

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**HERANÇA DA RESISTÊNCIA AO COMPLEXO
ENFEZAMENTO EM MILHO (*Zea mays* L.)**

Flávio Trevizoli Silveira

Ms em Agronomia

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

2008

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**HERANÇA DA RESISTÊNCIA AO COMPLEXO
ENFEZAMENTO EM MILHO (*Zea mays* L.)**

Flávio Trevizoli Silveira

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Moro

Co-Orientador: Dr. Herberto Pereira da Silva

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Junho de 2008

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

FLÁVIO TREVIZOLI SILVEIRA, nascido em 15 de novembro de 1971, na cidade de Jaboticabal, SP, é formado em Ciências e Matemática pela Faculdade de Educação São Luís em Janeiro de 2003. Obteve o título de mestre em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas), pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP de Jaboticabal, em janeiro de 2005. Ingressou no curso de doutorado em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas) em março de 2005. Trabalha junto ao Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária, desta mesma instituição, desde 1995, como responsável técnico pelo programa de melhoramento de milho.

À minha esposa Michela

Dedico

*Aos meus filhos
Camila e Leonardo,
pelo carinho e amor,
que tanto me fortalecem,*

Ofereço

*Aos meus pais, Celso e Doracy
que sempre me apoiaram
acreditando e dando forças*

Agradeço

Agradecimentos

A Deus, por me dar força nos momentos difíceis e por estar sempre ao meu lado;

Ao professor e amigo Dr. José Roberto Moro, pela confiança, orientação e correções que me fizeram amadurecer;

Aos demais professores do Departamento de Biologia, pela compreensão e apoio;

Aos Professores Doutores João Ademir de Oliveira e Dilermando Perecin, pela ajuda nas análises estatísticas;

Ao pesquisador, Dr. Herberto Pereira da Silva, por compartilhar dos trabalhos realizados na empresa “Sementes Agromem Ltda”.

Aos amigos do Departamento de Biologia, que direta e indiretamente, contribuíram para a realização do trabalho;

Aos docentes do curso de pós-graduação em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas), pelo ensino e formação profissional;

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, que me proporcionou a oportunidade de crescimento profissional.

O crescimento quando se busca é alcançado,
O amadurecimento é alcançado com o tempo,
A inteligência faz parte do homem,
A sabedoria é virtude de poucos,
As conquistas são as alegrias do ser humano.

"Para conquistar, o ser humano deve se dedicar ao crescimento, amadurecer com os erros e acertos, lapidar sua inteligência e buscar a sabedoria constantemente".

"Ser sábio é saber ouvir o outro, mesmo se o que diz é diferente do que acredita ser a sua verdade, é ser coerente em sua forma de pensar e agir mediante suas verdades adquiridas e conquistadas, é saber que tudo que está a sua volta é fruto da presença de Deus".

Hellen Katiuscia de Sá

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	iii
LISTA DE FIGURAS.....	v
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	viii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 O complexo do enfezamento.....	4
2.1.1 Etiologia.....	4
2.1.2 Transmissão.....	5
2.1.3 Sintomas.....	6
2.1.4 Controle.....	7
2.2 Distribuição geográfica e importância.....	8
2.3 Avaliação dos enfezamentos.....	9
2.4 Resistência genética.....	10
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1 Estudo genético da resistência ao complexo enfezamento em linhagens endogâmicas de milho.....	15
3.1.1 Capacidade de combinação de 12 linhagens endogâmicas de milho para resistência ao complexo enfezamento.....	13
3.1.2 Herança da resistência ao complexo enfezamento em sete linhagens endogâmicas de milho.....	17
3.2 Dados meteorológicos.....	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4.1 Estimativas da capacidade de combinação de 12 linhagens endogâmicas de milho para resistência aos enfezamentos.....	21
4.2 Herança da resistência aos enfezamentos em sete linhagens endogâmicas de milho.....	29

4.3 Considerações finais.....	36
5 CONCLUSÕES.....	38
APÊNDICE A.....	40
APÊNDICE B.....	42
APÊNDICE C.....	44
REFERÊNCIAS.....	52

LISTA DE TABELAS

		Página
1	Médias de incidência dos enfezamentos (%) de 12 linhagens endogâmicas de milho, divididas nos grupos 1 (L01 a L04, resistentes) e 2 (L05 a L12, suscetíveis) e seus 32 cruzamentos, obtidas em Jaboticabal – SP na safrinha do ano agrícola 2006/2007.....	21
2	Análise de variância para incidência dos enfezamentos (%) de 12 linhagens endogâmicas de milho e 32 cruzamentos avaliados para o dialelo parcial em Jaboticabal – SP na safrinha do ano agrícola 2006/2007.....	22
3	Estimativas da capacidade geral de combinação das quatro linhagens resistentes (G_i) e oito linhagens suscetíveis (G_j), avaliadas para incidência dos enfezamentos (%) em Jaboticabal – SP, na safrinha do ano agrícola 2006/2007.....	24
4	Estimativas da capacidade específica de combinação (S_{ij}) obtidas dos cruzamentos entre as linhagens dos Grupos 1 e 2, avaliadas para incidência dos enfezamentos (%) em Jaboticabal – SP na safrinha do ano agrícola 2006/2007.....	25
5	Médias de incidência dos enfezamentos (%) nas gerações Parental resistente (PR), Parental suscetível (PS), cruzamentos PR x PS (F1), autofecundação dos F1's (F2), retrocruzamentos dos F1's para o parental resistente (RCPR), retrocruzamentos dos F1's para o parental suscetível (RCPS) e valores de heterose das 12 famílias avaliadas em Jaboticabal – SP e Guaíra – SP, na safrinha do ano agrícola 2007.....	30

6	Análise de variância para incidência dos enfezamentos em doze famílias e seis gerações por família avaliadas em Jaboticabal – SP e Guaíra – SP na safrinha do ano agrícola 2006/2007.....	31
7	Análise de variância conjunta para incidência dos enfezamentos em doze famílias e seis gerações por família avaliadas em Jaboticabal – SP e Guaíra – SP na safrinha do ano agrícola 2006/2007.....	31
8	Estimativas dos efeitos aditivo e dominante, grau médio de dominância (k), número de genes (n) e herdabilidade no sentido amplo (h^2_a) envolvidos na resistência dos enfezamentos para os ambientes de Jaboticabal – SP e Guaíra – SP na safrinha do ano agrícola 2006/2007.....	36

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Distribuição de frequência dos valores observados de Incidência de enfezamentos(%) nas parcelas do Grupo 1 (PR-L01 e F1s), Grupo 2 (PR-L02 e F1s), Grupo 3 (PR-L03 e F1s) e Grupo 4 (PR-L04 e F1s) para o dialélo parcial (Pais e F1s) avaliados em Jaboticabal – SP, na safrinha do ano agrícola 2006/2007.....	27
2 Médias e desvios padrão para incidência dos enfezamentos (%) nos grupos 1, 2, 3 e 4 respectivamente, nas gerações ((Parental resistente (PR), Parental suscetível (PS) e cruzamentos (F1's)) do dialélo parcial avaliado em Jaboticabal – SP, na safrinha do ano agrícola 2006/2007.....	28
3 Médias e desvios padrão para incidência dos enfezamentos para as gerações dos grupos 1, 2 e 3 respectivamente, avaliadas em Jaboticabal – SP e Guaira - SP, na safrinha do ano agrícola 2006/2007.....	34
4 Médias e desvios padrão para incidência dos enfezamentos para as gerações do ensaio, avaliadas em Jaboticabal – SP e Guaíra - SP, na safrinha do ano agrícola 2006/2007.....	35

HERANÇA DA RESISTÊNCIA AO COMPLEXO ENFEZAMENTO EM MILHO (*Zea mays* L.)

RESUMO – O complexo do enfezamento, que abrange os enfezamentos pálido (*Spiroplasma kunkelli*) e vermelho (*Mayze bushy stunt phytoplasma*) é causado por patógenos pertencentes à classe dos mollicutes e transmitido pela cigarrinha *Dalbulus maidis*. Por ser o único hospedeiro dessa doença e do seu vetor e transmissor, têm-se observado elevados prejuízos em híbridos suscetíveis. O desenvolvimento de cultivares com resistência genética é a alternativa mais eficiente para o controle dessa doença. Para isso é necessário conhecer a herança da resistência para direcionar os métodos de seleção a serem empregados e os trabalhos de introdução da resistência em germoplasmas suscetíveis. Objetivando compreender a herança da resistência aos enfezamentos em milho, foram realizados trabalhos com linhagens de milho, mediante análise dialélica e médias de gerações. Para a análise dialélica foram utilizadas doze linhagens endogâmicas de milho, representada por quatro linhagens resistentes e oito linhagens suscetíveis, cruzando-se as resistentes com as suscetíveis em esquema de dialélico parcial. Para as análises de médias de gerações foram cruzadas três linhagens resistentes e quatro suscetíveis para a obtenção das gerações F_1 , F_2 , RCP_1 e RCP_2 . Os trabalhos foram conduzidos em Jaboticabal (SP) e Guaíra (SP), avaliando, no estágio fenológico R3, a incidência de enfezamento. Efeitos significativos para CGC e CEC foram obtidos, indicando que, no controle do caráter enfezamentos, estão envolvidos tanto os efeitos aditivos como os de dominância. Análises de médias de gerações revelaram a presença de poucos genes envolvidos com o controle da resistência, com

predominância de efeitos aditivos, o que permite a seleção de genótipos resistentes. As linhagens PH1894, PH1977 e PH1173-1 poderão ser utilizadas como fontes de resistência em futuras combinações híbridas.

Palavras-Chave: espiroplasma; fitoplasma; análise de gerações; herdabilidade.

INHERITANCE OF THE RESISTANCE TO CORN STUNT

SUMMARY - The corn stunt complex, that embraces the pale corn stunt (*Spiroplasma kunkelli*) and red (Mayze bushy stunt phytoplasma) it is caused by patógenos belonging to the class of the mollicutes and transmitted by the cicada *Dalbulus maidis*. For being the only host of that disease and of your vector and transmitter, high damages have been observing in hybrid susceptible. The development of you cultivate with genetic resistance it is the most efficient alternative for the control of that disease. For that it is necessary to know the inheritance of the resistance to address the selection methods they be her used and the works of introduction of the resistance in susceptible germoplasmas. Aiming at to understand the inheritance of the resistance to the corn stunt, works were accomplished with corn lineages, trough analysis dialélica and averages of generations. For the analysis dialélica twelve inbred lines of corn were used, represented by four resistant inbred lines and eight susceptible inbred lines, crossing the resistant ones with the susceptible ones in outline of partial dialélico. For the analyses of averages of generation three resistant inbred lines and four were crossed susceptible for the obtaining of the generations F1, F2, RCP1 and RCP2. The works were led in Jaboticabal (SP) and Guaíra (SP), evaluating, in the stadium fenológico R3, the corn stunt incidence. Significant effects for CGC and CEC were obtained, indicating that, in the control of the character corn stunt, they are involved as much the addictive effects as the one of dominance. Analyses of averages of generations revealed the presence of few genes involved with the control of the resistance, with predominance of addictive effects, what allows the selection of resistant

genotypes. The inbred lines PH1894, PH1977 and PH1173-1 can be used as resistance sources in future hybrid combinations.

Keywords: espiroplasma; phytoplasma; generation analysis; heritability.

INTRODUÇÃO

O complexo do enfezamento, responsável pelos enfezamentos pálido (*Spiroplasma kunkelli*, WHITCOMB et al., 1986) e vermelho (“*mayze bushy stunt phytoplasma*”, MBSP) do milho é causado por patógenos pertencentes à classe dos mollicutes sendo transmitido pela cigarrinha *Dalbulus maidis* (NAULT 1980; 1990).

Relatado no Brasil na década de 70, o complexo do enfezamento foi considerado como doença de importância secundária (COSTA et al., 1971). Na atualidade, com o incremento das áreas cultivadas com soja a cultura do milho tem se constituído em valiosa opção para cultivo na safrinha, o que tem favorecido um aumento significativo na incidência dessa doença com perdas significativas à produtividade. Vários autores têm relatado a importância do complexo do enfezamento e os prejuízos que causam na cultura do milho (NAULT, 1990; OLIVEIRA et al., 1998, MASSOLA Jr. et al., 1999).

Considerando a necessidade de uma íntima relação entre hospedeiro suscetível, patógeno e ambiente para a manifestação de uma doença, qualquer alteração num desses componentes, leva a mudanças no patossistema como um todo. A presença da cultura do milho no campo durante praticamente o ano todo, alterou o comportamento de determinadas doenças, expondo a cultura a situações até então inexistentes, como é o caso dos enfezamentos vermelho e pálido.

A crescente importância do complexo do enfezamento, nos cultivos tardios e de “safrinha”, está relacionada com o aumento da população do inseto vetor nessa época

(FERNANDES & BALMER, 1990; SILVA et al., 1991; WAQUIL, 1997). Esta situação se acentua quando a cultura anterior também é o milho. Nessa condição, a população do vetor é maior e, ao migrar para as culturas mais novas em cultivo tardio, ocasiona severas epidemias dos enfezamentos (MASSOLA Jr. 2001).

A cigarrinha *D. maidis*, como os mollicutes *Spiroplasma kunkelii* e *Phytoplasma*, apresentam uma gama restrita de plantas hospedeiras para reprodução, constituídas basicamente de milho e teosintos (NAULT, 1980; LARSEN et al., 1992). Como no Brasil não há teosintos, o milho é o único hospedeiro dessas doenças e do seu vetor e transmissor.

O milho possui grande diversidade genética para resistência a patógenos (FUTRELL, 1975; BALMER & PEREIRA, 1987; SILVA et al., 2001), constituindo-se, o uso de genótipos com resistência genética, a alternativa mais eficiente para o controle dos enfezamentos (BASSO, 1999).

Existem dois tipos de resistência genética às doenças: a específica ou vertical, e a não específica ou horizontal. A resistência vertical é controlada por um ou poucos genes dominantes ou recessivos e, neste caso, o hospedeiro é resistente a uma raça específica do patógeno. Sua distribuição é descontínua e de fácil identificação, mas uma simples alteração genética no patógeno ou o aparecimento de novas raças podem quebrar a resistência. Na resistência horizontal, o hospedeiro é resistente a todas as raças do patógeno. Como é controlada por vários genes, apresenta distribuição contínua em uma população segregante e sofre grande influência ambiental, o que a torna de difícil identificação, com variação de plantas altamente resistentes a altamente suscetíveis. Embora seja considerada incompleta, é duradoura (PARLEVLIET, 1981; VAN DER PLANK, 1984; BALMER & PEREIRA, 1987; KIM, 1993).

Estudos da capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC) têm sido realizados em programas de melhoramento do milho, através de análises dialélicas ou em “top-crosses” com testadores de base genética ampla ou estreita. As análises dialélicas permitem a identificação dos grupos heteróticos entre populações de milho, a caracterização de linhagens para a obtenção de híbridos (HALLAUER & MIRANDA FILHO, 1988; CROSSA et al., 1990; HAN et al., 1991; VASAL et al., 1992) e estudos de

resistência genética às doenças, permitindo determinar a melhor fonte de resistência (NELSON & SCOTT, 1973; LIM & WHITE, 1978; SILVA et al., 1986; SILVA et al., 2003).

É fundamental também o estudo da herança genética para determinar se o caráter é qualitativo ou quantitativo e o modo de ação predominante dos genes envolvidos com a resistência. A determinação dos parâmetros genéticos que governam a resistência permite direcionar os trabalhos de introdução de resistência em germoplasmas suscetíveis e possibilita maiores ganhos com a seleção nos métodos a serem empregados. O estudo do modo de herança de um caráter permite melhor direcionar e maximizar a exploração da variabilidade genética (SILVA et al., 2001).

O presente trabalho teve por objetivos: determinar a herança genética da resistência ao complexo enfezamento e determinar dentre as linhagens estudadas, quais as melhores fontes de resistência, visando obter subsídios para o desenvolvimento de variedades e híbridos resistentes ao complexo do enfezamento em milho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O complexo do enfezamento

2.1.1 Etiologia

Os primeiros registros dos enfezamentos surgiram na década de 40, quando foi observado, em cultivos de milho no estado do Texas (EUA), a presença do “enfezamento pálido” (ALTSTATT, 1945; KUNKEL, 1948). O “enfezamento vermelho” surgiu no México, em 1950 (COSTA et al., 1971). Nos primeiros relatos acreditou-se que eram causados por vírus (MARAMOROSCH, 1958); todavia, GRANADOS et al. (1968) demonstraram a presença de corpúsculos do tipo micoplasma no floema de plantas afetadas, como em vários órgãos da cigarrinha *Dalbulus maidis*. Por volta de 1970, descobriu-se que os enfezamentos eram causados por dois mollicutes, sendo o enfezamento pálido, causado pelo espiroplasma (“Corn Stunt Spiroplasma”), e o enfezamento vermelho, associado a um organismo do tipo micoplasma, denominado fitoplasma (“Maize Bushy Stunt Phytoplasma”) (GRANADOS, 1969; CHEN & GRANADOS, 1970; DAVIS et al., 1972; CHEN & LIAO, 1975; WILLIAMSON & WHITCOMB, 1975).

Segundo DAVIS et al. (1972) e DAVIS & WORLEY (1973), estes organismos são procariotos sem parede celular, de dois tipos distintos, os micoplasmas (MLOs), não helicoidais, conhecidos como fitoplasma e aqueles caracteristicamente helicoidais, denominados de espiroplasma.

Em 1975, duas equipes (CHEN & LIAO, 1975; WILLIAMSON & WHITCOMB, 1975) isolaram o agente causador do enfezamento pálido em meio de cultura e fizeram o preenchimento dos postulados de Koch, para esse microorganismo. Para os fitoplasmas isso ainda não foi possível, pela dificuldade no seu cultivo in vitro. Os estudos de caracterização para esse agente patogênico ficam restritos a testes biológicos, envolvendo hospedeiros e vetores. Entretanto, com o advento das técnicas moleculares, foi constatado por meio de PCR e RFLP, que o fitoplasma, causador do enfezamento vermelho no Brasil é geneticamente similar ao agente causador da doença “Mayze bush stunt” nos EUA (BEDENDO et al., 1997). Em 1986, o agente causador do enfezamento pálido foi homologado como *Spiroplasma kunkelii* (WHITCOMB et al., 1986).

2.1.2 Transmissão

A transmissão dos patógenos causadores dos enfezamentos do milho é realizada pela cigarrinha *Dalbulus maidis* (DELONG & WOLCOTT) (Hemíptera: Cicadellidae) em forma persistente propagativa (NAULT, 1980). Outras cigarrinhas também podem transmitir os patógenos dos enfezamentos pálido e vermelho, como: *Dalbulus elimatus*, *D. guevarai*, *Exitinus exitiosus*, *Graminella nigrifrons*, *G. sonora*, *Stirellus bicolor*, *Euselidius variegatus* e *Baldulus tripsaci* (NAULT, 1980; GORDON et al., 1981; OLIVEIRA et al., 1997). Na comunidade de insetos do cartucho do milho no Brasil a *D. maidis* (WAQUIL, 1988) é a única do gênero *Dalbulus* encontrada (OLIVEIRA, et al., 1995).

A cigarrinha do milho adquire o patógeno ao sugar a seiva de plantas infectadas e após um período de incubação de 12 a 28 dias para espiroplasma e de 22 a 26 dias para o fitoplasma, inicia a transmissão para plantas saudáveis durante várias semanas, o

que explica a ocorrência simultânea dessas doenças em milho (NAULT, 1980; GORDON et al., 1981; SHURTLEFF, 1986; OLIVEIRA et al., 1997).

Além de transmitir os patógenos dos enfezamentos do milho, a cigarrinha *D. maidis*, causa danos direto pela sucção da seiva (BUSHING & BURTON, 1974).

Quando a população é muito alta, pode ocasionar seca e morte prematura das plantas jovens, em função da intensa sucção da seiva e da grande quantidade de ovos depositados no limbo foliar, ou ainda, pela ação tóxica de sua saliva e/ou, devido à secreção açucarada que propicia desenvolvimento de fungos sobre as folhas (BUSHING & BURTON, 1974; MARIN, 1987; TOFFANELLI, 2001).

A densidade populacional de *D. maidis* flutua ao longo do ano, em torno de um adulto por planta, ocorrendo um pico populacional nos meses de março/abril, podendo-se encontrar mais de dez adultos por planta (WAQUIL et al. 1997). Em cultivos sucessivos de milho, a cigarrinha migra de campos com a presença dos enfezamentos do milho para campos com plantas jovens, disseminando a doença, mesmo a longas distâncias (OLIVEIRA & OLIVEIRA, 1998; JUNQUEIRA, 2003).

Os patógenos causadores dos enfezamentos “pálido e vermelho” na cultura do milho, e seu agente transmissor *D. maidis*, possuem uma gama de hospedeiros alternativos muito restrita, incluindo apenas espécies do gênero *Zea* para espiroplasma e fitoplasma, e espécies dos gêneros *Zea* e *Tripsacum* para a cigarrinha do milho (NAULT, 1980 e SHURTLEFF, 1986). No Brasil, o milho é o único hospedeiro conhecido dos patógenos dos enfezamentos do milho e da cigarrinha *Dalbulus maidis* (OLIVEIRA, 1996).

2.1.3 Sintomas

Em plantas de milho infectadas por espiroplasma, observa-se a presença de faixas cloróticas, localizadas principalmente próximas à base da folha, algumas vezes se estendendo ao longo destas (OLIVEIRA et al., 1998). Durante o enchimento de grãos, os sintomas são visíveis e quando são produzidas espigas, estas apresentam poucos grãos, pequenos, descoloridos ou manchados. Algumas cultivares podem secar

precocemente, ou tombar antes da maturidade, devido ao enfraquecimento do colmo. Em condições de altas temperaturas (31°C, dia e 27°C, noite), os sintomas aparecem rapidamente e em temperaturas amenas (27°C, dia e 18°C, noite), as faixas esbranquiçadas não se formam, ocorrendo apenas o amarelecimento e avermelhamento nas bases das folhas superiores (NAULT, 1980; OLIVEIRA et al., 1995; OLIVEIRA et al., 1997). Dependendo da temperatura, os sintomas da doença podem ser observados a partir de duas semanas de idade (NAULT, 1980).

Plantas de milho infectadas por fitoplasma (enfezamento vermelho) no período de enchimento dos grãos, apresentam o desenvolvimento de clorose nas margens e no ápice das folhas, com posterior avermelhamento. As plantas apresentar folhas curvadas e curtas, proliferação de espigas e perfilhamento na base da planta e nas axilas foliares. Contudo, nem todas as cultivares apresentam a cor vermelha, quando infectadas (NAULT, 1980; OLIVEIRA et al., 1997).

De acordo com MASSOLA Jr. et al. (1999) plantas infectadas por fitoplasma, durante a fase vegetativa, exibem sintomas somente após o florescimento; plantas com sintomas precoces de enfezamento são mais prejudicadas do que aquelas que os expressam tardiamente (SCOTT et al., 1984).

Existem diferenças na sintomatologia para plantas infectadas com espiroplasma e por fitoplasma. Plantas com enfezamento vermelho, ao invés de estrias esbranquiçadas, exibem avermelhamento dos bordos ou de toda a folha e perfilhamento da planta. Sintomas, como redução no tamanho da planta e proliferação de espigas, são comuns a ambos os patógenos (SHURTLEFF, 1986).

2.1.4 Controle

O emprego de cultivares com resistência genética é a alternativa mais eficiente para o controle de doenças, entre elas, os enfezamentos do milho (SHURTLEFF, 1986; PATERNIANI & VIÉGAS 1987; PEREIRA, 1997). Embora existam híbridos comerciais de milho suscetíveis aos enfezamentos, híbridos altamente resistentes são observados

em avaliações de incidência dessas doenças (BASSO, 1999; OLIVEIRA et al., 1997; SILVA et al., 2002).

Outra alternativa de controle é evitar os cultivos tardios e consecutivos, que favorecem a sobrevivência do patógeno e do vetor (OLIVEIRA et al., 1997). Como no Brasil a prática da “safrinha” é adotada nas principais regiões produtoras de milho, sua suspensão traria grandes prejuízos para o produtor.

Também a utilização de inseticidas sistêmicos para controle de vetor, ao qual o patógeno se associa persistentemente, no sulco de semeadura, ainda que possam reduzir a incidência de doenças transmitidas por insetos, não garantem a prevenção da dispersão da doença (BHIRUD & PITRE, 1972; TOFFANELLI & BEDENDO, 2001).

Uma das maiores dificuldades encontradas no controle dos enfezamentos, por meio do manejo do vetor, deve-se à grande mobilidade de *D. maidis* nos campos e à sua eficiência na transmissão de patógenos (HRUSKA & PERALTA, 1997).

2.2 Distribuição geográfica e importância

O complexo do enfezamento em milho é encontrado em quase todas as áreas tropicais e subtropicais do continente americano, (COSTA et al., 1971; DAVIS & WORLEY, 1973; ANAYA GARCIA, 1975; LASTRA & TRUJILLO, 1976; NAULT & BRADFUTE, 1979; GORDON et al. 1981; VANDERMEER & POWER, 1990; LENARDON et al., 1993).

Após surgirem no Brasil, na década de 70, os enfezamentos eram consideradas doenças de importância secundária e passavam despercebidas pelos produtores (COSTA et al., 1971). No entanto, existia o alerta desde as primeiras descrições de ALTSTATT (1945), de que, caso o milho fosse semeado tardiamente, os enfezamentos poderiam causar sérios prejuízos. Nos Estados Unidos, neste mesmo período, foram verificados danos médios na produção de 50% pela ocorrência dos enfezamentos do milho, mas quando as plantas eram infectadas precocemente tinham sua produção reduzida a zero (SCOTT et al., 1977). Desde então, epidemias vêm sendo relatadas nos

Estados Unidos (BRADFUTE et al., 1981), Argentina (LENARDON et al., 1993) e Nicarágua (HRUSKA et al., 1996).

No Brasil, com a expansão do milho “safrinha” e a adoção de irrigação, em muitos locais se planta milho o ano inteiro, acarretando mudanças no comportamento de alguns patossistemas, principalmente naqueles envolvendo insetos vetores, tendo-se observado sérios prejuízos causados pelo complexo enfezamento (OLIVEIRA et al., 1997).

Segundo GORDON et al. (1981) e NAULT (1990) os prejuízos causados por essas doenças podem variar de 9 a 90% dependendo da suscetibilidade das cultivares, e da época de infecção. No Brasil, os enfezamentos têm ocorrido com alta incidência, atingindo valores variáveis de 65,3% a 100%, com predominância da forma vermelha, o que têm ocasionado perda quase total na produção do milho (OLIVEIRA et al., 1998).

No início do surto dos enfezamentos no Brasil, havia carência de informações sobre a maioria dos híbridos comerciais de milho disponíveis no mercado (OLIVEIRA et al., 1998). Contudo, atualmente, a maioria dos programas de melhoramento de milho de empresas privadas e públicas, preocupados com a alta incidência dos enfezamentos no Brasil e com os sérios prejuízos acarretados à produção de sementes e grãos deste cereal, tem avaliado suas linhagens e híbridos quanto à resistência a essas doenças.

2.3 Avaliação dos enfezamentos

Na avaliação das doenças do milho é fundamental a caracterização do estágio fenológico de desenvolvimento do hospedeiro, pois o efeito da doença na produção varia de acordo com a época em que a planta foi infectada. O estágio fenológico ideal para avaliação de genótipos de milho é no estágio fenológico R3 devido a maior incidência da doença nesse estágio de desenvolvimento da cultura. A escolha de uma escala depende da doença em questão e, sobretudo, do avaliador (VON PINHO, 1998).

Para o monitoramento e previsão de danos ocasionados por doenças na cultura do milho, existem três métodos de avaliação: a incidência, determinada pela porcentagem de plantas infectadas dentro do campo, refletindo normalmente a

quantidade de inóculo presente; a severidade expressa como a porcentagem de área total doente, determinada através de escalas de notas que variam de acordo com a doença; e o índice de doença, que é uma combinação dos parâmetros incidência e severidade, que muitas vezes é mais adequado para a avaliação de perdas, do que a utilização isolada de cada um deles.

Para a avaliação dos enfezamentos e determinação da resistência, o método ideal é o da incidência, por determinar a presença ou não da doença em condições de alta infestação do vetor e da fonte de inóculo. O método baseado na severidade não é eficiente para determinar os níveis de resistência aos enfezamentos, porque, nem sempre os genótipos mais tolerantes, ou seja, com menor severidade, são os mais resistentes. SILVA et al. (2003), em avaliação da herdabilidade dos três métodos, verificaram que a incidência apresentou a maior herdabilidade (89,68%), seguido pelo índice de doença (87,43%) e pela severidade (60,57%). Embora o índice de doença tenha apresentado uma alta herdabilidade, também apresentou um alto coeficiente de variação, o que limita a confiabilidade neste método. Estes resultados são similares aos de OLIVEIRA et al., (2002) os quais relataram que a resistência aos enfezamentos é determinada pelo número de plantas infectadas (incidência) e não pelo nível de resistência das plantas infectadas (severidade).

2.4 Resistência genética

A busca por alta produtividade, associada à presença de extensas áreas cultivadas com genótipos de base genética estreita, podem levar as espécies à vulnerabilidade. Um exemplo característico foi verificado nos Estados Unidos em 1970, onde o cultivo em larga escala de genótipos de milho, com macho-esterilidade citoplasmática do tipo "T", acarretou o aparecimento de uma nova raça de *Helminthosporium maydis*, com destruição de 50% de todo milho cultivado.

A partir de então, a preocupação com epidemias tem levado os programas de melhoramento de empresas privadas e públicas à busca de cultivares com alta resistência às principais doenças e à utilização de base genética mais ampla. Na

cultura do milho, além da grande utilização de híbridos duplos e triplos, existe hoje, uma grande diversidade de híbridos disponíveis no mercado, o que caracteriza grande presença de variabilidade para resistência às principais doenças. Além disso, grandes produtores de milho, preocupados com os prejuízos ocasionados pelas doenças, têm diversificado suas lavouras com o plantio de sementes híbridas obtidas de diferentes empresas.

Muitos estudos têm sido realizados para determinar a herança genética da resistência às principais doenças da cultura do milho. Para o patossistema *Colletotrichum graminicola* (Antracnose), em milho, há elevada variabilidade para resistência entre linhagens e híbridos, sendo a resistência controlada por poucos genes de efeitos aditivos e dominantes com maior expressão para os efeitos aditivos (LIM & WITHE, 1978; CARSON & HOOKER, 1981a; CARSON & HOOKER, 1981b; SILVA et al., 1986; BADU-APAKRU et al., 1987).

Poucos trabalhos são relatados na literatura sobre a herança da resistência ao complexo do enfezamento em milho. Em germoplasma de clima temperado a herança da resistência é de natureza quantitativa (MÁRQUEZ SÁNCHEZ, 1982) sendo os efeitos genéticos aditivos predominantes para a característica de resistência (GROGAN & ROSENKRANZ, 1968). Há evidências de que a resistência ao espiroplasma é condicionada por vários genes (SCOTT & ROSENKRANZ, 1974b). Em estudos com germoplasma de clima tropical também foram observados predominância de efeitos aditivos (SILVA et al., 2003).

NELSON & SCOTT (1973), através de cruzamentos dialélicos entre linhagens suscetíveis e resistentes, verificaram que os efeitos aditivos na herança da resistência aos enfezamentos foram muito mais pronunciados que os de dominância.

SCOTT & ROSENKRANZ (1974a) observaram que os genes que condicionam resistência aos enfezamentos e ao mosaico anão do milho, doença causada por vírus, não são os mesmos.

A análise dialélica tem sido utilizada para a determinação da base genética da resistência em algumas doenças na cultura do milho, entre elas, os enfezamentos (NELSON & SCOTT, 1973; LIM & WHITE, 1978; LIMA et al., 1998; PATERNIANI et al.,

1998; SILVA et al., 2003; SILVA & MORO, 2004), o qual possibilita a obtenção de estimativas de heterose e da capacidade de combinação das linhagens envolvidas nos cruzamentos.

Estudos de herança da resistência e informações sobre as localizações dos genes de resistência nos cromossomos, podem ser obtidas através da análise de médias e gerações, translocações cromossômicas e uso de marcadores moleculares (RUSSELL & HOOKER, 1962; SCOTT & ZUMMO, 1989; CARSON et al., 1996; LOPES et al., 2001).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Estudo genético da resistência ao complexo enfezamento em linhagens endogâmicas de milho

3.1.1 Capacidade de combinação de 12 linhagens endogâmicas de milho para resistência ao complexo enfezamento

Os experimentos, para avaliação de capacidade de combinação de linhagens de milho, foram instalados na safrinha do ano agrícola 2006/07, na estação experimental da empresa “Sementes Agromem Ltda”, localizada no município de Guaíra (SP), na região Centro-oeste do Estado de São Paulo, a 20° 19' 40" de latitude sul e 48° 19' 05" de longitude oeste, a uma altitude de 515 metros em relação ao nível do mar e na fazenda experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP – Jaboticabal (SP), localizada a 21° 15' 22" de latitude sul e 48° 18' 58" de longitude oeste a uma altitude de 585 metros em relação ao nível do mar.

Foram utilizadas 12 linhagens altamente endogâmicas do programa de melhoramento de milho do Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária da UNESP de Jaboticabal, obtidas de diferentes populações sintéticas, após vários ciclos de autofecundações sucessivas (mínimo sete). Para facilitar a apresentação dos

resultados e a discussão, as linhagens serão denominadas de L01 a L12 respectivamente (Tabela 1A).

Para obtenção dos híbridos simples e multiplicação das linhagens, o campo de cruzamentos foi instalado na fazenda experimental da UNESP – Jaboticabal, no ano agrícola de 2005/2006. As linhagens foram semeadas em linhas de 5m de comprimento contendo 25 plantas divididas em dois grupos de acordo com a resistência (SILVEIRA et al., 2006). As linhagens L01, L02, L03 e L04 do grupo 1 (resistentes), foram cruzadas manualmente com as linhagens L05, L06, L07, L08, L09, L10, L11 e L12 do grupo 2 (suscetíveis), utilizando um esquema dialélico parcial, obtendo-se assim, 32 híbridos simples. A multiplicação das linhagens endogâmicas foi realizada pela autofecundação manual de cinco plantas em uma linha simples de 3m de comprimento contendo 15 plantas. Para os cruzamentos foram semeadas, para cada linhagem, cinco linhas de 5m de comprimento contendo 25 plantas. Foi utilizado “split” de sete dias para coincidir o florescimento.

Em Guaíra, a semeadura do ensaio ocorreu em 10/01/07 em área com classificação edáfica de Latossolo Vermelho Amarelo. A adubação de semeadura foi feita com 50 kg de N, 100 kg de P_2O_5 e 50 kg de K_2O por hectare na forma de sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio. A adubação de cobertura foi realizada mediante aplicação de 100 kg de N e 100 kg de K_2O na forma de sulfato de amônia e cloreto de potássio, em uma única aplicação aos 35 dias após a semeadura. O segundo experimento, em Jaboticabal, foi semeado em 01/03/07 em área de classificação edáfica de Latossolo Vermelho. A adubação de semeadura foi feita com fertilizante químico na quantidade de 50 kg de N, 100 kg de P_2O_5 e 100 Kg de K_2O por hectare na forma de sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio. A adubação de cobertura foi realizada mediante aplicação de 80 kg de N por hectare na forma de uréia, em uma única aplicação, quando as plantas possuíam 5 a 6 folhas. Para o controle de *Spodoptera frugiperda* e *Elasmopalpus lignosellus* foi utilizado o inseticida Spinozad (marca comercial: Tracer) na dosagem de 70ml por hectare. As aplicações foram realizadas conforme a necessidade da cultura. Para prevenção contra

o aparecimento das doenças fúngicas, foi realizado a aplicação preventiva do fungicida Mancozeb (marca comercial: Dithane PM) na dosagem de 2,5 kg por hectare.

Com antecedência de 30 dias da instalação dos ensaios, semeou-se como bordadura, um híbrido de pipoca altamente suscetível aos enfezamentos para garantir a fonte de inóculo. Além disso, a área para o plantio foi escolhida em função do histórico de alta incidência dos enfezamentos, confirmada pela presença de vários plantios ao redor manifestando os sintomas da doença.

A incidência dos enfezamentos foi avaliada no estágio fenológico R3. Para a determinação da incidência foram contadas as plantas da parcela apresentando os sintomas da doença.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com três repetições em cada ambiente. Dentro de cada repetição, as parcelas úteis constituídas por linhagens, receberam bordadura da linhagem CR800479A e as parcelas úteis constituídas por híbridos, receberam bordaduras do híbrido simples AG7000. A parcela experimental foi representada por uma fileira de 5 m de comprimento, sendo cada planta espaçada de 0,20 m e 0,80 m entre fileiras equivalentes, perfazendo uma população de 62.500 plantas ha⁻¹.

Para análise de variância, os dados expressos em porcentagem foram transformados para arcoseno da raiz quadrada da variável, dividido por cem.

A análise de variância para a incidência dos enfezamentos (Pais e F1's) foi realizada de acordo com o método de GERALDI & MIRANDA FILHO (1988), para cruzamentos dialélicos parciais, através do programa Genes versão Windows (CRUZ, 2001). A metodologia foi baseada no seguinte modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + \frac{1}{2}(d_1 + d_2) + g_i + g'_j + s_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}.$$

em que:

Y_{i0} : média do i-ésimo genitor do grupo 1 ($i = 0, 1, \dots, p$);

Y_{0j} : média do j-ésimo genitor do grupo 2 ($j = 0, 1, \dots, q$);

μ : média geral do dialelo;

d_1, d_2 : contrastes envolvendo médias dos grupos 1 e 2 e a média geral;

g_i : efeito da capacidade geral de combinação do i-ésimo genitor do grupo 1;

g_j : efeito da capacidade geral de combinação do j-ésimo genitor do grupo 2;

s_{ij} : efeito da capacidade específica de combinação;

$\bar{\epsilon}_{ij}$: erro experimental médio.

Para a análise conjunta dos ensaios (somente F1's) a análise de variância foi realizada pelo método de GRIFFING (1956). A metodologia é baseada no seguinte modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + G_j + S_{ij} + A_k + GA_{ik} + GA_{jk} + SA_{ijk} + \bar{\epsilon}_{ij}$$

em que:

Y_{ij} : média experimental associada ao tratamento de ordem ij;

μ : média geral;

G_i e G_j :efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) associados ao i e j-ésimo genitor;

S_{ij} :efeito da capacidade específica de combinação (CEC) entre os genitores i e j;

A_k : efeito do ambiente k;

GA_{ik} e GA_{jk} : efeitos da interação entre a capacidade geral de combinação (CGC)

associados ao i e j-ésimo genitor, dos grupos 1 e 2, respectivamente, com os ambientes;

SA_{ijk} : efeito da interação entre a capacidade específica de combinação (CEC) entre os genitores i e j e o ambiente;

$\bar{\epsilon}_{ij}$: erro aleatório médio associado ao tratamento de ordem ij .

3.1.2 Herança da resistência ao complexo enfezamento em sete linhagens endogâmicas de milho

Para esta parte do trabalho, foram utilizadas 7 linhagens endogâmicas de milho, cujas reações aos enfezamentos foram avaliadas preliminarmente na safrinha do ano agrícola 2003/04, em condições de campo, sendo as linhagens L01, L02 e L03 classificadas como resistentes e as linhagens L05, L06, L07 e L08 classificadas como suscetíveis, (tabela 1 do apêndice).

As gerações F_2 e os retrocruzamentos foram obtidos na safrinha do ano agrícola de 2005/06 em área irrigada. As gerações F_2 foram obtidas da autofecundação manual das plantas F_1 's de cada família, e os retrocruzamentos (RCP_1 e RCP_2) foram obtidos pelos cruzamentos dos respectivos híbridos F_1 com as linhagens parentais correspondentes.

Foram conduzidos dois experimentos, um na estação experimental da empresa "Sementes Agromem Ltda", em Guaíra (SP), com semeadura em Janeiro/2007, e o outro, na fazenda experimental da UNESP – Jaboticabal (SP) com semeadura em março/2007.

As práticas culturais adotadas foram as mesmas descritas nos dois experimentos anteriores.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com parcelas subdivididas e três repetições, tomando-se como unidade experimental a média do caráter por parcela. Estas parcelas foram constituídas pelas doze famílias (L01 x L05; L01 x L06; L01 x L07; L01 x L08; L02 x L05; L02 x L06; L02 x L07; L02 x L08; L03 x L05; L03 x L06; L03 x L07; L03 x L08) e as subparcelas pelas gerações P_1 , P_2 , F_1 , F_2 ,

RCP₁ e RCP₂ de cada família. Em cada repetição, cada família foi representada por uma fileira de 5m de comprimento para as gerações P₁, P₂ e F₁, duas fileiras de 5m para as gerações RCP₁ e RCP₂ e quatro fileiras de 5m para as gerações F₂, sendo cada fileira constituída de 25 plantas. No campo as gerações P₁ e P₂ receberam bordadura de linhagem e as gerações F₁, RCP₁, RCP₂ e F₂, bordadura de híbrido. Para análise de variância os dados referentes à incidência dos enfezamentos expressos em porcentagem foram transformados para arcoseno da raiz quadrada da variável, dividido por cem.

Para o caráter avaliado o modelo matemático foi:

$$Y_{ijk} = \mu + B_j + P_i + \epsilon_{ij} + S_k + PS_{ik} + \delta_{ijk}$$

sendo:

Y_{ijk} : Incidência média da geração k da família i na repetição j;

com i = 1,2,...,12; j = 1,2,3; k = 1,2,...,6

μ : é uma constante inerente a média, fixa; com $E(\mu) = 0$ e $E(\mu^2) = \mu^2$;

B_j : efeito da repetição j, aleatório, distribuído de forma normal e independente ($0, \sigma_b^2$);

P_i : efeito da i-ésima família (parcela), aleatório, distribuído de forma normal e independente ($0, \sigma_{bq}^2$);

ϵ_{ij} : erro aleatório a, associado à parcela;

S_K : efeito da geração k (subparcela), dentro de família i, fixo e distribuído de forma normal e independente; $E(p_{k(i)})=0$ e $E(p_{k(i)})^2 = p_{k(i)}^2$

PS_{ik} : efeito da interação da i-ésima parcela (família) com a j-ésima subparcela (geração);

δ_{ijk} : erro aleatório b, associado à subparcela;

As análises de variância individual e conjunta, para os ambientes de Jaboticabal (SP) e Guaíra (SP), foram realizadas com base nas médias das gerações dos parentais resistentes (L01, L02 e L03), dos parentais suscetíveis (L05, L06, L07 e L08) e das gerações híbridas (F_1 ; F_2 ; RCP_1 e RCP_2) com o auxílio do Programa SAS. Para determinação das estimativas de variância fenotípica, genotípica e ambiental, para cada geração dentro de cada local, foi utilizado o procedimento “PROC VARCOMP” do programa SAS (SAS INSTITUTE, 1999), considerando o efeito de genótipo como aleatório.

As estimativas dos efeitos aditivos ($\hat{a}$), de dominância ($\hat{d}$), número de genes ($\hat{n}$), grau médio de dominância ($\hat{k}$) e herdabilidade no sentido amplo (h_a^2) foram determinadas de acordo com metodologia proposta por CRUZ & REGAZZI, (1997), onde:

$$\hat{a} = \frac{1}{2}(\bar{P}_1 - \bar{P}_2)$$

$$\hat{d} = -\frac{3}{2}\bar{P}_1 - \frac{3}{2}\bar{P}_2 - \bar{F}_1 - 8\bar{F}_2 + 6R\bar{C}_1 + 6R\bar{C}_2$$

$$\hat{n} = \frac{R^2(1 + k^2 / 2)}{8\hat{\sigma}_{g(f2)}^2}$$

$$h_a^2 = \frac{100 \hat{\sigma}_{g(f2)}^2}{\hat{\sigma}_{f(f2)}^2}$$

$$\hat{k} = \frac{2\bar{F}_1 - (\bar{P}_1 + \bar{P}_2)}{(\bar{P}_1 - \bar{P}_2)}$$

tal que:

$\bar{F}_1$ = Média da geração F1;

$\bar{P}_1$ = Média da geração P1;

$\bar{P}_2$ = Média da geração P2;

$\hat{\sigma}_a^2$ = Estimativa da variância aditiva;

$\hat{\sigma}_d^2$ = Estimativa da variância dominante;

$\hat{\sigma}_{f(f2)}^2$ = Estimativa da variância fenotípica da geração F₂;

$\hat{\sigma}_{g(f2)}^2$ = Estimativa da variância genética na geração F₂;

R = amplitude total na F₂;

k = grau médio de dominância

Os valores da heterose foram determinados pela fórmula: Heterose = $F_1 - MP$ onde, MP é a média dos pais.

3.2 Dados meteorológicos

Durante a condução dos ensaios em condições de campo foram coletados dados de temperatura mínima, média e máxima, em graus Celsius, umidade relativa média, em porcentagem, dados de precipitação pluviométrica, em mm e número de dias que ocorreram precipitações. Os dados foram coletados por aparelho computadorizado instalado em posto meteorológico (Tabela 2A).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estimativas da capacidade de combinação de doze linhagens endogâmicas de milho para resistência aos enfezamentos.

No ambiente de Guaíra, os sintomas dos enfezamentos foram mascarados pela alta incidência e severidade de doenças foliares, favorecidas pela alta umidade e precipitação ocorridas no período do experimento (Tabela 2A do apêndice), que provocaram, em muitos casos, o secamento precoce das plantas, dificultando a avaliação dos sintomas dos enfezamentos, principalmente para o ensaio de capacidade de combinação. Em Jaboticabal, com a aplicação preventiva do fungicida “Mancozeb”, possibilitou a efetiva observação da ocorrência dos enfezamentos. Assim, os dados referentes ao ambiente de Guaíra (Apêndice B) não serão discutidos.

As médias de incidência dos enfezamentos, para o ambiente de Jaboticabal, variaram de 2,77% na linhagem L03 resistente, a 89,72% na linhagem L12 suscetível (Tabela 1).

Tabela 1 – Médias de incidência dos enfezamentos (%) de 12 linhagens endogâmicas de milho, divididas nos grupos 1 (L01 a L04, resistentes) e 2 (L05 a L12, suscetíveis) e seus 32 cruzamentos, obtidas em Jaboticabal – SP na safrinha do ano agrícola 2006/2007.

Linhagens		L05	L06	L07	L08	L09	L10	L11	L12
		39,74	79,76	82,22	64,06	48,35	49,27	82,59	89,72
L01	23,26	26,98	56,84	40,26	15,29	35,64	52,83	70,95	86,82
L02	5,81	18,03	73,33	29,72	35,33	27,57	30,64	56,67	53,39
L03	2,77	24,22	62,47	26,94	33,38	32,52	62,79	75,00	60,75
L04	31,68	14,60	88,77	58,67	39,19	65,00	56,35	64,79	54,28

A análise de variância para o dialelo parcial no ambiente de Jaboticabal possibilita verificar variação altamente significativa ($P \leq 0,01$) entre genótipos (linhagens e seus cruzamentos) para resistência aos enfezamentos. Os efeitos de capacidade geral de combinação (CGC) foram altamente significativos ($P \leq 0,01$) para os grupos 1 (linhagens resistentes) e 2 (linhagens suscetíveis), assim como os efeitos de capacidade específica de combinação (CEC) entre os grupos 1 e 2 (Tabela 2).

A significância dos quadrados médios para as capacidades geral e específica de combinação revela que, como fontes de variação para resistência aos enfezamentos, estão envolvidos tanto os efeitos genéticos aditivos, como os efeitos de dominância. Entretanto, os valores dos quadrados médios para CGC foram ligeiramente superiores aos quadrados médios para CEC, o que sugere predominância de efeitos aditivos. Assim, para a seleção da melhor fonte de resistência, deve-se dar ênfase não só ao desempenho médio da linhagem nas combinações híbridas, mas também em combinações específicas (Tabela 2). Enquanto a CGC indica qual a linhagem que contribui favoravelmente para o aumento médio da resistência aos enfezamentos em cruzamentos, a CEC indica em qual combinação houve maior complementaridade para os alelos que conferem a resistência.

Tabela 2 – Análise de variância para incidência dos enfezamentos (%) de 12 linhagens endogâmicas de milho e 32 cruzamentos avaliados para o dialelo parcial em Jaboticabal – SP na safrinha do ano agrícola 2006/2007.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio ^(a)
Genótipos	43	0,1039**
Grupos	1	1,4198**
CGC Grupo 1	3	0,1101**
CGC Grupo 2	7	0,2049**
CEC 1x2	32	0,0401**
Resíduo	86	0,0108
CV (%)		15,65

(a) - dados de porcentagem transformados para $\arcseno \sqrt{\frac{x}{100}}$

** - significativo a $P \leq 0,01$, pelo teste F.

As médias das estimativas de CGC para as 12 linhagens avaliadas estão apresentadas na Tabela 3. Várias linhagens apresentaram índices negativos para CGC, demonstrando que, na média dos cruzamentos, contribuíram para aumentar a resistência aos enfezamentos. Assim, em programas de melhoramento, o emprego preferencial de genótipos que apresentam valores negativos da CGC, denota a importante contribuição desses genitores no desenvolvimento de cultivares com resistência genética aos enfezamentos.

Como os cruzamentos são originados de esquema em dialélico parcial (resistentes x suscetíveis), pode-se separar os resultados das estimativas de capacidade geral de combinação, em dois grupos. Para o grupo das linhagens resistentes, a que apresentou o maior efeito negativo foi a linhagem L02 (Tabela 3). Essa, provavelmente seja a linhagem com maior frequência de alelos de efeitos aditivos que favorece a diminuição da incidência dos enfezamentos, quando cruzada com o grupo de linhagens suscetíveis. Na maioria de suas combinações híbridas, com exceção apenas da combinação com a linhagem L06, houve aumento da resistência, com alguns cruzamentos manifestando incidência abaixo da média dos genitores, como é o caso das combinações L02 x L05 e L02 x L07 (Tabela 1). Para o grupo das linhagens suscetíveis, a que contribuiu mais favoravelmente para o aumento da resistência foi a linhagem L05 (Tabela 3), classificada como suscetível (Tabela 1A). Provavelmente ela possui frequência de alelos desfavoráveis muito baixa, que são suprimidos pela alta frequência de alelos favoráveis das linhagens resistentes, quando em combinação. Esse resultado revela que, embora a suscetibilidade seja uma característica indesejada para os programas de melhoramento do milho, em alguns casos, a sua expressão pode ser devido aos efeitos epistáticos que inibem a expressão de um ou mais genes que conferem a resistência. Nesses casos, o potencial da linhagem só pode ser avaliado em combinação, quando se manifestam os efeitos dos genes que controlam a resistência aos enfezamentos.

Contrariamente ao observado na linhagem L05, a linhagem L06, com o maior efeito positivo para CGC, têm contribuição negativa para resistência (Tabela 3). Por sua vez a linhagem L10, com CGC negativa, quando em combinações híbridas, estas se

apresentaram ainda mais suscetíveis, exceto no cruzamento com a linhagem L02 (Tabelas 1 e 3).

Nos programas de melhoramento do milho, as linhagens elites, frequentemente são melhoradas para características específicas, através de retrocruzamentos de genitores recorrentes para o caráter de interesse. Em alguns casos, a dificuldade da introdução da característica obriga o programa a trocar a linhagem, o que gera grande demanda de tempo e de recursos, quando não se tem uma linhagem com características semelhantes. Portanto, o maior interesse na seleção de genótipos para resistência a uma determinada doença é identificar, não só o genitor que apresenta a maior frequência de alelos favoráveis que contribuem para a resistência, como também, identificar genitores com facilidade para transmitir e receber os genes de resistência.

Tabela 3 – Estimativas da capacidade geral de combinação das quatro linhagens resistentes (G_i) e oito linhagens suscetíveis (G_j), avaliadas para incidência dos enfezamentos (%) em Jaboticabal – SP, na safrinha do ano agrícola 2006/2007.

Linhagens	G_i
L01	0.0199
L02	-0.0547
L03	-0.0335
L04	0.0683
Linhagens	G_j
L05	-0.1550
L06	0.1012
L07	-0.0050
L08	-0.0662
L09	-0.0538
L10	-0.0113
L11	0.0957
L12	0.0944

Os maiores valores para CEC negativa foram observados nos cruzamentos entre as linhagens L01 x L08 e L04 x L05 (Tabela 4). Pode-se constatar que os cruzamentos que proporcionaram os maiores índices negativos para CEC, foram

originados por genitores que possuem alelos distintos que se complementam, favorecendo a heterose e conseqüentemente, o aumento da resistência.

As médias de incidência dos enfezamentos para as combinações com os maiores efeitos negativos de CEC ficaram abaixo da média do genitor resistente, enquanto as combinações com os maiores efeitos positivos ficaram acima da média do genitor suscetível ou com incidência muito próxima (Tabelas 1 e 4). Esses resultados denotam a magnitude dos efeitos da CEC em combinações híbridas para resistência aos enfezamentos.

Tabela 4 – Estimativas da capacidade específica de combinação (S_{ij}) obtidas dos cruzamentos entre as linhagens dos Grupos 1 e 2, avaliadas para incidência dos enfezamentos (%) em Jaboticabal – SP na safrinha do ano agrícola 2006/2007.

Grupo 1	Grupo 2							
	L05	L06	L07	L08	L09	L10	L11	L12
L01	0.0017	-0.0196	-0.0333	-0.2152	-0.0216	0.0659	0.0739	0.1653
L02	-0.0177	0.1570	-0.0477	0.0624	-0.0190	-0.0325	0.0595	0.0389
L03	0.0280	0.0697	-0.0950	0.0251	0.0047	0.1842	0.1512	0.0656
L04	-0.1837	0.1200	0.0503	-0.0286	0.1390	0.0415	-0.0115	-0.0781

Na Figura 1 são apresentados os gráficos de distribuição de freqüência para os quatro grupos originados dos parentais resistentes (linhagem) e todos os seus cruzamentos descendentes (F_1 's), avaliados para a incidência dos enfezamentos. Observa-se que, na média, as combinações híbridas que apresentaram os melhores resultados quanto à resistência aos enfezamentos, foram originadas do cruzamento com a linhagem L02 (Grupo 2), confirmando os resultados obtidos nas estimativas de CGC. Os grupos 1, 3 e 4 proporcionaram, nessa ordem, os maiores índices de incidência dos enfezamentos nos cruzamentos (Figura 2).

A ausência ou pequena magnitude dos efeitos genéticos não aditivos para resistência a doenças, entre elas os enfezamentos, têm sido relatado por diversos autores (GROGAN & ROSENKRANZ, 1968; HUGHES & HOOKER, 1971; NELSON & SCOTT, 1973; LIM & WHITE, 1978; KAPPELMAN & THOMPSON, 1981; SILVA et al.,

2003 e SILVA et al., 2004). Segundo HALLAUER & MIRANDA FILHO (1988), a menor expressão dos efeitos genéticos não aditivos para os caracteres avaliados deverá ser relacionada à ausência de genes deletérios que causam depressão endogâmica, embora estes efeitos, na média, sejam de menor importância do que os efeitos aditivos, porém, em combinações específicas, podem ser de suma importância.

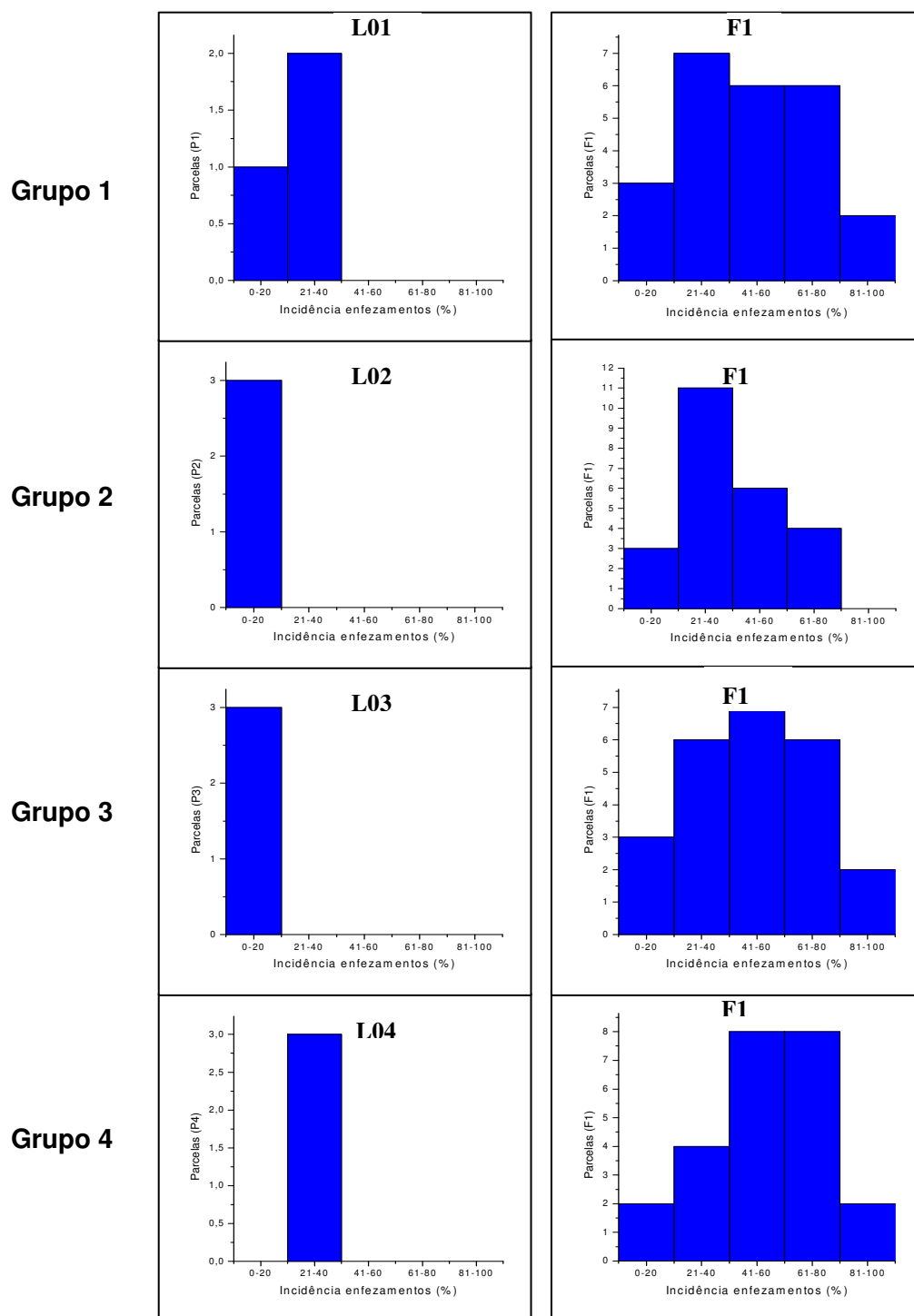


Figura 1 – Distribuição de frequência dos valores observados de Incidência de enfezamentos(%) nas parcelas do Grupo 1 (PR-L01 e F1s), Grupo 2 (PR-L02 e F1s), Grupo 3 (PR-L03 e F1s) e Grupo 4 (PR-L04 e F1s) para o dialélio parcial (Pais e F1s) avaliados em Jaboticabal – SP, na safrinha do ano agrícola 2006/2007.

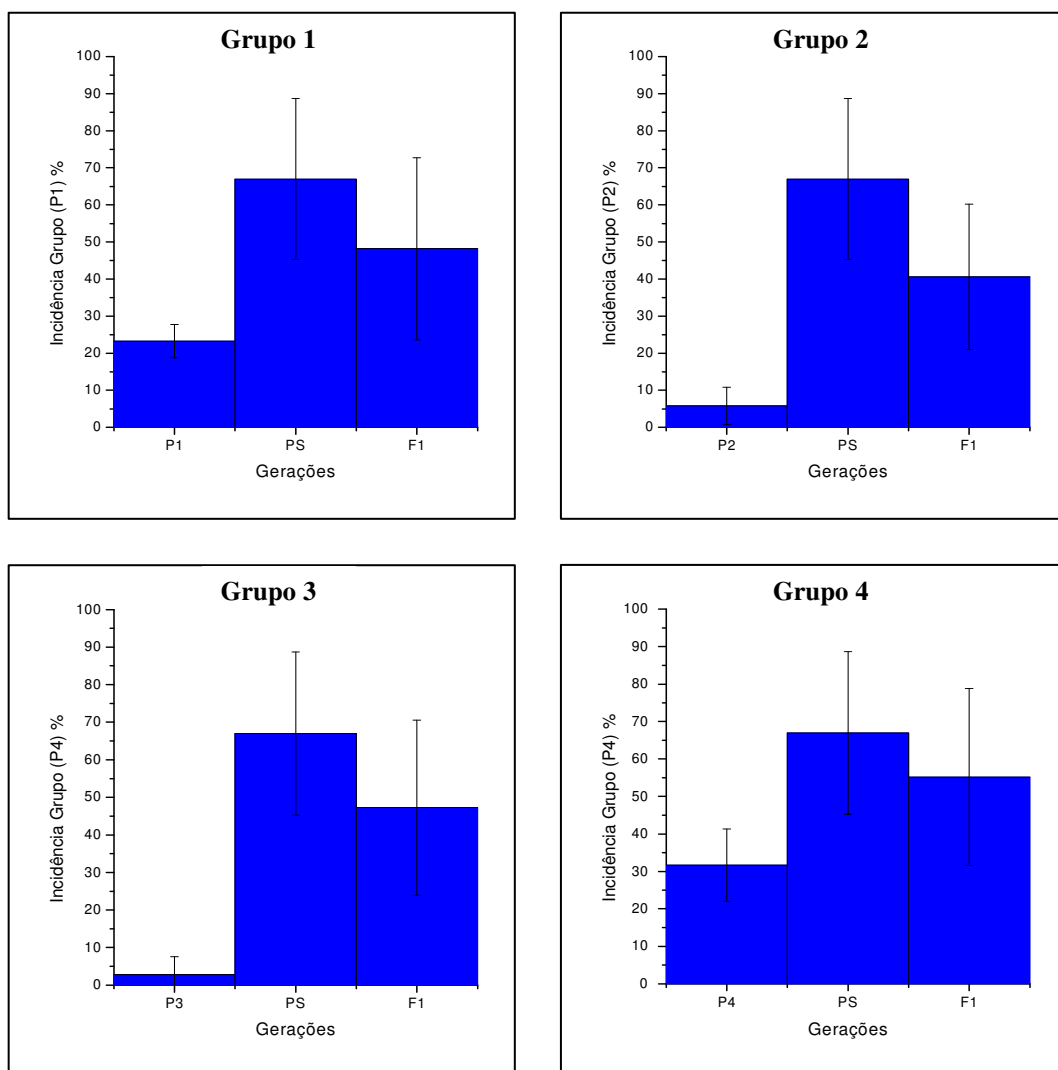


Figura 2 – Médias e desvios padrão para incidência dos enfesamentos (%) nos grupos 1, 2, 3 e 4 respectivamente, nas gerações ((Parental resistente (PR), Parental suscetível (PS) e cruzamentos (F1's)) do dialélo parcial avaliado em Jaboticabal – SP, na safrinha do ano agrícola 2006/2007.

4.2 Herança da resistência aos enfezamentos em sete linhagens endogâmicas de milho

Com relação à avaliação da herança da resistência observa-se variação para as médias de incidência dos enfezamentos nas linhagens genitoras nos ambientes de Jaboticabal e Guaíra (Tabela 5).

A alta precipitação ocorrida no ambiente de Guaíra favoreceu a ocorrência de outras doenças foliares, com altos índices de severidade causando prejuízos na avaliação de incidência dos enfezamentos em algumas linhagens. Nas gerações híbridas, a incidência e severidade dessas doenças foram menores, facilitando a avaliação. No ambiente de Jaboticabal, não houve a ocorrência desse problema.

Os quadrados médios da análise de variância, para os ambientes de Jaboticabal e Guaíra, indicam variação altamente significativa ($P \leq 0,01$) quanto à incidência dos enfezamentos, entre as doze famílias avaliadas e as gerações dentro das famílias (Tabela 6). Na análise conjunta da variância, os quadrados médios revelaram efeito altamente significativo ($P \leq 0,01$) para local e, também, para as interações família x local e gerações x local (Tabela 7). Estes resultados eram esperados, uma vez que além das diferenças existentes entre os locais quanto à presença dos enfezamentos (inóculo) e do seu vetor e transmissor (*D.maidis*), os ensaios foram instalados nos ambientes de Jaboticabal e Guaíra com diferença de quarenta dias, o que caracteriza épocas diferentes.

Os coeficientes de variação para os ambientes de Jaboticabal e Guaíra foram adequados.

Tabela 5 – Médias de incidência dos enfezamentos (%) nas gerações Parental resistente (PR), Parental suscetível (PS), cruzamentos PR x PS (F1), autofecundação dos F1's (F2), retrocruzamentos dos F1's para o parental resistente (RCPR), retrocruzamentos dos F1's para o parental suscetível (RCPS) e valores de heterose das 12 famílias avaliadas em Jaboticabal – SP e Guaíra – SP, na safrinha do ano agrícola 2007.

Família	(PR x PS)	Gerações							
		Local	PR	PS	F1	F2	RCPR	RCPS	Heterose ^(a)
1	L01 X L05	Jab.	18,77	65,86	40,26	55,59	32,25	51,29	-2,055
		Guaíra	11,67	85,42	42,60	54,87	47,68	59,22	-5,945
2	L01 X L06	Jab.	26,13	83,16	49,33	82,99	45,98	95,33	-5,315
		Guaíra	29,74	60,00	10,00	52,63	41,94	44,14	-34,870
3	L01 X L07	Jab.	15,63	85,30	55,50	78,00	38,82	75,99	5,035
		Guaíra	49,90	50,42	9,81	44,09	16,67	43,15	-40,350
4	L01 X L08	Jab.	23,13	83,66	36,61	69,37	39,15	88,96	-16,785
		Guaíra	13,33	78,31	17,59	48,13	31,35	47,69	-28,230
5	L02 X L05	Jab.	11,11	55,26	10,56	48,06	24,76	47,21	-22,625
		Guaíra	33,43	74,01	18,06	49,90	41,51	59,12	-35,660
6	L02 X L06	Jab.	13,59	97,22	81,58	81,92	66,18	98,58	26,175
		Guaíra	42,46	80,00	29,63	39,86	56,24	39,54	-31,600
7	L02 X L07	Jab.	12,73	91,17	39,13	71,03	46,30	79,40	-12,820
		Guaíra	62,69	52,94	22,61	41,73	49,27	49,86	-35,205
8	L02 X L08	Jab.	11,19	82,19	53,31	60,86	39,15	83,42	6,620
		Guaíra	29,37	83,39	68,84	65,33	58,01	73,64	12,460
9	L03 X L05	Jab.	10,00	59,35	16,46	22,25	15,67	72,22	-18,215
		Guaíra	36,86	52,42	16,21	43,27	40,05	40,60	-28,430
10	L03 X L06	Jab.	21,66	100,00	29,00	87,04	55,60	98,67	-31,830
		Guaíra	57,78	83,33	29,00	44,62	38,81	45,57	-41,555
11	L03 X L07	Jab.	15,83	91,30	57,42	55,79	31,13	75,16	3,855
		Guaíra	35,73	54,63	24,69	35,22	32,67	27,61	-20,490
12	L03 X L08	Jab.	15,83	77,90	24,03	37,31	20,02	56,57	-22,835
		Guaíra	37,18	74,54	28,48	49,36	44,18	72,94	-27,380

^(a) Heterose = $F1 - ((PR + PS)/2)$

Tabela 6 – Análise de variância para incidência dos enfezamentos em doze famílias e seis gerações por família avaliadas em Jaboticabal – SP e Guaíra – SP na safrinha do ano agrícola 2006/2007.

Fontes de Variação	GL	Jaboticabal	Guaíra
		Quadrado Médio ^(a)	
Repetições	2	0,03749*	0,02660 ^{ns}
Famílias	11	0,17008**	0,07826**
Gerações (famílias)	60	0,13831**	0,07120**
Resíduo	142	0,01056	0,01933
CV (%)		14,97	21,59

(a) = dados de porcentagem transformados para arcoseno $\sqrt{\frac{x}{100}}$

ns, *, ** - não significativo e significativo a $P \leq 0,05$ e $P \leq 0,01$, respectivamente pelo teste F.

Tabela 7 – Análise de variância conjunta para incidência dos enfezamentos em doze famílias e seis gerações por família avaliadas em Jaboticabal – SP e Guaíra – SP na safrinha do ano agrícola 2006/2007.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio ^(a)
Local	1	0,19543**
Repetição (local)	4	0,03204 ^{ns}
Família	11	0,12141**
Gerações (Família)	60	0,15689**
Família x Local	11	0,12693**
Gerações (Família) x Local	60	0,05262**
Resíduo	284	0,01495
CV (%)		18,38

(a) = dados de porcentagem transformados para arcoseno $\sqrt{\frac{x}{100}}$

** - não significativo e significativo a $P \leq 0,01$ pelo teste F.

Os valores médios de incidência dos enfezamentos nas gerações F_1 foram menores do que a média dos genitores nas famílias L01 x L05, L01 x L06, L01 x L08, L02 x L05, L02 x L07, L03 x L05, L03 x L06 e L03 x L08 nos ambientes de Jaboticabal e Guaíra. As famílias L01 x L07, L02 x L06 e L03 x L07, tiveram valores médios de

incidência menores do que a média dos genitores somente no ambiente de Guaíra, enquanto a família L02 x L08 teve valores médios de incidência maiores que a média dos genitores nos dois ambientes (Tabela 5).

As combinações híbridas (F_1) com as menores médias de incidência dos enfezamentos, nos dois ambientes, são originadas do cruzamento da linhagem suscetível L05 com as linhagens resistentes L02 e L03, ou seja, a linhagem suscetível L05, quando em combinação, contribui favoravelmente para o aumento da resistência. Estes resultados confirmam os observados, para esta linhagem, no ensaio de capacidade de combinação e demonstram a importância, para os programas de melhoramento de milho, de estudos que expressem a contribuição efetiva de linhagens resistentes e suscetíveis para a obtenção de híbridos.

No ambiente de Guaíra os F_1 's L01 x L06 e L01 x L07 apresentaram as menores médias de incidência dos enfezamentos, o mesmo não ocorrendo em Jaboticabal, o que sugere cautela quanto a esses resultados. Valores muito contrastantes entre os dois ambientes também foram observados para a combinação L02 x L06 (Tabela 5). Como o coeficiente de variação no ambiente de Jaboticabal foi menor, os resultados observados em Guaíra devem ser considerados com restrição.

Valores de heterose negativos foram observados para a maioria das combinações híbridas nos dois ambientes sendo indicativo de que, embora na manifestação da heterose estejam envolvidos os efeitos de dominância gênica, a dominância ocorre no sentido contrário, favorecendo a diminuição da incidência da doença (Tabela 5). Valores de heterose negativos também foram encontrados para outras doenças do milho (LIN & WHITE, 1978; CARSON E HOOKER, 1981a; SILVA et al., 1986, SILVA & MORO, 2004). As combinações L02 x L05, L03 x L06 e L03 x L08 apresentaram valores de heterose consistentemente menores nos dois ambientes, o que sugere que essas linhagens possuem alelos distintos que favorecem os efeitos de dominância (Tabela 5).

Valores de heterose positivos foram observados para os cruzamentos L01 x L07, L02 x L06 e L03 x L07 no ambiente de Jaboticabal, e para o cruzamento L02 x L08 nos dois ambientes. Essas combinações específicas são as que mais favorecem o aumento

da incidência dos enfezamentos, possivelmente, por seus genitores possuírem alelos semelhantes que conferem a suscetibilidade nas combinações híbridas (Tabela 5).

Na maioria das famílias, nos dois ambientes, foram observadas médias de incidência dos enfezamentos, nas gerações F_2 , superiores àquelas das F_1 's. Com a segregação e recombinação dos genes na F_2 , os efeitos de dominância são divididos pela metade, em decorrência do surgimento dos locos em homozigose. Nessas condições, pode-se observar médias menores de incidência dos enfezamentos nas combinações cujo genitor contribui mais favoravelmente com lócus de efeitos aditivos (Tabela 5).

Nos retrocruzamentos para o genitor resistente (RCPR) médias de incidência foram inferiores às observadas nas gerações F_2 , com exceção apenas do cruzamento L02 x L06 no ambiente de Guaíra. As médias de incidência para as gerações do RCPS foram superiores, conferindo maior suscetibilidade às das gerações F_2 . Estes resultados podem ser explicados se considerarmos que, nos retrocruzamentos para o parental resistente, os efeitos de dominância se somam aos efeitos aditivos dos locos que conferem resistência, contrariamente ao que ocorre com os retrocruzamentos para o parental suscetível, onde são pronunciados os efeitos dos locos que conferem a suscetibilidade (Tabela 5).

No ambiente de Jaboticabal, o Grupo 3, originado do cruzamento do genitor resistente L03 com os genitores suscetíveis foi o que proporcionou a menor incidência dos enfezamentos nas gerações híbridas. Em Guaíra, as menores médias de incidência foram observadas nas gerações descendentes do Grupo 1, seguido pelos Grupos 3 e 2, respectivamente (Figura 3). Embora tenha ocorrido divergência nos resultados para os ambientes de Jaboticabal e Guaíra, observou-se tendência similar em ambos os ambientes (Figura 4).

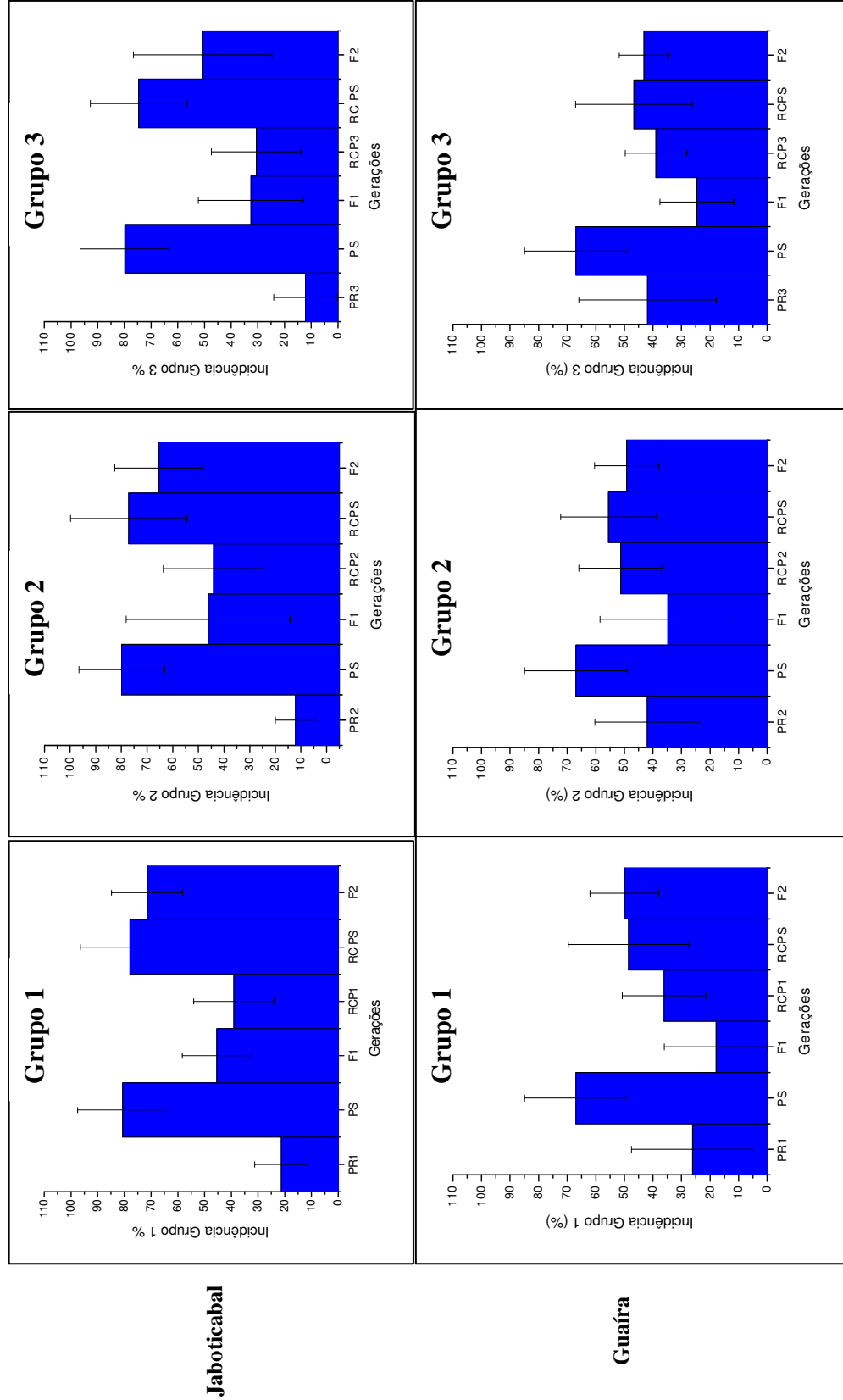


Figura 3 - Médias e desvios padrão para incidência dos enfezamentos para as gerações dos grupos 1, 2 e 3 respectivamente, avaliadas em Jaboticabal – SP e Guaíra - SP, na safinha do ano agrícola 2006/2007.

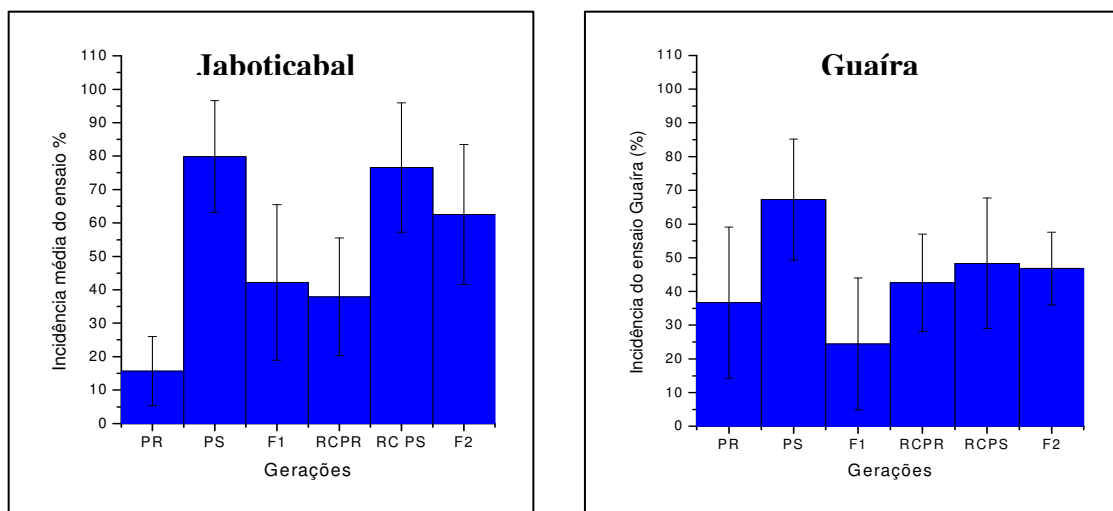


Figura 4 - Médias e desvios padrão para incidência dos enfesamentos para as gerações do ensaio, avaliadas em Jaboticabal – SP e Guaíra - SP, na safrinha do ano agrícola 2006/2007.

Vários trabalhos têm relatado a utilização da análise de médias de gerações para detectar o tipo de ação gênica envolvida no controle da resistência à doenças (VON PINHO, 1998, SCHULTER et al., 2003; SILVA & MORO, 2004; LOPES et al., 2007). No presente trabalho, as análises de médias de gerações revelaram efeitos aditivos predominantes, indicando que os alelos que contribuem para o controle do caráter favorecem a diminuição da incidência dos enfesamentos. Em Guaíra (SP), os efeitos de dominância foram negativos (-9,24) provavelmente em função do efeito ambiental sobre a média das gerações (Tabela 8). Na geração F_1 , onde os efeitos de dominância são máximos, a incidência dos enfesamentos, nesse ambiente, ficou abaixo da média dos pais, determinando, deste modo, a dominância no sentido contrário, em favor da resistência (Figura 5). O grau médio de dominância revelou ação gênica do tipo aditiva em Jaboticabal (SP) e dominância parcial em Guaíra (SP). Predominância de efeitos genéticos aditivos também foi encontrada em outros estudos de herança da resistência aos enfesamentos (GROGAN & ROSENKRANZ, 1968; NELSON & SCOTT, 1973; SILVA et al., 2003).

O número estimado de genes envolvidos com o controle do caráter enfezamento foi de dois em Jaboticabal (SP) e cinco em Guaíra (SP). Embora estes números tenham diferido nos dois ambientes, eles indicam que o caráter é controlado por poucos genes, o que determina herança qualitativa.

A estimativa de herdabilidade no sentido amplo foi alta em Jaboticabal (SP) (78,47%) e baixa em Guaíra (SP) (35,28%) (Tabela 8). Isso provavelmente ocorreu devido à ocorrência de outras doenças foliares em Guaíra que prejudicaram a avaliação correta da incidência dos enfezamentos.

O sucesso da seleção e os ganhos genéticos serão maiores se estiverem associados a uma herdabilidade alta. Altos índices de herdabilidade, para a incidência dos enfezamentos, também foram encontrados por SILVA et al. (2003).

Tabela 8 – Estimativas dos efeitos aditivo e dominante, grau médio de dominância (k), número de genes (n) e herdabilidade no sentido amplo (h^2_a) envolvidos na resistência dos enfezamentos para os ambientes de Jaboticabal – SP e Guaíra – SP na safrinha do ano agrícola 2006/2007.

Local	Efeitos		k	n	h^2_a
	Aditivo	Dominante			
Jaboticabal	-32,10	1,14	-0,04	2,20	78,47
Guaíra	-15,30	-9,24	0,60	5,25	35,28

4.3 Considerações finais

Mediante avaliação da capacidade de combinação e estudos de herança da resistência aos enfezamentos do milho, verificou-se que, dentre as linhagens avaliadas, a L05 (PH1173-1), classificada como suscetível, quando em combinação favorece o aumento da resistência. Como no controle do caráter estão envolvidos poucos genes, provavelmente a L05 possua um único gene que lhe confere a suscetibilidade, associado a outros genes de efeitos menores que influenciam negativamente no controle da resistência aos enfezamentos do milho, de forma que, quando em

combinação com linhagens resistentes, seus descendentes, além de apresentarem heterose, manifestam os efeitos aditivos dos genes que conferem a resistência.

Para os programas de melhoramento do milho, essa informação é muito importante, porque na maioria das vezes, as linhagens que se mostram suscetíveis, são descartadas após a primeira avaliação de resistência a uma determinada doença.

Relatos relacionados com linhagens suscetíveis que favorecem o aumento da resistência às doenças quando em combinação, para outras linhagens não foram encontrados na literatura. A maioria dos artigos relacionados à herança do caráter “resistência a doenças” têm como enfoque principal os efeitos genéticos que controlam o caráter. Trabalhos futuros devem focar não só os efeitos genéticos, mas, sobretudo, a contribuição efetiva de linhagens resistentes e suscetíveis para a resistência. Informações como estas podem ter grande contribuição para os programas de melhoramento do milho.

Esses resultados reforçam a teoria básica de qualquer programa de melhoramento do milho, de que “o potencial de uma linhagem está na sua capacidade de combinação” e não somente em suas características “*per se*” (ALLARD, 1971).

5 CONCLUSÕES

- A herança genética da resistência aos enfezamentos é predominantemente de alelos de efeito aditivo, embora efeitos de dominância também estejam presentes;
- No controle do caráter da resistência aos enfezamentos estão envolvidos poucos genes o que caracteriza herança qualitativa;
- Os efeitos da heterose devem ser considerados na escolha de combinações específicas que favoreçam o aumento da resistência aos enfezamentos;
- As linhagens L02 (PH1894), L03 (PH1977) e L05 (PH1173-1) podem ser utilizadas como fonte de resistência aos enfezamentos do milho;

APÊNDICE

Apêndice A

Linhagens utilizadas e dados meteorológicos dos ensaios de herança da resistência aos enfezamentos em milho.

Tabela 1A – Linhagens avaliadas para resistência aos enfezamentos e suas origens e principais características.

Linhagem	Código	Origem	Ciclo	Grão	Enfezamentos ¹
PH970	L01	Sin - 18-021	Normal	duro alaranjado	Resistente
PH1894	L02	Sin - 02-017	Normal	duro alaranjado	Resistente
PH1977	L03	Sin - 04-044	Normal	duro alaranjado	Resistente
CR800486A	L04	-	Normal	duro alaranjado	Resistente
PH1173-1	L05	Sin - 06-001	Normal	duro alaranjado	Suscetível
PH2038	L06	Sin - 12-056	Normal	duro alaranjado	Suscetível
PH2572	L07	CMS 14C-012	Normal	duro alaranjado	Altamente suscetível
PH2650	L08	CMS 07-088	Normal	duro alaranjado	Suscetível
PH1048	L09	Sin - 60-056	Normal	duro alaranjado	Moderadamente suscetível
PH1580	L10	Sin - 57-095	Normal	duro alaranjado	Moderadamente suscetível
PH1903	L11	Sin - 02-020	Normal	duro alaranjado	Moderadamente suscetível
PH2554	L12	CMS 05-022	Normal	duro alaranjado	Moderadamente suscetível

¹ – Conforme Silveira et al., (2006).

Tabela 2A – Médias dos dados meteorológicos observados entre a semeadura e a avaliação dos ensaios de capacidade de combinação de linhagens endogâmicas e estudo de herança dos enfezamentos do milho, conduzidos no ano agrícola de 2007, em Jaboticabal - SP e Guaíra – SP.

Local	Temperatura °C			Umidade Relativa (%)	Dias de Chuva	Precipitação (mm)
	Mín	Méd	Máx			
Jaboticabal 01/03 à 22/05	17,9	23,45	30,28	67,5	15	214,4
Guaíra 10/01 à 03/04	18	27,42	35	-	30	697

Apêndice B

Tabelas referentes ao ensaio para capacidade de combinação de doze linhagens endogâmicas de milho para resistência aos enfezamentos, instalado na localidade de Jaboticabal – SP.

Tabela 1B – Valores observados de incidência de enfezamentos nas parcelas do Grupo 1 (Parental resistente L01 e seus cruzamentos), Grupo 2 (Parental resistente L02 e seus cruzamentos), Grupo 3 (Parental resistente L03 e seus cruzamentos) e Grupo 4 (Parental resistente L04 e seus cruzamentos), para o dialélico parcial (Pais e F1s) avaliado em Jaboticabal – SP, na safrinha do ano agrícola 2006/2007.

Grupo 1				Grupo 2				Grupo 3				Grupo 4			
Genótipo	Incidência (%)	Genótipo	Incidência (%)	Genótipo	Incidência (%)	Genótipo	Incidência (%)	Genótipo	Incidência (%)	Genótipo	Incidência (%)	Genótipo	Incidência (%)	Genótipo	Incidência (%)
L01	19,05	28,00	22,73	L02	9,09	8,33	0,00	L03	0,00	8,33	0,00	L04	26,09	42,86	26,09
L01xL05	34,78	38,46	7,69	L02xL05	23,08	18,52	12,50	L03xL05	24,00	16,67	32,00	L04xL05	23,81	8,00	12,00
L01xL06	65,38	48,00	57,14	L02xL06	72,00	76,00	72,00	L03xL06	73,68	47,06	66,67	L04xL06	90,48	80,00	95,83
L01xL07	34,62	40,00	46,15	L02xL07	24,00	29,17	36,00	L03xL07	12,00	48,00	20,83	L04xL07	80,00	48,00	48,00
L01xL08	11,54	26,92	7,41	L02xL08	25,00	25,00	56,00	L03xL08	40,00	19,23	40,91	L04xL08	48,00	39,13	30,43
L01xL09	37,50	21,43	48,00	L02xL09	32,00	10,71	40,00	L03xL09	43,48	26,09	28,00	L04xL09	72,00	48,00	75,00
L01xL10	69,57	43,48	45,45	L02xL10	37,50	29,41	25,00	L03xL10	62,50	41,67	84,21	L04xL10	47,62	50,00	71,43
L01xL11	73,68	77,27	61,90	L02xL11	60,00	60,00	50,00	L03xL11	70,83	54,17	100,00	L04xL11	44,44	76,00	73,91
L01xL12	100,00	72,00	88,46	L02xL12	44,00	52,17	64,00	L03xL12	42,86	72,73	66,67	L04xL12	36,00	70,83	56,00

Tabela 2B - Valores observados de Incidência de enfezamentos (%) nas gerações do Parental resistente (PR), Parental suscetível (PS) e seus cruzamentos (F1) do dialélico parcial (Pais e F1s) avaliado em Jaboticabal – SP, na safrinha do ano agrícola 2006/2007.

Gerações		Valores de incidência (%)											
PR		19,05	28,00	22,73	0,00	8,33	0,00	9,09	8,33	0,00	26,09	42,86	26,09
PS		50,00	50,00	19,23	66,67	80,00	100,00	42,11	50,00	52,94	92,86	66,67	88,24
		79,17	64,29	95,83	75,00	44,44	72,73	45,45	47,37	55,00	95,24	73,91	100,00
F1		34,78	38,46	7,69	34,62	40,00	46,15	37,50	21,43	48,00	24,00	29,17	36,00
		65,38	48,00	57,14	11,54	26,92	7,41	69,57	43,48	45,45	25,00	25,00	56,00
		73,68	77,27	61,90	32,00	10,71	40,00	40,00	19,23	40,91	90,48	80,00	95,83
		100,00	72,00	88,46	37,50	29,41	25,00	43,48	26,09	28,00	80,00	48,00	48,00
		23,08	18,52	12,50	60,00	60,00	50,00	62,50	41,67	84,21	48,00	39,13	30,43
		72,00	76,00	72,00	44,00	52,17	64,00	70,83	54,17	100,00	72,00	48,00	75,00
		73,68	47,06	66,67	24,00	16,67	32,00	42,86	72,73	66,67	47,62	50,00	71,43
		12,00	48,00	20,83	23,81	8,00	12,00	44,44	76,00	73,91	36,00	70,83	56,00

Tabela 3B - Incidência média ($\bar{x}$) de enfezamentos e desvios em relação à média (s) nas gerações do parental resistente (PR) em relação às médias dos parentais suscetíveis (PS) e de seus respectivos cruzamentos (F1) nos grupos 1, 2, 3 e 4 respectivamente, para o dialélico parcial (Pais e F1s) avaliado em Jaboticabal, na safrinha do ano agrícola 2006/2007.

Grupo 1			Grupo 2			Grupo 3			Grupo 4		
Gerações	$\bar{x}$	s	Gerações	$\bar{x}$	s	Gerações	$\bar{x}$	s	Gerações	$\bar{x}$	s
PR1	23,26	4,5	PR2	5,81	5,04	PR3	2,78	4,81	PR4	31,68	9,68
PS	66,96	21,73	PS	66,96	21,73	PS	66,96	21,73	PS	66,96	21,73
F1s	48,2	24,56	F1s	40,59	19,61	F1s	47,26	23,31	F1s	55,21	23,61

Tabela 4B - Incidência média de enfezamentos ($\bar{x}$) e desvios em relação a média (s) para o dialélico parcial (Pais e F1s) avaliado em Jaboticabal – SP, na safrinha do ano agrícola 2006/2007.

Jaboticabal		
Gerações	$\bar{x}$	s
PR	15,88	13,67
PS	66,96	21,73
F1s	47,81	23,08

Apêndice C

Tabelas e figuras referentes ao ensaio de capacidade de combinação de doze linhagens endogâmicas de milho para resistência aos enfezamentos, instalado na localidade de Guaíra – SP.

Tabela 1C – Médias das reações de 12 linhagens endogâmicas de milho (negrito) e 32 cruzamentos, em relação à incidência dos enfezamentos (%) obtidas em Guaíra – SP na safrinha do ano agrícola 2006/2007.

Linhagens		L05	L06	L07	L08	L09	L10	L11	L12
		34,38	38,89	100,00	37,83	26,31	44,64	72,28	60,70
L01	48,56	36,88	35,02	25,36	14,91	17,20	45,70	63,02	32,03
L02	63,89	25,11	39,05	22,70	70,83	26,72	65,81	50,10	57,46
L03	68,25	47,24	28,71	19,49	52,56	13,94	47,63	54,65	35,09
L04	29,17	14,76	49,78	12,67	48,05	23,69	25,68	71,58	29,75

Tabela 2C – Análise de variância para incidência dos enfezamentos (%) de 12 linhagens endogâmicas e 32 cruzamentos avaliados para o dialelo parcial avaliado em Guaíra – SP na safrinha do ano agrícola 2006/2007.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio ^(a)
Genótipos	43	0,0693**
Grupos	1	0,0036 ^{ns}
CGC Grupo 1	3	0,0627 ^{ns}
CGC Grupo 2	7	0,1958**
CEC 1x2	32	0,0443**
Resíduo	86	0,0205
CV (%)		23,28

(a) = dados de porcentagem transformados para $\sqrt{\frac{x}{100}}$

ns, ** - não significativo e significativo a $P \leq 0,01$, respectivamente pelo teste F.

Tabela 3C – Análise de variância conjunta para incidência dos enfezamentos (%) em 32 cruzamentos avaliados para o dialelo parcial nos ambientes de Jaboticabal – SP e Guaíra – SP na safrinha do ano agrícola 2006/2007.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio ^(a)
Genótipos (G)	31	0,0922**
CGC Grupo 1	3	0,0048 ^{ns}
CGC Grupo 2	7	0,2768 ^{ns}
CEC 1x2	21	0,0431 ^{ns}
Ambiente (E)	1	0,2986**
Interação GxE	31	0,0430**
CGC Grupo 1 x E	3	0,0819**
CGC Grupo 2 x E	7	0,1019**
CEC x E	21	0,0178 ^{ns}
Resíduo	124	0.0179
CV (%)		21.07

(a) - dados de porcentagem transformados para $\sqrt{\frac{x}{100}}$

ns, ** - não significativo e significativo a $P \leq 0,01$ pelo teste F.

Tabela 4C – Estimativas da capacidade geral de combinação das 4 linhagens resistentes (G_i) e 8 linhagens suscetíveis (G_j), avaliadas para incidência dos enfezamentos (%) em Guaíra – SP, na safrinha do ano agrícola 2006/2007.

Linhagens	G_i
L01	-0.0249
L02	0.0503
L03	0.0169
L04	-0.0423
Linhagens	G_j
L05	-0.0641
L06	-0.0178
L07	-0.0934
L08	0.1093
L09	-0.1193
L10	0.0310
L11	0.1269
L12	0.0274

Tabela 5C – Estimativas da capacidade específica de combinação (S_{ij}) obtidas dos cruzamentos entre as linhagens dos Grupos 1 e 2, avaliadas para incidência dos enfezamentos (%) em Guaíra – SP na safrinha do ano agrícola 2006/2007.

Grupo 1	Grupo 2							
	L05	L06	L07	L08	L09	L10	L11	L12
L01	0.0707	0.0094	-0.0030	-0.3236	-0.0662	0.0446	0.0667	-0.0618
L02	-0.1105	-0.0328	-0.1062	0.0572	-0.0394	0.1044	-0.0945	0.0550
L03	0.1089	-0.0884	-0.1078	-0.0264	-0.1500	0.0168	-0.0301	-0.0776
L04	-0.1349	0.1398	-0.1336	0.0008	0.0232	-0.1070	0.1361	-0.0934

Grupo 1			Grupo 2			Grupo 3			Grupo 4						
Genótipo	Incidência (%)		Genótipo	Incidência (%)		Genótipo	Incidência (%)		Genótipo	Incidência (%)					
L01	44,44	47,06	54,17	L02	63,89	66,67	61,11	L03	68,25	73,33	63,16	L04	29,17	25,00	33,33
L01xL05	38,10	66,67	5,88	L02xL05	12,00	33,33	30,00	L03xL05	23,53	18,18	100,00	L04xL05	23,81	7,14	13,33
L01xL06	41,18	22,22	41,67	L02xL06	23,81	60,00	33,33	L03xL06	31,58	31,82	22,73	L04xL06	50,00	40,91	58,33
L01xL07	29,41	33,33	13,33	L02xL07	33,33	4,76	30,00	L03xL07	3,70	16,67	38,10	L04xL07	12,00	10,00	16,00
L01xL08	14,29	17,39	13,04	L02xL08	50,00	100,00	62,50	L03xL08	45,45	72,22	40,00	L04xL08	40,00	47,62	56,52
L01xL09	8,33	27,27	16,00	L02xL09	13,04	25,00	42,11	L03xL09	22,73	10,00	9,09	L04xL09	29,41	25,00	16,67
L01xL10	30,43	66,67	40,00	L02xL10	44,44	68,00	85,00	L03xL10	63,16	35,29	44,44	L04xL10	23,08	30,43	23,53
L01xL11	50,00	53,33	85,71	L02xL11	63,64	0,00	86,67	L03xL11	57,89	72,73	33,33	L04xL11	63,16	71,58	80,00
L01xL12	40,00	26,09	30,00	L02xL12	44,00	65,22	63,16	L03xL12	45,00	33,33	26,92	L04xL12	20,00	33,33	26,92

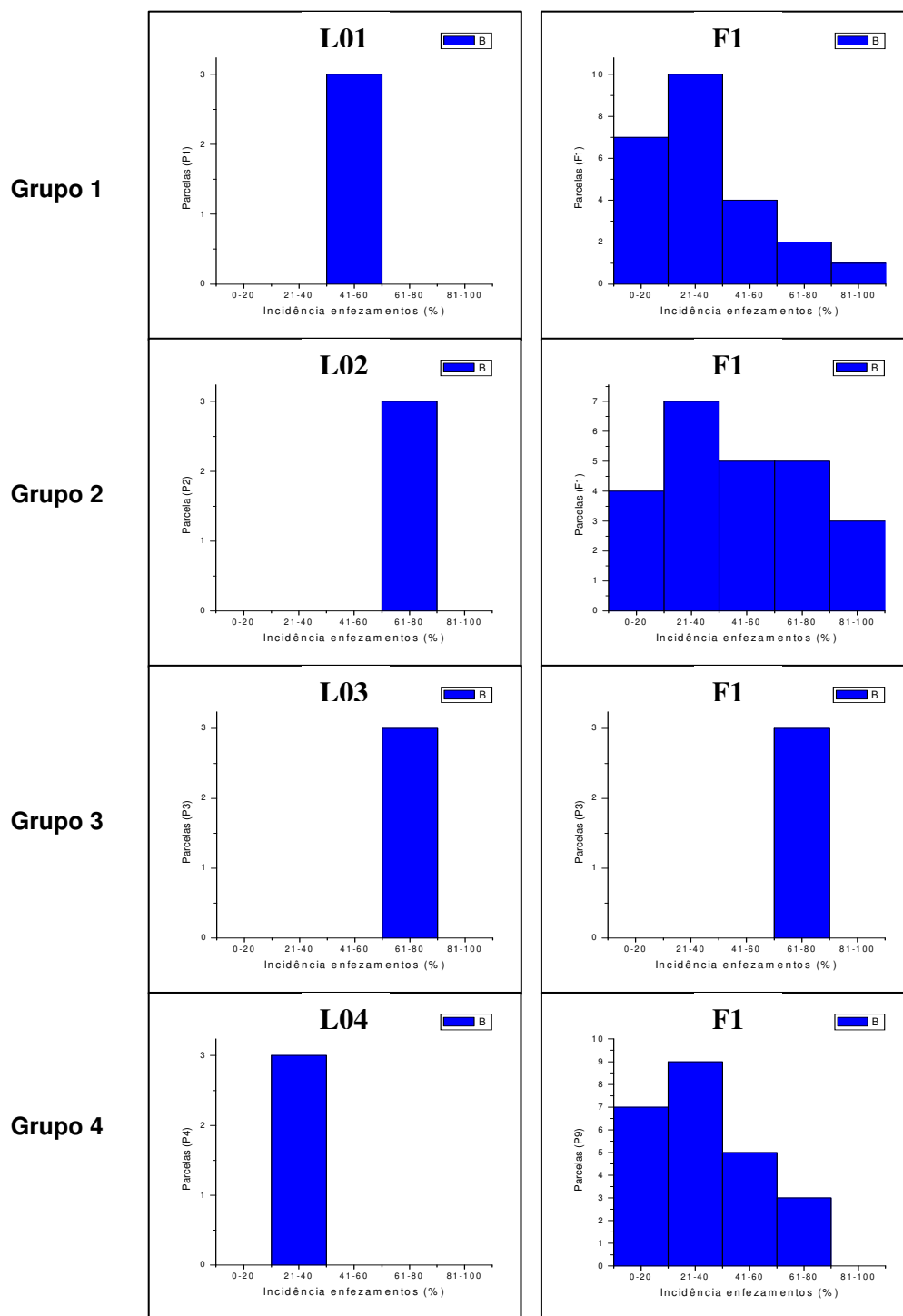


Figura 1C – Distribuição de frequência dos valores observados de Incidência de enfezamentos(%) nas parcelas do Grupo 1 (PR-L01 e F1s), Grupo 2 (PR-L02 e F1s), Grupo 3 (PR-L03 e F1s) e Grupo 4 (PR-L04 e F1s) para o dialélico parcial (Pais e F1s) avaliado em Guairal – SP, na safrinha do ano agrícola 2006/2007.

Tabela 7C - Valores observados de Incidência de enfezamentos (%) nas gerações do Parental resistente (PR), Parental suscetível (PS) e seus cruzamentos (F1) do dialélico parcial (Pais e F1s) avaliado em Guairá - SP, na safrinha do ano agrícola 2006/2007.

Gerações		Valores de incidência (%)											
PR	29,17	25,00	33,33	44,44	47,06	54,17	63,89	66,67	61,11	68,25	73,33	63,16	
	25,00	15,00	23,53	50,00	33,33	33,33	66,67	43,75	35,71	86,67	61,54	72,28	
PS	36,36	19,05	31,82	62,50	35,71	34,38	68,18	57,89	52,38	100,00	100,00	100,00	
	3,70	0,00	5,88	20,00	17,39	16,00	29,41	27,27	30,00	40,00	33,33	40,00	
F1	8,33	4,76	9,09	22,73	18,18	16,67	29,41	30,43	30,00	40,00	35,29	40,00	
	12,00	7,14	13,04	23,08	22,22	22,73	30,43	31,82	30,00	41,18	40,91	41,67	
	12,00	10,00	13,33	23,53	25,00	23,53	31,58	33,33	33,33	44,00	47,62	42,11	
	13,04	10,00	13,33	23,81	25,00	26,92	33,33	33,33	33,33	44,44	53,33	44,44	
	14,29	16,67	16,00	23,81	26,09	26,92	38,10	33,33	38,10	45,00	60,00	56,52	
	45,45	65,22	58,33	50,00	66,67	63,16	57,89	71,58	85,00	63,16	72,73	86,67	
	50,00	66,67	62,50	50,00	68,00	80,00	63,16	72,22	85,71	63,64	100,00	100,00	

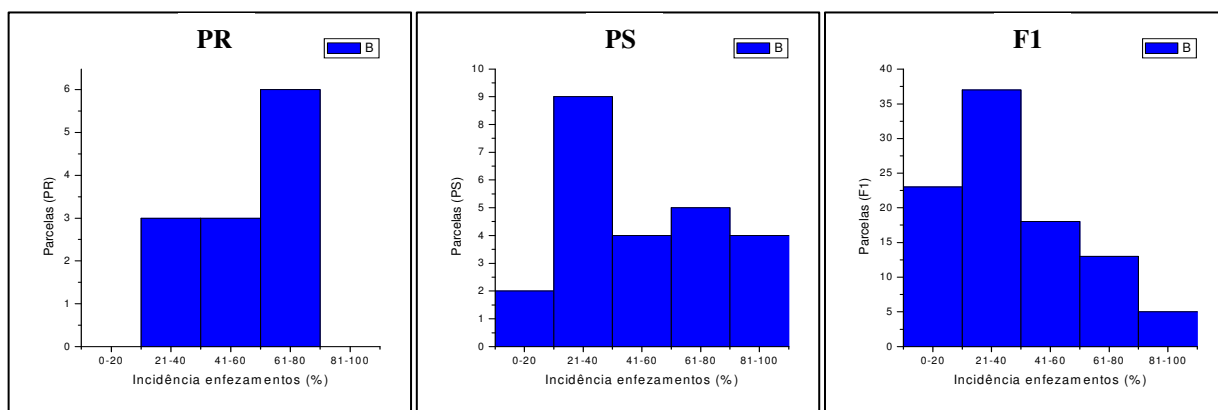


Figura 2C – Distribuição de frequência dos valores observados de Incidência de enfezamentos nas gerações do dialélico parcial (Pais e F1s) avaliado em Guaíra – SP, na safrinha do ano agrícola 2006/2007.

Tabela 8C - Incidência média ($\bar{x}$) de enfezamentos e desvios em relação à média (s) nas gerações do parental resistente (PR) em relação às médias dos parentais suscetíveis (PS) e de seus respectivos cruzamentos (F1) nos grupos 1, 2, 3 e 4, para o dialélico parcial (Pais e F1s) avaliado em Guaíra, na safrinha do ano agrícola 2006/2007.

Grupo 1			Grupo 2			Grupo 3			Grupo 4		
Gerações	$\bar{x}$	s	Gerações	$\bar{x}$	s	Gerações	$\bar{x}$	s	Gerações	$\bar{x}$	s
PR1	23,26	4,5	PR2	5,81	5,04	PR3	2,78	4,81	PR4	31,68	9,68
PS	66,96	21,73	PS	66,96	21,73	PS	66,96	21,73	PS	66,96	21,73
F1	48,2	24,56	F1	40,59	19,61	F1	47,26	23,31	F1	55,21	23,61

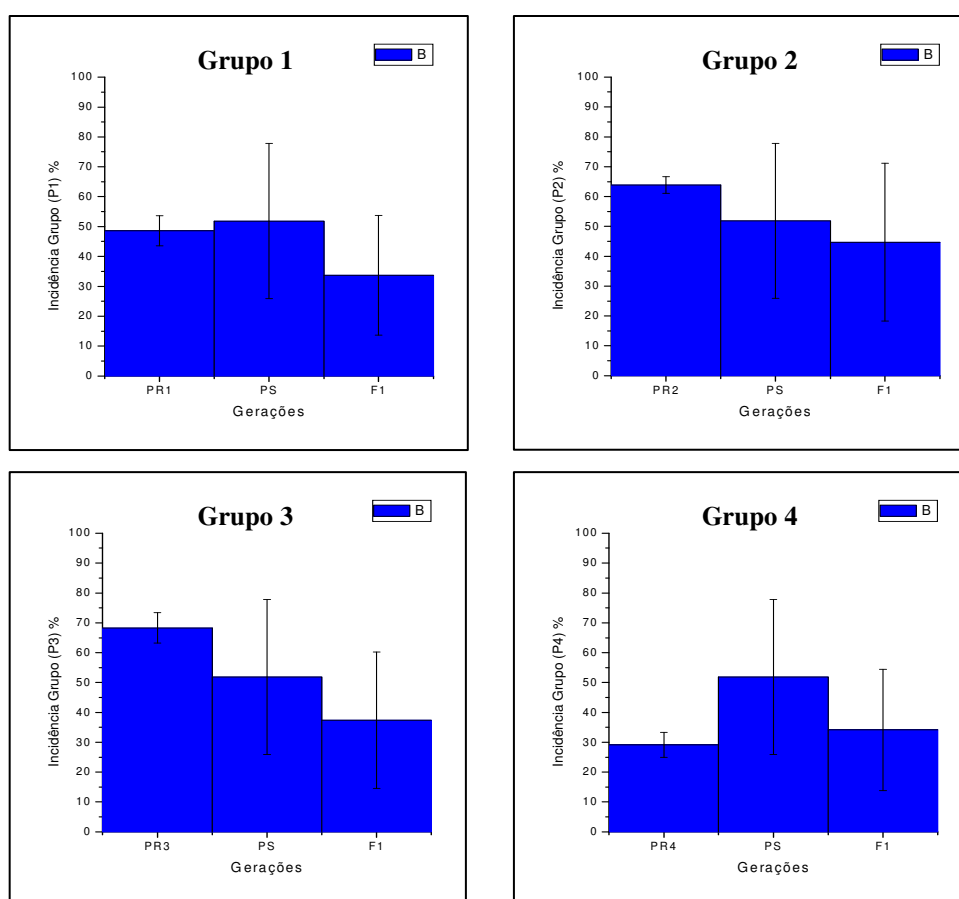


Figura 3C – Médias e desvios padrão para a Incidência de enfezamentos (%) nos grupos 1, 2, 3 e 4 respectivamente, do dialélico parcial (Pais e F1s) avaliado em Guaíra – SP, na safrinha do ano agrícola 2006/2007.

Tabela 9C - Incidência média de enfezamentos($\bar{x}$) e desvios em relação a média (s) para o dialélico parcial (Pais e F1s) avaliado em Guaíra – SP, na safrinha do ano agrícola 2006/2007.

Guaíra		
Gerações	$\bar{x}$	s
PR	52,47	16,42
PS	51,88	25,95
F1s	37,50	22,62

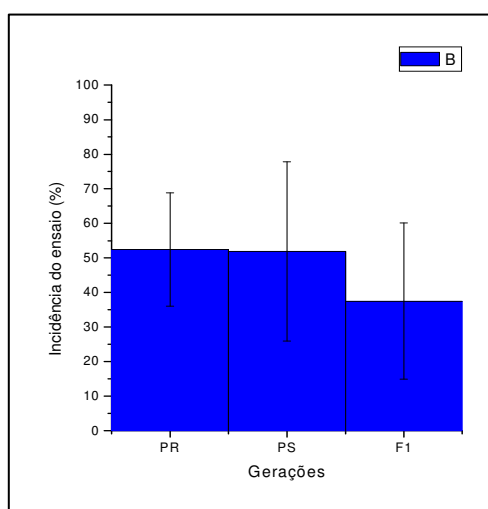


Figura 4C – Médias e desvios padrão para a Incidência de enfezamentos (%) no dialélico parcial (Pais e F1s) avaliado Guaíra - SP, na safrinha do ano agrícola 2006/2007.

REFERÊNCIAS

ALLARD, R. W. **Princípios de melhoramento genético de plantas**. São Paulo: Edgard Blucher, 1971. 381 p.

ALTSTATT, G.E. A new corn disease in the Rio Grande Valley. **Plant Disease Reporter**, v. 29, p. 533-554, 1945.

ANAYA GARCIA, M.A. Determinacion del período mínimo y ótimo de inoculation necessária para que el vector *Dalbulus maidis* transmite el patógeno calante dell achaparramiento del maíz. **Siades**, v.4, p. 9-14, 1975.

BADU-APAKRU, B.; GRACEN V.E.; BERGSTROM G.C. Inheritance of resistance to anthracnose stalk rot and leaf blight in maize inbred derived from a temperate by tropical germplasm combination. **Maydica**, v.32, n.3, p.221-237, 1987.

BALMER, E.; PEREIRA, O.A.P. Doenças do milho. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.P. **Melhoramento e produção do milho**. 2. ed. Campinas, Fundação Cargil, 1987. v.2, p.595-634.

BASSO, M.C. **Síntese de compostos de milho (*Zea mays* L .) com resistência ao “complexo de enfezamento”**. Piracicaba, 1999. 122f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1999.

BEDENDO, I.P., DAVIS, R.E.; DALLY, E.L. Molecular evidence for the presence of maize bushy stunt phytoplasma in corn in Brazil. **Plant Disease**, v.81, p.957, 1997.

BHIRUD, K.M.; PITRE, H.N. Bioactivity of systemic insecticides in corn: relationships to leafhopper vector control and corn stunt disease incidence. **Journal of Economic Entomology**, v.65, p.1134-1140, 1972.

BRADFUTE, O.E.; TSAI, J.H.; GORDON, D.T. Spiroplasma and viruses association with maize epidemic in southern Florida. **Plant Disease**, v. 65, p. 837-841, 1981.

BUSHING, R.W.; BURTON, V.E. Leafhopper damage to silage corn in California. **Journal of Economic Entomology**, v. 67, p. 656-658, 1974.

CARSON, M.L.; HOOKER, A.L. Inheritance of resistance to anthracnose leaf blight in five inbred lines of corn. **Phytopathology**, v.71, n.5, p.488-491, 1981a.

CARSON, M.L.; HOOKER, A.L. Inheritance of resistance to anthracnose stalk rot of corn caused by *Colletotrichum graminicola*. **Phytopathology**, v.71, n.11, p. 1190-1196, 1981b.

CARSON, M.L.; STUBER, C.W.; SENIOR, M.L. Identification of quantitative trait loci (QTLs) for resistance to two foliar diseases in a mapping population of recombinant inbred (RI) lines of maize. **Phytopathology**, v.86, p.59. 1996.

CHEN, T.A.; GRANADOS, R.R. Plant pathogenic mycoplasma-like organism: maintenance in vitro and transmission to *Zea mays* L. **Science**, v.167, p.1633-1636, 1970.

CHEN, T.A.; LIAO, C.H. Corn stunt spiroplasma: isolation, cultivation, and proof of pathogenicity. **Science**, v. 188, p.1015-1017, 1975.

COSTA, A.S.; KITAJIMA, E.W.; ARRUDA, S.C. Moléstia de vírus e de micoplasma do milho em São Paulo. **Revista da Sociedade Brasileira de Fitopatologia**, v. 4, p. 39-41, 1971.

CROSSA, J. VASAL, S.K.; BECK, D.L. Combining ability estimates of CIMMYT tropical late yellow maize germplasm. **Maydica**, v. 35, p. 273-278, 1990.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1997, 390p.

CRUZ, C. D. **Programa Genes**: versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 2001. 648p.

DAVIS, R.E.; WORLEY, J.F.; WHITCOMB, R.F.; ISHIMA, T.; STEERE, R.L. Helicoidal filaments produced by a mycoplasma-like organism associated with corn stunt disease. **Science**, v.176, p. 521-523, 1972.

DAVIS, R.E.; WORLEY, J.F. Spiroplasma: motile, helical microorganism associated with corn stunt disease. **Phytopathology**, v. 63, p. 403-408, 1973.

DAS, S.N.; PRODHAN, H.S.; KAISER, S.A.K.M. Further studies on the inheritance of resistance to *Phaeosphaeria* leaf spot of maize. **Indian Journal Mycology Research**, v. 27, n. 2, p. 127-130, 1989a.

DAS, S.N.; SINHAMAHAPATRA, S.P.; BASAK, S.L. Inheritance of resistance to *Phaeosphaeria* leaf spot of maize. **Annual Agriculture Research**, v. 10, n. 2, p.182-184, 1989b.

FERNANDES, F.T.; BALMER, E. Situação das doenças de milho no Brasil. **Informe Agropecuário**, v. 14, n. 165, p. 35-37, 1990.

FUTRELL, M.C. *Puccinia polysora* epidemics on mayze associated with cropping practice and genetic homogeneity. **Phytopathology**, v. 65, p. 1040-1042, 1975.

GERALDI, I.O.; MIRANDA FILHO, J.B. Adapted models for the analysis of combining ability of varieties in partial diallel crosses. **Revista Brasileira de Genética**, v. 11, p. 419-430, 1988.

GORDON, D.T.; BRADFUTE, O.E.; GINGERY, R.E.; KNOKE, K.; LOUIE, R.; NAULT.L.R.; SCOTT, G.E. Introduction: history, geographical, distribution, pathogen characteristics, and economic importance. In: GORDON, D.T.; KNOKE, K.; SCOTT,G.E.

(Ed.). **Virus and virus like disease of maize in the United States**. Southern Cooperative, 1981. p. 1-12, (Séries Bulletin, v.247).

GRANADOS, R.R.; MARAMOROSCH, K.; SHIKATA, E. Mycoplasma suspected etiologic agent of corn stunt. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 60, p. 841-844, 1968.

GRANADOS, R.R. Electron microscopy of plants and insect vectors infected with the corn stunt disease agent. **Contributions from Boyce Thompson Institute**, v. 24, p. 173-187, 1969.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Science**, v. 9, p. 463-493, 1956.

GROGAN, C.O.; ROSENKRANZ, E.E. Genetics of host reaction to corn stunt virus. **Crop Science**, v. 8, p. 252-254, 1968.

HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative genetics in mayze breeding**. 2. ed. Ames: Iowa State University, 1988. 468p.

HAN, G.C.; VASAL, S.K.; BECK, D.L.; ELIAS, E. Combining ability of inbred lines derived from CIMMYT maize (*Zea mays* L.) germplasm. **Maydica**, v. 36, p. 57-64, 1991.

HUGHES, G.R.; HOOKER, A.L. Gene action conditioning resistance to northern leaf blight in maize. **Crop Science**, v. 11, p. 180-184, 1971.

HRUSKA, A.J.; GLADSTONE, S.M.; OBANDO, R. Epidemic roller coaster: maize stunt disease in Nicaragua. **American Entomologist**, v. 42, p. 248-252, 1996.

HRUSKA, A.J.; PERALTA, M.G. Maize response to corn leafhopper (Homoptera: Cicadellidae) infestation and achaparramiento disease. **Journal of Economic Entomology**, v. 90, p. 604-610. 1997.

JUNQUEIRA, A.C.B. **Alterações bioquímicas em plantas de milho infectadas pelo fitoplasma do enfezamento vermelho**. Piracicaba, 2003. 75f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luíz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2003.

KIM, S.K. General resistance breeding for stresses in maize in tropics. In: JACOBS, T.H. & PARLEVLIET, J.E. **Durability of disease resistance**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1993, 329p.

KUNKEL, L.O. Studies on a new corn virus disease. Arch. **Gesamte Virus Forsch.** v. 4, p. 24-46, 1948.

LARSEN, K.J.; NAULT, L.R.; MOYA – RAYAGOSA, G. Overwintering biology of *Dalbulus leafhoppers* (Homoptera: Cicadellidae): adult population and drought hardiness. **Environmental Entomology**, v. 21, p. 566-577, 1992.

LASTRA, R.; TRUJILLO, G.E. Enfermedades del maiz en Venezuela causadas por virus y micoplasmas. **Agronomia Tropical**, v. 26, p. 441-455, 1976.

LENARDON, S.L.; LAGUNA, I.G.; GORDON, D.T.; TRUOL, G.A.; GOMES, J.; BRADFUTE, O.E.; Identification of corn spiroplasma in maize from Argentina. **Plant Disease Reporter**, v. 39, p. 896-898, 1993.

LIM, S.M.; WHITE, D.G. Estimates of heterosis and combining ability for resistance to *Colletotrichum graminiculla*. **Phytopathology**, v. 68, n. 9, p.1336-1342, 1978.

LIMA, M.; DUDIENAS, C.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; DUARTE, A.P. Cruzamentos parciais entre linhagens de milho com ênfase na produtividade e doenças foliares. In: **Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, v. 22, p. 38, 1998.

LOPES, M.T.G.; BRUNELLI, K.R.; LOPES, R.; MATIELLO, R.R.; VIEIRA, M.L.C.; SILVA, H.P.; CAMARGO, L.E.A. Identificação de marcadores moleculares ligados a

genes de resistência à *Phaeosphaeria maydis* em milho. **Anais do 47º Congresso Nacional de Genética**. Águas de Lindóia. 2001.

LOPES, M. T. G.; LOPES, R.; BRUNELLI, K. R.; SILVA, H.P.; MATIELLO, R. R.; CAMARGO, L. E. A. Controle genético da resistência a mancha-de-*Phaeosphaeria* em milho. **Ciência Rural**, v. 37, n. 3, p. 605-611, 2007.

MARAMOROSCH, K. **Virology**, v. 6, 1958, 448p.

MARQUEZ SANCHEZ, F. The genetic improvement of resistance to the maize disease stunt and downy mildew in Nicaragua. **Revista Chapingo**, v. 7, n. 35/36, p. 26-27, 1982.

MARÍN, R. Biología y comportamiento de *Dalbulus maidis* (Homóptera: Cicadellidae). **Revista Peruana de Entomología**, v. 30, p.113-117, 1987.

MASSOLA JÚNIOR, N. S. Enfezamento vermelho e pálido: doenças em milho causadas por mollicutes. In: **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 22, n. 2, p. 237-243, 2001.

MIRANDA FILHO, J.B. Quantitative analysis of a cross between populations and their derived generations. **Revista Brasileira de Genética**, v. 14, n. 2, p. 547-561, 1991.

NAULT, L.R. Maize bushy stunt and corn stunt: a comparison of disease symptoms, pathogen host ranges, and vectors. **Phytopathology**, v. 70, n. 7, p. 659-662, 1980.

NAULT, L.R. Evolution of an insect pest: maize and the corn leafhopper, a case study. **Maydica**, v.35, p.165-175. 1990.

NAULT, L.R.; BRADFUTE, O.E. Corn stunt: involvement of a complex of leafhopper pathogens. In: MARAMOROSCH, K; HARRIS, K. (Ed.) **Leafhopper vectors and plant disease agents**. New York: Academic Press, p. 561-586, 1979.

NELSON, L.R.; SCOTT, G.E. Diallel analysis of resistance of corn (*Zea mays* L.) to corn stunt . **Crop Science**, v.13, p.162-164, 1973.

OLIVEIRA, C.M. **Variação morfológica entre populações de *Dalbulus maidis* (DeLong & Walcott, 1923)(Hemíptera: Cicadellidae) de algumas localidades do Brasil**. 1996. 69f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luíz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

OLIVEIRA, E.; WAQUIL, J.M.; FERNANDES, F.T.; PAIVA, E.; RESENDE, R.O.; KITAJIMA, E.W. Doenças de enfezamento na cultura do milho no Brasil Central – Safra 94/95. **Fitopatologia Brasileira**, v. 20, p. 287, 1995.

OLIVEIRA, E.; WAQUIL, J.M.; PINTO, N.F.A.J. Doenças causadas por patógenos transmitidos por insetos: complexo enfezamento/mosaico., In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO “SAFRINHA”, 4., Assis, 1997. **Anais**. Campinas: IAC, CDV, p. 87-94, 1997.

OLIVEIRA, E.; WAQUIL, J.M.; FERNANDES, F.T.; PAIVA, E.; RESENDE, R.O.; KITAJIMA, E.W. “Enfezamento pálido” e “enfezamento vermelho” na cultura do milho no Brasil Central. **Fitopatologia Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 45-47, 1998.

OLIVEIRA, E.; OLIVEIRA, A.C. Incidência da virose rayado fino e enfezamentos em milho em diferentes épocas de plantio. **Fitopatologia Brasileira**, v. 23, p. 330, 1998.

OLIVEIRA, E.; OLIVEIRA, C. M.; SOUZA, I. R. P.; MAGALHÃES, P. C.; CRUZ, I. Enfezamentos em milho: expressão de sintomas foliares, detecção dos mollicutes e interações com genótipos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 1, n. 1, p. 53-62, 2002.

PARLEVLIET, J.E. Disease resistance in plants and its consequences for plant breeding. In: PLANT BREEDING SYMPOSIUM, 2., Ames, 1979. **Plant breeding II**. Ames: The Iowa State University Press, cap. 9, p. 309-364, 1981.

PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. **Melhoramento e produção do milho**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 795p.

PEREIRA, O. A. P. Doenças do milho. In: KIMATI, H.; GALLI, F. (Ed.). **Manual de fitopatologia**: doenças das plantas cultivadas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. v. 2, p. 87-101.

RUSSELL, W.A.; HOOKER, A.L. Location of genes determining resistance to *Puccinia sorghi* Schw. In corn inbred lines. **Crop Science**, v. 2, p. 477-480, 1962.

SAS INSTITUTE. **SAS onlinedoc^R**: version 8. Cary, 1999.

SCHUELTER, A. R.; SOUZA, I. R. P.; TAVARES, F. F.; SANTOS, M. X.; OLIVEIRA, E.; GUIMARÃES, C. T. Controle genético da resistência do milho à mancha por *phaeosphaeria*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, n. 1, p. 80-86, 2003.

SCOTT, G.E.; ROSEKRANZ, E.E. Independent inheritance of corn stunt and maize dwarf mosaic in corn. **Crop Science**, v. 14, p.104-106, 1974a.

SCOTT, G.E.; ROSEKRANZ, E.E. Effectiveness of recurrent selection for corn stunt. **Crop Science**, v. 14, p. 758-760, 1974b.

SCOTT, G.E., ROSEKRANZ, E.E. & NELSON, L.R. Yield losses of corn due to corn stunt disease complex, **Agronomy Journal**, v. 69, p. 92-94, 1977.

SCOTT, G.E.; ZUMMO, N. Effect of genes with slow-rusting characteristics on southern corn rust in maize. **Plant Disease**, v. 73, n. 2, p. 114-116, 1989.

SHURTLEFF, M.C. **Compendium of corn diseases**. 2.ed. St. Paul, APS, 1986. 105p.

SILVA, H.P.; PEREIRA, O.A.P.; MIRANDA FILHO, J.B.; BALMER, E. Herança da resistência à antracnose foliar *Colletotrichum graminiculla* (Ces.) Wils. em milho. **Fitopatologia Brasileira**, v.11, n.3, p.617-626, 1986.

SILVA, H.P.; PEREIRA, O.A.P.; MACHADO, J.; MONELLI, V.L. Identificação e controle das doenças de milho. **Informativo Coopercitrus**, v. 6, n. 61, p. 18-24, 1991.

SILVA, H.P.; FANTIN, G. M.; RESENDE, I. C.; PINTO, N. F. J. A.; CARVALHO, R. Manejo integrado de doenças na cultura do milho safrinha. In: **VI SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA**, A cultura do milho safrinha. Londrina- PR: IAPAR, p. 113-144, 2001.

SILVA, R. G.; GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; SILVA, E. do C.; CORRÊA, L. A. Flutuação populacional de *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott, 1923) (Hemiptera: Cicadellidae) e avaliação de sintomas do complexo enfezamento em híbridos de milho. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 2, p. 292-300, 2002.

SILVA, R.G.; GALVÃO, J.C.C.; MIRANDA, G.V.; OLIVEIRA, E. Controle genético da resistência aos enfezamentos do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 8, p. 921-928, 2003.

SILVA, H.P; MORO, J.R. Análise dialéctica da resistência a *Phaeosphaeria maydis* em milho. **Scientia Agrícola**, v. 61, n. 1, p. 36-42, 2004.

SILVEIRA, F.T.; JUNQUEIRA, B.G.; SILVA, P.C.; MORO, J.R. Comportamento de linhagens elites de milho para resistência aos enfezamentos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 3, p. 431-442, 2006.

TOFFANELLI, C.M.; BEDENDO, I.P. Efeito da inoculação do fitoplasma do enfezamento sobre o desenvolvimento e produção de híbridos de milho. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, n. 4, p. 756-760, 2001.

VAN DER PLANK, J.E. **Disease resistance in plants**. Orlando: Academic Press, 1984. 194p.

VANDERMEER, J.; POWER, A. An epidemiological model of the corn stunt system in Central America. **Ecological Modelling**, v. 52, p. 235-248, 1990.

VASAL, S.K.; SRINIVASAN, G.; HAN, G.C.; GONZALES, C.F. Heterotic patterns of eighty-eight white subtropical CIMMYT maize lines. **Maydica**, v. 37, p. 319-327, 1992.

VON PINHO, R.G. Metodologias de avaliação, quantificação de danos e controle genético da resistência do milho à *Puccinia polysora* e *Physopella zeae*. Lavras, 1998, 140f. Tese (Doutorado em Genética) Universidade Federal de Lavras. Lavras, 1998.

WAQUIL, J.M. Levantamento e dano da cigarrinha-do-milho *Dalbulus maidis* (DeLong & Walcott) (Homóptera: Cicadelidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 17., 1988, Piracicaba, **Resumos**. Sete Lagoas, EMBRAPA/CNPMS, 1988. p. 63.

WAQUIL, J.M.; OLIVEIRA, E.; PINTO, N.F.J.A.; FERNANDES, F.T.; CORREIA, L.A. Virose em milho – Incidências e efeitos na produção. **Fitopatologia Brasileira**, v. 20, n. 3, p. 292-293, 1995.

WAQUIL, J.M. Amostragem e abundância de cigarrinhas e danos de *Dalbulus maidis* (DeLong e Wolcott) (Homoptera: Cicadellidae) em plântulas de milho. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, v. 26, n. 1, p. 27-33, 1997.

WAQUIL, J.M.; OLIVEIRA, E.; PINTO, N.F.J.A. Incidência de cigarrinha, enfezamento e viroses em milho. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO “SAFRINHA”, 4., 1997. **Anais**. Assis: IAC/CDV, 1997. p.101-105.

WHITCOMB, R.F.; CHEN, T.A.; WILLIAMSON, D.L.; LIAO, C.; TULLY, J.G.; BOVE, M.; MOUCHES, C.; ROSE, D.L.; COAN, M.E.; CLARK, T.B. *Spiroplasma kunkelii* sp. nov.: characterization of the etiological agent of corn stunt disease. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v. 36, p. 170-178, 1986.

WILLIAMSON, D.L. & WHITCOMB, R.F. Plant mycoplasmas: a cultivable spiroplasma causes corn stunt disease. **Science**, v. 188, p. 1018-1020, 1975.