalizados, dividindo-se a área sob a curva pela duração de cada epidemia (dias).

Diante das dificuldades de quantificar a severidade causada pelo vírus do mosaico

**Tabela 1.** Escala descritiva de severidade do sintoma de mosaico

---

**0** - Ausência de sintomas.

**1** - Sintomas iniciais como clareamento ou clorose das nervuras das folhas jovens, ou leve clorose nas demais folhas sem dano aparente na planta.

**2** - Sintomas evidentes do mosaico dourado com manchas amarelo-cloróticas dispersas no limbo foliar numa área bem menor que a área verde (aparentemente numa proporção menor que 20% em até cerca de 50% das folhas).

**3** - Sintomas de salpicamento amarelo vivo distribuído por todo o limbo foliar intercalando a área verde que ainda é maior ou igual a amarela (aparentemente 40 a 50% de área amarela em no mínimo metade das folhas).

**4** - Sintomas de salpicamento amarelo intenso distribuído por todo o limbo foliar com coalescimento de manchas amarelas, mas ainda com áreas verdes intercaladas, neste caso, bem menor que a área amarela (aparentemente, acima de 60% de área amarela em no mínimo dois terços das folhas).

**5** - Sintomas de amarelo intenso tomando praticamente todo o limbo foliar, não se distinguindo mais as manchas amarelas na maior parte da folha, com áreas verdes restritas às nervuras maiores, ou amarelo total (menor que 5% de área verde ou 100% da área foliar amarela em três quartos das folhas ou mais).

---

\* Graus intermediários entre os descritos também foram considerados, ou seja, graus iguais a 0,5; 1,5; 2,5; 3,5 e 4,5.

**Tabela 2.** Escala descritiva de severidade de encarquilhamento

---

\*0- Ausência de sintomas.

1 - Leve redução no desenvolvimento das folhas mais novas sem danos aparentes, ou sintomas iniciais nos trifolíolos apicais.

2 - Deformações ou curvamento perceptíveis dos folíolos, no terço superior da planta com uma redução aparente em torno de 20% do tamanho destes, e também com certo encurtamento da guia apical.

3 - Encarquilhamento acentuado em mais da metade das folhas com redução aparente de 40 a 50% no seu tamanho, e uma redução aparente em torno de um terço no tamanho da planta.

4 - Encarquilhamento severo ou malformação da maioria das folhas (60% ou mais) com tamanho de 1 a 3 centímetros de diâmetro. Redução do tamanho da planta e ou de seu volume numa proporção aparente em torno de 50%. Ocorrência de brotações axilares também com folhas deformadas e pequenas com aspecto de superbrotamento.

5 - Mais de 80% ou todas as folhas são malformadas, com tamanho diminuto, com cerca de um centímetro ou menos. As plantas têm seu tamanho ou volume drasticamente reduzido, em torno de um quarto do seu tamanho normal. Apresenta brotações axilares tipo superbrotamento. Dificilmente há produção de vagens.

---

\* Graus intermediários entre os descritos também foram considerados, ou seja, graus iguais a 0,5; 1,5; 2,5; 3,5 e 4,5.

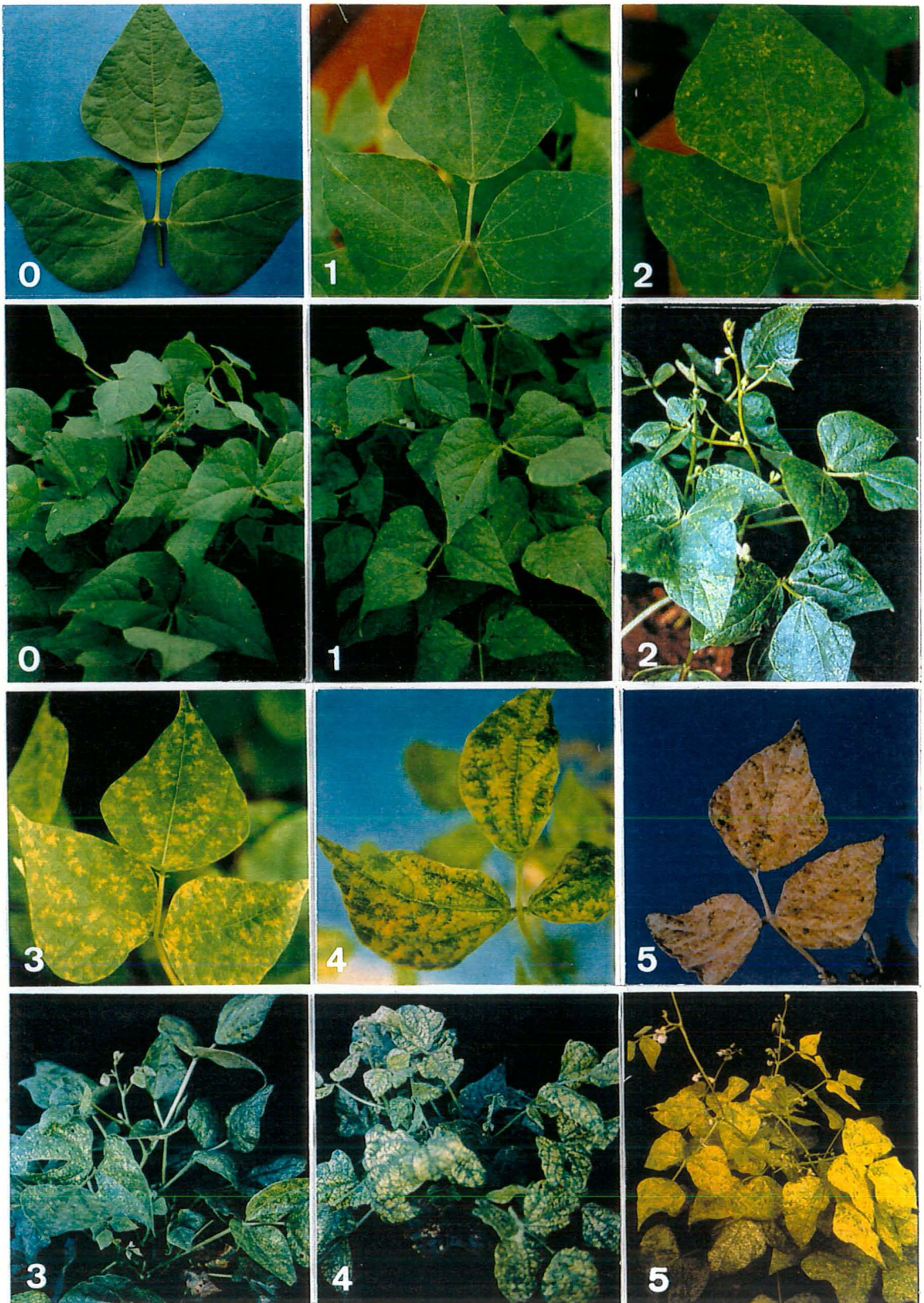


Figura 1. Graus de severidade de sintomas de mosaico causados pelo vírus do mosaico dourado do feijoeiro (BGMV), escala de 0 a 5 (0=sem sintomas).

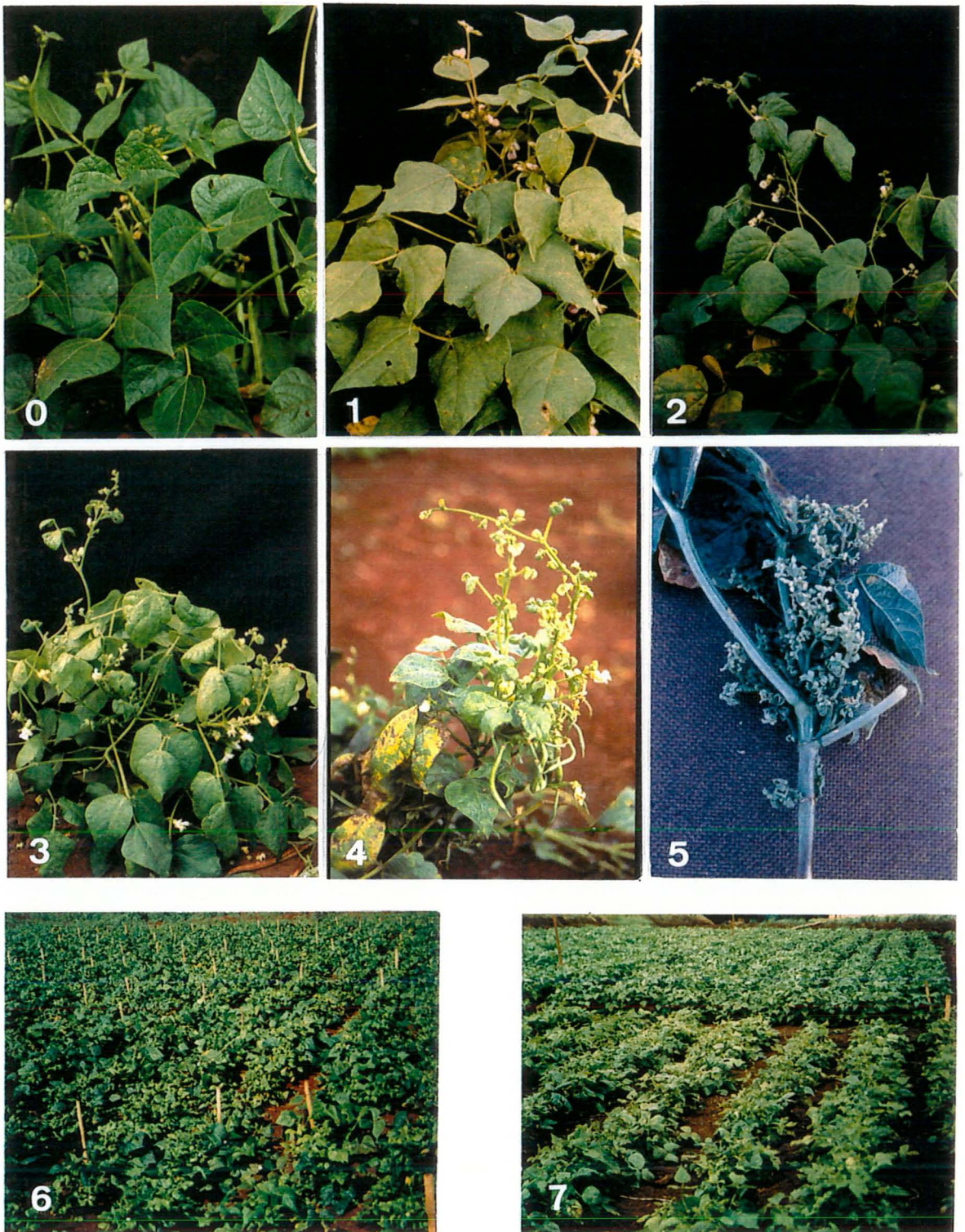


Figura 2. Graus de severidade de sintomas de encarquilhamento causados pelo vírus do mosaico dourado do feijoeiro (BGMV), escala de 0 a 5 (0=sem sintomas). 6=Cultivar Carioca, experimento de fevereiro de 1994; 7=cultivar Carioca (frente) e cultivar Iapar 57 (fundo) no experimento de março de 1994.

dourado do feijoeiro (BGMV), através da área foliar afetada, a porção doente da foi estimada através da redução da atividade fotossintética (assimilação total de carbono) e da redução do teor de clorofila nas folhas doentes.

A atividade fotossintética foi estimada no campo, através da medição da assimilação líquida de  $\text{CO}_2$ , em plantas da cv. Carioca, no início da formação de vagens. As medições foram efetuadas em plantas sem sintomas (tratamento T0), plantas com grau 2 de mosaico (tratamento T2) e plantas com grau 4 de mosaico (tratamento T4). As plantas, com três repetições para cada tratamento, foram escolhidas ao acaso em campo experimental. As leituras foram feitas em um dia, durante todo o período de luminosidade solar (entre as 7:00 e 18:00 h), em intervalos de 15 minutos. A assimilação líquida de  $\text{CO}_2$  foi medida em  $8,8 \text{ cm}^2$  de folha, em um folíolo central totalmente expandido, da metade superior das plantas, com auxílio de uma câmara portátil de fotossíntese, marca Li-Cor, modelo LI-6200. Os valores obtidos em  $\text{mg CO}_2/\text{m}^2 \cdot \text{h}$  foram convertidos para  $\text{mg CH}_2\text{O}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ , ao serem multiplicados por 0,68 (razão da massa molar entre as duas formas de carbono). Os valores de assimilação total de carbono foram estimados pela integração das áreas limitadas pelos dados de assimilação líquida de  $\text{CO}_2$  obtidos ao longo do dia, e expressos em  $\text{g CH}_2\text{O}/\text{m}^2$  de folha.

Nos folíolos laterais das folhas onde foi medida a assimilação de carbono procedeu-se à coleta de 6 discos de 1,1 cm de diâmetro, às 7:00, 12:00, 18:00 e 7:00 h do dia seguinte. Os discos foram liofilizados e os carboidratos extraídos em solução de metanol:clorofórmio:água (12:5:3, volume por volume) para análise de açúcares redutores (Nelson, 1944; Somogyi, 1952), açúcares solúveis totais e amido (Umbreit et al., 1957). A exportação de assimilados foi calculada através da diferença entre a assimilação de carbono e a variação dos açúcares totais, de acordo com métodos utilizados por Marur et al. (1996).

O conteúdo de clorofila foi avaliado em folhas de plantas da cv. Carioca sem intomas, e com graus de severidade do mosaico dourado de 1 a 5. A extração foi feita em 5 discos de  $1 \text{ cm}^2$ , com 4 repetições, coletados de plantas naturalmente infectadas, em Londrina, PR. Os círculos foram coletados dos 4º e 5º pares de folhas

contados a partir do ápice da planta. As análises foram efetuadas por meio da absorvância, em luz VIS-UV de 645 nm e 663 nm, de suspensões de clorofila extraídas em acetona, de acordo com o método descrito por Yoshida et al. (1972). Foram calculados teores por cm<sup>2</sup> de folha e por peso seco de tecido. Foram realizados dois experimentos com amostragens em feijoeiro de dois locais, com diferentes datas de plantios mas com plantas de idades semelhantes, entre o florescimento e início de formação de vagens.

### 3.3. Análise de resultados

#### 3.3.1. Avaliação de danos

Com os dados de campo foram obtidas as seguintes variáveis: índice de área foliar (Leaf Area Index - LAI); área sob a curva de duração da área foliar (Leaf Area Duration - LAD, Watson, 1947); área sob a curva de absorção da área foliar sadia (Healthy Area Absortion-HAA, Waggoner & Berger, 1987); área sob a curva de progresso de doença (Area Under Disease Progress Curve - AUDPC).

O LAI foi calculado através da equação:

$$\text{LAI} = (\text{AF} / 10.000 \text{ cm}^2) / 0.04 \quad (3)$$

onde 0.04 é o índice representado por uma planta em um metro quadrado de solo (1 / n° de plantas por m<sup>2</sup>=1/24 para o feijoeiro).

A LAD foi calculada pela equação:

$$\text{LAD} = \sum_{i=1}^{n0-1} [((\text{LAI}_i + \text{LAI}_{i+1}) / 2) * (t_{i+1} - t_i)], \quad (4)$$

onde  $(\text{LAI}_i + \text{LAI}_{i+1})/2$  é a média de LAI no período entre uma avaliação e outra e  $(t_{i+1} - t_i)$  é o número de dias entre uma avaliação e outra.

A HAA foi calculada pela equação:

$$HAA = \sum_{i=1}^{n0-1} I * [((1-X_i)(1-\exp(-kLAI_i)) + (1-X_{i+1})(1-\exp(-KLAI_{i+1}))) / 2] * (t_{i+1} - t_i) \quad (5)$$

onde  $X_i$  é a área de tecido doente no tempo  $t_i$ ;  $K$  é o coeficiente de extinção que depende da inclinação da folha de cada espécie (folhas horizontais tem valor próximo a 1 e espécies com folhas eretas tem valor próximo a 0,3 e o valor  $K$  para o feijoeiro é considerado igual a 0,7);  $I$  é a energia solar em Mega Joules ( $MJ/m^2$ ), do período entre uma avaliação e outra. Os valores de  $I$  foram calculados através da equação:

$$I = (X_{cal} * 4,1865J * 1000cm^2) / 1000.000 * (t_{i+1} - t_i) \quad (6)$$

onde  $X_{cal}$ , é a média da radiação solar incidente entre uma leitura e outra, medida em calorias/ $cm^2$ .dia. Os valores de radiação global, em  $cal/cm^2$  por dia foram obtidos na estação meteorológica do IAPAR, Londrina-PR e transformados em Mega Joules.

A exemplo da AUDPC, os valores LAD e HAA foram normatizados, para fins comparativos. Utilizou-se regressão linear e não-linear entre as variáveis LAD e HAA com a produção, e regressões lineares entre AUDPC e produção. A área foliar considerada doente, nos diferentes graus de severidade, foi calculada através da porcentagem de redução do teor de clorofila ( $mg/cm^2$ ) e da porcentagem de redução da atividade fotossintética ( $g CH_2O/m^2$ ) das folhas doentes em relação às sadias, apresentadas nas Tabelas 6 e 7.

Foram também relacionadas, através de regressão linear, a porcentagem da redução da produção com a época de infecção, ou seja, ocasião em que a planta foi infectada (dias após plantio - DAP).

### 3.3.2. Curva de incidência do mosaico dourado durante o ciclo do feijoeiro

Além das variáveis descritas acima, também foi avaliada a incidência do BGMV durante o ciclo do feijoeiro através da porcentagem de infecção (% de plantas infectadas pelo BGMV) em todas avaliações realizadas, nas diferentes épocas de plantio e

nas duas cultivares. Para fins comparativos, foi calculada a área sob a curva da incidência, cujos valores foram também normatizados.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Incidência de BGMV x épocas de cultivos

A incidência de BGMV foi variável nas diferentes épocas de semeadura e diferentes safras. Em 1993, plantio de abril, a incidência máxima atingida no final do ciclo, aos 90 dias após plantio (DAP), na cultivar Carioca, foi de 59% de plantas infectadas (com sintomas). A maior incidência foi observada em 1994, com um índice de 99% aos 25 DAP, estágio vegetativo V<sub>3</sub>, tanto no plantio de fevereiro como no de março (Figura 3). Na cultivar Iapar 57 a incidência foi menor. Em abril de 1993 a incidência máxima foi de 32% de plantas infectadas. A maior incidência ocorreu no plantio de março de 1995, com 86% de plantas infectadas e ocorrência mais tardia que na cv. Carioca.

Embora as curvas de incidência de fevereiro e de março de 1994 tenham sido semelhantes (Figura 3), a área sob a curva da porcentagem de plantas infectadas mostra que a proporção de doença durante o ciclo no plantio de fevereiro foi maior que a de março (Tabela 3). No experimento de março de 1994 observou-se uma redução na porcentagem de plantas infectadas na cv. Iapar 57 no decorrer do ciclo. Em 1995 observou-se também uma redução na incidência da virose na última avaliação. Esta redução na porcentagem de plantas infectadas foi em função do desaparecimento dos sintomas em algumas plantas, principalmente naquelas com baixa severidade da doença. Nos cultivos de agosto e setembro, como normalmente ocorre, não houve incidência de BGMV.

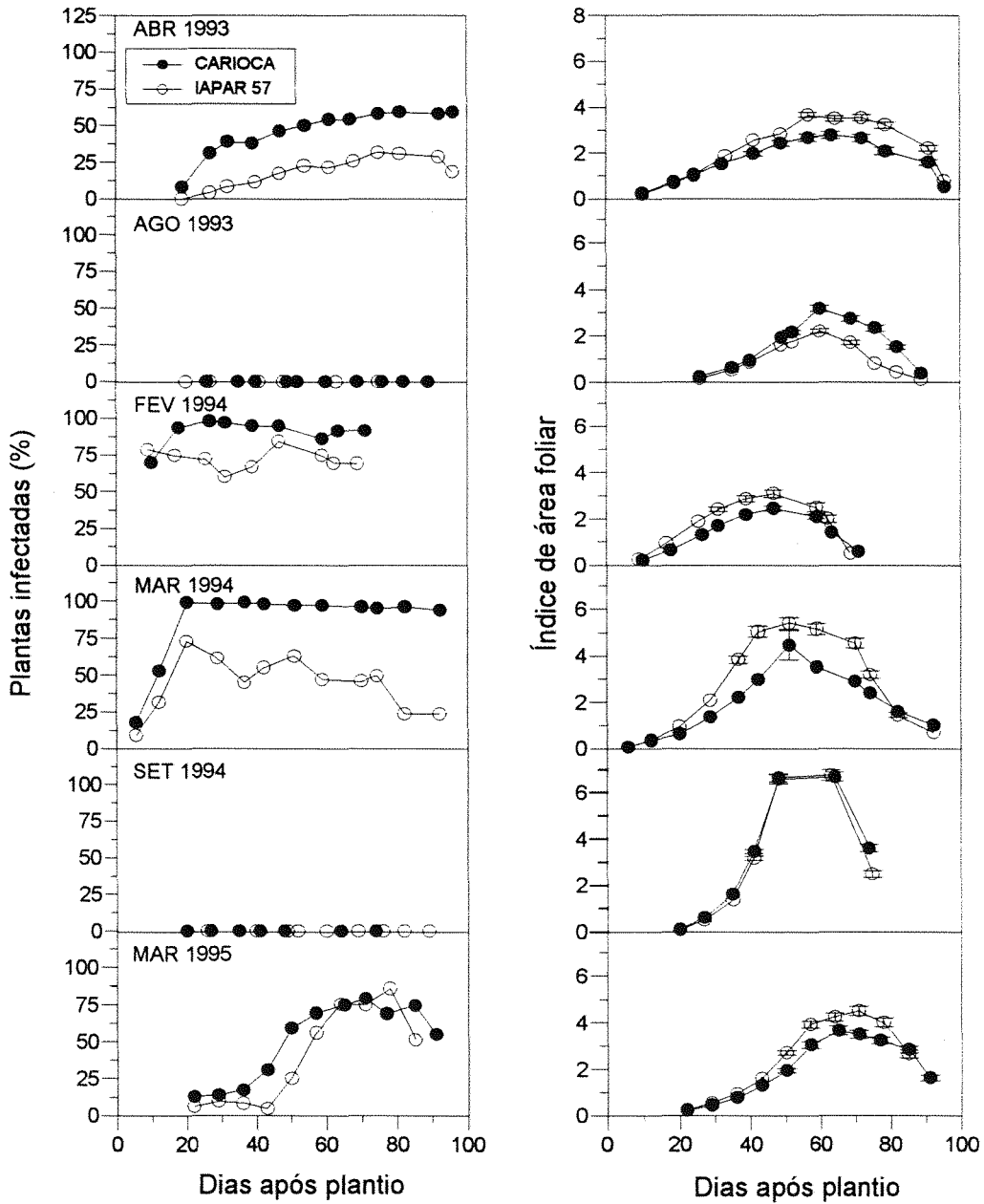


Figura 3. Curvas de incidência do mosaico dourado no feijoeiro durante o ciclo da cultura nas cultivares Carioca e Iapar 57 e do índice de área foliar em seis épocas de plantio.

Tabela 3. Área sob a curva da porcentagem de plantas de feijoeiro infectadas com o vírus do mosaico dourado, cultivares Carioca e Iapar 57, em diferentes épocas de plantio, em Londrina, Paraná.

Experimento	Carioca	Iapar 57
Abril/1993	46,6	19,1
Fevereiro/1994	91,8	71,4
Março/1994	80,7	46,6
março/1995	51,1	36,8

\*= Dados normatizados (área sob a curva dividida pelo número de dias do período de avaliação)

#### 4.2. Época de plantio x índice de área foliar (LAI)

A curva de crescimento foliar também foi variável nas diferentes épocas de cultivo. Em 1995, o índice de área foliar (Leaf Area Index - LAI) foi maior que em 1993, embora a incidência do BGMV tenha sido maior naquela época (Figura 3). No cultivo de setembro de 1994, livre de BGMV, observou-se o maior índice de área foliar entre todas as épocas avaliadas, inclusive maior que a de agosto de 1993, também livre do vírus. No experimento de agosto de 1993, devido a condições ambientais adversas, principalmente problemas de solo, o LAI foi igual ou menor que o índice de área foliar do feijoeiro cultivado sob incidência do BGMV, de fevereiro a abril. Nas épocas livres do BGMV, o LAI da cv. Carioca foi igual ou maior que da cv. Iapar 57, enquanto que sob incidência do vírus o LAI da cv. Iapar 57 foi sempre maior.

Quando comparou-se o índice de área foliar de plantas sadias com plantas infectadas pelo BGMV de um mesmo experimento, de abril de 1993 e de março de 1995, observou-se resultados semelhantes aos observados na comparação entre plantas de épocas livres de vírus e plantas das épocas afetadas pelo vírus (Figura 4). O LAI das plantas sadias da cv. Carioca, no experimento de abril de 1993, foi semelhante ao LAI das plantas sadias da cv. Iapar 57, com valores de 3,82 e 3,80, respectivamente, e no experimento de março de 1995, os valores de LAI foram 3,72 e 3,79, respectivamente

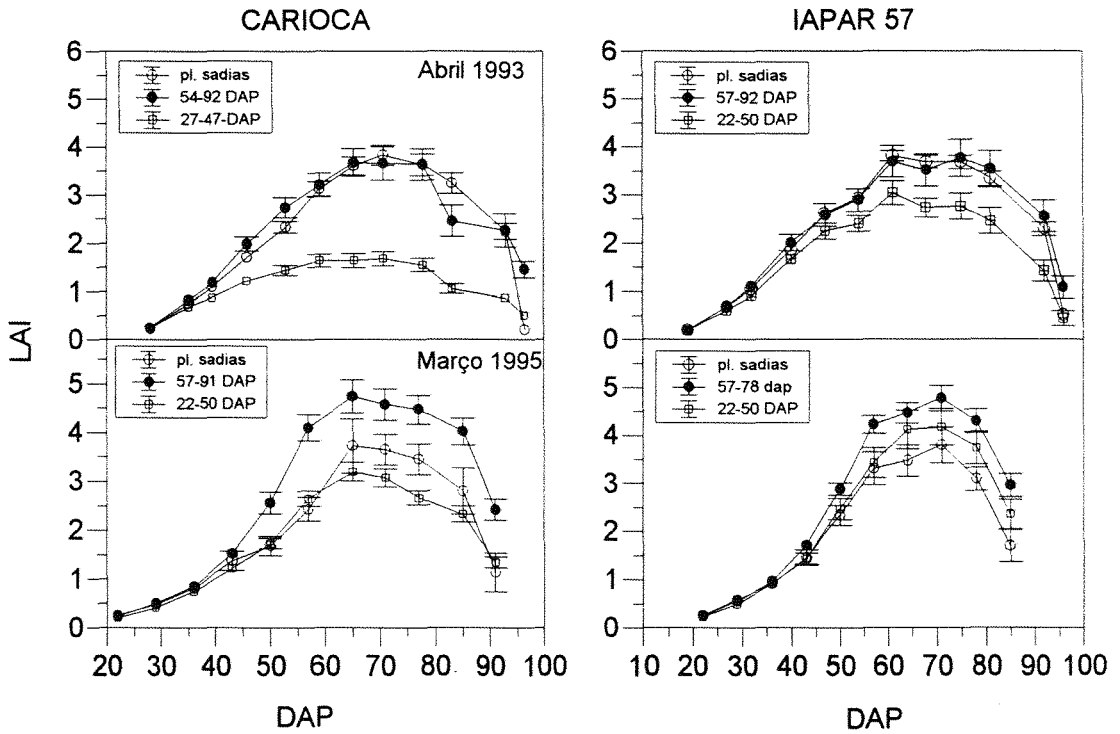


Figura 4. Índice de área foliar (LAI) das cultivares Carioca e Iapar 57 em plantas sadias e infectadas, antes e depois dos 50 dias após o plantio (DAP), em plantio de abril de 1993 e de março de 1995.

para as duas cultivares. No entanto, no experimento de abril de 1993, nas plantas da cv. Carioca infectadas com o vírus antes dos 50 DAP (florescimento), o LAI foi bastante reduzido, com um valor máximo de 1,68, igual a 45% do pico da curva do LAI apresentado pelas plantas sadias, e 55% do pico do LAI das plantas da cv. Iapar 57, infectadas antes dos 50 DAP. O LAI das plantas da cv Iapar 57 infectadas antes dos 50 DAP foi de 3,03, cerca de 20% inferior ao LAI das plantas sadias. As plantas infectadas após os 50 DAP, tanto da cv. Carioca como da cv. Iapar 57 não tiveram redução de LAI em função da doença, apresentando padrões de curvas semelhantes aos das plantas sadias.

No experimento de março de 1995, o LAI das plantas infectadas antes dos 50 DAP da cv. Carioca foi inferior ao LAI das plantas sadias com uma pequena diferença, menos de 20% entre os picos das curvas, 3,06 e 3,72, respectivamente. Na cv. Iapar 57 não houve redução do LAI em função da virose, sendo que as plantas infectadas, tanto antes como depois dos 50 DAP, tiveram LAI superior ao das plantas sadias, embora com pequena diferença, e padrões de curvas semelhantes. As plantas infectadas após os 50 DAP foram as que apresentaram maiores índices de área foliar nos dois cultivares, com índices máximos de 4,74 e 4,77 respectivamente para as cultivares Carioca e Iapar 57, 35,44% superior ao maior LAI das plantas da cv. Carioca infectadas antes do 50 DAP (Figura 4).

#### **4.3. Severidade da doença (AUDPCe e AUDPCm) x Produção**

A severidade do mosaico dourado, medida pelos graus de mosaico e de encarquilhamento, também foi variável entre as diferentes épocas de plantio. Em todas as situações em que ocorreu a doença houve grande variação na produção entre plantas, e a relação entre severidade da doença e produção foi baixa. No entanto foi evidente a redução da produtividade máxima das plantas conforme aumentou a severidade de encarquilhamento e mosaico. A doença teve efeito, tanto na redução do peso de grãos por planta como no número de vagens por planta (Figuras 5 e 6).

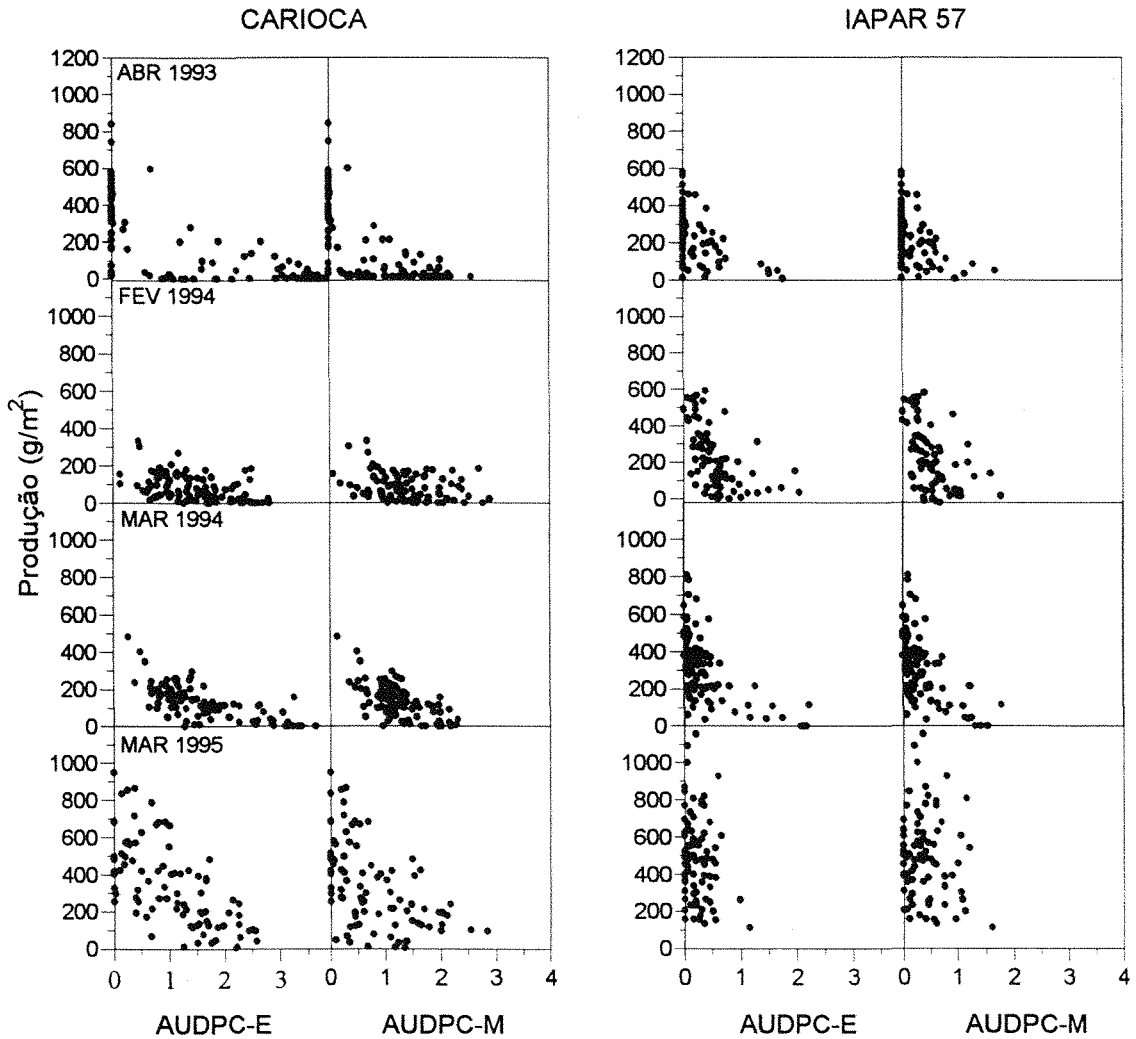


Figura 5. Área sob a curva de progresso da doença de encarquilhamento (AUDPC-E) e de mosaico (AUDPC-M), causados pelo BGMV, e produção de grãos (peso por planta) nas cultivares Carioca e Iapar 57 em diferentes épocas de cultivo.

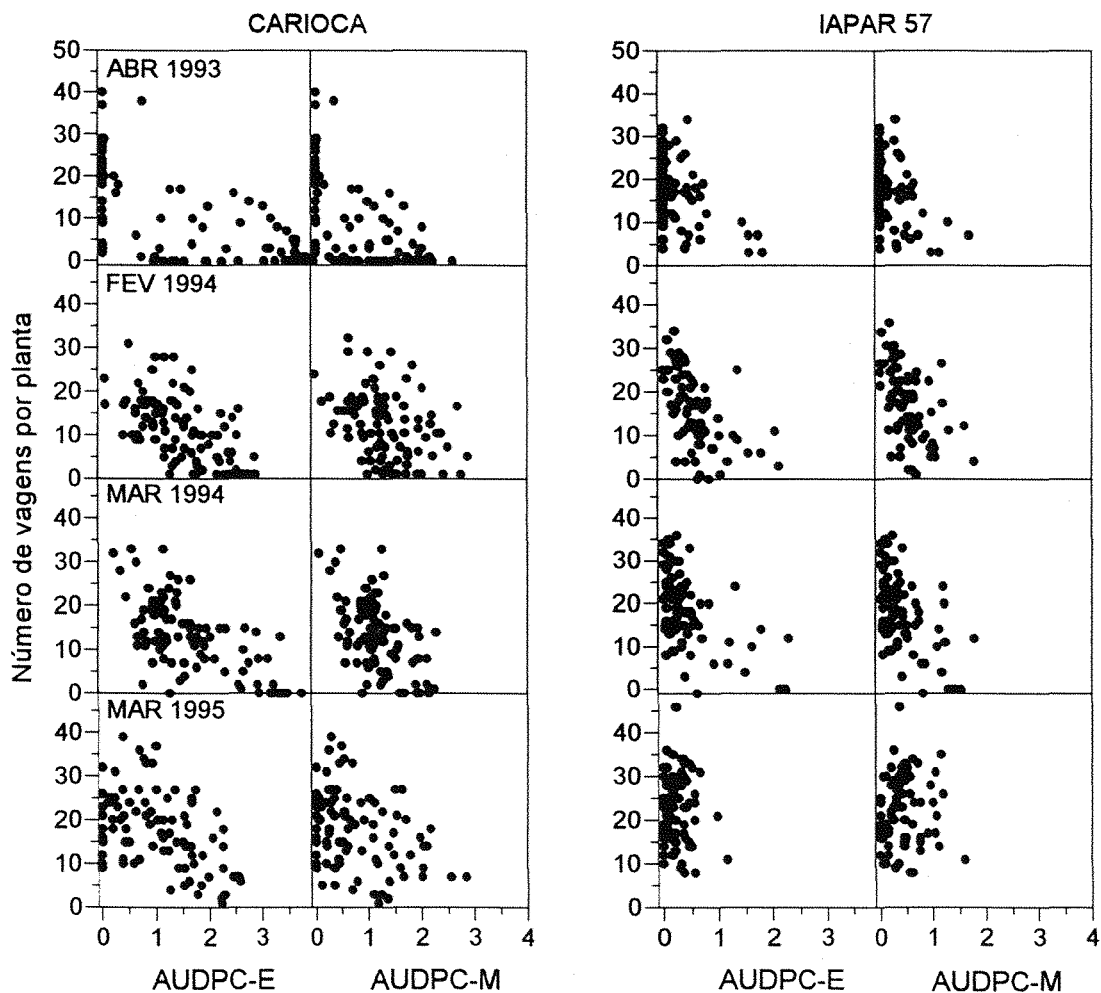


Figura 6. Área sob a curva de progresso da doença de encarquilhamento (AUDPC-E) e mosaico (AUDPC-M), causados pelo BGMV, e produção de vagens por planta nas cultivares Carioca e Iapar 57 em diferentes épocas de cultivo.

Nos plantios de fevereiro e março de 1994 a redução do número de vagens foi menos drástica que a redução no peso de grãos. A área sob a curva do progresso da doença (Area Under Disease Progress Curve - AUDPC) do encarquilhamento mostrou-se pouco melhor relacionada com dano que a AUDPC do mosaico. Em fevereiro e março de 1994 houve uma maior proporção de plantas com baixa produção em função da virose, quando mais de 90 % das plantas da cv. Carioca produziram menos que  $250\text{g/m}^2$ , com média de 77 e  $131\text{g/m}^2$ , respectivamente para as duas épocas. Em abril de 1993, um maior número de plantas permaneceu sadio, no entanto, também a grande maioria das plantas infectadas teve produção tão baixa quanto as de fevereiro de 1994. Em março de 1995, embora a incidência do BGMV tenha sido maior que em abril de 1993, os danos foram os menores, com produções acima de  $800\text{g/m}^2$  com média de  $338\text{g/m}^2$ . A redução foi maior no peso de grãos que no número de vagens. A porcentagem de plantas doentes na fase de crescimento, até os 50 DAP, e a severidade de encarquilhamento e de mosaico, também foram menores em 1995 que nas demais épocas afetadas pela virose (Figuras 3 e 5).

A AUDPC de encarquilhamento e de mosaico e os danos na produção na cv. Iapar 57, foram menores que na cv. Carioca. A maioria das plantas da cv. Iapar 57, mais de 85%, teve valor de AUDPC, tanto de encarquilhamento como de mosaico, entre 0 e 1, enquanto que na maioria das plantas da cv. Carioca, com exceção da época de março de 1995, a AUDPC de encarquilhamento e de mosaico foi acima de 1, com valor máximo de 4 para o encarquilhamento e próximo de 3 para o mosaico. Variação na produção em função da virose entre as épocas de plantio foi baixa na cv. Iapar 57. Enquanto na cv. Carioca houve uma redução drástica na produção nos experimentos de fevereiro e março de 1994, com produções máximas inferiores a  $250\text{g/m}^2$ , o máximo de produção das plantas da cv. Iapar 57 foi superior a  $600\text{g/m}^2$  no plantio de fevereiro e  $800\text{g/m}^2$  no plantio de março de 1994 (Figura 5). Nenhum modelo matemático ajustou-se aos dados nas relações entre produção e AUDPC nas plantas da cv. Iapar 57. Como pode ser observado nas plantas sadias dos experimentos sob incidência de vírus, de abril de 1993 e março de 1995, houve uma grande variabilidade de produção entre plantas. Este

fato normalmente ocorre em condições de campo, o que reduz o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) na análise de regressão. Porém como mostra a Figura 5, na cv Carioca, houve um decréscimo gradativo no limite máximo de produção de acordo com o aumento do AUDPC. Comparando a produção das plantas doentes com a das plantas sadias, nos plantios de 1993 e 1995, observou-se que para AUDPC abaixo de 1,5 houve um aumento gradativo na porcentagem de danos na produção conforme aumentou a severidade da doença (Figura 7). Nas AUDPC tanto de encarquilhamento como de mosaico, igual ou acima de 1,5, as reduções na produção foram elevadas e com pouca diferença entre os diferentes níveis da doença. Para valores de AUDPC iguais ou acima de 1,0 na cv. Carioca, no experimento de 1993, houveram reduções de 78,8 a 96,7% e de 64,9 a 93,9% respectivamente para o peso de grãos e vagens. No experimento de 1995, as reduções foram de 60,7 a 81,2% e 28,7 a 62,3%, respectivamente para peso de grãos e vagens. Neste ano, com valores de AUDPC de encarquilhamento menores que de 1993, a porcentagem de danos teve um aumento gradativo, de acordo com o aumento da doença.

Na cv. Iapar 57, na maioria das plantas a severidade do mosaico dourado foi baixa, porém quando a AUDPC foi mais elevada, a porcentagem de redução na produção também foi elevada (Figura 7). Para médias de AUDPC de encarquilhamento de 1,5, cultivo de abril de 1993, a porcentagem de redução na produção foi de 82 e 67%, respectivamente para peso de grãos e número de vagens, danos semelhantes aos da cv. Carioca para os mesmos níveis de doença. No experimento de 1995, a AUDPC foi baixa, com valores menores que 1, e a redução na produção também foi muito baixa. A porcentagem de redução de peso de grãos, nas plantas infectadas comparadas com as sadias, foi menor que 10%. Não houve redução no número de vagens neste caso.

#### **4.4. Danos na produção em função da época de infecção**

A idade da planta no momento da infecção pelo BGMV teve uma influência na produção semelhante a AUDPC. Na cv. Carioca, nos experimentos de abril de 1993 e março de 1995, nas plantas infectadas com o BGMV até os 50 DAP, a

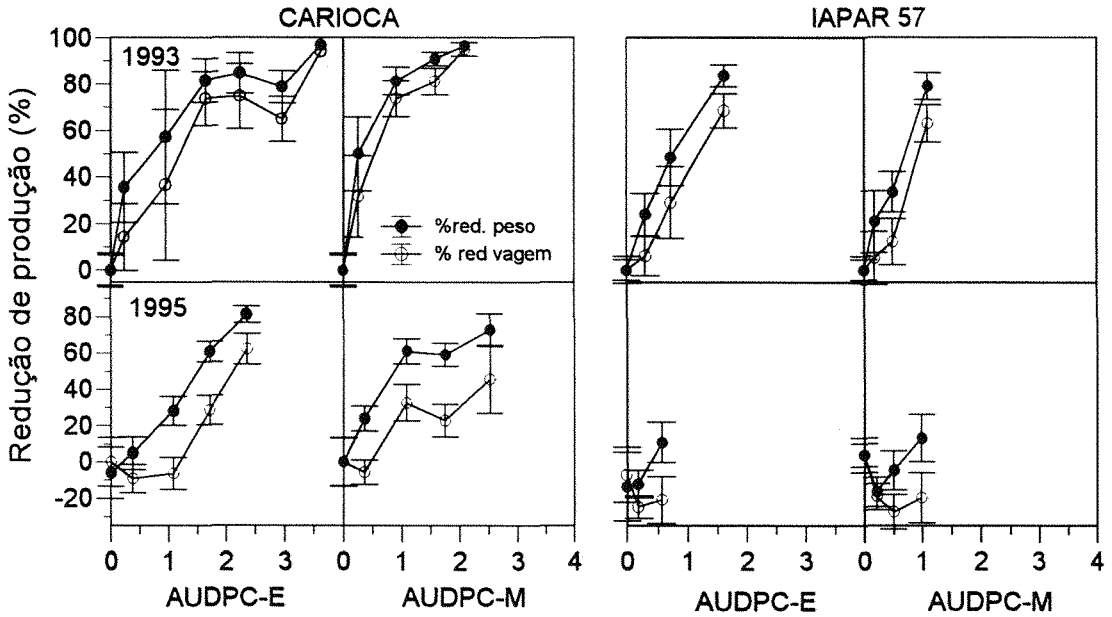


Figura 7. Porcentagem de redução da produção de grãos (peso) e número de vagens por planta nas cultivares Carioca e Iapar 57 em função da área sob a curva de progresso de encarquilhamento (AUDPC-E) e mosaico (AUDPC-M), causados pelo BGMV, em plantios realizados em abril de 1993 e março de 1995.

produção foi muito baixa (Figura 8). Nas plantas infectadas após esta fase (início de formação de vagens até a maturação), a produção foi mais elevada e houve menor redução em relação às plantas sadias de acordo com a época de infecção (Figuras 8 e 9). Em 1993, na cv. Carioca, as porcentagens de redução de peso e número de vagens, nas plantas infectadas até os 50 DAP, foram próximas, variando de 84,8 a 90,0% e 73,8 a 83,1%, respectivamente. Nas plantas infectadas após os 50 DAP, a porcentagem de danos, em relação às plantas sadias, reduziu gradativamente, variando de 53,1 a 67,6% e de 30,1 a 53,4%, respectivamente para peso de grãos e número de vagens. Nesta época, a média de redução, principalmente do peso de grãos, manteve-se elevada após os 50 DAP, acima de 50%, porém houve grande variação entre plantas. Em 1995, a redução na produção nas plantas infectadas até os 50 DAP foi uniforme, menor que em 1993 e a redução de peso de grãos foi superior ao dobro da redução de vagens, 53,5 a 61,2%; e 21,5 a 25,5%, respectivamente para o peso de grãos, e o número de vagens. A partir dos 55 DAP não houve redução de produção dos dois componentes (Figura 9).

Na cv. Iapar 57, no plantio de abril de 1993, as reduções na produção das plantas infectadas antes dos 50 DAP foram de 44,7 a 67% e 25,4 a 51%, respectivamente para o peso de grãos e número de vagens. Nas plantas infectadas após os 50 DAP houve redução de 18,0 a 27,7% no peso de grãos e de 0,5 a 9,3% no número de vagens. No plantio de março de 1995 as reduções na produção, nesta cultivar, também foram menores que em 1993. Nas plantas infectadas antes dos 50 DAP as reduções na produção foram de 12,2 a 18,8% para o peso de grãos e 1,6% no número de vagens somente nas plantas infectadas aos 22 DAP não havendo redução deste componente nas plantas infectadas nas fases mais tardias. Nas plantas infectadas após os 50 DAP não houve redução em nenhum dos componentes (Figura 9).

Redução somente de peso de grãos, sem ocorrer redução no número de vagens, foi observada no experimento de 1995 nas plantas de cv. Carioca infectadas aos 32 DAP e nas plantas da cv. Iapar 57 infectadas antes dos 50 DAP, e no experimento de 1993, nas plantas da cv. Iapar 57 infectadas após os 50 DAP. Nestes casos, as reduções somente de peso de grão chegaram a 30,7%, 20%, e 18%, respectivamente (Figura 9).

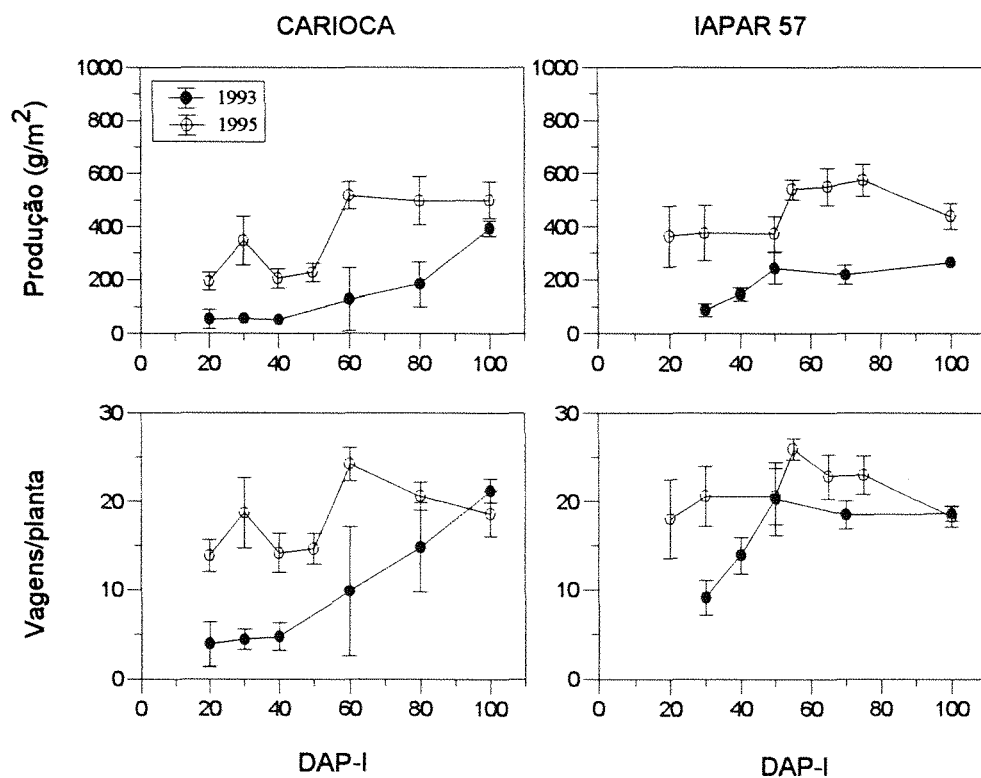


Figura 8. Produção de plantas das cultivares Carioca e Iapar 57, infectadas em diferentes época (dias após plantio -DAP-I) pelo BGMV e de plantas sadias (100 DAP-I) em diferentes condições, plantios de março de 1993 e de março de 1995.

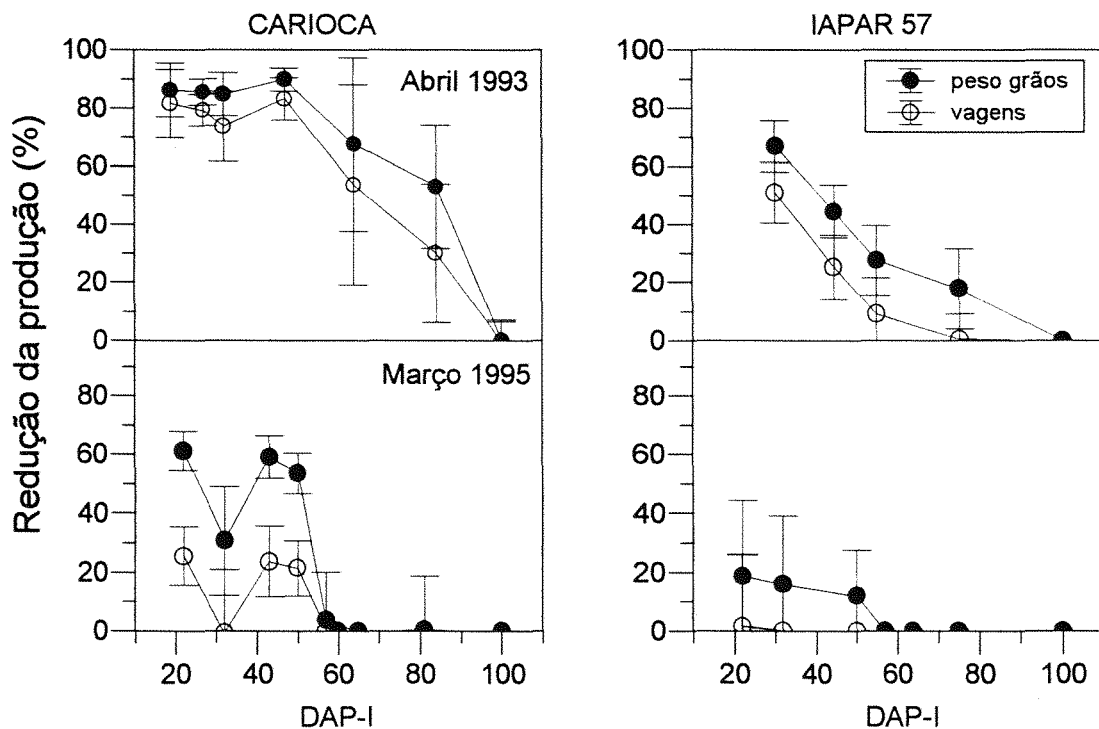


Figura 9. Porcentagem de redução da produção de grão (peso) e do número de vagens por planta das cultivares Carioca e Iapar 57, em função da idade da planta (dias após plantio-DAP-I) no momento da infecção pelo BGMV, em relação às plantas sadias (100 DAP-I) em plantios realizados em abril de 1993 e março de 1995.

#### 4.5. Época de plantio e produção

A produção, assim como a área foliar, teve grande variação entre as diferentes épocas de cultivo, em função da incidência do BGMV e ou influência climática. No experimento de agosto de 1993, a produção nas duas cultivares foi inferior à de setembro de 1994. As plantas da cv. Carioca apresentaram maior produção que as da cv. Iapar 57 produzindo 296 e 523,2g/m<sup>2</sup> respectivamente nas duas épocas de cultivo, enquanto a cv. Iapar 57 produziu 152 e 471g/m<sup>2</sup> (Figura 10). Como nestas duas épocas não houve doença, as diferenças na produção dentro de cada cultivar foram em função das diferenças climáticas e de solo. Nas demais épocas, em abril de 1993, fevereiro e março de 1994, e março de 1995, todas afetadas pelo BGMV, a cv. Iapar 57 foi sempre a mais produtiva com, 233, 233, 303 e 490g/m<sup>2</sup>, enquanto que a cv. Carioca produziu 191, 77, 131 e 338g/m<sup>2</sup>, respectivamente nas quatro épocas de plantio. A produção de vagens teve menor diferença entre as épocas de cultivo, mas apresentou um padrão de variação semelhante ao peso de grãos (Figura 11).

#### 4.6. Época de infecção x duração de área foliar (LAD) e absorção de área foliar sadia (HAA)

A idade da planta no momento da infecção por BGMV teve influência também no crescimento foliar. Os experimentos de abril de 1993 e março de 1995 mostraram que a duração de área foliar (LAD) das plantas da cv. Carioca infectadas antes dos 50 DAP, foi inferior à das plantas infectadas após os 50 DAP e das plantas sadias (Figura 12). Não houve redução da LAD nas plantas infectadas após os 50 DAP nas duas épocas de cultivo com relação às sadias. No experimento de 1993, nas plantas infectadas até os 50 DAP, houve um aumento gradativo na duração da área foliar de acordo com a idade da planta no momento da infecção. Não houve diferença na LAD entre as plantas infectadas até os 32 DAP. No experimento de 1995, poucas plantas permaneceram sadias, e a LAD delas foi inferior à LAD das plantas infectadas após os 50 DAP e

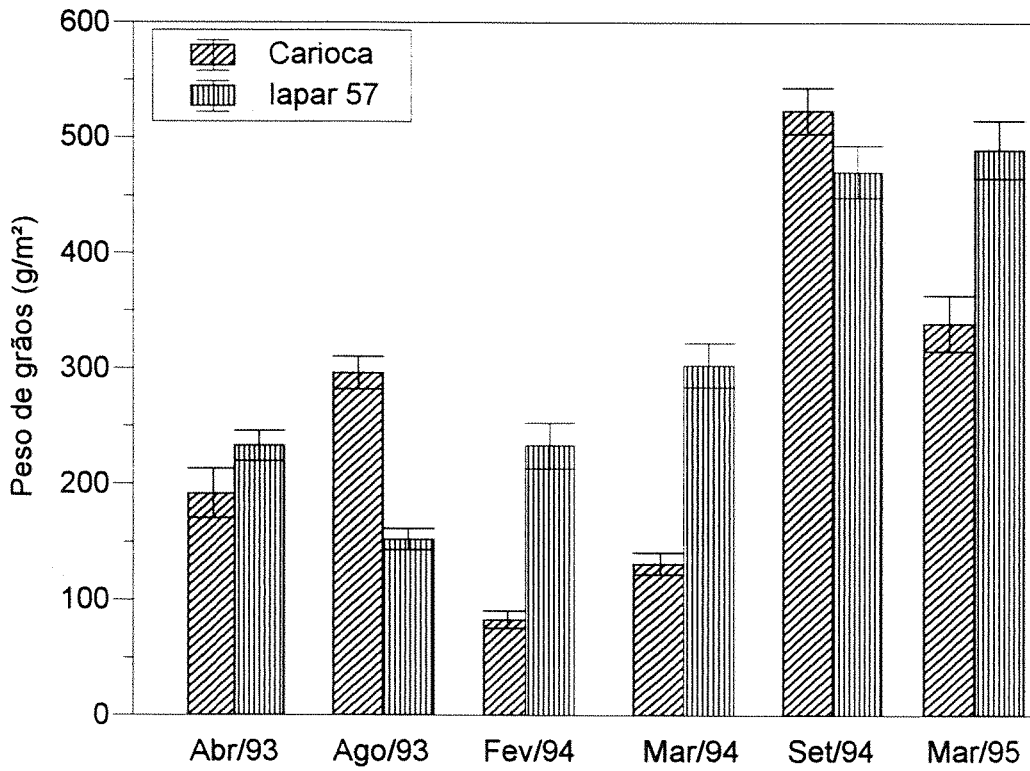


Figura 10 Produção de grãos por planta das cultivares Carioca e Iapar 57, em plantios sob incidência do BGMV (abr/93, fev/94, mar/94 e mar/95) e em plantios livres do vírus (ago/93 e set/94).

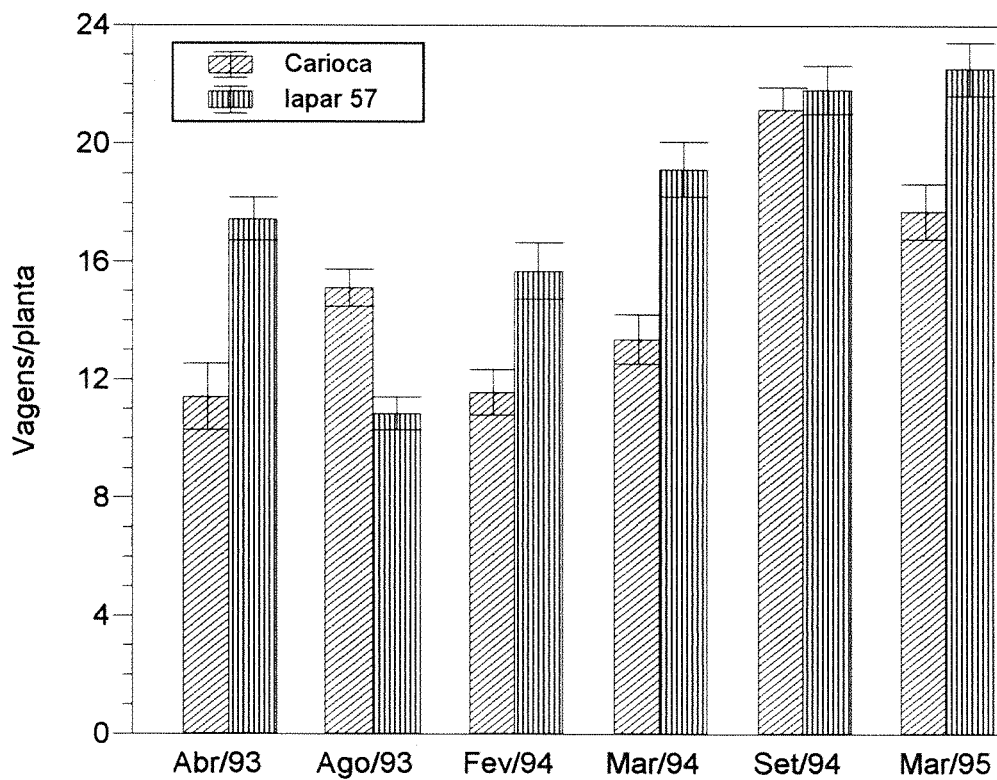


Figura 11. Produção de vagens das cultivares Carioca e Iapar 57 em épocas de incidência do BGMV (abr./93, fev./94, mar./94 e mar./95) e épocas livres do vírus (ago./93 e set./94).

superior a LAD das plantas infectadas antes dos 50 DAP, mas com pequena diferença. As LAD das plantas infectadas até os 50 DAP foram semelhantes entre si, não se observando aumento gradativo de acordo com o estágio de infecção.

Em 1993, os índices de LAD variaram de 81 a 136, de 164 a 210, e 185 respectivamente para as plantas infectadas antes dos 50 DAP, após os 50 DAP e sadias. Em 1995, as LAD variaram de 106 a 139, de 143 a 213 e 144, respectivamente para as plantas infectadas antes dos 50 DAP, após os 50 DAP e sadias. Nas plantas da cv. Iapar 57, somente o experimento de 1993 mostrou uma menor LAD das plantas infectadas antes dos 50 DAP com relação as infectadas após os 50 DAP e sadias. As plantas infectadas após os 50 DAP não apresentaram redução de LAD com relação às sadias. Em 1995, não houve diferença de LAD entre as plantas infectadas e sadias. Em 1993 os índices variaram de 143 a 150, de 173 a 219 e 187, respectivamente para as plantas infectadas antes dos 50 DAP, após os 50 DAP e sadias. Em 1995 os índices da LAD variaram de 146 a 160, de 164 a 186 e 139 respectivamente, para as plantas infectadas antes dos 50 DAP, depois dos 50 DAP e sadias (Figura 12).

A absorção da área foliar sadia (HAA), de acordo com o estágio de infecção da planta, apresentou curvas com padrões semelhantes às da LAD, mas houve maior diferença entre plantas infectadas antes dos 50 DAP e as plantas sadias, no experimento de 1995 na cv. Carioca (Figura 13). As HAA das plantas sadias foram iguais ou menores que as HAA das plantas infectadas após os 50 DAP. No experimento de 1993, nas plantas da cv. Carioca, também houve um aumento gradativo de HAA de acordo com o estágio de infecção da planta, variando de 360 a 674 nas plantas infectadas, e de 647 nas sadias. No experimento de 1995, a HAA variou de 426 a 542 e de 550 a 634, respectivamente nas plantas infectadas antes e após os 50 DAP, e uma HAA de 598 nas plantas sadias (Figura 13).

Nas plantas infectadas da cv. Iapar 57, embora com pequena diferença, evidenciou-se a ocorrência dos dois patamares de infecção no experimento de 1993. As HAA das plantas infectadas da cv. Iapar 57 foram maiores que das plantas infectadas da cv. Carioca. No experimento de 1993, a HAA variou de 496 a 582 e de 658 a 628,

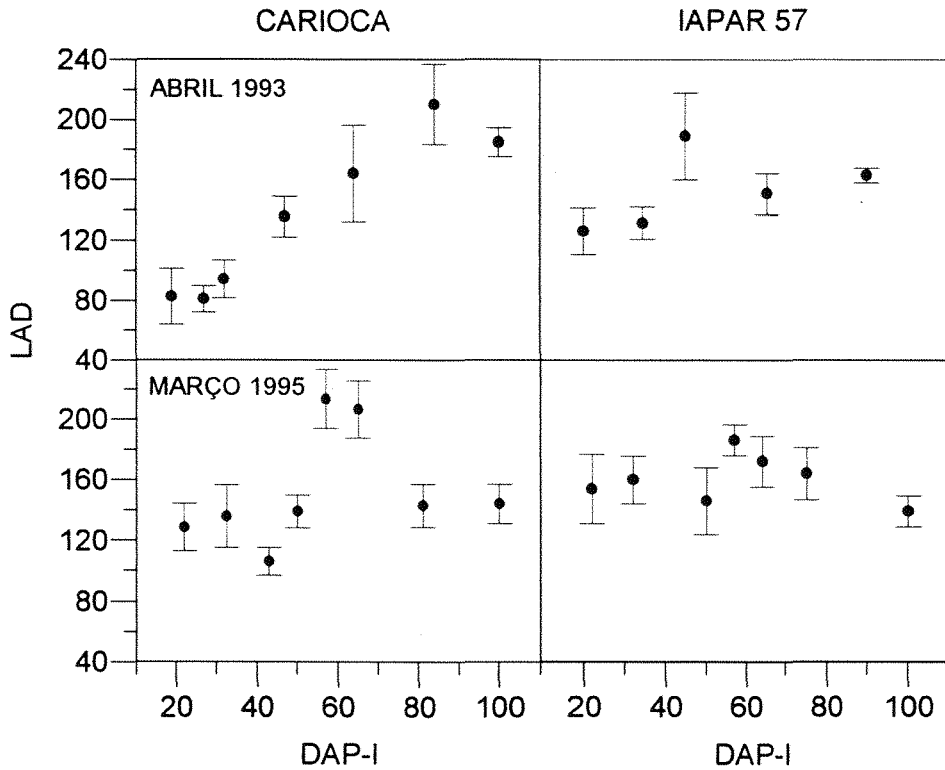


Figura 12. Duração de área foliar (LAD) das cultivares Carioca e Iapar 57, em função da idade da planta (dias após plantio - DAP-I) no momento da infecção pelo BGMV (100 DAP-I=plantas saudáveis), em plantios realizados em abril de 1993 e março de 1995.

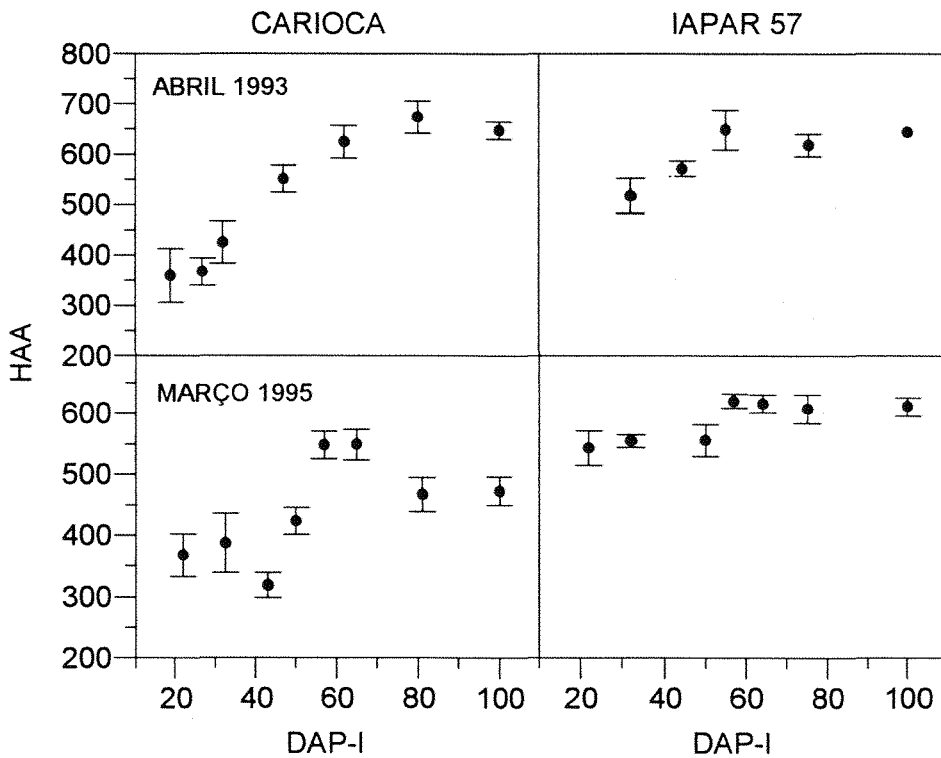


Figura 13. Absorção de área foliar sadia (HAA) das cultivares Carioca e Iapar 57 em função da idade da planta (dias após plantio - DAP-I) no momento da infecção pelo BGMV (100 DAP-I=plantas sadias), em plantios realizados em abril de 1993 e março de 1995.

respectivamente, nas plantas infectadas antes e após os 50 DAP. Nas plantas sadias a HAA foi de 596. No experimento de 1995, a HAA variou de 543 a 556 e de 620 a 608, respectivamente, nas plantas infectadas antes e após os 50 DAP e uma HAA de 611 nas plantas sadias.

#### **4.7. Duração de área foliar (LAD) e produção**

A duração de área foliar (LAD) foi variável entre as épocas de cultivo, em função das diferenças na área foliar por planta. O experimento de setembro de 1994, cv Carioca, livre do mosaico dourado, foi o que apresentou maior duração de área foliar. No experimento de agosto de 1993, também livre da virose, houve influência de condições adversas de clima e solo e a duração de área foliar foi baixa, com valores máximos próximos aos dos experimentos de abril de 1993, março de 1994 e março de 1995 afetados pelo mosaico dourado (Figura 14).

Nas épocas livres da virose, houve um aumento linear da produção, (peso de grãos/m<sup>2</sup> e número de vagens por planta) com o aumento da LAD. Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) de regressão linear entre LAD e peso de grãos/m<sup>2</sup> foram 0,77 e 0,70, respectivamente para os experimentos de agosto de 1993 e setembro de 1994. Entre LAD e número de vagens por planta, nestes dois experimentos, os  $R^2$  foram respectivamente 0,81 e 0,63 (Figura 15). Nos cultivos sob a incidência do BGMV, também houve um aumento de produção em função da LAD, entretanto, houve grande variação, principalmente no peso de grãos, e os coeficientes de determinação foram baixos. No experimento de abril de 1993, no qual muitas plantas permaneceram sadias, o  $R^2$  foi mais elevado. Neste caso, o coeficiente de determinação na regressão linear entre LAD e peso de grãos/m<sup>2</sup> foi de 0,61, e entre LAD e número de vagens foi 0,62. No plantio de fevereiro de 1994, onde a incidência do BGMV atingiu 100% das plantas no início do seu desenvolvimento, a produção foi muito baixa e com  $R^2$  muito baixo da regressão entre LAD e produção. A produção de vagens nas épocas afetadas pelo virose

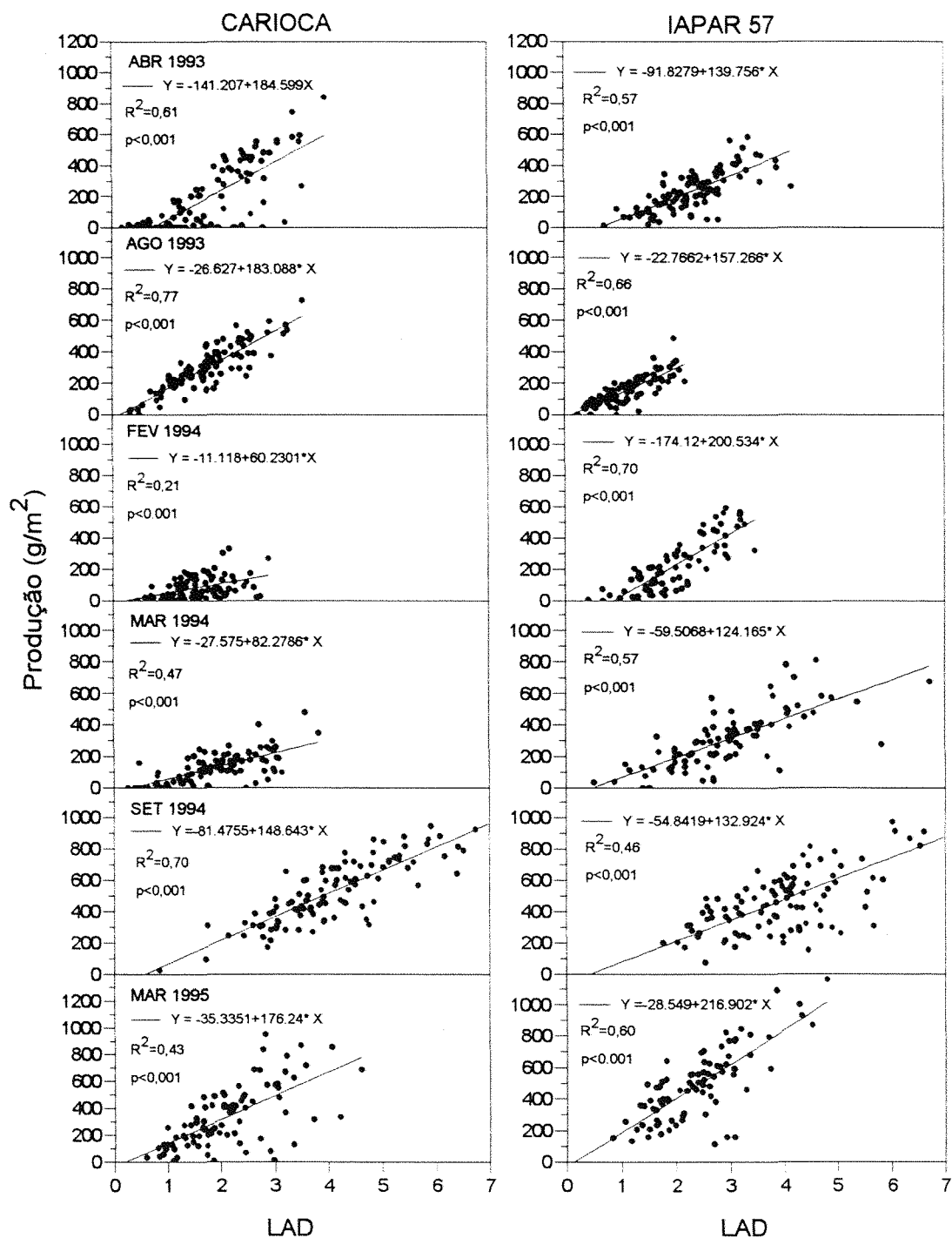


Figura 14. Duração de área foliar (LAD) e produção de grãos das cultivares Carioca e Iapar 57 em épocas de plantio afetadas pelo BGMV, fevereiro, março e abril, e em épocas livres do vírus, agosto e setembro.

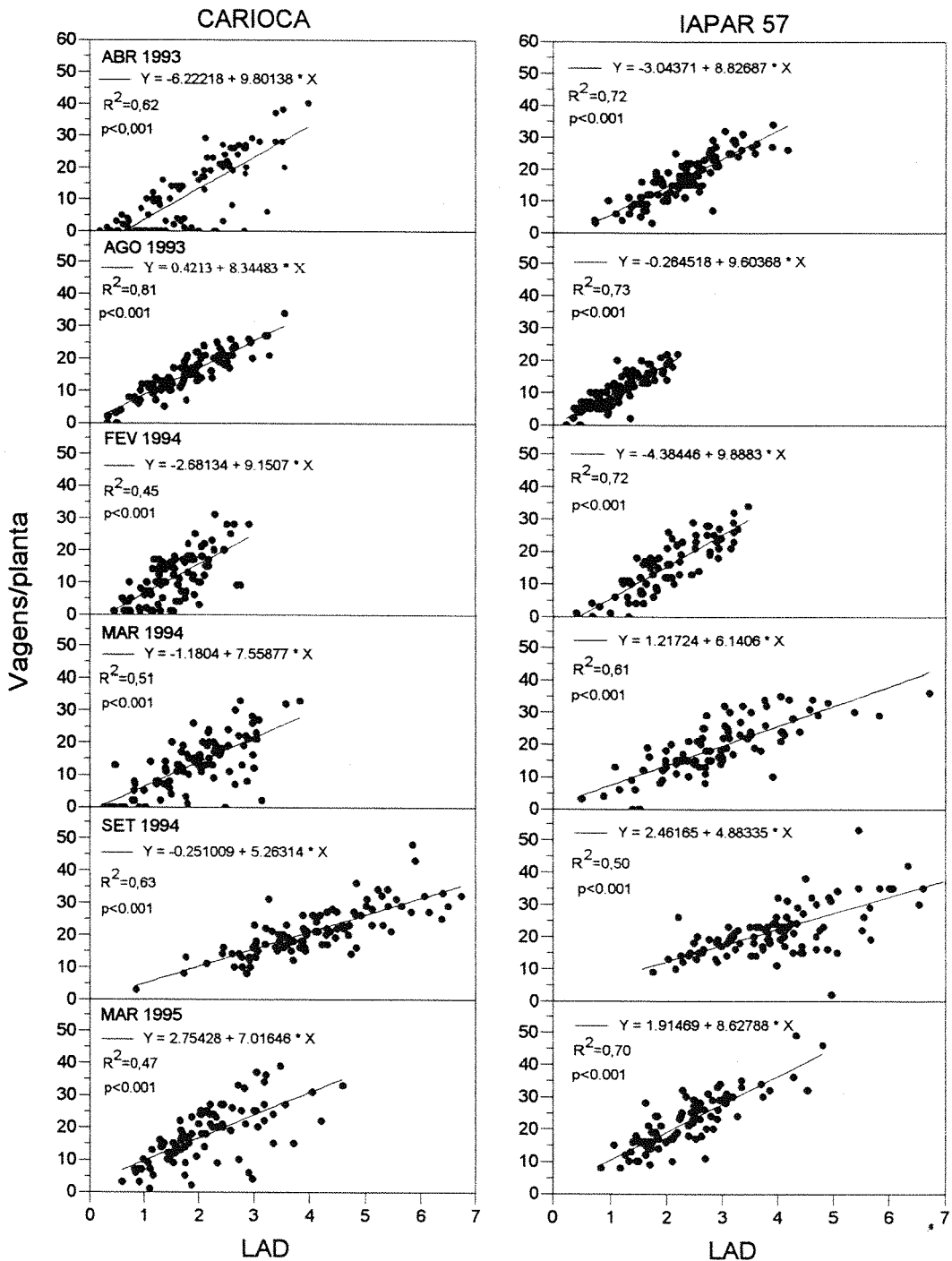


Figura 15 Duração de área foliar (LAD) e produção de vagens das cultivares Carioca e Iapar 57, em épocas de plantio afetadas pelo BGMV, fevereiro, março e abril, e em épocas livres do vírus, agosto e setembro.

sofreu menor redução que o peso de grãos e a relação com a LAD foi um pouco melhor (Figura 15).

Nos experimentos de fevereiro e março de 1994, na cv. Carioca, a inclinação da reta na relação LAD e peso de grãos foi muito baixa. Quando forçou-se a regressão através da origem (zero) os coeficientes angulares destes experimentos foram menores que os demais experimentos da cv. Carioca e da cv. Iapar 57 (Tabela 4). Nos outros experimentos sob incidência da virose, a inclinação da reta foi semelhante à dos plantios livres de vírus, possivelmente em função do grande número de plantas sadias no plantio de abril de 1993 e menor severidade da doença no plantio de março de 1995. Nas relações entre LAD e número de vagens não se observou essas diferenças da inclinação da reta entre as épocas de cultivo.

Na cv. Iapar 57, o experimento de setembro de 1994, livre do BGMV, e o de março de 1994, sob incidência do vírus, foram os que apresentaram maiores níveis de duração de área foliar. O experimento de agosto de 1993, também livre do BGMV foi onde se observou menor duração de área foliar devido aos mesmos problemas descritos para a cv. Carioca. Os valores de  $R^2$  da relação entre LAD e produção para os plantios com cv. Iapar 57 foram mais elevados que aqueles dos plantios com a cv. Carioca nas épocas de ocorrência de virose, mas menores nas épocas livres de vírus (Figura 14). As diferenças na inclinação das retas entre os experimentos com e sem doença foram menores que na cv. Carioca. O experimento de abril de 1993, na cv. Iapar 57, foi o que apresentou menor coeficiente angular (Tabela 4). Quanto à relação entre LAD e número de vagens, os  $R^2$  foram maiores que entre LAD e peso de grãos. Nos experimentos sob incidência do BGMV os  $R^2$  variaram entre 0,61 e 0,72, e nos experimentos livres do vírus os  $R^2$  variaram entre 0,5 e 0,73 (Figura 15). Não se observou menor inclinação das retas em épocas afetadas pelo mosaico dourado, em relação às livres da virose.

Quando se separou plantas sadias das doentes dentro de um mesmo experimento da cv. Carioca, o  $R^2$  da relação entre LAD e produção, em plantas sadias foi maior, e o  $R^2$  nas plantas doentes foi menor, que o  $R^2$  da relação no conjunto total de plantas (Figuras 14 e 16). No experimento de 1993, o  $R^2$  obtido na regressão entre LAD

Tabela 4. Coeficientes angulares ( $\pm$  erro padrão) de regressão forçada à origem entre produção ( $\text{g/m}^2$ ) e duração de área foliar (Leaf Area Duration - LAD) das cultivares Carioca e Iapar 57, em experimentos afetados pelo mosaico dourado (abr/93, fev/94, mar/94, mar/95) e experimentos livres da doença (ago/93, set/94) em Londrina, Paraná.

Experimento	Carioca	Iapar 57
Abril/93	121,68 $\pm$ 7,36	103,40 $\pm$ 3,69
Agosto/93	169,94 $\pm$ 3,70	140,35 $\pm$ 4,45
Fevereiro/94	53,85 $\pm$ 3,96	124,17 $\pm$ 5,89
Março/94	69,95 $\pm$ 3,35	106,27 $\pm$ 4,11
Setembro/94	130,04 $\pm$ 2,67	120,07 $\pm$ 3,92
Março/95	161,88 $\pm$ 8,06	206,17 $\pm$ 6,23

Tabela 5. Coeficientes angulares ( $\pm$  erro padrão) de regressão linear forçada à origem entre produção ( $\text{g/m}^2$ ) e duração de área foliar (Leaf Area Duration - LAD) de plantas sadias e plantas infectadas pelo vírus do mosaico dourado, antes e depois dos 50 dias após o plantio, nas cultivares Carioca e Iapar 57 nos experimentos de abril de 93 e março de 95, em Londrina, Paraná.

Experimento	Plantas	Plantas infectadas	
	sadias <sup>1</sup>	antes de 50 DAP <sup>2</sup>	após 50 DAP
Carioca -Abr/93 -mar/95	170,11 $\pm$ 5,03	55,62 $\pm$ 7,54	NS
	260,06 $\pm$ 8,02	126,24 $\pm$ 9,07	NS
Iapar 57 - Abr/93 -mar/95	113,19 $\pm$ 4,02	NS	93,35 $\pm$ 8,71
	NS	170,92 $\pm$ 14,48	215,68 $\pm$ 6,93

<sup>1</sup> = Plantas sem sintomas; <sup>2</sup> = dias após o plantio; NS = relação não significativa

e peso de grãos do conjunto total de plantas foi 0,61, enquanto os  $R^2$  das regressões individuais das plantas saudas, e das plantas infectadas antes dos 50 DAP, foram respectivamente 0,84 e 0,43 para  $p < 0,001$ . Não houve relação entre LAD e produção nas plantas infectadas após os 50 DAP. No experimento de 1995, o  $R^2$  no conjunto total de plantas foi 0,43 ( $p < 0,001$ ), enquanto os  $R^2$  nas plantas saudas e infectadas antes dos 50 DAP, foram respectivamente 0,73 e 0,33 para  $p < 0,005$  e  $p < 0,001$ . Também não houve relação entre LAD e produção nas plantas infectadas após os 50 DAP. Nas relações entre LAD e número de vagens, os  $R^2$  das regressões em plantas saudas e os  $R^2$  das regressões em plantas doentes, quando comparados com o  $R^2$  da regressão feita no conjunto total de plantas, apresentaram diferenças semelhantes às observadas nas relações entre LAD e peso de grãos (Figuras 15 e 17).

Na cv. Iapar 57, quando se separou plantas saudas das doentes dentro de um mesmo experimento, o  $R^2$  da regressão entre LAD e peso de grãos teve uma pequena elevação nas plantas saudas e pequena redução nas plantas doentes, quando comparados com o  $R^2$  da regressão feita no conjunto total de plantas, somente no experimento de Abril de 1993 (Figuras 14 e 18). Neste experimento, o  $R^2$  da regressão feita em todas as plantas conjuntamente foi 0,57 ( $p < 0,001$ ) enquanto o  $R^2$  nas plantas saudas e plantas infectadas após os 50 DAP foram, respectivamente, 0,63 ( $p < 0,001$ ) e 0,48 ( $p < 0,005$ ). Não houve relação entre LAD e peso de grãos nas plantas infectadas antes dos 50 DAP. No experimento de março de 1995 ocorreu o inverso, o  $R^2$  da relação entre LAD e peso de grãos do total das plantas foi 0,60, enquanto os  $R^2$  das regressões, das plantas infectadas após os 50 DAP e antes dos 50 DAP foram, respectivamente, 0,71 ( $p < 0,001$ ) e 0,63 ( $p < 0,001$ ). Não houve relação entre LAD e peso de grãos nas plantas saudas. Nas relações entre LAD e número de vagens, somente nas plantas infectadas antes dos 50 DAP do experimento de 1993, houve redução no  $R^2$  com relação ao  $R^2$  da regressão feita no conjunto total de plantas (Figuras 15 e 19). Neste experimento, abril de 1993, o  $R^2$  do conjunto total de plantas foi 0,72 ( $p < 0,001$ ), enquanto os  $R^2$  das plantas saudas, infectadas após os 50 DAP e antes dos 50 DAP foram respectivamente, 0,72, 0,87 e 0,42

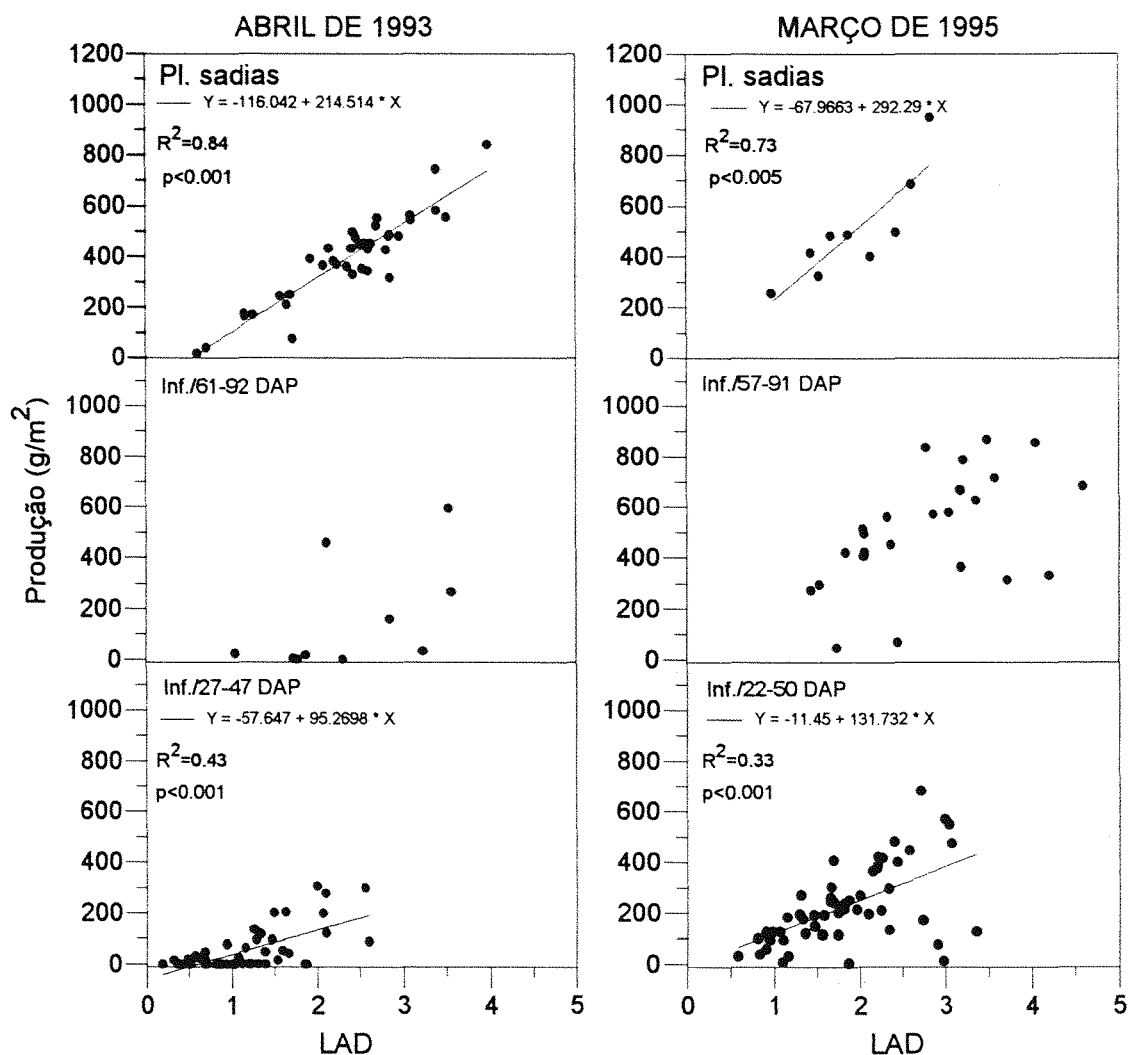


Figura 16. Duração de área foliar (LAD) e produção de grãos da cultivar Carioca, em plantas sadias e infectadas com o BGMV, antes e depois dos 50 dias após o plantio (DAP).

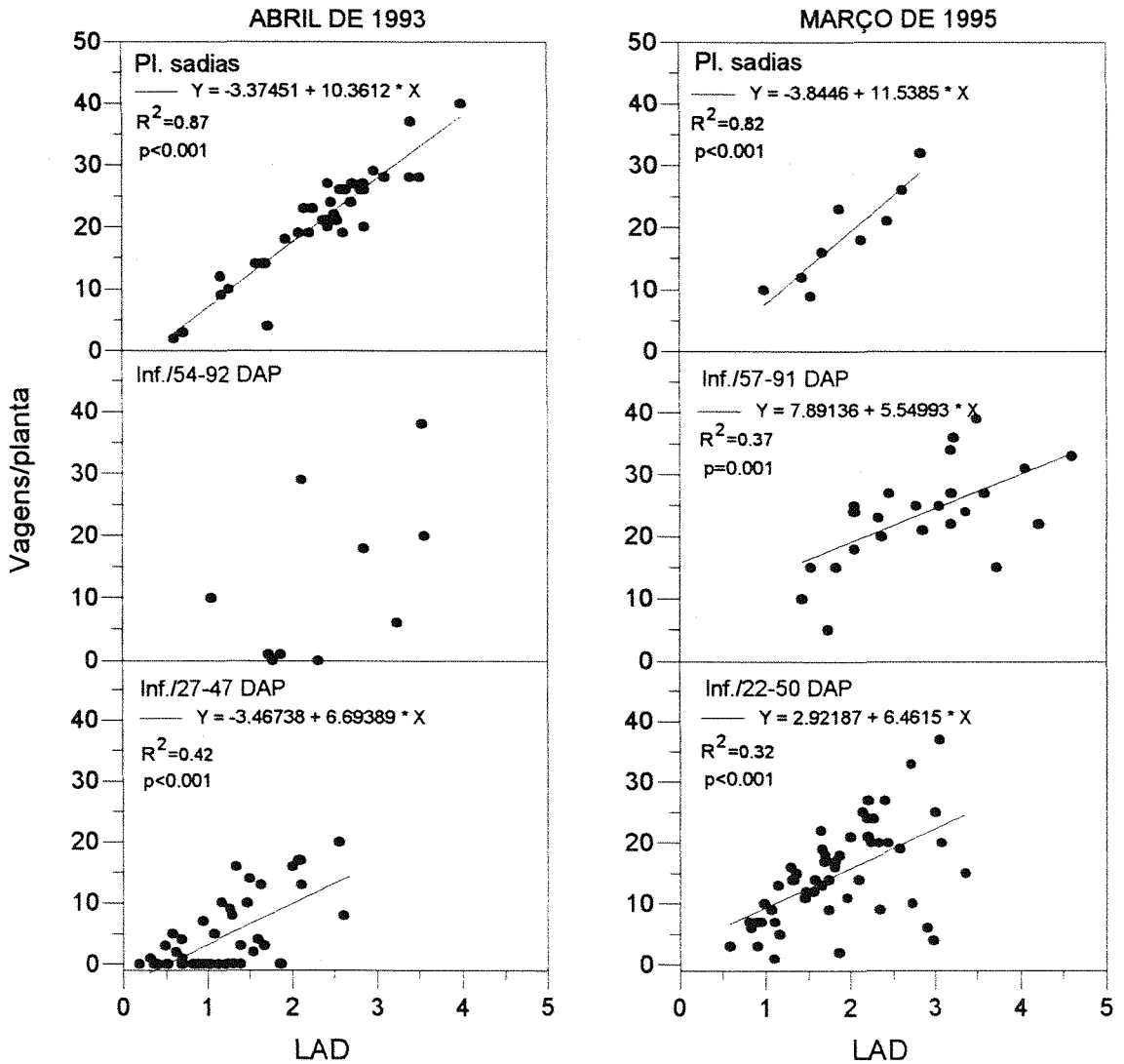


Figura 17. Duração de área foliar (LAD) e produção de vagens da cultivar Carioca, em plantas sadias e infectadas com o BGMV, antes e depois dos 50 dias após o plantio (DAP).

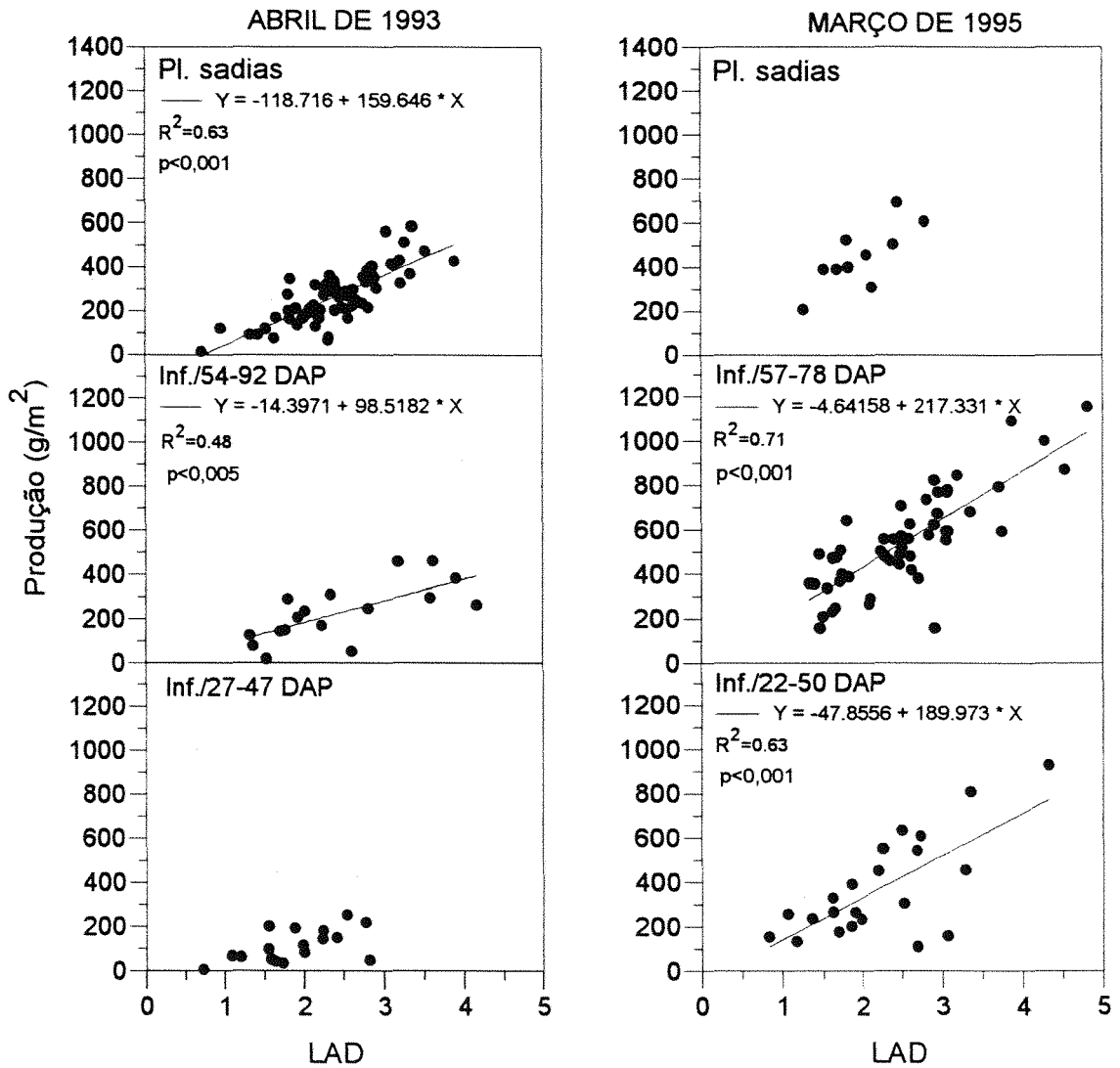


Figura 18 Duração de área foliar (LAD) e produção de grãos da cultivar Iapar 57, em plantas sadias e infectadas com o BGMV, antes e depois dos 50 dias após o plantio (DAP).

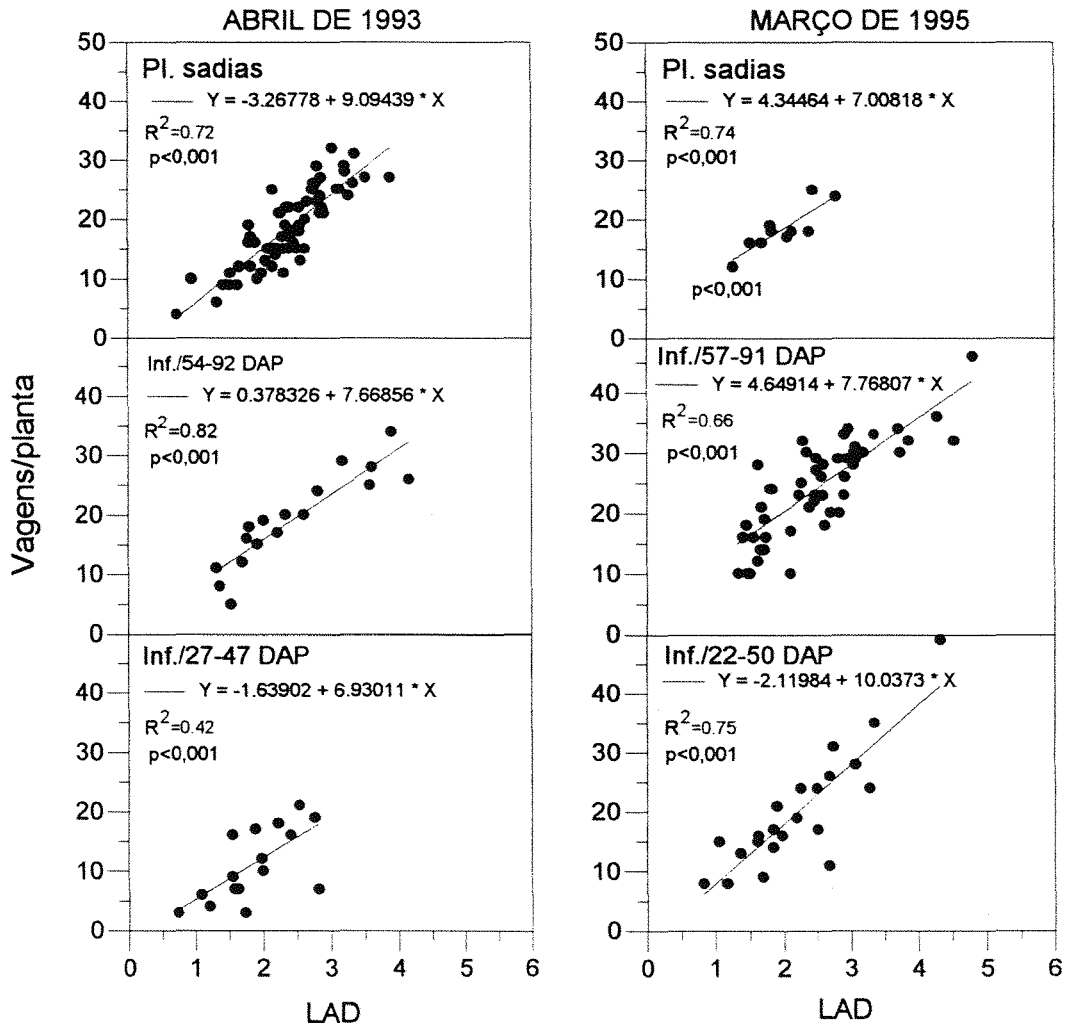


Figura 19. Duração de área foliar (LAD) e produção de vagens da cultivar lapar 57, em plantas sadias e infectadas com o BGMV, antes e depois dos 50 dias após o plantio (DAP).

para  $p < 0,001$ . No experimento de março de 1995, o  $R^2$  do conjunto total de plantas foi 0,70 ( $p < 0,001$ ), enquanto os  $R^2$  das plantas sadias, infectadas após os 50 DAP e antes dos 50 DAP foram respectivamente, 0,74, 0,66 e 0,75 para  $p < 0,001$ .

A inclinação da reta da regressão LAD e peso de grãos, na cv. Carioca, também foi menor nas plantas infectadas antes dos 50 DAP que nas plantas sadias. Com a regressão forçada à origem, os coeficientes angulares mostram a amplitude destas diferenças (Tabela 5). Na cv. Iapar 57, somente no experimento de abril de 1993, o coeficiente angular das plantas infectadas após os 50 DAP foi menor que o observado nas plantas sadias. Não houve relação entre LAD e peso de grãos das plantas infectadas antes dos 50 DAP do experimento de 1993, e das plantas sadias do experimento de 1995. Os padrões das relações entre LAD e número de vagens apresentaram-se semelhantes aos das relações LAD e peso de grãos nas duas cultivares (Figuras 17 e 19).

#### **4.8. Absorção de área foliar sadia (HAA)**

A porção sadia das folhas doentes foi estimada pela redução de absorção de  $CO_2$  e teor de clorofila nos diferentes níveis de severidade de mosaico (área amarelada). Considerando que as reduções destes dois componentes no grau 5 de severidade (grau máximo) foram próximas de 50%, e que a redução foi linear, os valores de "X" (porcentagem de área foliar doente) atribuídos aos graus de severidade de mosaico, de 0.5 a 5.0 (10 níveis) foram de 5 a 50%, com diferenças de 5% entre os diferentes graus. Para os cálculos da HAA, foram feitas as mesmas correções mencionadas para o cálculo de LAD e AUDPC, ou seja, foi também obtida a HAA normalizada.

A absorção da área sadia (HAA) da cv. Carioca, somente na época de setembro de 1994, sem mosaico dourado, destacou-se das demais, com a maioria dos valores de HAA acima dos valores das demais épocas, na maioria das plantas. Nas épocas de plantio sob incidência do BGMV, abril de 1993, fevereiro e março de 1994 e março de 1995, os valores de HAA distribuíram-se no mesmo intervalo (entre 0 e 10)

nos quatro experimentos. A HAA do experimento de Agosto de 1993 foi parecido ao das épocas afetadas pelo vírus (Figura 20 e 21).

A relação HAA-produção (peso de grãos/m<sup>2</sup> e número de vagens) mostrou uma distribuição de dados que ajustou-se ao modelo exponencial. Os R<sup>2</sup> de regressão não linear usando o modelo exponencial, comparados com os R<sup>2</sup> da regressão LAD-produção, apresentaram valores mais elevados nos experimentos afetados pelo vírus de abril de 1993 e março de 1994. Nas demais épocas, os R<sup>2</sup> da relação HAA-produção foram iguais ou menores que os R<sup>2</sup> da relação LAD e produção (Figuras 14, 15, 20 e 21).

Nas plantas da cv. Iapar 57 as diferenças entre coeficientes de determinação das relações LAD-produção e HAA-produção, foram menores que as observadas na cv. Carioca. Os R<sup>2</sup> da relação HAA e número de vagens, com exceção do experimento de fevereiro de 1994, foram semelhantes aos da relação HAA e peso de grãos (Figuras 20 e 21). Os R<sup>2</sup> e padrões das curvas, na cv. Iapar 57, apresentaram menores diferenças entre as épocas de cultivo, que na cv. Carioca. Os R<sup>2</sup> das relações LAD-produção e HAA-produção, nas épocas afetadas pelo BGMV, foram sempre maiores na cv. Iapar 57 que na cv. Carioca, enquanto que nas épocas de cultivo livres do vírus, os R<sup>2</sup> foram maiores na cv. Carioca (Figura 14, 15, 20 e 21). No cultivo de setembro de 1994, a cv. Iapar 57, embora tenha apresentado maior índice de área foliar entre todos os experimentos, os R<sup>2</sup> das relações de HAA e LAD com produção, tanto de grãos como de vagens, foram menores que do experimento de agosto de 1993 e menor que dos experimentos afetados pela virose (Figuras 14, 15, 20 e 21).

Com regressões para HAA-produção (peso de grãos e número de vagens) de plantas saudias, separadas das regressões das plantas doentes, nos experimentos sob incidência do BGMV, na cv. Carioca, somente no experimento de abril de 1993 os R<sup>2</sup> elevaram-se nas plantas saudias, e reduziram nas plantas doentes, quando comparados com os R<sup>2</sup> das regressões feitas no conjunto total das plantas (Figuras 20, 21, 22 e 23).

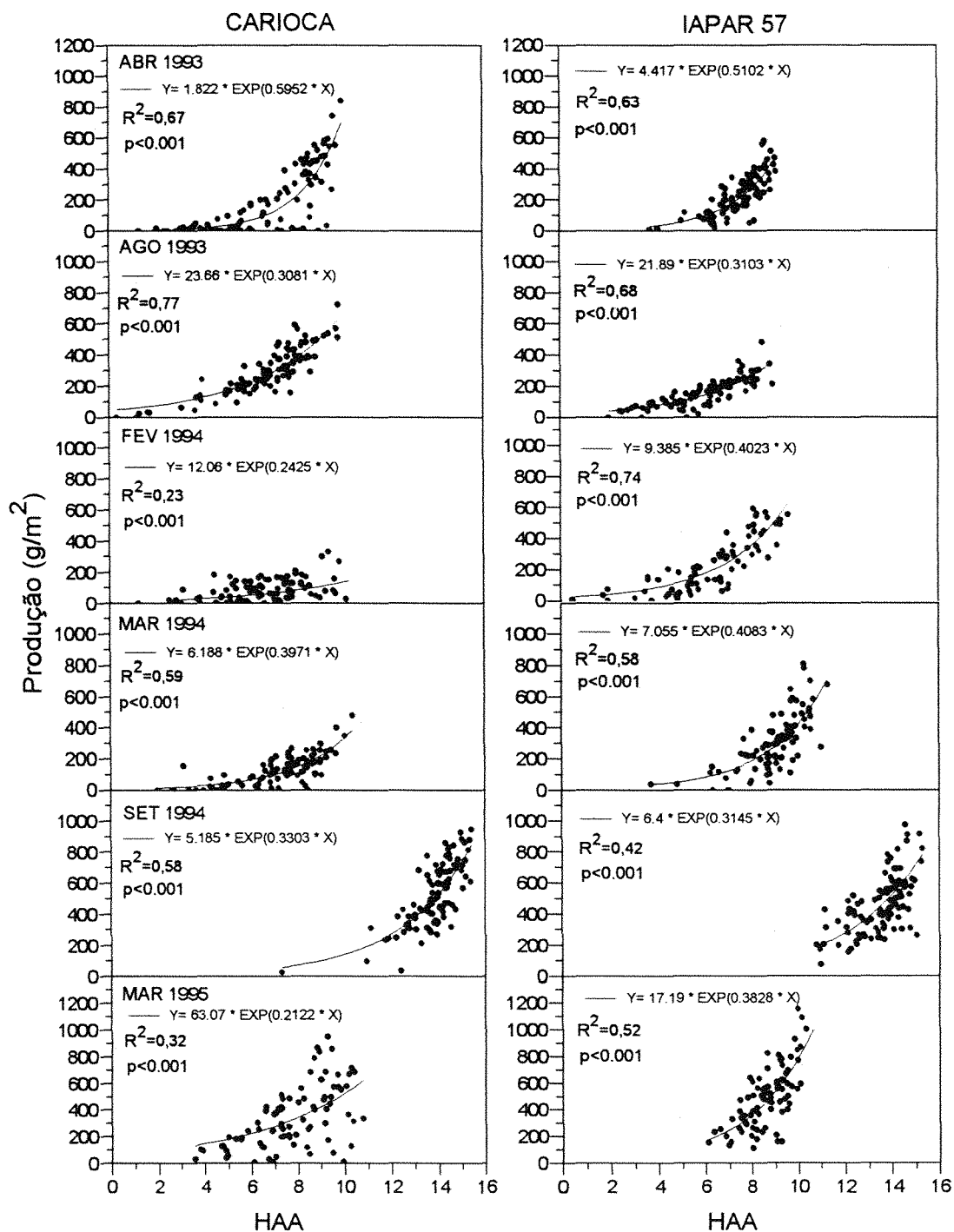


Figura 20. Absorção da área foliar sadia (HAA) e produção de grãos das cultivares Carioca e Iapar 57 sob incidência do BGMV (abr/93, fev/94, mar/94, mar/95) e em plantios livres do vírus (ago/93 e set/94).

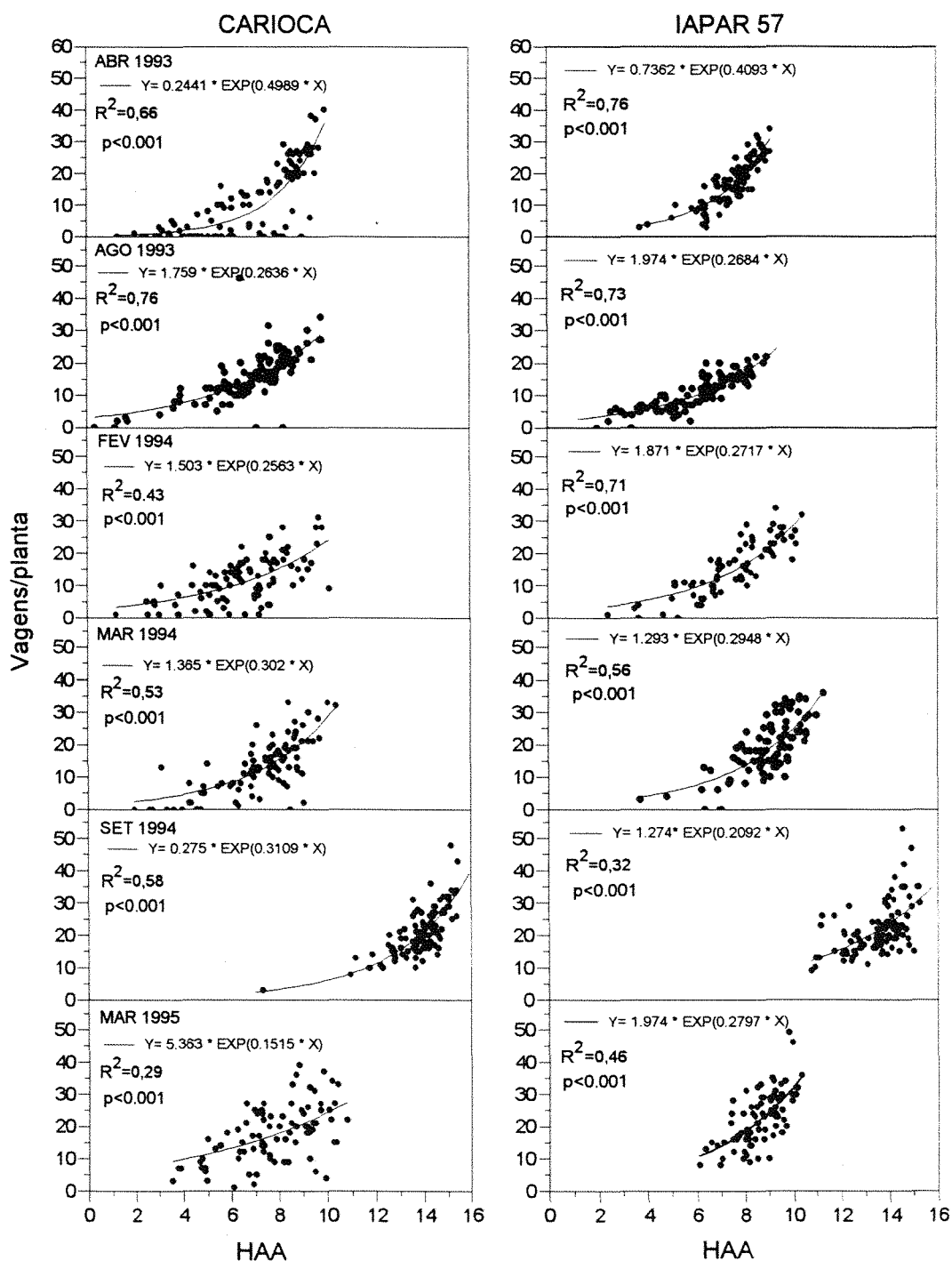


Figura 21. Absorção de área foliar sadia (HAA) e produção de vagens das cultivares Carioca e Iapar 57, em épocas de plantio afetadas pelo BGMV, (abr/93, fev/94, mar/94, e mar/95) e em épocas livres do vírus (ago/93 e set/94).

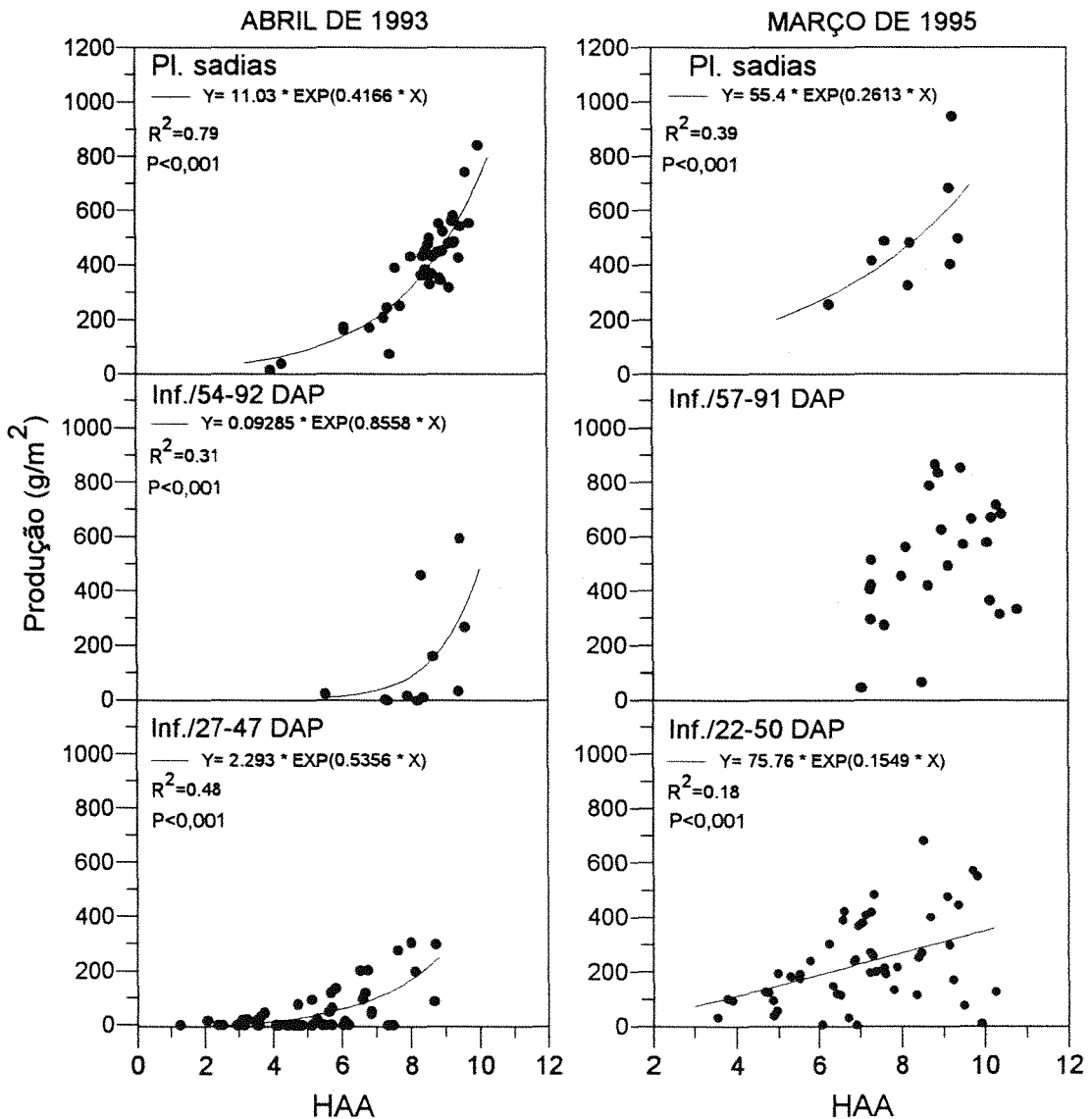


Figura 22. Absorção de área foliar sadia (HAA) e produção de grãos da cultivar Carioca, em plantas sadias e infectadas com o BGMV antes e depois dos 50 dias após o plantio (DAP).

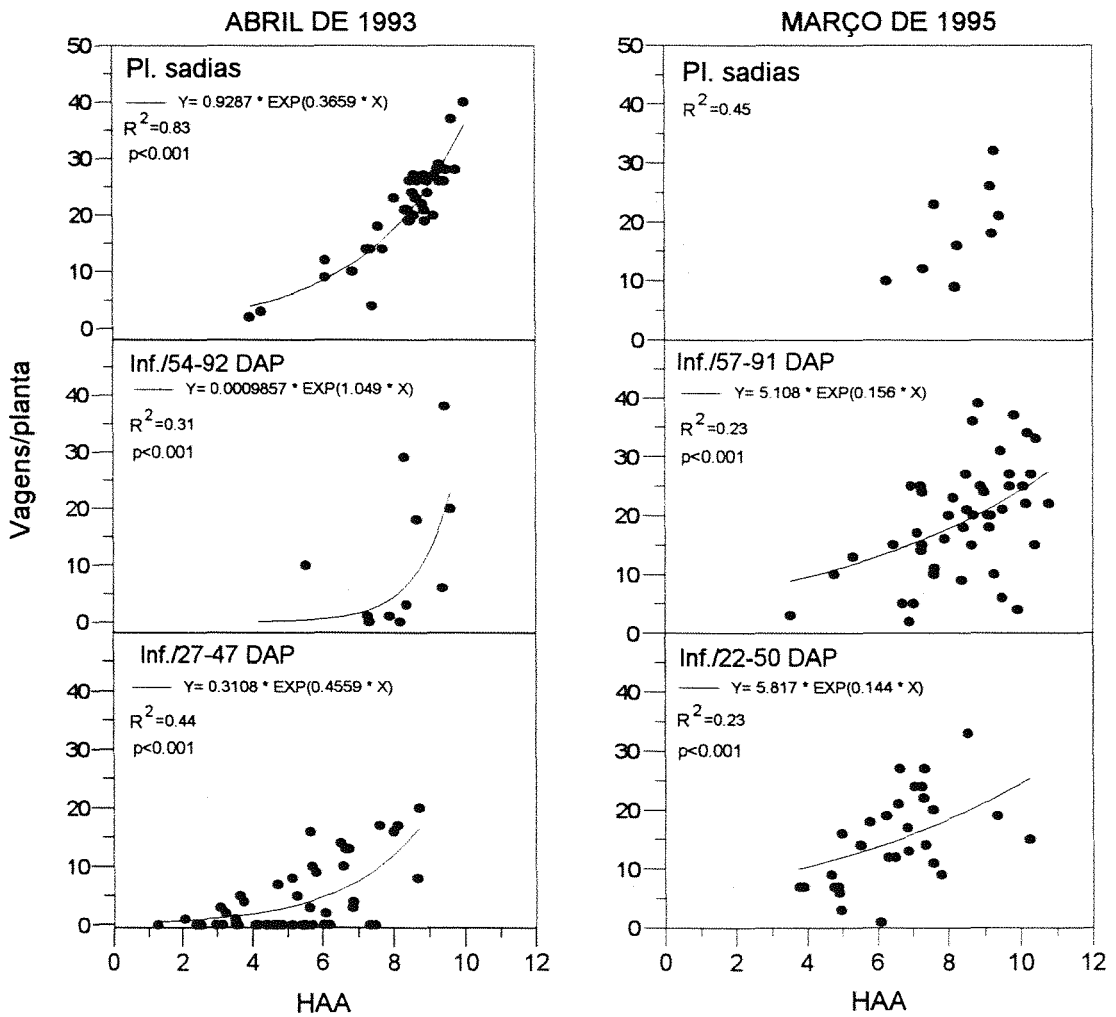


Figura 23. Absorção de área foliar sadia (HAA) e produção de vagens da cultivar Carioca, em plantas sadias e infectadas com o BGMV, antes e depois dos 50 dias após o plantio (DAP).

No experimento de março de 1995, devido ao pequeno número de plantas sadias, os  $R^2$  das regressões para HAA-produção foram baixos, e não houve diferenças acentuadas entre os  $R^2$  das regressões feitas nas diferentes categorias de plantas.

Nas plantas da cv. Iapar 57, neste mesmo tipo de comparação, também observou-se resultados equivalentes aos que ocorreram nas relações LAD e produção, ou seja, não houve elevação dos  $R^2$  nas plantas sadias e os valores de todas as categorias de plantas foram próximos aos do total de plantas, principalmente no experimento de 1995 (Figuras 20, 21, 24 e 25).

#### **4.9. Atividade fotossintética relacionada a severidade de mosaico dourado**

A assimilação total de  $CO_2$ , estimada pela integração dos pontos obtidos ao longo do dia, nas folhas com mosaico foi menor que nas sadias. Os maiores índices de assimilação de  $CO_2$  durante o dia ocorreram nas plantas sem sintomas. As plantas com grau 2 de severidade de mosaico apresentaram índices de assimilação de  $CO_2$  menores, mas próximos aos das plantas sadias. Nas plantas com grau 4 de severidade de mosaico, a assimilação de  $CO_2$  foi menor que nos outros dois tratamentos durante todo o dia, com uma acentuada diferença (Figura 26). A média de assimilação de  $CO_2/h$  durante o dia foi negativamente relacionada com a severidade de mosaico (Figura 27). As reduções na assimilação, observadas nos graus de severidade 2 e 4, com relação as plantas sadias, foram 10,7% e 33,6%, respectivamente.

Houve também alterações nos níveis de amido e açúcares solúveis durante o dia entre as folhas sadias e doentes. O nível de amido nas folhas sadias apresentou uma maior elevação entre 12:00 e 18:00 e maior redução às 7:00 do dia seguinte, que nas plantas com graus 2 e 4 de severidade de mosaico. Por outro lado, os açúcares solúveis totais e redutores mantiveram-se em níveis mais elevados nas plantas doentes (Figura 28). Em consequência, a exportação de assimilados foi reduzida em 13,9 e 51,7% entre as 7:00 e 18:00 h (11 horas) e em 33,9 e 78,8% durante o período de 24 horas, entre 7:00 e 7:00h do dia seguinte (Tabela 6).

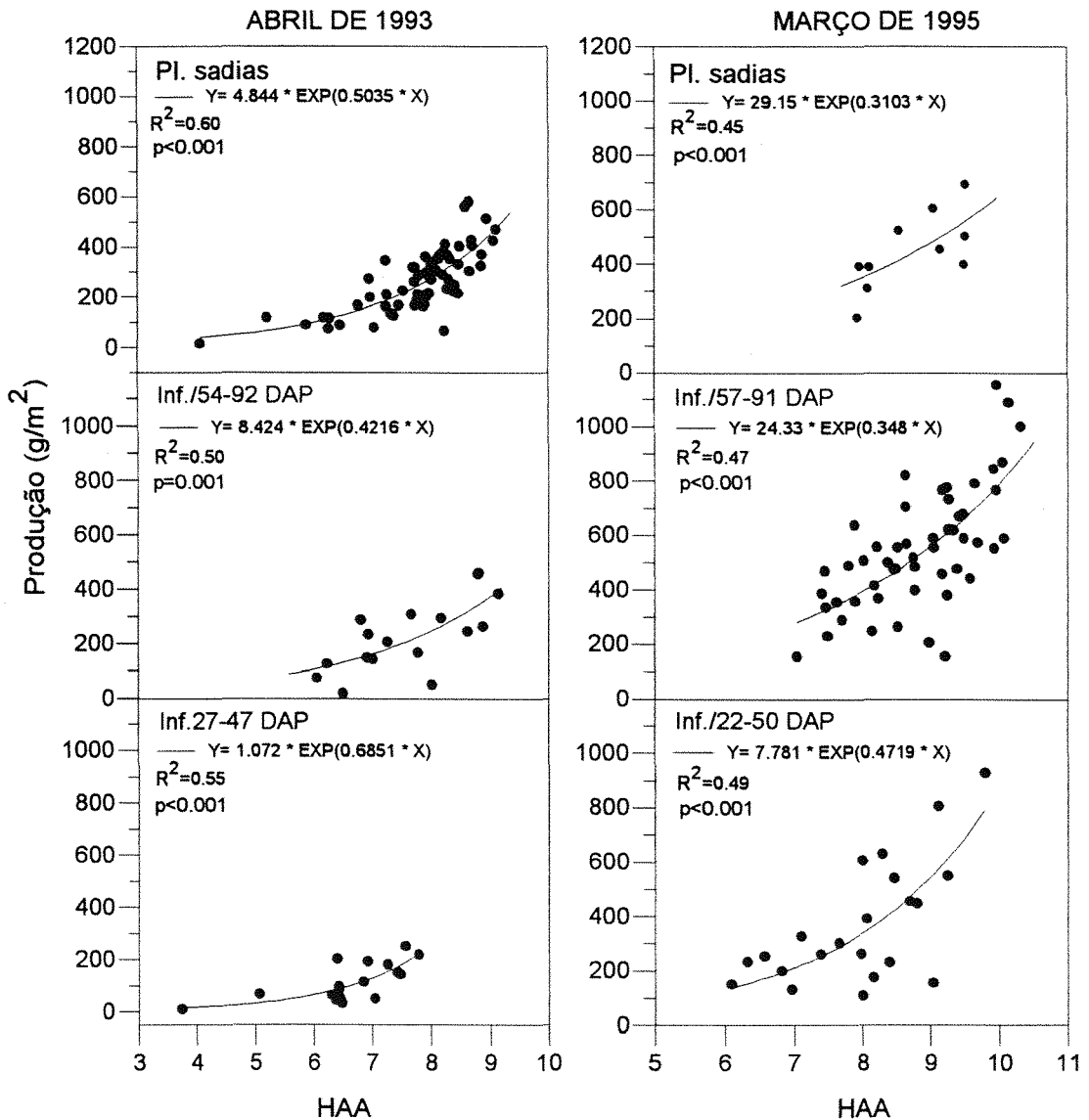


Figura 24. Absorção de área foliar sadia (HAA) e produção de grãos da cultivar lapar 57, em plantas sadias e infectadas com o BGMV, antes e depois dos 50 dias após o plantio (DAP).

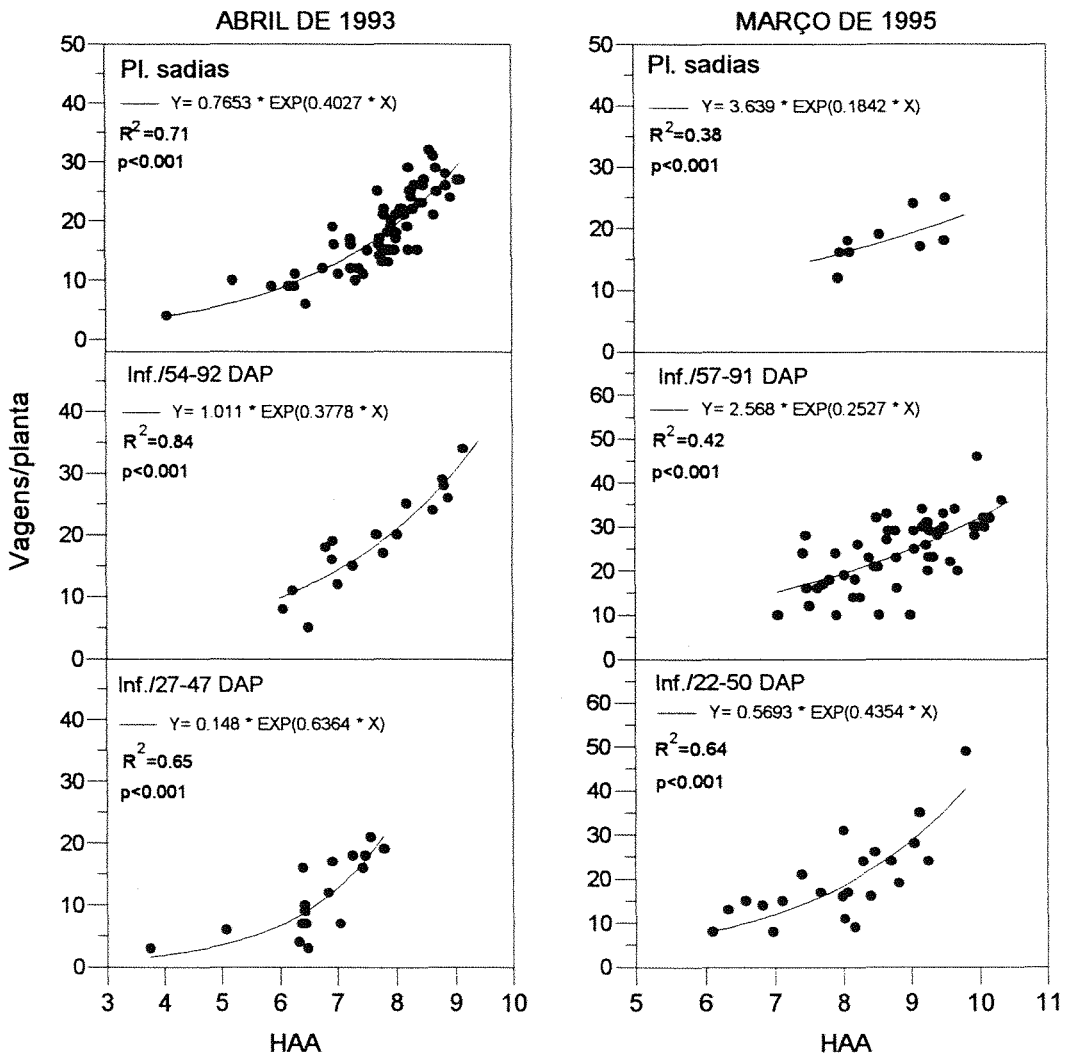


Figura 25. Absorção de área foliar sadia (HAA) e produção de vagens da cultivar Iapar 57, em plantas sadias e infectadas com o BGMV, antes e depois dos 50 dias após o plantio (DAP).

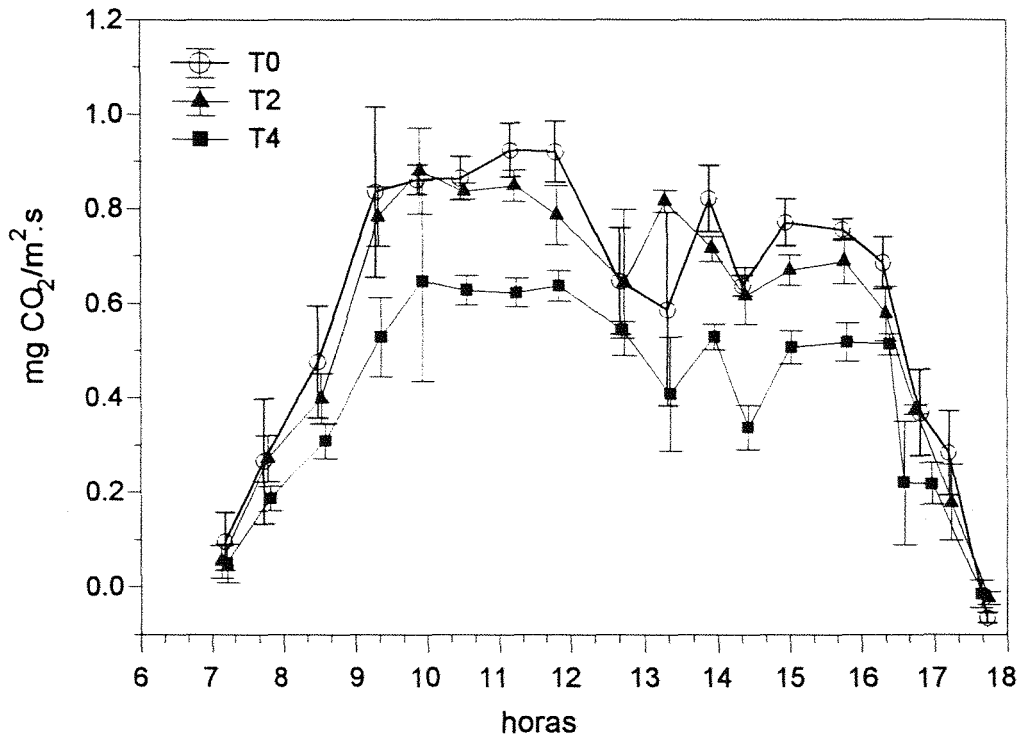


Figura 26. Atividade fotossintética (assimilação de CO<sub>2</sub>) em feijoeiro, cultivar Carioca, durante o período entre 7.00 h e 18.00h, em plantas saudáveis (T0) e com graus 2 (T2) e 4 (T4) de severidade de mosaico dourado.

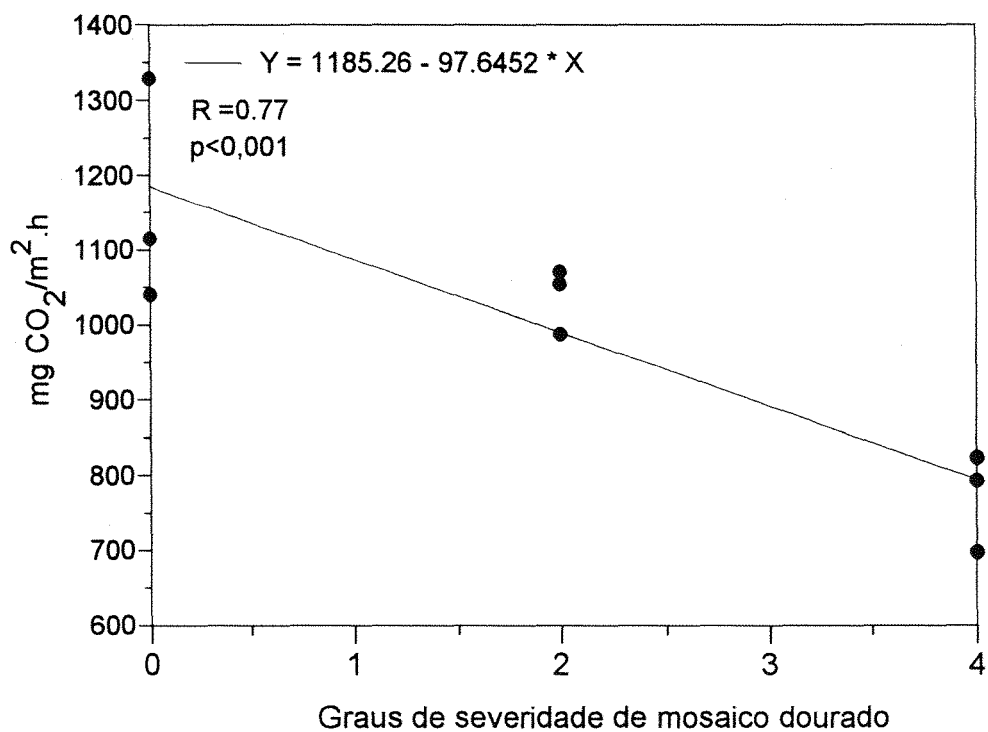


Figura 27. Atividade fotossintética (assimilação de CO<sub>2</sub> /h) em feijoeiro, cultivar Carioca, em plantas sem sintomas e com graus 2 e 4 de severidade de mosaico dourado

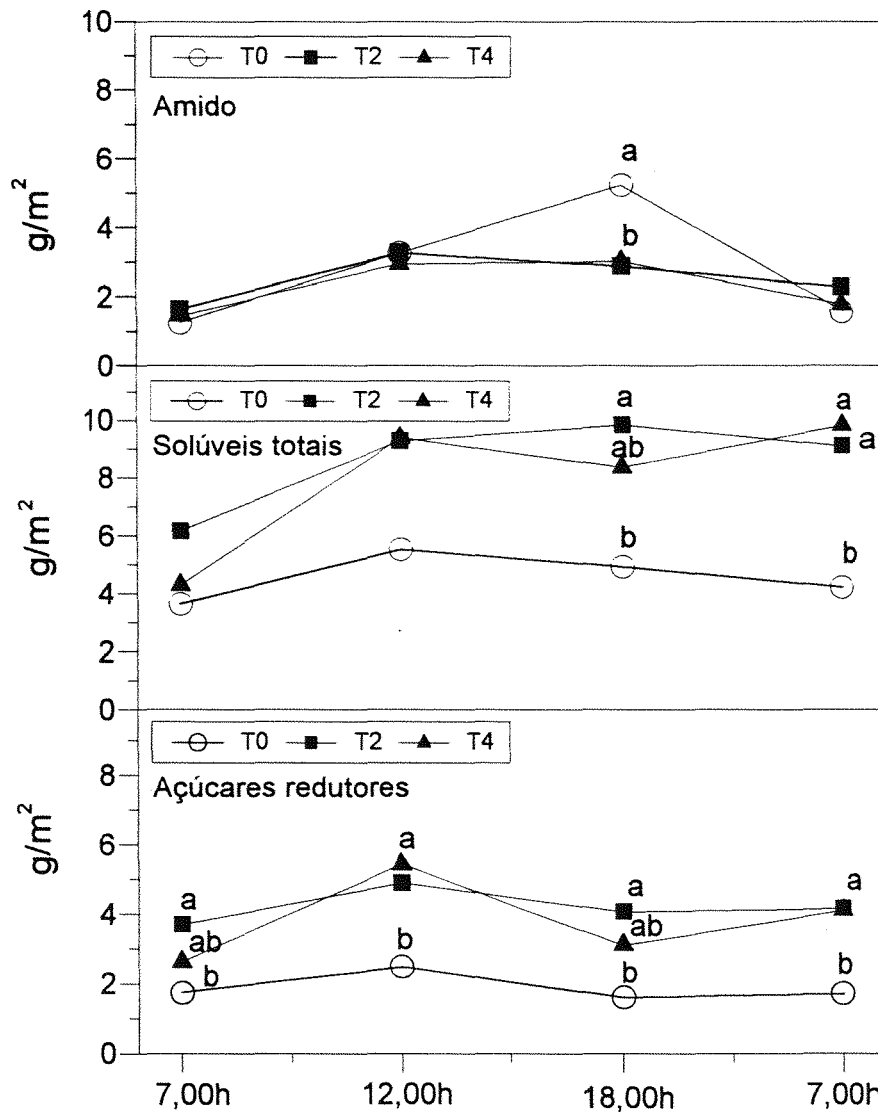


Figura 28. Variação diária (7:00h, 12:00h e 18:00h) e em 24 horas (entre 7:00h e 7:00h) dos teores de amido, açúcares totais e redutores, em folhas de plantas sem sintomas (T0), folhas com grau 2 de severidade de mosaico dourado (T2) e grau 4 (T4). Graus de severidades acompanhados de letras iguais não diferiram pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Tabela 6. Assimilação total de carbono (ATC) e exportação de assimilados, em g CH<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>, entre 7:00h e 18:00h (11h) e entre 7:00h e 7:00h (24h) em feijoeiro sem sintomas (T0) e com graus de severidade 2 (T2) e 4 (T4) (escala de 0 a 5) de mosaico dourado e respectivas porcentagens de redução, em Londrina, PR.

Tratamentos	ATC		Exportação de assimilados			
	g/m <sup>2</sup>	% Red.	11 h	% red	24 h	% red
T0	17,7		12,4		13,9	
T2	15,8	10,7	10,7	13,9	9,2	33,9
T4	11,5	33,6	6,0	51,7	2,9	78,8

#### 4.10. Teor de clorofila em diferentes níveis de mosaico dourado

O conteúdo de clorofila em folhas de feijoeiro apresentou redução gradativa, acompanhando o aumento de severidade da doença. Em amostras de folhas com grau 5 de severidade os teores médios foram inferiores a 50% dos apresentados pelas plantas sadias ou sem sintomas (Figura 29). Plantas com grau 1 de severidade da escala descritiva, apresentaram teores variáveis de clorofila por peso seco de tecido (mg/g), com médias próximas das apresentadas pelas plantas sadias. Quando estimou-se o conteúdo de clorofila por área foliar (mg/cm<sup>2</sup>) a variação foi menor, havendo uma melhor relação entre as duas variáveis (clorofila e severidade de doença). Nos dois experimentos e nos dois métodos de cálculos, as reduções médias da clorofila foram semelhantes, com reduções de 53 e 60% (mg/cm<sup>2</sup>) e 52 e 59% (mg/g) no grau 5 de severidade (Tabela 7).

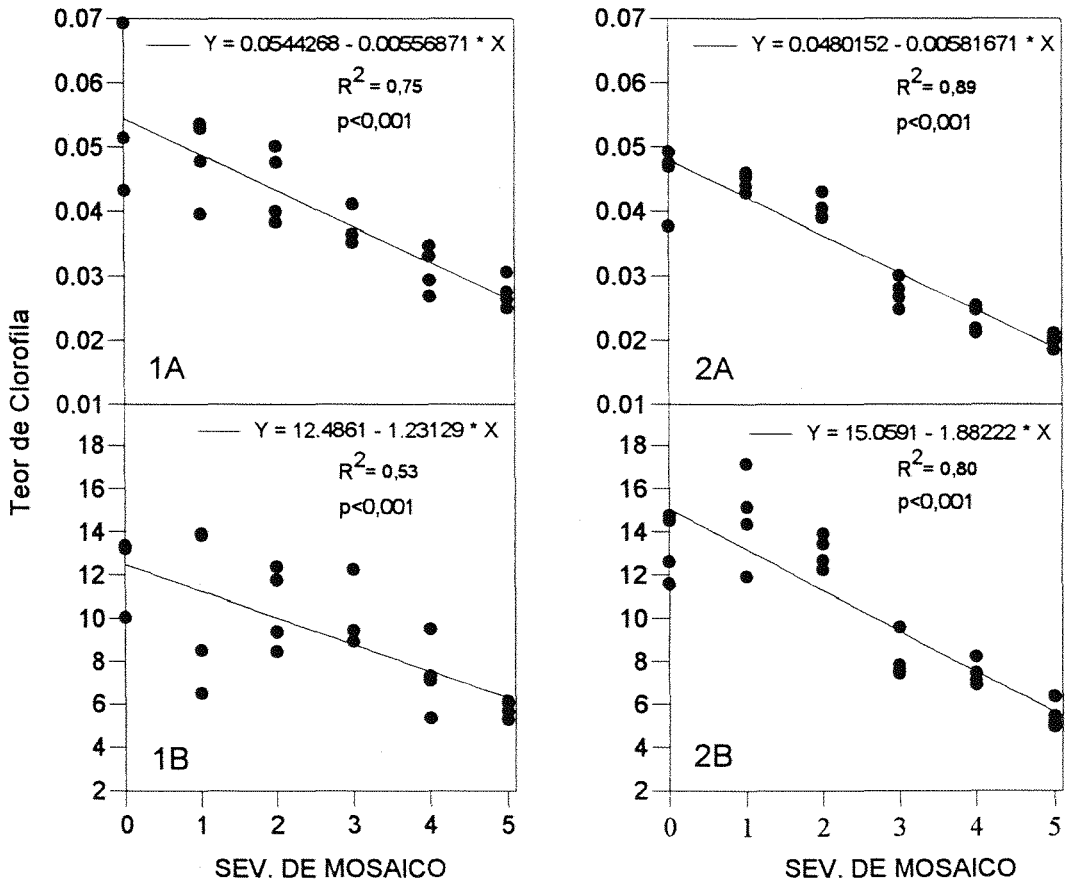


Figura 29. Teores de clorofila em folha de feijoeiro, cultivar Carioca, com diferentes graus de severidade de mosaico, causado pelo BGMV, em relação às folhas sem sintomas em dois experimentos (1 e 2). (A) = Teor de clorofila (mg) por cm<sup>2</sup> de folha; (B) = Teor de clorofila por peso de tecido (mg/g).

Tabela 7. Porcentagem de redução do teor de clorofila em feijoeiro, cultivar Carioca infectado com o vírus do mosaico dourado, com diferentes graus de severidade de mosaico, comparado com plantas sem sintomas, em dois experimentos (dois locais), Londrina PR.

Graus de severidade	Experimento 1		Experimento 2	
	A*	B**	A*	B**
1	17	12	7	0
2	24	14	15	2
3	35	16	42	39
4	47	40	51	44
5	53	52	60	59

\* = Porcentagem do teor de clorofila calculado em miligrama por área foliar ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ ).

\*\* = Porcentagem do teor de clorofila calculado em miligrama por peso seco de tecido ( $\text{mg}/\text{g}$ ).

## 5. DISCUSSÃO

De acordo com os primeiros relatos sobre a ocorrência do mosaico dourado e estudos realizados sobre a virose no Paraná, a incidência do BGMV em plantas de feijoeiro tem ocorrido no período de janeiro a abril, coincidindo com o final do ciclo da soja e algodão (Costa et al., 1973; Costa, 1975; Bianchini, 1981; 1989; Bianchini & Faria 1987). No presente estudo, as curvas de incidência do mosaico dourado em cultivar suscetível, também mostraram este comportamento. Constatou-se também que os níveis e épocas de picos de incidência variaram em cada ano de acordo com as condições ambientais.

As maiores incidências do mosaico dourado, até 100% de plantas infectadas na cv. Carioca, ocorreram nos meses de fevereiro e março, quando houve altas temperaturas. O pico de incidência, entretanto, pode ocorrer em abril ou mais tarde. Como mostra a Figura 3, a maior porcentagem de plantas com sintomas, no plantio de março de 1994, foi constatada no início de abril, enquanto no plantio de março de 1995, ocorreu no mês de maio. Isto foi devido à disseminação mais rápida do vírus, no experimento de março de 1994, infectando maior número de plantas ainda no seu estágio inicial. A incidência no experimento de março de 1995, menor que a de março de 1994, e a incidência no mês de abril de 1993, menor que a de março de 1995 evidenciam a influência das condições climáticas de cada ano, e a tendência de redução da incidência da virose nos plantios feitos à partir de abril quando a temperatura de ambiente tende a baixar (Figura 3).

A redução da incidência da virose, à partir de abril ou mais cedo, depende principalmente da temperatura, a qual tem papel determinante na multiplicação da mosca

branca, vetora do vírus. Este inseto tem sua multiplicação acelerada a 28°C ou acima (Carvalho, 1987). À este nível de temperatura a eficiência da multiplicação e transmissão do BGMV também é maior que sob temperaturas abaixo de 25°C (Gálvez & Cardenas 1980; Aozaki et al., 1989). A oscilação ou redução da porcentagem de plantas infectadas durante o período de avaliações (entre a primeira e última avaliação), foi devido a recuperação das plantas (desaparecimento dos sintomas), ao longo do seu ciclo, fenômeno que ocorre em plantas infectadas com vírus, que pode ser em função de resistência ou imunidade adquirida após a infecção (Price, 1964; Walkey, 1985).

De acordo com dados deste trabalho, é possível concluir que a virose reduz o índice de área foliar. Isto pode ser observado comparando-se as curvas de LAI entre plantas sadias e infectadas de um mesmo experimento. Influência do BGMV na redução do LAI pode ser evidenciada entre plantas infectadas da cv. Carioca antes dos 50 dias após o plantio (DAP), estágio de florescimento, comparadas com as plantas sadias de um mesmo experimento (Figura 4).

No experimento de 1993, a diferença entre o LAI das plantas infectadas antes dos 50 DAP e o LAI das infectadas após os 50 DAP e sadias, foi maior que no experimento de 1995. Isto ocorreu porque em 1995 a maioria das plantas foram infectadas entre os 35 e 50 DAP, enquanto em 1993, o maior índice de infecção ocorreu entre os 20 e 35 DAP. Em 1995, as plantas da cv. Carioca apresentaram diferença no LAI somente após os 50 DAP o que também corresponde com a incidência mais tardia neste ano. Devido a menor influência da virose em 1995 as plantas sadias e infectadas após os 50 DAP, apresentaram um maior desenvolvimento foliar que em 1993.

Na cv. Iapar 57, houve uma pequena diferença no LAI entre as plantas infectadas antes dos 50 DAP e as demais, somente no experimento de 1993. No experimento de 1995, não houve redução do LAI em função da virose, contanto que as plantas sadias tiveram menor LAI que as plantas infectadas antes dos 50 DAP. A variação nas diferenças entre as duas épocas foi mais em função da elevação do LAI ocorrida nas plantas doentes, em 1995. Nas plantas sadias, os LAI mantiveram-se semelhantes nas duas épocas e em ambos cultivares (Figura 4).

Considerando-se, que as plantas infectadas após os 50 DAP não apresentaram LAI menor que os das plantas sadias, em nenhuma das situações observadas na Figura 4, conclui-se que não há redução do LAI devido a virose, quando a infecção das plantas ocorre à partir dos 50 DAP (após o florescimento).

A grande variação observada na produção, a qual reduziu os coeficientes de determinação nas análises de regressão, foi resultante, em grande parte, da variação normal que existe entre plantas em condições de campo. Segundo James & Teng (1979) em ensaios com plantas individuais em condições de campo, nas correlações com produção, os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) podem ser da ordem de 0,02 a 0,28. A amplitude de produção das plantas sadias ou sem sintomas, dos experimentos de abril de 1993 e março de 1995 (Figura 5), mostra esta grande variação de produção que ocorreu normalmente, entre plantas, independentemente da infecção pelo vírus.

Sabe-se também que a baixa relação entre severidade de doença com produção não é uma exceção, mas um fato comum. Mais difícil é encontrar uma estreita relação entre estas duas variáveis (Madden, 1983). Trabalhos com doenças fúngicas do feijoeiro têm mostrado esta baixa ou inexistente relação entre área sob a curva de progresso da doença (AUDPC) com produção (Nunes, 1994; Iamauti, 1995; Bergamin Filho et al., 1997).

Apesar das variações normais da produção, os padrões de curvas observados nas relações entre AUDPC e peso de grãos por planta, observados nos experimentos de abril de 1993, março de 1994 e março de 1995, na cv. Carioca (Figura 5), mostram que a produção é reduzida com aumento da severidade da virose. Como pode ser observado na Figura 5, as produções máximas foram reduzidas gradativamente com o aumento dos valores de AUDPC. Isto evidencia o efeito do BGMV no potencial produtivo das plantas. As plantas com AUDPC igual a zero ou menor que 1, tiveram produções variando de zero a mais de 800 g/m<sup>2</sup>, enquanto que plantas com AUDPC igual ou acima de 1, tiveram produções máximas em torno de 400 g/m<sup>2</sup>, reduzindo gradativamente até zero de produção de acordo o aumento do AUDPC (Figura 5).

Uma das dificuldades da quantificação dos danos baseando-se nos graus de severidade da doença é a variação na distribuição dos dados que ocorrem entre as diferentes safras (Figura 5). Estas variações podem ser influenciadas por outros fatores, como os de clima e solo, os quais não são considerados nos métodos de quantificação da severidade da doença. No experimento de fevereiro de 1994, a produção foi muito baixa em todos os níveis de AUDPC. Embora a produção possa ter sido afetada por condições ambientais adversas, neste caso, a maioria das plantas foi infectada até os 20 dias após o plantio, estágio vegetativo V<sub>3</sub>. Isto evidencia também a influência da infecção precoce na produção (Costa & Cupertino, 1976; Menten et al., 1980; Caner et al., 1981; Almeida et al., 1984), a qual pode ser reduzida, embora a severidade aparente da doença seja baixa.

A produção, em função da AUDPC (Figura 5), sofreu uma redução drástica mesmo nos níveis baixos de severidade do mosaico dourado. Este padrão de danos em função da doença aproxima-se do modelo de curva denominado "tipo I" por Mumford & Norton (1987), onde pequenos incrementos de severidade levam a grandes reduções de produção. Este tipo de curva é observado em doenças causadas por vírus ou outras doenças de natureza sistêmica (Johnson, 1987). Segundo o autor, este tipo de doença tem efeito rápido na produção, porque interfere na eficiência de uso de radiação (Radiation Use Efficiency - RUE) e isto manifesta-se diretamente na produção.

Como a redução no número de vagens, em função do mosaico dourado, também foi grande, com curvas de redução apresentando padrões semelhantes às de peso de grãos por planta (Figura 6 e 7), grande parte da redução da produção total de grãos, foi consequência da redução do número de vagens.

Plantas infectadas até aos 30 dias de idade, estágio vegetativo V<sub>4</sub>, estão sujeitas a elevadas reduções na produção. Em casa de vegetação e em experimentos de campo têm sido observadas reduções na produção acima de 80%, nas infecções ocorridas até aos 15 dias de idade das plantas, reduzindo para menos que 50% nas infecções após os 30 dias (Costa & Cupertino 1976; Menten et al., 1977; Issa & Watanabe, 1982; Almeida et al., 1984). Conforme resultados apresentados neste trabalho, os danos nem sempre reduziram-se de acordo com a época de infecção da planta. A média de redução

na produção em 1993, na cv. Carioca, variou entre 86 a 90%, respectivamente, nas plantas que foram infectadas antes dos 20 DAP, estágio V<sub>3</sub> e nas infectadas entre 40 e 50 DAP, estágio de florescimento (Figuras 8 e 9).

Em 1995, os danos foram menores que em 1993, mas também semelhantes, entre as plantas infectadas antes dos 20 DAP e aquelas infectadas entre 40 e 50 DAP (Figuras 8 e 9). Nas infecções ocorridas após os 50 DAP os danos foram muito variáveis, mas como mostra a figura 9, no experimento de 1993, danos elevados na produção foram observados mesmo quando a infecção ocorreu aos 60 DAP (formação de vagens). Por isso, a variação de danos não deve ser função somente da idade da planta no momento da infecção.

Os danos elevados nas infecções até os 50 DAP, ou mesmo após (Figura 9), devem estar relacionados aos efeitos da virose nos processos fisiológicos que determinam a formação de vagens e também de grãos. Como demonstrado por Gálvez et al. (1977) e Caballero Grande et al. (1987), desfolhas artificiais das plantas proporcionaram maiores danos nas fases de floração, formação e enchimento de vagens.

As variações nos danos observados neste trabalho, podem ser também, devidos às diferenças na pressão de inóculo e a variações do vírus. Muitos dos sintomas de encarquilhamento severo são resultantes da interação de diferentes Geminivirus ou entre Geminivirus com outros gêneros de vírus (Costa, 1983a; Nardo & Costa, 1986; Costa, 1987).

Apesar do encarquilhamento causar maiores deformações na planta, a influência da AUDPC do encarquilhamento (AUDPCe) e do mosaico (AUDPCm) na produção, são parecidas (Figuras 5 e 6). Isto deve-se ao fato de que grande parte das plantas que continham o mosaico também apresentaram encarquilhamento, e vice-versa.

As variáveis de área foliar LAD e HAA mostraram uma estreita relação com a produção (peso de grãos e número de vagens) nas plantas saudáveis. Nas plantas afetadas pela virose, apesar de também apresentar relação, houve uma grande variação na produção para níveis de LAD ou HAA semelhantes, reduzindo os R<sup>2</sup>, tanto na relação LAD e produção como na HAA e produção. Apesar de não haver muita diferença nos

coeficientes de determinação, os padrões das curvas das relações HAA e produção foram mais consistentes entre as épocas de plantio, que nas relações LAD-produção. A curva de HAA, em função da época de infecção das plantas pelo BGMV, nos experimentos de abril de 1993 e março de 1995, também mostrou maior consistência nos resultados que com a variável LAD, ou seja, houve diferença entre plantas saudas e infectadas antes dos 50 DAP, nas duas épocas de plantio (Figuras 12 e 13).

Os baixos  $R^2$  e coeficientes angulares das retas de regressão, nas relações LAD-produção, evidenciam que a redução da área foliar ou variáveis relacionadas, não são os únicos fatores afetados pelo mosaico dourado, que resultam na redução da produção. Os baixos coeficientes angulares apresentados nas relações LAD-produção, nas épocas mais afetadas pelo BGMV, fevereiro e março de 1994, e nas plantas infectadas antes dos 50 DAP (Tabelas 4 e 5) mostram que há uma menor eficiência fotossintética das folhas nas plantas doentes.

Como a variável LAD (integral da área foliar total) desconsidera a doença, os baixos coeficientes angulares nas relações LAD-produção na cv. Carioca, nas plantas com mosaico dourado, podem, em parte, ser devidos ao menor teor de clorofila nas folhas doentes. Nestas folhas, a atividade fotossintética (assimilação de  $CO_2$ ) foi reduzida em 33,6% no grau 4 de severidade de mosaico dourado (Tabelas 6 e 7), e estimada em 42%, aproximadamente, no grau 5 de severidade. A redução da exportação de assimilados, a qual foi de 78,8% no grau 4 de severidade de mosaico, na cv. Carioca (Tabela 6), também deve ter tido participação importante na redução da produção, e conseqüentemente no coeficiente angular, das relações entre LAD-produção.

Alterações nos coeficientes angulares, mesmo em relações entre duração de área foliar sadia (Healthy Area Duration - HAD) e produção, em plantas de feijoeiro infectadas por fungos, têm sido observadas em trabalhos anteriores. Segundo Iamauti (1995), nas plantas mais severamente afetadas pela ferrugem, as relações HAD-produção apresentaram menores coeficientes angulares que nas plantas mais saudas, o que sugeriu ser uma interferência do fungo com a eficiência fotossintética dos tecidos saudas. Em trabalhos realizados em campo, com o sistema *Phaeoisariopsis griseola*-feijoeiro,

utilizando modelo de avaliação de ponto crítico, a relação entre produção e radiação interceptada por área foliar sadia (HRI), foi a que apresentou maior consistência ou estabilidade nos coeficientes angulares com relação à cultivares, locais, épocas de plantio e estágio de desenvolvimento do feijoeiro (Bergamin et al., 1997).

Portes & Carvalho (1983) observaram que a eficiência fotossintética pode também variar entre cultivares de feijão. Os cultivares do tipo arbustivo, apesar de terem menor quantidade de folhas, apresentaram maior produção por unidade de área foliar que as cultivares ramificadas. As plantas da cv. Iapar 57 apresentam hábito de crescimento mais ereto que as da cv. Carioca, no entanto, os coeficientes angulares da relação LAD-produção, nas plantas dos experimentos sem mosaico dourado realizados em Londrina, mostraram uma maior produção por unidade de área foliar na cv. Carioca (Figura 14).

As curvas de produção relacionadas a HAA mostraram um modelo mais próximo do exponencial. Esta tendência exponencial na relação HAA-produção, também foi observada em feijoeiro com doenças fúngicas (Iamauti, 1995; Bergamin et al., 1997). Usualmente esta relação têm sido linear (Monteith, 1972; Monteith, 1977, citado por Bergamin & Amorim, 1996; Gaunt, 1995; Madden & Nutter, 1995). O índice de área foliar sadia (HLAI), o coeficiente de extinção ( $k$ ) e o hábito de crescimento da planta são fatores que influenciam a forma de curva da relação HAA e produção (Bergamin et al., 1997).

Nas relações entre HAA-produção, onde as diferenças na atividade fotossintética, em função da severidade do mosaico, foram consideradas, embora as curvas apresentassem padrões mais consistentes que a relação LAD e produção, houve ainda muita variação na produção para níveis semelhantes de HAA nas plantas doentes. Neste caso, a redução da eficiência de uso de radiação (RUE) nas partes consideradas sadias não deve ter tido influência relevante.

A redução na exportação de assimilados, não considerada como porção doente nos cálculos de HAA, pode ter sido um dos fatores responsáveis pela variação da produção nas plantas com HAAs semelhantes. Alterações nas atividades hormonais, que ocorrem nas interações entre vírus e planta (Mattheus, 1991) podem também ser uma das

causas das variações na produção das plantas doentes, as quais podem influir nas relações entre as variáveis de área foliar e produção.

Outros fatores que podem também serem causas de variações de produção, e que devem ser estudados, são erros nas avaliações de área das folhas deformadas ou encarquilhadas em função da infecção pelo BGMV. A área de uma folha encarquilhada é medida por meio do diâmetro do folíolo estendido, mas na realidade ele não permanece nessa posição, mas sim, com partes do seu limbo curvados para baixo na maioria dos casos. Assim, uma folha doente terá uma interceptação de radiação solar diferente de uma folha sadia de mesma área foliar. Como pode ser observado nas Figuras 1 e 2, além do encarquilhamento, as folhas doentes sofrem uma certa epinastia a qual leva a um coeficiente de extinção diferente de uma folha sadia.

As reduções observadas na assimilação de carbono nas plantas com mosaico dourado, em relação às sadias, foram menores que as encontradas para o conteúdo de clorofila. No entanto, como as diferenças foram pequenas e as avaliações foram feitas em experimentos independentes, não se pode considerar como efeitos diferentes da virose nas duas variáveis. Os resultados do conteúdo de clorofila foram mais consistentes quando os teores foram calculados com base na área foliar ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ ) que por peso seco de tecido ( $\text{mg}/\text{g}$ ). Isto reflete o tipo de amostragem, a qual foi efetuada baseando-se na quantidade de sintomas por área e não por peso foliar. A maior variação no grau 1 de severidade deve ter ocorrido em função do pequeno número de pontuações amarelas neste nível de doença, onde a possibilidade de erros nas amostragens é maior.

As amostras com grau 5 (máximo de severidade de mosaico) foram obtidas de folhas com sintomas de mosaico (coloração amarela) cobrindo, aparentemente, uma área superior a 85% do total da área foliar. Considerando que as médias de reduções de clorofila observadas no grau 5 foram entre 52 e 60%, em relação às plantas sadias, conclui-se que mesmo as áreas amarelas contêm uma quantidade de clorofila, fotossinteticamente ativa, relativamente alta.

A relação negativa dos parâmetros teor de clorofila, atividade fotossintética e exportação de assimilados com a severidade do mosaico dourado, mostra a influência da

doença nestas variáveis as quais podem indicar a extensão da doença na planta. A redução de clorofila e redução ou alteração de cloroplastos parecem ser comum em sintomas de mosaico causados por vírus (Bedbrook & Matthews, 1972, 1973; Platt et al., 1979; Goodman et al., 1986; Matthews, 1991; Balachandran et al., 1994). Análise de tecidos de plantas de feijoeiro infectadas com o BGMV demonstrou alterações drásticas na morfologia dos cloroplastos (Kitajima & Costa, 1974). Redução da fotossíntese em função de doenças causadas por vírus também tem sido objeto de estudo por vários autores, cujos trabalhos com diferentes vírus e hospedeiros, mostram resultados mais variáveis do que com a clorofila. Em folhas de fumo (*Nicotiana tabacum*) com mosaico causado pelo TMV, tem-se observado decréscimo elevado da fotossíntese e clorofila, sendo que a redução maior foi observada em condições de alta luminosidade e baixo teor de nitrogênio (Balachandran et al., 1994). Esta redução na clorofila foi considerada uma consequência da redução de cloroplastos, cuja destruição é dependente de luz (Hodgson et al., 1989; Reneiro & Beachy, 1989).

Efeitos nos teores de açúcares em folhas afetadas pelo mosaico dourado também foram bastante pronunciados. Foram observados menores conteúdos de amido e maiores teores de açúcares solúveis nas folhas com mosaico durante o dia, o que deve ter ocorrido em função da não exportação. A redução de exportação de assimilados, 78,8% no grau 4 de severidade de mosaico é da mesma magnitude dos danos na produção de grãos neste nível de severidade da doença (Costa & Cupertino, 1976; Bianchini et al., 1981, 1989; Caner et al., 1981; Issa & Watanabe, 1982; Almeida et al., 1984). Em algumas interações vírus-planta, como PLRV-batata, BYDV-cevada e BYV-beterraba, parece ser comum o acúmulo de carboidratos, o que em alguns casos, pode ser resultado de deficiência na translocação (Goodman et al., 1986).

Como observado por vários autores (Bedbrook & Matthews 1972, 1973; Platt et al., 1979; Goodman et al., 1986; Matthews, 1991) os efeitos de vírus nos processos ou produtos bioquímicos relacionados à fotossíntese dependem de diversos fatores; entre estes, específicas interações vírus-hospedeiros, estágio de infecção da planta, condições de luminosidade, momento de avaliação (tempo após a infecção) e

unidade de avaliação podem influenciar os resultados obtidos. Assim, a porção doente das folhas baseada na redução do teor de clorofila, fotossíntese ou processos relacionados, deverá ser estabelecida com estudos em diferentes condições de ambiente, principalmente, intensidade de luz e em diferentes cultivares, levando-se em conta, não somente a área, mas também a intensidade do mosaico (coloração amarela).

Os efeitos de vírus na planta são complexos; os processos afetados como a fotossíntese, teor de clorofila, transporte de assimilados e atividades hormonais sofrem efeitos diferentes e dependentes de diversas condições e situações. Por outro lado, estes processos e produtos estão interligados ou dependentes, e isto dificulta a avaliação individual de cada um e a interpretação dos resultados obtidos. Dessa forma há necessidade de identificar qual ou quais destas variáveis melhor representem a extensão da doença ou os danos totais na planta.

Na relação LAD-produção, embora as diferenças nos coeficientes angulares mostrem os efeitos do BGMV na produção, podendo ser considerados como uma função da severidade da doença, seu uso como tal para diferentes ambientes ou situações também é duvidoso. Considerando a influência da intensidade de luz nos efeitos de vírus em planta, os coeficientes angulares nas relações LAD-produção poderão ser diferentes para uma mesma severidade de doença em diferentes locais ou épocas de cultivo, já que na LAD não são consideradas as variações da radiação solar.

Para o modelo HAA, comumente utilizado, o qual leva em conta a radiação interceptada pela área sadia, o seu valor será maior quanto maior for a radiação solar, pois os outros parâmetros, como o  $X$  (área doente) e a constante  $k$  (coeficiente de extinção de radiação na copa) não variam com a intensidade de radiação. No caso de doenças causadas por vírus, se quantificada com base em variáveis relacionadas à fotossíntese, em condições de maior luminosidade o  $X$  será maior, contribuindo assim, para uma redução da HAA com o aumento da radiação solar. Portanto, a avaliação do  $X$  das plantas com mosaico baseando-se nas variáveis relacionadas à fotossíntese, levando-se em conta a redução na exportação de assimilados e a influência da intensidade de luz,

também na porção doente, poderá otimizar a aplicação do HAA para o sistema BGMV-feijoeiro.

Recentes avanços no uso de equipamentos eletrônicos, como radiômetros de múltiplo espectro, para avaliação de área foliar (LAI) e porcentagem de área foliar doente, inclusive para doenças causadas por vírus (Jackson, 1986; Chason et al., 1991; Nilsson, 1995) poderá, futuramente, viabilizar o uso das variáveis relacionadas à fotossíntese para quantificação da doença e danos em grande escala, associado ao modelo HAA.

## 6. CONCLUSÕES

1. Infecção das plantas de feijoeiro, pelo vírus do mosaico dourado (BGMV), até a fase de florescimento, causam reduções elevadas na produção, podendo chegar a 100%.
2. A redução de peso de grãos por planta infectada com BGMV, em sua maior parte, ocorre em função da redução do número de vagens.
3. O desenvolvimento foliar do feijoeiro, expresso pelo índice de área foliar (LAI), duração de área foliar (LAD) e a absorção de área foliar sadia (HAA), também sofre redução elevada pelo BGMV nas plantas infectadas até os 45 dias após o plantio.
4. As relações entre LAD-produção e HAA-produção são afetadas pelo BGMV.
5. Os padrões de curva da relação HAA-produção foi mais consistente que os da LAD-produção e AUDPC-produção entre as diferentes épocas de plantio.
6. Nas plantas infectadas com BGMV, o teor de clorofila, eficiência fotossintética das folhas e exportação de assimilados são negativamente relacionados à severidade da doença expressa pelo sintoma de mosaico.

## 7. LITERATURA CITADA

- ALMEIDA, L.D.; PEREIRA, J.V.N.A.; RONZELLI JR, P.; COSTA, A. S. Avaliação de perdas causadas pelo mosaico dourado do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em condições de campo. **Fitopatol. bras.** v.9, p.213-219, 1984.
- AMORIM, L. Avaliação de doenças. IN: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Eds.) **Manual de Fitopatologia: Princípios e Conceitos**. 3ª ed., v.1, São Paulo: Ed. Agr. Ceres, 1995. cap. 32 p.647-671.
- AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. Avaliação de doenças com utilização de escalas diagramáticas. **Summa Phytopathol.** v.17, p.57-67, 1991.
- AOZAKI, R.; NAKADA, A.; IKEGAMI, M.; FUJII, H. Effect of temperature on multiplication of bean golden mosaic virus. **Jornal of Agricultural Science**, v.34, p.16-20, 1989.
- BALACHANDRAN, S.; OSMOND, C.B.; MAKINO A. Effects of two strains of tobacco mosaic virus on photosynthetic characteristics and nitrogen partitioning in leaves of *Nicotiana tabacum* cv. Xanthi during photoacclimation under two nitrogen nutrition regimes. **Plant Physiol.** v.104, p.1043-1050, 1994.

- BEDBROOK, J.R. & MATTHEWS, R.E.F. Changes in the proportion of early products of photosynthetic carbon fixation induced by TYMV infection. **Virology**, v.48, p.255-258, 1972.
- BEDBROOK, J.R.; MATTHEWS, R.E.F. Changes in the flow of early products of photosynthetic carbon fixation associated with the replication of TYMV. **Virology**, v.53, p.84-91, 1973.
- BERGAMIN FILHO, A. Avaliação de danos e perdas. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (eds.). **Manual de Fitopatologia: Princípios e Conceitos**. 3ª ed., v.1, São Paulo, Ed. Agr. Ceres, 1995. cap. 33, p.672-690.
- BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. **Doenças de Plantas Tropicais: Epidemiologia e Controle Econômico**. São Paulo, Ed. Agr. Ceres, 1996. 299p.
- 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.
- BIANCHINI, A. Controle integrado da mosca branca e viroses associadas na cultura do feijoeiro. In: VENDRAMIN, J.D.; MENTEN, J.O.M.; LOURENÇÃO, A.L. (eds.) SEMINÁRIO DE PRAGAS E DOENÇAS DO FEIJOEIRO, 3. Piracicaba, 1988. **Anais**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1988. p.127-143.
- BIANCHINI, A. Linhagens de feijoeiro resistentes ao vírus do mosaico dourado. **Fitopatol. Bras.** v.15, p.144. 1990. /Resumo/.

- BIANCHINI, A. Controle do mosaico dourado do feijoeiro no Paraná. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4. Londrina, 1993. **Anais**. Londrina: IAPAR, 1993. /Resumo 181/.
- BIANCHINI, A. Genetic control of bean golden mosaic virus (BGMV) in the state of Paraná. In: MORALES F.J. (ed.) **Bean Golden Mosaic Research Advances**. CIAT, Cali, Colombia, 1994. p.174-175.
- BIANCHINI, A. & FARIA, P.D. Incidência do vírus do mosaico dourado do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.) e comportamento em diferentes regiões e condições de cultivo no Estado do Paraná. **Fitopatol. bras.**, v.12, p.145, 1987. /Resumo/.
- BIANCHINI, A.; HOHMANN, C.L. & ALBERINI, J.L. **Distribuição geográfica e orientação técnica para prevenção do vírus do mosaico dourado do feijoeiro no Estado do Paraná**. Londrin: IAPAR, 1981. 3p. (Informe de Pesquisa Nº 42).
- BIANCHINI, A.; MENEZES, J.R.; MARINGONI, A.C. Doenças do Feijoeiro. In: **O Feijão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1989. p.199-216. (Circular nº 63).
- BIRD, J. Relationships between whiteflies and whitefly-borne viruses. In: **Abstract of the International Workshop on Pathogens Transmitted by Whiteflies**. Oxford. 1981.
- BLAIR, M.W.; BASSET, M.J.; ABOUZID, A.M.; HIEBERT, E.; POLSTON, J.E.; MCMILLAN JR., R.T.; GRAVES, W.; LAMBERTS, M. Occurrence of Bean Golden Mosaic Virus in Florida. **Plant Dis.**, v.79, p.529-533, 1995.

- CABALLERO GRANDE, R.; CRUZ, B.; LOK, M.L.C.; HEYER, W. Efectos de la defoliación sobre el rendimiento de una variedad de frijol de crecimiento indeterminado. **Ciencias de la Agricultura**, v.36, p.35-40, 1989.
- CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Introduction to Plant Disease Epidemiology**. New York, JOHN WILEY & Sons, 1990. 532p.
- CANER, J.; KUDAMATSU, M.; BARRADAS, M.M.; DE FAZIO, G.; NORONHA, A.; VICENTE, M.; ISSA, E. Avaliação de danos causados pelo vírus do mosaico dourado do feijoeiro (VMDF) em três regiões do Estado de São Paulo. **O Biológico**, v.47, p.39-46, 1981.
- CARLSSON, A. & NILSSON, H.E. Remote sensing of agricultural field plot experiments. In: **International Congress of Plant Pathology**, 6. Montreal, 1993. Abstract, p. 115.
- CARVALHO, S.M. Biologia comparada e zoneamento climático da mosca branca *Bemisia tabacci* (GENNADIUS, 1889) em feijoeiro *Phaseolus vulgaris* L., 1753, no Estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 11., Campinas, 1987. **Resumos**. Campinas, 1987. p.111.
- CARVALHO, S.M. Métodos alternativos de controle de pragas do feijoeiro. In: VENDRAMIN, J.D.; MENTEN, J.O.M.; LOURENÇÃO, A.L. (eds.) SEMINÁRIO DE PRAGAS E DOENÇAS DO FEIJOEIRO, 3., Piracicaba, 1988. **Anais**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1988. p.23-49.

- CHAGAS, C.M.; VICENTE, M.; BARRADAS, M.M. *Macropodium erythroloma* (MART. ex. BENTH.) Urb. (Leguminosae), possível reservatório do vírus do mosaico dourado do feijoeiro (VMDF). **Arq. Inst. Biol. São Paulo**, v.48, p.113-116, 1981.
- CHARLES-EDWARDS, D.A. **Physiological determinants of Crop Growth**. Sydney, Academic Press Australia, 1982, 161p.
- CHASON, J.W.; BALDCCHI, D.D.; HUSTON, M.A. A comparison of direct and indirect methods for estimating forest canopy leaf area. **Agric. For. Meteorol.**, v.57, p.107-128, 1991.
- CHIARAPPA, L. **Crop loss assessment methods**. Farnham Royal (UK), FAO/Commonwealth Agric. Bur. 1971, 123p.
- COSTA, A.S. Three whitefly-transmitted virus diseases of beans in São Paulo, Brazil. **FAO Plant Protection Bulletin**, v.13, p.13-12, 1965.
- COSTA, A.S. Increase in the populational density of *Bemisia tabaci*; a threat widespread virus infection of legume crops in Brasil. In: BIRD, J.; MARAMOROSH, K. (eds.). **Tropical Diseases of Legumes**. New York: Academic Press, 1975, p.27-49.
- COSTA, A.S. Comparação de machos e fêmeas de *Bemisia tabaci* na transmissão do mosaico dourado do feijoeiro. **Fitopatol. bras.**, v.1, p.99-101, 1976a.
- COSTA, A.S. Espécies suscetíveis ao mosaico dourado do feijoeiro que podem servir de reservatório do vírus. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 9, Campinas, 1976b. **Resumos**. Campinas: SBF, 1976. p.56.

- COSTA, A.S. O vírus da clorose infecciosa das malváceas como principal causa do superbrotamento do feijoeiro no norte do Paraná. **Summa Phytopathol.** v.9, p.76-77, 1983a. /Resumo/.
- COSTA, A.S. Interferência entre o vírus do mosaico dourado e o da clorose infecciosa das malváceas em feijoeiro. **Summa Phytopathol.**, v.9, p.54-55, 1983b. /Resumo/.
- COSTA, A.S. Fitoviroses do feijoeiro no Brasil. In: BULISANI, E.A. (ed.). **Feijão Fatores de Produção e Qualidade.** Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.173-256.
- COSTA, A.S.; COSTA, C.L.; SAUER, H.F.G. Surto de mosca branca em culturas do Paraná e São Paulo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil.** Itabuna: CEPEC, 1973. v.2, p20-30, 1973.
- COSTA, A.S.; KITAJIMA, E.W. Evolução do vírus de plantas para adaptação a diferentes grupos de hospedeiros. REUNIÃO ANUAL SOC. BRAS. FITOPATOL. BRAS., 7. **Anais.** DF.: SBF, 1974.
- COSTA, C.L.; CUPERTINO, F.P. Avaliação de perdas na produção do feijoeiro causados pelo vírus de mosaico dourado. **Fitopatol. bras.** v.1, p.18-25, 1976.
- FARIA, J.C. Mosaico dourado. In: SARTORATO, A.; RAVA, C.A. (eds.) **Principais doenças do feijoeiro comum e seu controle.** Brasília: EMBRAPA, 1994. p.264-284.

- FARIA, J.C.; GILBERTSON, R.L.; MORALES, J.F.; RUSSEL, D.R.; AHLQUIST, P.G.; HANSON, S.F.; MAXWELL, D.P. Sequence of infectious clones of two mechanically transmissible isolates of bean golden mosaic geminivirus. **Phytopathology**, v.80, p.983, 1990. /Abstract/.
- FIGUEIRA, A.R. Estudos realizados com o vírus do mosaico dourado do feijoeiro do Brasil, visando a sua transmissão por métodos mecânicos. Campinas, 1980. 60 p. Dissertação (M.S.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- GÁLVEZ, G.E.; CARDENAS, M.R. Whitefly transmitted viruses. In: SCHWARTZ, H.F.; GALVEZ, G.E. (eds.) **Bean Production Problems**. Cali: CIAT, 1980. p.263-289.
- GÁLVEZ, G.E.; CASTAÑO, M. Purification of the white fly-transmitted bean golden mosaic virus. **Turrialba**, v.26, p.205-207, 1976.
- GÁLVEZ, G.E.; GALINDO, J.J.; ALVAREZ, G. Defoliación artificial para estimar pérdidas por daños foliares en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). **Turrialba**, v.27, p.143-146, 1977.
- GÁLVEZ, G.E.; MORALES, F.J. Whitefly-transmitted viruses. In: SCHWARTZ, H.F.; PASTOR-CORRALES, M.A. (eds.) **Bean Production Problems in the Tropics**. Cali: CIAT, 1989. p.379-406.
- GAMEZ, R. Los virus del frijol en Centroamérica. I. Transmisión por moscas blancas (*Bemisia tabaci* Gen.) y plantas hospedantes del virus del mosaico dorado. **Turrialba**, v.21, p.22-27, 1971.

- GAUNT, R.E. Measurement of disease and pathogens. In: TENG, P.S. **Crop loss assessment and pest management**. St. Paul: APS Press, 1987. cap. 2, p. 6-18.
- GAUNT, R. E. The relationship between plant disease severity and yield. **Ann. Rev. Phytopathol.** v.33, p.119-144, 1995.
- GILBERTSON, R.L.; FARIA, J.C.; AHLQUIST, P.; MAXWELL, P.D. Genetic diversity in geminiviruses causing bean golden mosaic disease: The nucleotide sequence of the infectious cloned DNA components of a brazilian isolate of bean golden mosaic geminivirus. **Phytopathology**, v.83, p.709-715, 1993.
- GILBERTSON, R.L.; FARIA, J.C.; HANSON, S.F.; HENDRASTUTI, E.; AHLQUIST, P.G.; MORALES, F.J.; MAXWELL, D.P. Relationships among bean-infecting geminiviruses. **Ann. Rep. Bean Improv. Coop.**, v.33, p.72-73, 1990.
- GOODMAN, R.N.; KIRALY, Z.; WOOD, K.R. **The Biochemistry and Physiology of Plant Disease**. Columbia: Ed. Univ. of Missouri Press, 1986. 433p.
- HABER, S.; IKEGAMI, M.; BAGET, N.B.; GOODMAN, R.M. Evidence for a divided genome in bean golden mosaic virus, a geminivirus. **Nature**, v.289, p.324-326, 1981.
- HODGSON, R.A.J.; BEACHY, R.N. PAKRASI, H.B. Selective inhibition of photosystem II in spinach by tobacco mosaic virus: an effect of the viral coat protein. **FEBS Lett**, v.245, p.267-270, 1989.
- HOHMANN, C.L. Controle químico da mosca branca, *Bemisia tabaci* (GENNADIUS, 1889) em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L., 1753). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1. **Anais**. Goiania: CNPAF-EMBRAPA, 1982. p.240-241.

- IAMAUTI, M.T. Avaliação de danos causados por *Uromyces appendiculatus* no feijoeiro. Piracicaba, 1995. 108 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo.
- IAPAR. **IAPAR-20 anos - Cultivares para o Paraná**. Londrina: Iapar 1992. p.36-50.
- ISSA, E.; WATANABE, K. Influência da intensidade de sintomas induzido pelo mosaico dourado na produtividade de cultivares de feijoeiro. **O Biológico**, v.48, p.273-279, 1982.
- JACKSON, R.D. Remote sensing of biotic and abiotic plant stress. **Annu. Rev. Phytopathol.** v.24, p.265-287, 1986.
- JAMES, W.C. Assessment of plant diseases and losses. **Annu. Rev. of Phytopathol.** 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. p.201-267.
- JOHNSON, K.B. Defoliation, disease, and growth: a reply. **Phytopathology**, v.77, p.1495-1497, 1987.
- KITAJIMA, E.W.; COSTA, A.S. Electron microscopy of leaf tissue from plants infected with whitefly-transmitted viruses. **Fitopatologia**, v.9, p.54-55, 1974.
- KRANZ, J. Measuring plant disease. IN: KRANZ, J.; ROTEM, J. **Experimental techniques in plant disease epidemiology**. Heidelberg: Springer, 1988. cap. 3, p.35-50.

- 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 Phytopathol.** v.20, p.143-151, 1994.
- MADDEN, L.V. Measuring and modeling crop losses at field level. **Phytopathology**, v.73, n.3, p.1591-1596, 1983.
- MADDEN, L.V.; NUTTER, F. W., Jr. Modeling crop losses at the field scale. **Can. J. Plant Pathol.** v.17, p.124-137, 1995.
- MAGYOROSY, A., BUCHANAN, B.B.; SHURMANN, P. Effect of a systemic virus infection on chloroplast function and structure. **Virology**, v.55, p.426-438, 1973.
- MARUR, C.J.; MAZZAFERA, P., MAGALHÃES, A.C. Carbon assimilation and export in leaves of cotton plants under water deficit. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.8, n.3, p.181-186, 1996.
- MATTHEWS, R.E.T. **Plant Virology**, 3th Ed. San Diego: Academic Press, 1991. 835p.
- MENTEN, J.O.M.; ROSTON, A.J. Mosaico dourado e a necessidade de regionalização da cultura do feijoeiro no Estado de São Paulo. **Rev. da Agricultura**, v.55, p.287-300, 1980.
- MENTEN, J.O.M.; TULMANN NETO, A.; ANDO, A. Avaliação de danos causados pelo vírus do mosaico dourado do feijoeiro (VMDF). **Turrialba**, v.30, p.173-176, 1977.
- MOHAN, S.K.; BIANCHINI, A.; MENEZES, J.R. **Doenças do feijoeiro no Estado do Paraná: Guia Para Identificação e Controle.** Londrina: IAPAR, 1983. 56p.

- MONTEITH, J.L. Does light limit crop production? In: JOHNSON, C.B. (ed.) **Physiological Processes Limiting Plant Productivity**. London: Butterworths 1981. cap. 2, p.23-38.
- MONTEITH, J. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. **J. Appl. Ecol.** v.9, p.746-747, 1972.
- MUMFORD, J.D.; G.A. NORTON. Economics of integrated pest control. Pages 191-200 in: TENG, P.S., (Ed) **Crop Loss Assessment and Pest Management**. St Paul: APS Press, 1987. 270 p.
- MORALES, J.F.; SINGH, S.P. Genetics of resistance to bean golden mosaic virus in *Phaseolus vulgaris* L. **Euphytica**, v.52, p.113-117, 1991.
- NARDO, E.B.; COSTA, A.S. Diferenciação de isolados do complexo brasileiro do vírus do mosaico dourado do feijoeiro. **Fitopatol. bras.**, v.11, p.655-666, 1986.
- NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biology Chemistry**, v. 53, p.375-380, 1944.
- NILSSON, H. -E. Remote sensing and image analysis in plant pathology. **Can. J. Plant Pathol.**, v.17, p.154-166, 1995.
- NUNES, W.M.C. 1994. Avaliação dos danos causados pela antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum* (Sacch. & Magn.) Scriber) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Piracicaba, 1994. p. Dissertação (M.S.) - ESALQ, Universidade de São Paulo.

- PLATT, S.G.; HENRIQUES, F.; RAND, L. Effects of virus infection on the chlorophyll content, photosynthetic rate and carbon metabolism of *Tolmiea menziesii*. **Physiol. Plant Pathol.**, v.16, p.351-365, 1979.
- PORTES, T. A.; CARVALHO, J.R.P. Área foliar, radiação solar, temperatura do ar e rendimentos em consorciação e monocultivo de diferentes cultivares de milho e feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.18, p.755-762, 1983.
- PRICE, W.C. Strains, mutation, acquired immunity, and interference. In: CORBETT, M.K. & SISLER, H.D. (eds.) **Plant Virology**. Gainesville: University of Florida Press, 1964. cap. 5, p.93-114.
- RENEIRO, A.; BEACHY, R.N. Reduced photosystem II activity and accumulation of viral coat protein in chloroplasts of leaves infected with tobacco mosaic virus. **Plant Physiol.**, v.89, p.111-116, 1989.
- SHANE, W.W.; TENG, P.S. Generation database for disease-loss modeling. In: TENG, P.S. **Cross loss assessment and pest management**. St. Paul: APS Press, 1987. cap. 8, p.82-89.
- SHOCK, T.L.; GOODMAN, R.M. Time-course studies on virus tittle and DNA component ratio in beans infected with bean golden mosaic virus. **Phytopathology**, v.71, p.80-82, 1981.
- SOMOGYI, M. Notes on sugar determination. **Journal of Biology Chemistry**, v.195, p19-23, 1952.
- STANLEY, J. Infectivity of the cloned geminivirus genome requires sequences from both DNAs. **Nature**, v.305, p.643-645, 1985.

- TENG, P.S. Construction of predictive models: II. forecasting crop losses. **Advances in Plant Pathology**, v.3, p.179-206, 1985.
- TENG, P.S.; JONHSON, K.B. Analysis of epidemiological components in yield losses assessment. In: KRANZ, J. ROTEM, J. (eds.) **Experimental Techniques in Plant Disease Epidemiology**. Heidelberg: Springer-Verlag, 1988. p.179-185.
- UMBREIT, W.W.; BURRIS, R.H., STAUFFER, J.E. **Manometric Techniques**. New York. Burgess Publishing Co., 1957. 388 p.
- WAGGONER, P.E.; BERGER, R.D. Defoliation, disease and growth. **Phytopathology**, v.77, p.393-398, 1987.
- WALKEY, D.G.A. **Applied Plant Virology**. Londres: Heinemann, 1985. 329p.
- WATSON, D.J. Comparative physiological studies on the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. **Annals of Botany**, v.11, p.41-76, 1947.
- YOSHIDA, S. FORNO, A.D., COCK, J.H. **Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice**. The International Rice Research Institute. 61pp. 1972.