

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

LEONARDO QUEIROZ SILVA

**CARACTERIZAÇÃO DE GERAÇÕES F₂ DE HÍBRIDOS SIMPLES DE MILHO
PARA INCIDÊNCIA DO COMPLEXO DE ENFEZAMENTO E RENDIMENTO DE
GRÃOS**

Ilha Solteira
2020

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LEONARDO QUEIROZ SILVA

CARACTERIZAÇÃO DE GERAÇÕES F₂ DE HÍBRIDOS SIMPLES DE MILHO PARA INCIDÊNCIA DO COMPLEXO DE ENFEZAMENTO E RENDIMENTO DE GRÃOS

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em agronomia. Especialidade sistema de produção.

Prof. Dr. Bruno Ettore Pavan
Orientador

Prof. Dr. João Antonio da Costa Andrade
Co-orientador

Ilha Solteira
2020

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S586c Silva, Leonardo Queiroz.
Caracterização de gerações F₂ de híbridos simples de milho para incidência do complexo de enfezamento e rendimento de grãos / Leonardo Queiroz Silva.
-- Ilha Solteira: [s.n.], 2020
47 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidades: Sistemas de Produção, 2020

Orientador: Bruno Ettore Pavan

Coorientador: João Antonio da Costa Andrade

Inclui bibliografia

1. Capacidade de combinação. 2. Dialelo. 3. Espiroplasma. 4. Fitoplasma. 5. Heterose. 6. *Zea mays*.


Raiane da Silva Santos

Supervisora Técnica de Seção
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao Usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CRB/8 - 9999

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Caracterização de gerações F₂ de híbridos simples de milho para incidência do complexo de enfezamento e rendimento de grãos

AUTOR: LEONARDO QUEIRÓZ SILVA

ORIENTADOR: BRUNO ETTORE PAVAN

COORIENTADOR: JOÃO ANTONIO DA COSTA ANDRADE

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA, área:
Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. JOÃO ANTONIO DA COSTA ANDRADE
Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof. Dr. MÁRIO LUIZ TEIXEIRA DE MORAES
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Profa. Dra. SANDRA HELENA UNEDA TREVISOLI
Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP Jaboticabal

Ilha Solteira, 20 de agosto de 2020.

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação a minha família, meu Pai Francisco, minha Mãe Giselia e minha irmã Letícia. Sem vocês nada disso seria possível.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me guiar e dar forças para chegar até aqui.

A toda minha família, meu pai, mãe e irmã os quais sempre estiveram ao meu lado em todos os momentos de alegria e principalmente nos de dificuldade, minha eterna gratidão.

Ao meu orientador João Antonio da Costa Andrade por todos os anos de ensinamentos e orientação, por toda a paciência e disposição em ajudar e acima de tudo ensinar, serei eternamente grato.

A todos os professores que a todo momento se esforçaram ao máximo para que todos saíssemos daqui com o maior conhecimento possível, sempre se disponibilizando a qualquer hora a nos ajudar e ensinar, independentemente de qualquer obstáculo.

A todas as amizades feitas nesse período de mestrado, principalmente aos alunos do curso de pós-graduação em Agronomia, em especial ao grupo de genética e melhoramento vegetal. Com vocês essa jornada se tornou mais fácil e prazerosa. Serão sempre lembrados com muito carinho.

Aos funcionários da FEPE (Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão) da UNESP por toda ajuda prestada por esse longo período.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para que esse caminho fosse traçado, um muito obrigado a todos vocês!!!

RESUMO

Atualmente as perdas pela severidade do complexo de enfezamento em milho podem atingir 100%, necessitando de estudos para diagnóstico, identificação e controle dessas enfermidades. A proposta deste trabalho foi verificar a severidade do complexo de enfezamento em gerações F₂ de híbridos simples comerciais e suas combinações, objetivando identificar cruzamentos potenciais para obtenção de linhagens superiores e formação de híbridos mais tolerantes e produtivos. Foram avaliados 12 parentais F₂, 66 cruzamentos (dialelo completo) e três testemunhas, em delineamento látice quádruplo 9x9, em primeira e segunda safra. As avaliações de severidade foram realizadas 30 dias após o florescimento feminino, por uma escala de notas: 6 (plantas sem sintomas), 5 (plantas com menos de 25% de sintomas), 4 (plantas com 25-50% de sintomas), 3 (plantas com 50-75% de sintomas), 2 (plantas com mais de 75% de sintomas) e 1 (plantas mortas). A análise dialélica foi realizada pelo modelo IV proposto por Griffing. O cruzamento (IVF5xIVD8) x 60XB14 é o mais indicado para tolerância ao enfezamento e rendimento de grãos em ambas as safras. Apenas para rendimento de grãos (8Fx9D) x AG8088 e 60XB14 x XB6010 são os mais indicados para ambas as safras e os parentais DKB390, (IVF5xIVD8), 60XB14 e AG8088 poderão ser utilizados para formação de composto mais tolerante ao complexo de enfezamento.

Palavras-chave: Capacidade de combinação. Dialelo. Espiroplasma. Fitoplasma. Heterose. *Zea mays*.

ABSTRACT

Currently, losses for severity of Bushy Stunt and Corn Stunt complex can reach 100%, needing studies to diagnosis, identify and control their diseases. Thus, the proposal of this work is verify the severity of Bushy Stunt and Corn Stunt complex between F₂ generations of commercial hybrids single-cross maize and their crossing, aiming to identify crossing with potential for withdrawal of inbred lines and obtaining of hybrid more tolerant and productive. Were evaluated 12 parental F₂, their 66 crossings (complete diallel) and tree checks, in quadruple lattice 9x9 design, in first and second crop season. The assessments to severity were realized 30 days after female blossoming according the following notes scale: 6 (plants without symptoms), 5 (plants with less in 25% of symptoms), 4 (plants with 25-50% of symptoms), 3 (plants with 50-75% of symptoms), 2 (plants with more than 75% of symptoms) and 1 (dead plants). The diallelic analysis was performed by Griffing diallel analysis model. The crossing (IVF5xIVD8) x 60XB14 is the most indicated for tolerance for severity of Bushy stunt and corn stunt complex and grain yield and both crop season and can be indicated for withdrawal of inbred lines for obtaining superior hybrids. Only for grain yield, (8Fx9D) x AG8088 and 60XB14 x XB6010 would be the most indicated and both harvests and the parental DKB390, (IVF5xIVD8), 60XB14 e AG8088 may be used for tolerance composite to Bushy Stunt and Corn Stunt complex.

Keywords: Combining ability. Diallel. Spiroplasma. Phytoplasma. Heterosis. *Zea mays*.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Valores de área semeada, produção e rendimentos alcançados nas cidades localizadas no bolsão sul-mato-grossense e suas proximidades.....	11
Tabela 2	- Descrição dos híbridos simples comerciais utilizados no presente trabalho.....	23
Tabela 3	- Quadrados médios das análises de variância para os caracteres enfezamento (nota) e rendimento de grãos ($t\ ha^{-1}$), médias dos parentais, médias dos cruzamentos, médias das testemunhas e coeficiente de variação (CV) para a primeira safra, segunda safra e análise conjunta.....	27
Tabela 4	- Quadrados médios da análise dialélica para os caracteres enfezamento (nota) e rendimento de grãos ($t\ ha^{-1}$) para primeira e segunda safras e análise conjunta.....	30
Tabela 5	- Capacidade geral de combinação dos doze parentais para os ambientes de primeira safra, segunda safra e conjunta para os caracteres enfezamento (nota) e rendimento de grãos ($kg\ ha^{-1}$)	30
Tabela 6	- Capacidades específicas de combinação para enfezamento (nota) e rendimento de grãos ($kg\ ha^{-1}$), nos ambientes de primeira safra e segunda safra.....	32
Tabela 7	- Valores de heterose ($h - \%$) e heterobeltiose ($h_b - \%$) para enfezamento e rendimento de grãos para os cruzamentos (C) entre gerações F_2	35
Tabela 8	- Teste de Scott-Knott com os valores de médias do complexo enfezamento (nota) e rendimento de grãos ($t\ ha^{-1}$) para primeira e segunda safra.....	37

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CEC	Capacidade Específica de Combinação
CGC	Capacidade Geral de Combinação
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
FEPE	Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão
h%	Heterose em porcentagem
h _b	Heterobeltiose
HD	Híbrido Duplo
HS	Híbrido Simples
HT	Híbrido Triplo
UNESP	Universidade Estadual Paulista
USDA	Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1	A cultura do milho.....	13
2.2	Enfezamento pálido e enfezamento vermelho.....	14
2.3	O milho híbrido.....	17
2.4	Cruzamentos dialélicos.....	18
2.5	Capacidade geral e específica de combinação.....	19
2.6	Utilização de gerações F₂ de híbridos simples.....	21
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1	Local de condução e tratamentos.....	23
3.2	Instalação dos experimentos.....	24
3.3	Caracteres avaliados.....	24
3.4	Análises estatísticas e dialélicas.....	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
5	CONCLUSÕES.....	40
	REFERÊNCIAS.....	41
	APÊNDICE A – Fotos extras dos experimentos.....	47

1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho é amplamente distribuída por todo território nacional e por vários outros países do mundo, adaptando-se facilmente aos diferentes tipos de climas, solos e temperaturas. Devido a esta fácil adaptabilidade, se torna vulnerável a incidência de diversas doenças durante seu ciclo de vida. A incidência de doenças geralmente é variável entre safras, locais e tipos de cultivos, necessitando de estudos específicos para identificação e diagnóstico destas enfermidades para que não ocorram prejuízos aos produtores.

Nos últimos anos, principalmente a partir do final de década de 1990, as doenças têm-se tornado uma grande preocupação por parte de técnicos e produtores envolvidos no agronegócio do milho. Relatos de perdas no rendimento devido ao ataque de patógenos têm sido frequentes nas principais regiões produtoras do país, conforme descrito por Costa *et al.* (2009).

Dentre as doenças que incidem na cultura do milho no Brasil, merecem destaque a mancha branca, a cercosporiose, a ferrugem Polissora, a ferrugem tropical, as podridões de colmo, grãos ardidos e, na atualidade, o complexo de enfezamento. Embora os sistemas de produção de milho tenham se adaptado para conviver com estas doenças, elas ainda são de grande importância exigindo atenção dos melhoristas e produtores. Ao longo da história da cultura é comum a mudança de importância das doenças, onde por vários anos algumas são consideradas de pouca importância e com o tempo começam a ganhar notoriedade e ocasionar severas perdas. Assim foi com a antracnose e cercosporiose e mais recentemente com o complexo de enfezamento na cultura do milho.

A importância destas doenças é variável de ano para ano e de região para região, em função das condições climáticas, do nível de suscetibilidade das cultivares semeadas, da época de semeadura e do sistema de semeadura utilizado. No entanto, algumas são de ocorrência mais generalizada nas principais regiões de cultivo.

O município de Selvíria está localizado em uma região de terras baixas, com aproximadamente 350 m de altitude, podendo ser classificado dentro da macrorregião do chamado bolsão sul-mato-grossense. Estudos realizados nesta região podem ser utilizados como parâmetros em diversas outras regiões com as condições climáticas semelhantes. Este bolsão engloba várias cidades como Aparecida do Taboado, Selvíria, Três lagoas, Inocência, Paranaíba, algumas regiões do estado de SP, principalmente as localizadas na bacia hidrográfica do Rio Paraná que podem se apresentar como muito semelhantes às demais cidades citadas, evidenciando a importância dos estudos realizados nesta área. Os valores de

área semeada, produção total e rendimentos de acordo com o Censo Agropecuário 2017 do IBGE são detalhados na Tabela 1.

Tabela 1: Valores de área semeada, produção e rendimentos alcançados nas cidades localizadas no bolsão sul-mato-grossense e suas proximidades.

Região	Área semeada (ha)	Produção (kg)	Rendimento (kg ha ⁻¹)
Cassilândia - MS	3100	23880	7703
Chapadão do Sul - MS	40000	288000	7200
Paranaíba - MS	184	1495	8125
Aparecida do Taboado - MS	24	151	6292
Selvíria - MS	160	1344	8400
Três Lagoas - MS	2779	17311	6229
Ilha Solteira - SP	515	2460	4777
Itapura - SP	1671	6856	4103
Andradina - SP	1100	4800	4364
Castilho - SP	1000	3360	3360
Pereira Barreto - SP	1345	9084	6754
TOTAL	51878	358741	6118.82

Fonte: IBGE (2017).

Vale ressaltar que, apesar dos municípios não estarem entre os mais produtivos do país, eles podem ser utilizados para realização dos experimentos e seus resultados serem disseminados para as demais regiões de interesse comercial, que possuam condições ambientais semelhantes. Nesse contexto, a FEPE - Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão da UNESP – Ilha Solteira, realiza estudos a vários anos, colaborando com a disseminação das melhores técnicas de cultivo, utilização dos melhores genótipos, e recomendação das melhores épocas de semeadura para os produtores de toda região.

Atualmente, a produção de milho na região se tornou muito dificultada principalmente pelo aparecimento de duas doenças, o Enfezamento Pálido e o Vermelho (complexo de enfezamento) que há alguns anos atrás eram tidas como enfermidades secundárias. Porém, com o passar dos anos, ocorreu um grande aumento de sua importância, podendo atualmente ser decisiva para altos rendimentos ou a perda total de uma lavoura de milho.

Alguns fatores que podem ter colaborado para esse crescimento na incidência e importância da doença são: a utilização de áreas de monocultivo, sem que ocorra a rotação de culturas ou quebra do ciclo das mesmas; a presença de plantas de milho remanescentes (“tiguera”) que ajudam a disseminar a doença, pois estando presentes no campo, mantém o

inóculo da doença e servem como planta hospedeira para os microrganismos causadores da enfermidade.

Dentre os métodos de controle da doença, a tolerância genética, que praticamente foi suficiente até algum tempo atrás, precisa ser abordada com mais intensidade. Portanto, a busca de materiais básicos com bom nível de tolerância tornou-se uma prioridade para os melhoristas. Como a tolerância genética é considerada de herança quantitativa (SILVEIRA *et al.*, 2008), o uso de dialelo completo para verificação da possibilidade de obtenção de materiais mais tolerantes, tanto para cruzamentos específicos ou formação de compostos, é uma boa alternativa (HALLAUER *et al.*, 2010). Consiste em, a partir de um grupo de genitores, se realizar todos os possíveis cruzamentos a fim de se descobrir materiais com as melhores capacidades gerais de combinação e cruzamentos com as melhores capacidades específicas de combinação. Assim, são obtidas informações para selecionar cruzamentos que terão uma maior quantidade de alelos favoráveis para tolerância à doença, explorando possíveis efeitos heteróticos promissores, para retirada de linhagens. As informações sobre capacidade geral de combinação dos parentais também permitirão indicar possíveis compostos entre os materiais avaliados nos cruzamentos.

Mediante o exposto, o objetivo deste trabalho é a identificação de gerações F₂ promissoras para formação de compostos produtivos e mais tolerantes ao complexo enfezamento, possíveis híbridos duplos com as mesmas características e também cruzamentos específicos promissores para servirem para retirada de linhagens e obtenção de futuros híbridos também mais tolerantes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do milho

O milho é uma planta pertencente a divisão *Magnoliophyta*, classe *Liliopsida*, ordem *Poales*, família *Poaceae*, gênero *Zea* e espécie *Zea mays*. É uma planta monóica e apresenta polinização cruzada. Devido à necessidade de adaptação a diferentes ambientes, a cultura resultou em uma ampla variabilidade genética em que são encontradas cerca de 300 raças descritas, além de milhares de populações e amostras preservadas em bancos de germoplasma (HALLAUER *et al.*, 2010; PATERNIANI, 2000).

Seu cultivo é amplamente distribuído por diversas partes do mundo, podendo ser encontrado em diversas altitudes e latitudes, desde regiões posicionadas abaixo do nível do mar até regiões que apresentam mais de 2.500 m de altitude (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

No Brasil até a safra 2018/19, a produção ocorria basicamente como primeira e segunda safra, porém, a partir da safra 2019/20 a CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento) passou a estimar uma terceira safra do grão, considerando a área de expansão que compreende as regiões de Sergipe, Alagoas, nordeste da Bahia e Roraima. Nessas áreas, as semeaduras compreendem o período de maio a junho, beneficiando-se das chuvas de inverno. Para estas regiões, os valores iniciais são de uma área semeada em torno de 519,8 mil hectares, que poderão apresentar uma produção de aproximadamente 1,33 milhões de toneladas (CONAB, 2020).

De acordo com resultados da CONAB, para a safra de 2019/20 observou-se um aumento da área de produção na primeira safra de 2,9%, totalizando 4.222,4 mil hectares, em relação a mesma safra do ano anterior. Na segunda safra, ocorreu um aumento de 6,6%, com total aproximado de 13.732,8 mil hectares. A terceira safra de milho apresentou um total de 519,8 mil hectares, com um aumento de 1,7% em relação a mesma safra do ano anterior. Em valores totais (primeira safra+ segunda safra+ terceira safra) a área de cultivo teve um aumento de 5,6% para safra de 2019/20 totalizando uma área de 18.475,0 mil ha, com uma produtividade média de 5.466 kg.ha⁻¹ e com uma produção total que subiu de 100.042,7 mil toneladas na safra 2018/19 para 100.992,9 mil toneladas na safra de 2019/20 (CONAB, 2020).

Os maiores países produtores de milho são, respectivamente, Estados Unidos, China e Brasil, com produções estimadas para a safra 2019/20 de 347, 261 e 101 milhões de

toneladas, de acordo com dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA).

2.2 Enfezamento pálido e enfezamento vermelho

Na década de 1940 surgiram os primeiros relatos dos enfezamentos quando, em cultivos de milho no estado do Texas, nos EUA, foi verificada a presença do “enfezamento pálido” (ALTSTATT, 1945; KUNKEL, 1948). O “enfezamento vermelho” tem sua origem no México, em 1950 (COSTA *et al.*, 1971). Nos primeiros relatos acreditou-se que os sintomas eram causados por vírus (MARAMOROSCH, 1958) e apenas por volta do ano de 1970, descobriu-se que o complexo de enfezamento era causado por dois tipos de microrganismos denominados de Molicutes, sendo o enfezamento pálido, causado pelo espiroplasma (“*Corn Stunt Spiroplasma*”), e o enfezamento vermelho por fitoplasma (“*Maize Bushy Stunt Phytoplasma*”) (GRANADOS, 1969; CHEN; GRANADOS, 1970; DAVIS *et al.*, 1972; CHEN & LIAO, 1975; WILLIAMSON; WHITCOMB, 1975).

Os enfezamentos são doenças de ocorrência generalizada e atualmente seus sintomas podem ser vistos desde o sul dos EUA até a América do Sul. Prejuízos decorrentes destas enfermidades na cultura do milho estão cada vez mais frequentes e são determinantes por grandes perdas. Trabalhos na literatura citam a importância do complexo de enfezamento na cultura do milho (OLIVEIRA *et al.*, 1997; SILVA *et al.*, 2003a), porém nas últimas safras numerosos prejuízos têm alcançado valores ainda mais assustadores, acarretando, em alguns casos, 100% de perda no rendimento de grãos. Ambas doenças afetam a cultura do milho, e seus causadores, os molicutes, são organismos procariontes, sem parede celular, que se multiplicam no floema das plantas de milho, onde se alojam e bloqueiam a translocação de fotoassimilados, prejudicando assim o desenvolvimento da planta e o enchimento dos grãos. Os molicutes são transmitidos de uma planta doente para uma sadia apenas por insetos vetores.

A transmissão, de ambos os patógenos, é realizada pela cigarrinha *Dalbulus maidis* (Hemíptera: Cicadellidae) na forma persistente propagativa (NAULT, 1980). Outras cigarrinhas também podem transmitir o complexo de enfezamento na cultura do milho, 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). Porém, no Brasil a *D. maidis* é a única do gênero *Dalbulus* encontrada (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2004).

A cigarrinha se infecta com o patógeno ao se alimentar de plantas doentes 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 saudias pelo decorrer de suas vidas. Esse fato explica a ocorrência simultânea do enfezamento vermelho e pálido em culturas de milho (NAULT, 1980; GORDON *et al.*, 1981; SHURTLEFF, 1986; OLIVEIRA *et al.*, 1997). As cigarrinhas, além de proporcionar a infecção das plantas pelos mollicutes, ainda ocasionam danos diretos pela sucção da seiva (BUSHING; BURTON, 1974).

O enfezamento pálido possui alguns sintomas característicos, os quais podem ser destacados: o encurtamento de entrenós de plantas; folhas com listas cloróticas, sempre no sentido das nervuras, podendo ter coloração amarelada ou esbranquiçada, dependendo da cultivar ou época de infecção das plantas; espigas com diminuição de tamanho e redução no enchimento de grãos (OLIVEIRA *et al.*, 2002), caracterizados popularmente como “grãos gessados”.

O enfezamento vermelho possui como principais sintomas: intenso avermelhamento de folhas e constantemente as plantas contaminadas apresentam acentuada proliferação de espigas. O nome fitoplasma, vem sendo utilizado somente como nome comum para denominação de organismos da classe dos Mollicutes, estando em estudo a designação de gênero (Fitoplasma). Estudos demonstram que sua diferenciação pode ser feita por técnicas moleculares como PCR e RFLP (LEE *et al.*, 1993).

De acordo com Waquil (1997), a população de cigarrinhas é variável ao longo do ano, ocorrendo um pico populacional nos meses de abril/maio, onde pode-se encontrar mais de 10 insetos/planta. Nos dias de hoje este pico populacional pode estar acontecendo em outros meses, devido principalmente a inversão de produção do milho da primeira para segunda safra, onde possivelmente encontra-se um maior número de indivíduos na época de produção de milho e uma diminuição da população na entre safra.

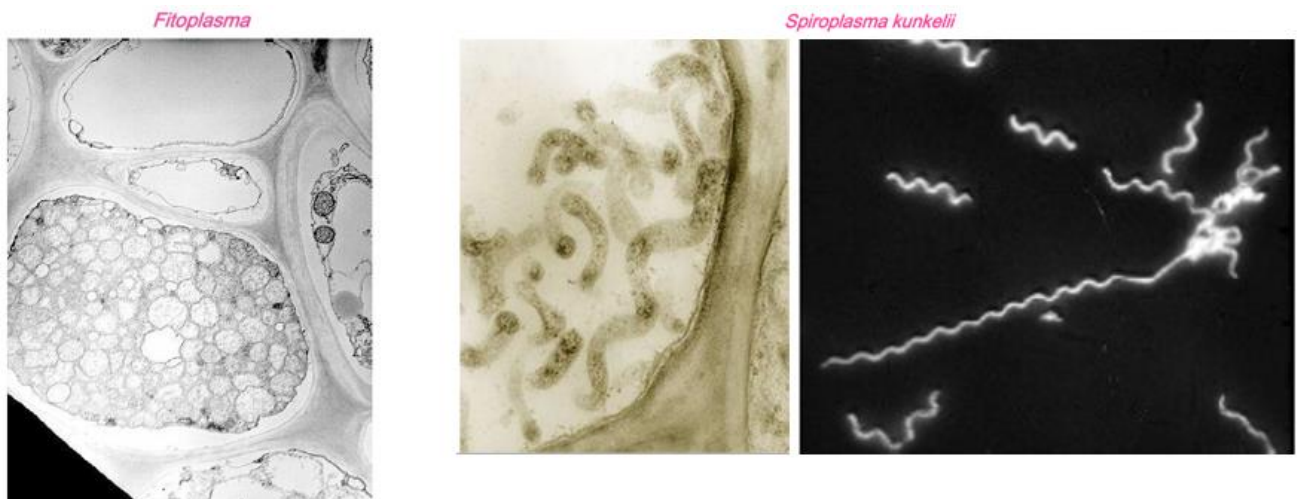
Os mollicutes são levados para o interior das cigarrinhas, após a picada dos insetos em plantas infectadas, se alojam no interior das mesmas e se multiplicam em quase todos os órgãos do vetor, principalmente nas glândulas salivares, de onde poderão ser inoculadas em novas plantas saudias. A relação entre *D. maidis* e os mollicutes (espiroplasma e fitoplasma) é do tipo persistente e propagativa (NAULT, 1980; NAULT; KNOKE, 1981; MARKHAM; ALIVIZATOS, 1983; ALIVIZATOS; MARKHAM, 1986b; TSAI; FALK, 1988; LEGRAND; POWER, 1994), ou seja, uma vez adquirido o patógeno, a cigarrinha passa a disseminá-lo permanentemente. Ainda não existem relatos de passagem dos mollicutes para prole dos insetos. Algumas características destes vetores são importantes para se controlar ou combater

futuras epidemias, tais como:

- Fitoplasma: a) pode ser adquirido pela cigarrinha após duas horas de alimentação de *D. maidis* em planta infectada (LEGRAND; POWER, 1994); b) O período latente pode variar de 22 a 28 dias (NAULT, 1980); c) A infecção da planta se dá a partir de meia hora de alimentação.

- Espiroplasma: a) pode ser adquirido pela cigarrinha após uma hora de alimentação em plantas infectadas (ALIVIZATOS; MARKHAM, 1986a); b) O período latente pode ser variável de 17 a 23 dias (NAULT, 1980); c) A inoculação das plantas pode ocorrer após uma hora de alimentação (MARKHAM; ALIVIZATOS, 1983). A figura 1 mostra o fitoplasma e espiroplasma em fotografias microscópicas.

Figura 1: Fitoplasma e espiroplasma em fotografias microscópicas



Fonte: Raphael Aranha (2016).

A fisiologia e a nutrição das plantas afetadas pelos mollicutes são alteradas, resultando em menor desenvolvimento e, conseqüentemente, menor rendimento de grãos. De forma geral, a absorção de nutrientes é diminuída, como a absorção de magnésio que é significativamente reduzida em plantas infectadas por espiroplasma. Visto que o magnésio é utilizado pelas plantas como constituinte de clorofila, é possível que os sintomas foliares característicos da infecção por espiroplasma (faixas cloróticas esbranquiçadas e amareladas) sejam por consequência de alterações da síntese desta molécula (MAGALHÃES *et al.*, 2001; OLIVEIRA *et al.*, 2002)

Métodos para controle dessas doenças são variados, porém é consenso que a resistência genética é a alternativa mais eficiente. Uma outra alternativa seria evitar a semeadura tardia de milho, evitando-se assim a multiplicação e disseminação dos vetores e

dos patógenos da doença (OLIVEIRA *et al.*, 1997). Tal método, porém seria de difícil adoção no Brasil, visto que, produzimos milho em primeira e segunda safra e a retirada de uma safra do calendário acarretaria sérias perdas econômicas para os produtores. Portanto a adoção de um vazio sanitário, nos moldes do realizado na cultura da soja, fica muito difícil de ser executado, embora já tenha sido considerado.

O controle químico dos insetos vetores é uma ferramenta para o controle dos enfezamentos, porém a cigarrinha *D. maidis* é de difícil controle devido a sua grande mobilidade, a presença da característica de migração da espécie e à sua eficiência na transmissão de patógenos (HRUSKA; PERALTA, 1997). Em lavouras de grande extensão isso é mais eficiente, mas em locais com pequenas propriedades não funciona bem devido ao controle não ser uniforme em todas as lavouras. A propriedade que não realiza controle recontamina rapidamente aquelas onde o controle é feito.

2.3 O Milho Híbrido

Com o aumento crescente da população mundial, a busca por soluções para aumento do rendimento das culturas é cada vez mais frequente e de grande importância. O milho é tido como produto básico em muitos países, sendo empregado principalmente na alimentação animal, porém também sendo utilizado na alimentação humana de forma direta e principalmente indiretamente, além de proporcionar oferta de emprego devido à necessidade de mão de obra, colaborando decisivamente para o desenvolvimento social-econômico de muitos países.

Atualmente, o milho é a principal cultura utilizada dentre as espécies de fecundação cruzada, devido à grande quantidade de estudos científicos e tecnológicos existentes (DESTRO; MONTALVÁN, 1999), sendo a espécie mais estudada geneticamente por apresentar característica monoica e baixo número de cromossomos ($n=10$) (BORÉM, 2001). Além dessas características, a grande quantidade de pólen produzido pelas plantas e o fácil manuseio, facilitando a fecundação cruzada e cruzamentos dirigidos, são fatores que também contribuem para que seja uma das espécies mais estudadas (DESTRO; MONTALVÁN, 1999).

No melhoramento genético de alógamas, a formação de híbridos é uma ferramenta muito empregada que visa a utilização da heterose (vigor híbrido na geração F_1) e o aproveitamento da variação genética em populações (MIRANDA FILHO; NASS, 2001). O método de hibridação vem sendo utilizado com frequência nos programas de melhoramento

devido aos expressivos aumentos no rendimento de grãos proporcionados (HALLAUER, 1990).

Um híbrido é definido como a primeira geração de cruzamento entre linhagens endogâmicas, variedades de polinização aberta ou outras populações geneticamente diferentes, explorando assim o máximo da heterose (ALLARD, 1967). Alguns indicativos fósseis indicam que as cultivares de milho atuais produzem cerca de cinquenta vezes mais do que os milhos primitivos. Em muitos dos casos, um grão das cultivares atuais compreende mais alimento do que todos os grãos de uma única espiga primitiva (MILHO, 2005).

O milho híbrido passou a fazer parte da agricultura moderna no ano de 1920, substituindo as variedades de polinização aberta (BUENO *et al.*, 2001). Sua utilização apresenta algumas vantagens, destacando-se entre elas a associação das boas características dos parentais, obtenção de genótipos superiores em menor tempo; produção de genótipos uniformes e em nível comercial (PATERNIANI, 1978). Informações retiradas de portfólios de empresas produtoras de sementes na safra 2019/2020, nos mostram que 86,4% são híbridos simples, 5,8% são híbridos triplos, 3,9% são híbridos duplos, e 2,6% são híbridos intervarietais. Também foram listadas 11 variedades, 2 (tops cross) e 28 cultivares em que a genética empregada não foi informada pelas empresas (PEREIRA FILHO; BORGHI, 2020).

Vale destacar que a não utilização de sementes híbridas é a principal causa de baixos rendimentos. Uma solução para este problema seria facilitar o acesso à tecnologia e orientação adequada aos pequenos produtores, dessa forma que os mesmos possam explorar de maneira mais eficiente a heterose, uma vez que eles não adquirem sementes híbridas com frequência na maioria das vezes por falta de informações e desconhecimento da tecnologia. Embora os produtores de pequenas propriedades estejam diminuindo, eles ainda representam uma alta porcentagem da área cultivada, influenciando negativamente a média de rendimento nacional.

2.4 Cruzamentos dialélicos

O cruzamento dialélico (ou dialelo) pode ser definido como o conjunto de possíveis cruzamentos obtidos a partir de n parentais, em que são possíveis $n(n-1)/2$ cruzamentos e $n(n-1)/2$ cruzamentos recíprocos, que juntamente com os parentais compõem a tabela dialélica completa com n^2 genótipos. É possível formar outros tipos de dialelos derivados pela omissão de alguns elementos, formando-se assim o dialelo sem os parentais e o dialelo sem recíprocos. Além disso, existem outros tipos de dialelos, como os parciais, em que dois grupos de

parentais são cruzados, omitindo-se os cruzamentos dentro do mesmo grupo, os circulantes (KEMPTHORNE; CURNOW, 1966) e os parciais circulantes (MIRANDA FILHO; VENCOVSKY, 1999) que procuram adaptar as análises para permitir o uso de um número elevado de parentais, avaliando-se apenas uma amostra dos cruzamentos possíveis.

O dialelo é um método utilizado principalmente para obtenção de informações a respeito do comportamento de parentais em cruzamentos e identificação de grupos heteróticos (HALLAUER *et al.*, 2010). Este método é de grande importância e merece destaque, uma vez que, pelo mesmo, é possível escolher os parentais que apresentam uma boa capacidade de combinação geral e específica, e potencial para formação de bons híbridos comerciais (GRIFFING, 1956a).

A análise dialélica tem como principal finalidade estimar parâmetros úteis na seleção de parentais e híbridos e compreender o efeito genético relacionado na determinação dos caracteres (MACHADO, 2007). Quando os parentais envolvidos são linhagens puras o maior interesse é a identificação de híbridos promissores para uso comercial.

Alguns métodos podem ser utilizados para as análises dialélicas, neste caso merecem destaque os métodos de Griffing (1956a e b) e Gardner e Eberhart (1966), para dialelos envolvendo os parentais e todos os cruzamentos dentro do grupo de parentais, onde por mais que estes métodos apresentem diferenças, as características analisadas em ambos se inter-relacionam e mostram eficácia na obtenção de informações genéticas.

A estimativa do efeito da capacidade geral de combinação dos parentais é considerada o critério mais eficiente para a seleção de parentais e a capacidade específica de combinação é indicador da existência de dominância unidirecional e heterose. Quando os parentais são populações variáveis, tais parâmetros são utilizados para identificar e/ou formar grupos heteróticos, visando a retirada de linhagens para seleção de melhores híbridos comerciais.

2.5 Capacidade geral e específica de combinação

A definição de capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) foi realizada na década de 1940 por Sprague & Tatum (1942). Desde então, surgiram novos e variados modelos para a análise de dialelos, acarretando em ferramentas de suma importância para se definir o valor genético de linhagens em seus cruzamentos híbridos.

O conceito de CGC está relacionado ao comportamento médio do genótipo em

cruzamento com os demais indivíduos do conjunto. A CEC pode ser descrita como o efeito expresso pelo híbrido que é complementar aos efeitos da CGC, que pode ser positiva ou negativa, ou seja, pode beneficiar ou atrapalhar a manifestação do caráter avaliado. Geralmente os efeitos de CGC e CEC são estimados como sendo desvios em torno da média e são denominados no modelo estatístico como g_i (efeito de CGC da população i) e s_{ij} (efeito de CEC no híbrido $i \times j$) (MIRANDA FILHO; GORGULHO, 2001).

A CGC está relacionada, principalmente, a genes de efeitos aditivos e a CEC pode ser estimada como o desvio do comportamento do cruzamento em relação ao esperado com base na capacidade geral de combinação dos parentais, estando relacionada aos efeitos gênicos não aditivos (dominância e epistasia) (VENCOVSKY, 1987; HALLAUER *et al.*, 2010). Uma boa capacidade geral de combinação indica que o material possui uma concentração mais alta de alelos favoráveis para determinado fenótipo do caráter em estudo. Uma alta capacidade específica de combinação indica boa complementação entre dois materiais com alelos bons de um complementando o efeito de alelos bons do outro, devido à dominância e epistasia.

Para a obtenção de híbridos sempre é desejável explorar ao máximo os efeitos das CGC e também da CEC. Neste processo, é importante lembrar que o desempenho “*per se*” da linhagem é de importância primordial, sendo este fator o preponderante para a viabilização no custo de produção de semente do híbrido. Geralmente este comportamento é verificado em parentais que possuem alta CGC.

São mostrados na literatura resultados que demonstram que os efeitos da CGC são mais expressivos que os da CEC, porém para a obtenção de bons genótipos em um programa de melhoramento devemos observar e levar em consideração também a CEC, principalmente como uma complementação da CGC.

Oliboni *et al.*, (2013), em experimento realizado para a extração de linhagens promissoras em populações formadas a partir de híbridos comerciais, citam a importância da seleção com base na manifestação da capacidade de combinação e da heterose para a seleção desses genótipos. Desta forma, essa pode ser uma boa estratégia para aumentar a eficiência dos programas de melhoramento, encontrando populações mais promissoras, uma vez que o material básico já foi submetido à seleção.

Em relação aos efeitos não-aditivos, também é possível prever a possibilidade de obtenção de novas populações para melhoramento interpopulacional, a partir de combinações obtidas com os parentais utilizados. Ao contrário, quando os valores dos componentes quadráticos da CGC são relativamente maiores do que as CEC, revela maior importância para os efeitos aditivos (OLIBONI *et al.*, 2013).

2.6 Utilização de gerações F₂ de híbridos simples

A utilização da geração F₂ de Híbridos Simples (HS) é uma alternativa que visa reduzir o tempo e o custo para a obtenção de sementes híbridas do tipo híbrido duplo, uma vez que os parentais F₂ são multiplicados mais facilmente. O que garante um rendimento semelhante aos híbridos duplos obtidos de gerações F₁ é o fato de os gametas produzidos em ambas as gerações estarem na mesma frequência, se distinguindo apenas as frequências genotípicas entre as gerações (SOUZA SOBRINHO *et al.*, 2002; PATERNIANI *et al.*, 2010). Com mesma frequência alélica nos parentais, a heterose do cruzamento HS1 x HS2 é mantida no cruzamento F₂ (HS1) x F₂ (HS2). Pode ocorrer mudança na frequência alélica ao longo da multiplicação continuada (gerações F₃, F₄, et...), porém o mais provável é que a alteração seja benéfica, pois haverá uma seleção dentro dos parentais, eliminando alelos não desejáveis.

Diversos trabalhos são encontrados na literatura demonstrando que a utilização de cruzamentos entre HS comerciais, para confecção de novos híbridos, tem sido benéfica para os programas de melhoramento. Santos *et al.*, (2013), avaliando 28 híbridos resultantes de dialelos completos entre 8 gerações F₂ de híbridos simples e uma testemunha comercial, identificou que os híbridos duplos apresentaram alta heterose para rendimento de grãos e evidenciaram que a utilização de híbridos comerciais com elevada capacidade combinatória são viáveis para utilização em programas de melhoramento.

A utilização de cruzamentos entre híbridos simples tem ocorrido com o objetivo da produção de híbridos duplos comerciais (LOBATO *et al.*, 2005; PATERNIANI *et al.*, 2010). Lázaro (1966), estudando todas as possíveis combinações para a formação de híbridos duplos a partir dos cruzamentos das gerações F₁, F₂ e F₃ dos híbridos simples observou que o Híbrido duplo (HD) da geração F₂ foi 16% mais produtivo que o produzido pelo cruzamento entre F₁. Valores elevados da capacidade específica de combinação no cruzamento entre híbridos comerciais foram observados por De La Rosa *et al.* (2000). Em outros trabalhos o rendimento de HD de gerações F₂ de HS foi semelhante àqueles obtidos com as gerações F₁ (SOUZA SOBRINHO *et al.*, 2002; PATERNIANI *et al.*, 2010).

Além do bom rendimento, a vantagem principal dos HD derivados de gerações F₂ está no menor custo de sementes (PACHECO *et al.*, 2010). A desvantagem observada pelos produtores de sementes é a maior dificuldade no despendoamento (florescimento desuniforme do parental feminino) e produção de sementes menos uniformes.

As empresas que trabalham com obtenção de híbridos já praticam autofecundação de híbridos simples entre linhagens elites visando obtenção de novas linhagens com agregação

de caracteres de interesse, como recomendado por Bison & Ramalho (2003). Essa prática é equivalente ao uso das gerações F₂, apenas com a genealogia das linhagens sendo iniciada uma geração anterior.

Trabalhos básicos para orientação na escolha de quais parentais F₂ podem ser melhores para início de programa de obtenção de híbridos tem sido publicado por entidades públicas de pesquisa (FERREIRA *et al.*, 2010; DONA *et al.*, 2011; BERNINI & PATERNIANI, 2012), com estudos detalhados sobre componentes da heterose, conforme pretende-se realizar neste trabalho.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de condução e tratamentos

O presente trabalho foi desenvolvido na Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão da UNESP, localizada no município de Selvíria – MS (20°22' de latitude sul e 51°22' de longitude oeste, com altitude de 355 metros no local dos experimentos). O tipo de solo é o Latossolo Vermelho distrófico, típico argiloso (BRASIL, 1999). A região é classificada, de acordo com seu clima, como tropical úmido com estações chuvosas no verão e seca no inverno, com precipitações médias anuais de 1330mm, com temperatura média anual de 23,7°C e umidade relativa do ar em torno de 66% (CENTURION, 1982).

Foram utilizadas 12 gerações F₂, as quais foram oriundas dos híbridos simples: IVF5xIVD8, 8Fx9D (obtidos na UNESP – Campus de Ilha Solteira), AGROMEN30A91, DKB390, JM2M90, AG9010, P30F35, DKB350, DOW2B710, 60XB14, AG8088 e XB6010 (conseguidos no mercado), tomando-se cuidado para evitar aqueles aparentados e as versões transgênicas. Os aparentados não representem bons cruzamentos e os transgênicos serem protegidos pela patente do gene introduzido. Na Tabela 2 são apresentadas as características dos híbridos simples utilizados como genitores.

Tabela 2: Descrição dos híbridos simples comerciais utilizados no presente trabalho.

Híbrido	Ciclo (dias)	Altura (m)	Aparência do grão	Cor do grão
F ₂ 30A91	Precoce	2,33	Semiduro	Amarelo/Alaranjado
F ₂ DKB 390	Precoce	2,20	Duro	Amarelo/Alaranjado
F ₂ JM2M90	Precoce	2,15	Semiduro	Amarelo/Alaranjado
F ₂ IVF5xIVD8	Precoce	2,08	Semiduro	Alaranjado
F ₂ AG 9010	Semiprecoce	2,00	Duro	Alaranjado
F ₂ P30F35	Precoce	3,15	Semiduro	Alaranjado
F ₂ DKB 350	Precoce	2,20	Semiduro	Alaranjado
F ₂ DOW 2B710	Precoce	2,02	Semiduro	Amarelo/Alaranjado
F ₂ 8Fx9D	Precoce	1,83	Semiduro	Alaranjado
F ₂ 60XB14	Precoce	2,10	Semiduro	Amarelo/Alaranjado
F ₂ AG 8088	Precoce	2,30	Duro	Alaranjado
F ₂ XB6010	Semiprecoce	2,10	Duro	Alaranjado

Fonte: Silva (2015).

As 12 gerações F₂ foram obtidas com polinização manual dentro de cada híbrido simples, no primeiro semestre de 2014. Na geração seguinte (segundo semestre de 2014), foi realizado o cruzamento em esquema de dialelo completo, resultando em 66 cruzamentos. Para

obtenção dos cruzamentos, foi realizada a semeadura aos pares em linhas de 15 m semeada em três épocas (5 m em cada época), com intervalo de sete dias. O mesmo procedimento foi repetido no segundo semestre de 2017, visando novas avaliações.

3.2 Instalação dos experimentos

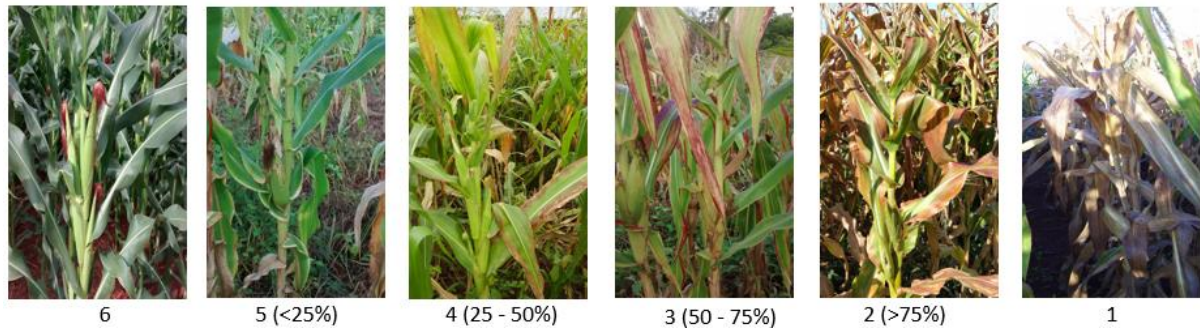
As 12 gerações F₂ utilizadas como genitores, além dos 66 cruzamentos e três testemunhas comerciais, foram avaliados em látice quádruplo (9x9) (COCHRAN; COX, 1957) com tratamento adicional em cada bloco na segunda safra (safrinha), no primeiro semestre de 2015 (SILVA, 2015). Uma nova avaliação do dialelo ocorreu no segundo semestre de 2018 (primeira safra) no mesmo esquema experimental. As testemunhas adicionais foram IA1814, IA1802 e P30A37PW na segunda safra e BG7049, JM2M77 e JM2M88 na primeira safra. Como testemunha intercalar, foram utilizados os híbridos XB8018 (segunda safra) e DKB390PRO3 (primeira safra). Foi utilizado sistema de semeadura direta, com parcelas de duas linhas de 5 m espaçadas de 0,9 m, com seis sementes por metro, utilizadas integralmente para coleta de dados.

As adubações de base e cobertura foram realizadas de acordo com a análise de solo, visando um rendimento de 10 t ha⁻¹. Os demais tratamentos culturais, como aplicação de herbicidas e inseticidas (lagarta do cartucho) foram realizados conforme as necessidades da cultura em cada safra. Não foi realizado o controle efetivo de cigarrinha (vetor dos mollicutes causadores do complexo de enfezamento), visando permitir a discriminação dos genótipos quanto à severidade da doença.

3.3 Caracteres avaliados

Foram avaliados os seguintes caracteres: *Nota para enfezamento*: obtida como a média dos sintomas avaliados em todas as plantas da parcela, pela seguinte escala: 6 (plantas sem sintomas), 5 (plantas com menos de 25% de sintomas), 4 (plantas com 25-50% de sintomas), 3 (plantas com 50-75% de sintomas), 2 (plantas com mais de 75% de sintomas) e 1 (plantas mortas); *Rendimento de grãos* (t ha⁻¹): obtido com base na massa dos grãos colhidos na parcela total, corrigidos para estande ideal de 60 plantas, pelo método da covariância, e 13% de umidade base úmida. A Figura 2 ilustra algumas plantas com as respectivas notas atribuídas.

Figura 2: Plantas de milho com as respectivas notas atribuídas de acordo com a escala de aferição de sintomas da doença.



Fonte: o próprio autor

3.4 Análises estatísticas e dialélicas

Foram realizadas as análises de variância individual e conjunta, considerando modelo fixo, sendo aplicado o teste de Scott-Knott ($p > 0.05$) para comparação de médias. A análise dialélica foi realizada de acordo com o modelo de Griffing (1956a), sendo desconsideradas as testemunhas, por meio do programa Genes (CRUZ, 2004). Os parâmetros de Capacidade Geral de Combinação (CGC), Capacidade Específica de Combinação (CEC) e heterose, foram utilizados como orientação na escolha das melhores populações F_2 para extração de linhagens, formação de compostos e, excepcionalmente, indicação de cruzamentos promissores para uso direto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização dos testes iniciais na forma de látice quádruplo com testemunha adicional, verificou-se que este delineamento apresentou uma baixa eficiência. Sendo assim, o experimento foi analisado no delineamento de blocos casualizados.

As análises individuais (Tabela 3) apresentaram diferença significativa entre parentais, cruzamentos e no contraste entre parentais x cruzamentos para rendimento de grãos (RG) na primeira safra e na análise conjunta. Na segunda safra, apenas o contraste entre parentais e cruzamentos foi significativo, confirmando a diferença entre gerações F_2 e híbridos, devido a recuperação da heterose no segundo grupo. A média dos cruzamentos foi 84% superior aos parentais na segunda safra e 29% superior na primeira safra. Em relação às testemunhas, os cruzamentos foram 19% menos produtivos na segunda safra e 11% na primeira.

Para o enfezamento, apenas na primeira safra houve diferenças significativas para parentais, cruzamentos e contraste, o que também foi confirmado na análise conjunta (Tabela 3). Em ambas as safras, as médias de parentais, cruzamentos e testemunhas foram similares, no entanto, na segunda safra não foi possível discriminar os tratamentos.

A diferença entre safras ocorreu para enfezamento e rendimento de grãos, refletindo as diferenças climáticas da região entre essas épocas, sendo que na segunda safra ocorre o favorecimento da proliferação do vetor dos mollicutes e o não favorecimento do rendimento de grãos. A interação foi significativa apenas para parentais x safras para enfezamento e (parentais vs cruzamentos) x safras para rendimento de grãos. Em princípio, tal fato indica que os efeitos da mudança de safra foram similares nos cruzamentos para ambos os caracteres, mas não para enfezamento nos parentais. Provavelmente, a maior homozigose para os alelos de menor tolerância ao enfezamento nas gerações F_2 tenha permitido isso, embora para rendimento de grãos, não tenha ocorrido o mesmo. O cruzamento entre gerações F_2 pode ter recomposto combinações genótípicas que tornaram os efeitos do ambiente mais similares em cada cruzamento.

Tabela 3 - Quadrados médios das análises de variância para os caracteres enfezamento (nota) e rendimento de grãos ($t\ ha^{-1}$), médias dos parentais, médias dos cruzamentos, médias das testemunhas e coeficiente de variação (CV) para a primeira safra, segunda safra e análise conjunta.

FV	GL	Enfezamento	Rendimento de grãos
Segunda safra			
Blocos	3	0,264	4,387
Tratamentos	77	0,106	2,801**
Parentais	11	0,128	1,832**
Cruzamentos (C)	65	0,102	1,351**
Parentais vs C	1	0,086	107,708**
Resíduo	231	0,093	0,266
Médias dos parentais		5,45	1,94
Médias dos cruzamentos		5,49	3,57
Médias das Testemunhas		5,49	4,41
CV (%)		5,55	15,53
Primeira safra			
Blocos	3	0,337	5,366
Tratamentos	77	0,379**	1,656**
Parentais	11	0,745**	1,733
Cruzamentos (C)	65	0,297*	0,863
Parentais vs C	1	1,605**	52,364**
Resíduo	231	0,214	1,084
Médias dos parentais		4,95	3,94
Médias dos cruzamentos		5,15	5,07
Médias das Testemunhas		5,07	5,68
CV (%)		9,04	21,24
Conjunta			
Blocos/S	6	0,300	4,876
Tratamentos	77	0,282**	3,521**
Parentais	11	0,492**	2,363**
Cruzamentos (C)	65	0,232**	1,384**
Parentais vs C	1	1,216**	155,136**
Safras (S)	1	20,955**	388,886**
Tratamentos x S	77	0,202*	0,936*
Parentais x S	11	0,381**	1,202
Cruzamentos x S	65	0,168	0,830
(Parentais vs C) x S	1	0,474	4,936**
Resíduo médio	462	0,153	0,675
Médias dos parentais		5,20	2,94
Médias dos cruzamentos		5,32	4,32
Médias das Testemunhas		5,30	4,11
CV (%)		7,38	19,98

Nota: *, ** - Significativo em nível de 5 e 1% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Próprio autor.

No Brasil, a maior incidência do vetor ocorre entre março e abril, contribuindo para a disseminação do patógeno e sua elevada multiplicação, principalmente na segunda safra (WAQUIL, 1998; OLIVEIRA *et al.*, 1997). Apesar de, a maioria dos trabalhos afirmarem que o pico populacional de *D. maidis* ocorre em condições de segunda safra, para alguns casos, tal situação pode não ocorrer. Neste estudo a maior intensidade da doença ocorreu em primeira safra, com médias de 4,95 para parentais, 5,15 para cruzamentos e 5,07 para testemunhas, em comparação com 5,45, 5,49 e 5,49 da segunda safra. Isto pode ser explicado pela presença constante de milho, durante todo o ano em campo. Quando se constata que o experimento foi conduzido em uma Fazenda Experimental, deve-se considerar que não ocorre uma janela de tempo, com exclusão de plantas na área e mesmo que ocorra a não presença de experimentos, pode-se identificar constantemente a presença de milho “tiguera” no campo, facilitando assim a multiplicação e disseminação desses vetores por todos os meses do ano.

Pela análise dialélica (Tabela 4) verificou-se significância para capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) para RG nas duas safras e na análise conjunta, indicando que o controle do caráter envolve efeitos aditivos e não aditivos que podem ser explorados em cruzamentos. Como o quadrado médio da CGC foi 2,88, 2,20 e 1,9 vezes maiores que o quadrado médio da CEC, respectivamente para segunda safra, primeira safra e análise conjunta, há uma tendência de maior importância dos efeitos aditivos.

Para o complexo de enfezamento, houve significância apenas para CGC na primeira safra e na análise conjunta, indicando que o controle deste caráter envolve locos com efeitos aditivos. A relação dos quadrados médios da CGC e CEC foram 1,1, 5,0 e 4,6 respectivamente na primeira safra, segunda safra e análise conjunta, reforçando a ideia de que a primeira safra discrimina melhor os genótipos para tolerância ao complexo de enfezamento. Trabalhos realizados com germoplasma de clima temperado demonstraram que os efeitos genéticos aditivos são predominantes para a resistência do complexo de enfezamento (GROGAN; ROSENKRANZ, 1968; NELSON; SCOTT, 1973). Em experimento realizado nos municípios de Coimbra e Sete Lagoas – MG, em esquema de dialelo completo com recíprocos e cinco parentais, foi verificado que o controle genético da resistência do complexo de enfezamento é predominantemente governado por alelos de efeitos aditivos (SILVA; MIRANDA FILHO, 2003). Também analisando-se um dialelo completo com 12 linhagens de milho em Jaboticabal – SP, foi verificado que a herança genética da resistência do enfezamento é predominante controlada por genes com efeitos aditivos, embora também tenha sido detectado efeitos de dominância (SILVEIRA *et al.*, 2008), como neste trabalho.

A significância para interação da CGC com safras, para os dois caracteres, reforça a indicação de que as projeções sejam feitas para cada safra separadamente. Para CEC não houve interação significativa para os dois caracteres. Variabilidade para efeitos gênicos aditivos (CGC) e não aditivos (CEC) para rendimento de grãos também foram encontrados por Coimbra *et al.*, (2008) e as interações encontradas também foram relatadas por Silva & Miranda filho, (2003). Fuzatto *et al.*, (2002) também relatam significância da CEC em experimento realizado em dois locais no município de Lavras, com 25 cultivares genitoras e suas 264 combinações híbridas. Valores elevados de CEC para rendimento de grãos são indicativos de que populações geradas a partir desses genótipos serão úteis para melhoramento interpopulacional e obtenção de linhagens que poderão gerar híbridos mais heteróticos (HALLAUER *et al.*, 2010). Para o complexo de enfezamento deve-se explorar apenas a CGC tanto para extração de linhagens como para formação de composto mais tolerante, pois a relação entre os quadrados médios indicou que esta foi 5 vezes maior que a CEC na primeira safra. Com relação à seleção para maior tolerância, essa safra é a mais indicada, pois as condições ambientais não mascaram tanto os efeitos aditivos dos alelos para tolerância.

As melhores CGC para enfezamento (Tabela 5) foram encontradas nos parentais 4, 7, 11 e 12 para primeira safra, onde foi possível discriminar melhor os genótipos, indicando uma maior concentração de alelos com efeito aditivo nesses genótipos. Esse efeito é o que predomina no controle desse caráter, uma vez que os efeitos da CEC não foram significativos.

A significância da CGC demonstra que estes parentais podem ser utilizados para retirada de linhagens com bom desempenho “*per se*” e promissoras para utilização em híbridos, em qualquer par de parentais entre os materiais, tanto na primeira quanto na segunda safra. Também são os parentais mais indicados para a formação de compostos mais tolerantes ao complexo enfezamento. Dentre esses, os parentais 4, 11 e 12 também apresentaram CGC positiva na segunda safra, mas não diferiram significativamente dos demais. A maior pressão da doença acabou equiparando os genótipos para a medida de severidade.

Tabela 4 - Quadrados médios da análise dialélica para os caracteres enfezamento (nota) e rendimento de grãos ($t\ ha^{-1}$) para primeira e segunda safras e análise conjunta.

FV	GL	Enfezamento	Rendimento de grãos
Segunda safra			
Tratamentos	77	0,106	2,801**
CGC	11	0,117	6,362**
CEC	66	0,104	2,207**
Resíduo	231	0,093	0,266
Média		5,48	3,32
Primeira safra			
Tratamentos	77	0,379**	1,656**
CGC	11	1,206**	3,107**
CEC	66	0,240	1,415**
Resíduo	231	0,214	0,675
Média		5,11	4,90
Conjunta			
Tratamentos	77	0,281**	3,521**
CGC	11	0,856**	5,815**
CEC	66	0,186	3,139**
Safras (S)	1	20,955**	388,886**
Tratamentos x S	77	0,202*	0,936**
CGC x S	11	0,467**	3,654**
CEC x S	66	0,158	0,483*
Resíduo	462	0,153	0,329
Média		5,30	4,11

Nota: *, ** - Significativos em nível de 5 e 1% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Próprio autor.

Tabela 5 - Capacidade geral de combinação dos doze parentais para os ambientes de primeira safra, segunda safra e conjunta para os caracteres enfezamento (nota) e rendimento de grãos ($kg\ ha^{-1}$)

Parental	Enfezamento			Rendimento de grãos		
	2ª safra	1ª safra	Conjunta	2ª safra	1ª safra	Conjunta
1 AGROMEN30A91 (F ₂)	-0,081	0,009	-0,036	0,283	-0,064	0,109
2 DKB390 (F ₂)	-0,023	0,092	0,034	0,119	-0,080	0,02
3 JM2M90 (F ₂)	0,01	-0,025	-0,007	-0,62	0,178	-0,221
4 IVF5xIVD8 (F ₂)	0,072	0,171	0,122	-0,279	-0,046	-0,163
5 AG9010 (F ₂)	-0,024	-0,195	-0,11	-0,372	-0,530	-0,451
6 P30F35 (F ₂)	-0,055	-0,203	-0,129	-0,362	-0,092	-0,227
7 DKB350 (F ₂)	0,014	0,161	0,088	0,289	0,092	0,190
8 DOW2B710 (F ₂)	0,032	-0,189	-0,078	0,246	-0,160	0,043
9 8Fx9D (F ₂)	-0,041	-0,147	-0,094	0,206	-0,124	0,041
10 60XB14 (F ₂)	0,013	0,088	0,05	0,457	0,294	0,375
11 AG8088 (F ₂)	0,026	0,126	0,076	0,137	0,273	0,205
12 XB6010 (F ₂)	0,058	0,111	0,084	-0,102	0,259	0,079

Fonte: Próprio autor.

Os maiores valores de CGC para rendimento de grãos foram os encontrados nos parentais 10, 7, 1 e 8 para segunda safra e 10, 11, 12 e 3 para primeira safra. Para a análise conjunta, são identificados como melhores os parentais 10, 11, 7 e 1. Percebe-se que o parental 10 poderá ser utilizado em ambas as safras. Os parentais 7, 1 e 8 (segunda safra) e 11, 12 e 3 (primeira safra) seriam as escolhas apropriadas quando se desejar retirada de linhagens para híbridos promissores. O alto valor de CGC do parental 10 na segunda (0,457) e primeira safra (0,294) indica uma alta concentração de alelos favoráveis para rendimento, de acordo com as interpretações de Cruz e Regazzi, (1997) e Cruz e Vencovsky, (1989). Pensando em uma retirada direcionada (recíproca) de linhagens, o interessante será utilizar os cruzamentos 7x9, 7x10, 8x4 e 8x12 na segunda safra e os 2x3, 3x10, 4x10 e 10x11 na primeira safra, pois são aqueles de alta CEC, (Tabela 6), envolvendo pelo menos um parental com alta CGC. Confirma-se então a importância do parental 10 com uma CGC alta para ambas as safras e CEC alta com outros parentais. São de particular interesse aqueles cruzamentos com alta CEC e que ambos tenham boas CGC, como ocorre com 7x10 para segunda safra e 3x10 e 10x11 para primeira safra. Como também apresentaram boas CEC, tal fato indica que os alelos favoráveis de um são bem diferentes dos alelos favoráveis do outro, pois se fossem muito parecidos a CEC não seria alta. Vale ressaltar que, altos valores de CEC em que os dois parentais tenham baixa CGC não são de interesse, pois embora haja contraste, não ocorre uma boa concentração de alelos favoráveis no híbrido, que terá um desempenho ruim.

Nota-se que não houve coincidência entre os cruzamentos mais indicados para rendimento de grãos e tolerância ao complexo enfezamento, no entanto, mesmo com sintomas de enfezamento, existem materiais que conseguem exibir uma elevada produtividade. Também é preciso considerar que, materiais infectados tardiamente recebem uma menor nota para severidade de enfezamento, mas o enchimento de grãos não é tão afetado como aqueles com infecção precoce. No entanto, vários materiais com maior CGC para enfezamento na primeira safra participam dos melhores cruzamentos indicados para rendimento de grãos na segunda safra (materiais 4, 7 e 12) e primeira safra (materiais 4 e 11). Isso poderá contribuir para aumentar a concentração de alelos para tolerância ao enfezamento nos futuros híbridos oriundos de futuras linhagens dos respectivos cruzamentos. Como as diferenças entre as CEC para enfezamento não foram significativas, elas não devem ser consideradas neste caso.

Tabela 6 - Capacidades específicas de combinação para enfezamento (nota) e rendimento de grãos (kg ha⁻¹), nos ambientes de primeira safra e segunda safra. (continua)

Pai 1*	Pai 2*	Enfezamento		Rendimento de grãos	
		2 ^a safra	1 ^a safra	2 ^a safra	1 ^a safra
1	1	-0,201	-0,403	-1,234	-0,44
1	2	-0,178	0,139	0,543	0,246
1	3	0,008	0,091	0,079	-0,15
1	4	0,096	0,082	0,416	0,56
1	5	-0,177	0,228	0,344	0,341
1	6	-0,049	0,236	0,138	0,521
1	7	0,147	0,074	0,4	0,187
1	8	0,056	0,157	-0,312	-0,429
1	9	-0,016	0,075	0,331	-0,177
1	10	0,066	-0,285	0,27	-0,24
1	11	0,27	0,029	0,002	0,106
1	12	0,178	-0,02	0,258	-0,085
2	2	-0,138	-0,297	-1,889	-1,263
2	3	-0,007	-0,223	0,205	0,802
2	4	0,026	0,191	0,245	0,381
2	5	0,018	0,093	-0,033	-0,213
2	6	0,082	0,261	0,382	0,067
2	7	-0,27	-0,069	0,361	0,116
2	8	0,114	0,219	0,464	0,177
2	9	0,079	0,249	0,57	0,131
2	10	0,216	0,079	0,803	0,369
2	11	0,245	-0,036	-0,402	-0,013
2	12	-0,049	-0,311	0,639	0,464
3	3	-0,012	-0,073	-0,986	-0,289
3	4	-0,035	-0,332	0,098	-0,292
3	5	-0,03	-0,008	0,401	-0,168
3	6	0,041	0,03	0,193	-0,394
3	7	0,086	-0,315	0,535	-0,252
3	8	0,051	0,158	-0,004	0,422
3	9	-0,212	0,391	0,061	0,051
3	10	0,018	0,136	0,547	0,661
3	11	-0,018	0,098	0,095	0,254
3	12	0,122	0,121	-0,24	-0,355
4	4	0,091	-0,269	-1,32	-1,294
4	5	-0,3	0,315	0,143	0,559
4	6	-0,039	0,391	0,465	-0,572
4	7	0,097	-0,376	-0,298	0,05
4	8	0,051	0,216	0,715	0,176
4	9	0,041	-0,026	-0,22	0,203
4	10	0,076	0,187	0,854	1,003

Nota: *1 - AGROMEN 30A91; 2 - DKB390; 3 - JM2M90; 4 - IVF5xIVD8; 5 - AG9010; 6 - P30F35; 7 - DKB350; 8 - DOW2B710; 9 - 8Fx9D; 10 - 60XB14; 11 - AG8088; 12 - XB6010.

Tabela 6 - Capacidades específicas de combinação para enfezamento (nota) e rendimento de grãos (kg ha⁻¹), nos ambientes de primeira safra e segunda safra. (conclusão)

Pai 1*	Pai 2*	Enfezamento		Rendimento	
		2ª safra	1ª safra	2ª safra	1ª safra
4	11	-0,03	0,159	0,297	-0,374
4	12	-0,165	-0,27	-0,075	0,893
5	5	0,224	0,162	-1,339	-1,355
5	6	0,245	0,075	0,721	0,354
5	7	0,206	0,088	0,025	0,898
5	8	0,01	-0,135	0,345	0,385
5	9	-0,032	-0,447	0,088	0,109
5	10	-0,505	-0,117	-0,393	-0,014
5	11	0,044	-0,262	0,697	0,295
5	12	0,074	-0,154	0,34	0,166
6	6	0,001	-0,792	-1,345	-0,869
6	7	-0,333	0,379	0,245	0,578
6	8	0,024	-0,089	0,038	0,034
6	9	-0,169	0,107	0,468	0,343
6	10	-0,114	0,009	0,284	0,428
6	11	0,26	0,181	-0,221	-0,176
6	12	0,05	0,004	-0,023	0,556
7	7	0,005	0,049	-1,261	-0,571
7	8	-0,113	0,059	0,154	-0,014
7	9	0,132	0,155	0,78	0,095
7	10	0,086	-0,208	0,683	-0,145
7	11	0,056	0,062	-0,007	-0,369
7	12	-0,104	0,052	-0,356	0,01
8	8	-0,109	-0,136	-0,775	-0,813
8	9	-0,216	-0,616	0,115	0,654
8	10	0,118	0,26	-0,479	-0,614
8	11	-0,025	-0,191	-0,194	0,517
8	12	0,148	0,235	0,707	0,319
9	9	0,049	-0,137	-2,025	-1,187
9	10	0,118	0,21	0,602	0,283
9	11	0,095	-0,085	0,817	0,584
9	12	0,081	0,26	0,44	0,1
10	10	0,098	-0,165	-2,035	-1,282
10	11	-0,213	-0,03	0,143	0,754
10	12	-0,06	0,088	0,754	0,08
11	11	-0,339	0,042	-0,86	-0,943
11	12	-0,006	-0,008	0,491	0,309
12	12	-0,135	0,001	-1,468	-1,223

Nota: *1 - AGROMEN 30A91; 2 - DKB390; 3 - JM2M90; 4 - IVF5xIVD8; 5 - AG9010; 6 - P30F35; 7 - DKB350; 8 - DOW2B710; 9 - 8Fx9D; 10 - 60XB14; 11 - AG8088; 12 - XB6010.

Fonte: Próprio autor.

Para enfezamento, na segunda safra, os maiores valores de heterose ocorreram para os híbridos 10, 20, 50, 60, 6, 11, 17, 19, 62 e 66 (Tabela 7). Para heterobeltiose os híbridos 10, 20, 50, 60, 30, 11, 15, 17, 63 e 66 foram superiores. Na primeira safra se destacaram os híbridos 32, 5, 15, 46, 48, 50, 49, 24, 27 e 1 (heterose) e 5, 7, 36, 13, 1, 8, 27, 32, 18 e 4 (heterobeltiose). No entanto, os valores de heterose e heterobeltiose são bem menores que os valores para rendimentos de grãos, refletindo a baixa importância da CEC para o complexo de enfezamento. Silveira *et al.*, (2008), em dois experimentos realizados em Jaboticabal – SP, demonstraram que sempre devemos verificar os efeitos da heterose para a escolha de combinações específicas que contribuam no aumento da resistência ao complexo de enfezamento. Trabalhos que abrangem o estudo da heterose têm revelado que este fenômeno pode ser demonstrado pelo grau de divergência entre os parentais e a presença de dominância no controle da característica em análise (SILVA, 2015; MIRANDA FILHO; NASS, 2001).

Os dez melhores valores de heterose para rendimento de grãos foram encontrados nos híbridos 39, 18, 48, 19, 21, 36, 15, 61, 23 e 32 para segunda safra. Para heterobeltiose os melhores foram 39, 18, 21, 63, 23, 32, 19, 48, 61 e 15 (Tabela 7). Na primeira safra os maiores valores de heterose ocorreram nos híbridos 31, 36, 38, 40, 13, 41, 42, 39, 57 e 21. Para heterobeltiose os maiores valores ocorreram para os híbridos 38, 21, 63, 13, 36, 51, 45, 60, 35 e 57. Doná *et al.*, (2011) em estudo realizado em Campinas, Mococa e Palmital, com oito populações F₂ de milho, encontraram significância para a heterose das populações, demonstrando que as mesmas possuem divergência genética suficiente para aplicação do melhoramento genético visando obtenção de híbridos. Estes resultados concordam com os encontrados por Paterniani *et al.*, (2010), que avaliaram 56 híbridos de populações F₂, oriundos de dialelos completos entre 16 populações F₂ híbridos comerciais, encontrando altos valores de heterose média, demonstrando que estes híbridos possuem grande potencial para serem utilizados como híbridos comerciais.

Na segunda safra, as médias de enfezamento foram classificadas apenas em um grupo pelo teste de Scott-Knott e na primeira ocorreram apenas dois grupos (Tabela 8). Embora isso seja devido à maior pressão da doença na primeira safra, verifica-se uma grande uniformidade na tolerância à doença nos materiais avaliados. No entanto, os híbridos com as melhores médias para enfezamento (Tabela 8), apresentaram médias similares às das testemunhas comerciais (Tabela 3) em ambas as safras.

Tabela 7 - Valores de heterose (h -%) e heterobeliose (h_b - %) para enfezamento e rendimento de grãos para os cruzamentos (C) entre gerações F₂. (continua)

Híbrido	C*	2 ^a safra				1 ^a safra			
		Enfezamento		Rendimento		Enfezamento		Rendimento	
		h	h _b	h	h _b	h	h _b	h	h _b
1	1x2	-0,17	-1,84	97,34	60,94	10,04	6,94	28,10	15,53
2	1x3	2,17	-0,32	63,44	15,57	6,76	3,85	4,62	-2,11
3	1x4	2,79	-2,58	82,66	41,13	8,41	3,66	36,39	23,56
4	1x5	-3,50	-8,08	83,80	34,91	7,25	5,52	36,34	7,33
5	1x6	0,98	-1,49	73,11	27,55	19,27	9,09	28,73	21,59
6	1x7	4,61	0,82	62,29	61,98	4,91	-2,32	15,66	13,41
7	1x8	4,00	0,97	24,34	16,37	9,13	7,72	4,88	-1,91
8	1x9	1,13	-1,88	89,91	56,23	7,32	6,87	16,32	4,73
9	1x10	2,19	-2,27	78,46	63,40	-0,03	-3,90	14,55	12,93
10	1x11	10,47	9,62	38,93	36,59	4,14	-2,36	18,05	15,89
11	1x12	6,54	3,11	74,78	41,89	3,60	-2,29	17,50	15,70
12	2x3	1,27	-0,46	118,81	81,14	-0,75	-0,95	37,36	16,70
13	2x4	0,91	-2,80	118,80	103,8	9,29	7,37	47,50	46,87
14	2x5	-0,46	-3,62	108,77	81,74	3,23	1,95	36,77	17,17
15	2x6	2,81	2,00	136,79	107,1	18,04	5,14	30,92	24,55
16	2x7	-3,77	-5,71	89,90	54,92	1,05	-3,42	25,84	11,47
17	2x8	4,42	3,08	76,32	36,51	9,05	4,59	33,54	28,32
18	2x9	2,30	0,92	149,60	146,4	9,62	6,04	39,07	38,72
19	2x10	4,33	1,43	142,89	113,6	6,12	4,82	42,73	30,23
20	2x11	9,22	8,16	44,15	15,88	1,75	-2,03	27,32	12,89
21	2x12	1,63	0,00	139,61	138,1	-3,14	-6,18	44,48	59,27
22	3x4	-1,32	-3,28	98,62	75,00	-3,17	-4,96	11,79	-4,63
23	3x5	-2,44	-3,89	134,08	120,1	-1,06	-2,20	17,55	-11,87
24	3x6	0,85	-0,18	115,76	102,6	10,38	-1,60	4,20	-7,60
25	3x7	1,63	1,36	88,88	33,52	-5,77	-10,02	3,74	-1,06
26	3x8	2,04	1,59	42,41	-3,21	5,47	1,25	22,27	7,44
27	3x9	-4,20	-4,51	111,77	73,54	10,25	6,75	18,71	0,70
28	3x10	-0,45	-1,52	124,89	68,41	5,04	3,65	31,54	-9,15
29	3x11	2,95	0,23	53,13	7,03	2,18	-1,71	18,37	12,78
30	3x12	3,58	3,37	71,95	43,03	3,05	-0,28	8,76	0,25
31	4x5	-8,04	-8,52	109,89	95,31	7,32	4,24	62,82	4,63
32	4x6	-1,53	-4,50	133,40	118,4	20,22	5,54	13,86	8,83
33	4x7	0,87	-0,92	48,65	14,87	-4,98	-7,56	24,49	10,75

Nota: *1 - AGROMEN 30A91; 2 - DKB390; 3 - JM2M90; 4 - IVF5xIVD8; 5 - AG9010; 6 - P30F35; 7 - DKB350; 8 - DOW2B710; 9 - 8Fx9D; 10 - 60XB14; 11 - AG8088; 12 - XB6010.

Tabela 7 - Valores de heterose (h -%) e heterobeliose (h_b - %) para enfezamento e rendimento de grãos para os cruzamentos (C) entre gerações F₂. (conclusão)

Híbrido	C*	2 ^a safra				1 ^a safra			
		Enfezamento		Rendimento		Enfezamento		Rendimento	
		h	h _b	h	h _b	h	h _b	h	h _b
34	4x8	1,08	-1,40	78,68	31,66	8,55	2,46	33,79	29,18
35	4x9	-0,51	-2,84	92,22	77,05	3,59	-1,40	41,38	40,53
36	4x10	-0,33	-1,31	138,98	97,84	7,82	7,23	59,38	46,08
37	4x11	1,72	-2,93	66,37	26,82	5,14	3,05	18,59	5,61
38	4x12	-2,55	-4,72	85,29	73,64	-2,59	-3,93	55,82	71,08
39	5x6	2,40	-0,18	165,66	164,6	8,85	-1,94	46,31	20,32
40	5x7	1,63	0,35	68,39	23,58	-0,34	-5,78	53,20	18,85
41	5x8	-0,86	-2,78	65,61	16,45	-3,11	-5,93	46,98	21,88
42	5x9	-3,04	-4,81	120,20	89,62	-9,58	-11,45	46,39	25,50
43	5x10	-11,83	-12,23	75,27	36,93	-2,30	-4,58	39,01	10,45
44	5x11	1,87	-2,30	90,43	38,05	-7,06	-11,51	41,33	9,72
45	5x12	0,54	-1,19	120,78	93,18	-4,59	-8,61	43,56	43,13
46	6x7	-6,17	-7,43	79,56	32,29	15,94	-0,64	31,04	21,45
47	6x8	1,43	0,83	51,17	6,66	8,80	0,60	22,98	21,62
48	6x9	-3,58	-4,22	145,44	112,4	13,27	3,94	37,51	30,58
49	6x10	-2,98	-5,04	114,33	68,18	10,77	-2,29	37,35	0,12
50	6x11	8,11	6,23	44,20	4,93	11,92	-3,47	17,49	9,00
51	6x12	2,17	1,23	95,35	71,82	8,64	-5,81	39,82	46,04
52	7x8	-1,12	-1,86	41,32	31,91	2,03	-6,19	16,36	6,82
53	7x9	1,91	1,27	111,51	74,05	3,90	-3,69	24,41	10,03
54	7x10	0,63	-0,22	96,38	79,92	-2,82	-6,01	17,92	13,97
55	7x11	4,15	1,09	39,23	36,50	0,30	-0,41	8,60	8,54
56	7x12	-0,70	-1,22	47,06	19,41	0,51	-0,87	20,59	16,41
57	8x9	-3,42	-3,49	63,86	27,88	-10,31	-11,14	45,73	39,79
58	8x10	2,24	0,67	35,37	16,61	8,42	2,88	10,88	-19,71
59	8x11	3,74	1,42	21,61	15,46	-2,87	-10,07	33,74	22,89
60	8x12	4,95	4,62	78,02	37,25	6,08	-1,22	33,56	41,05
61	9x10	0,81	-0,62	134,67	108,4	7,36	2,73	39,57	27,14
62	9x11	4,51	-0,80	101,69	63,50	-0,74	-7,35	41,39	25,17
63	9x12	2,27	2,06	130,23	126,0	6,56	0,05	34,07	47,98
64	10x11	-1,71	-5,35	64,44	48,08	0,59	-1,99	42,87	38,22
65	10x12	-0,74	-2,05	130,13	101,3	3,25	-0,09	31,73	31,41
66	11x12	4,34	1,69	75,48	40,42	-0,53	-1,16	31,99	27,56

Nota: *1 - AGROMEN 30A91; 2 - DKB390; 3 - JM2M90; 4 - IVF5xIVD8; 5 - AG9010; 6 - P30F35; 7 - DKB350; 8 - DOW2B710; 9 - 8F_x9D; 10 - 60XB14; 11 - AG8088; 12 - XB6010.

Fonte: Próprio autor.

Tabela 8 - Teste de Scott-Knott com os valores de médias do complexo de enfezamento (nota) e rendimento de grãos ($t\ ha^{-1}$) para primeira e segunda safra. (continua)

Segunda safra				Primeira safra			
Enfezamento		Rendimento		Enfezamento		Rendimento	
Híbrido	Média	Híbrido	Média	Híbrido	Média	Híbrido	Média
20	5,73 a	54	4,75 a	37	5,58 a	64	6,22 a
60	5,72 a	19	4,70 a	13	5,57 a	36	6,15 a
70	5,72 a	53	4,60 a	36	5,57 a	38	6,01 a
50	5,72 a	61	4,59 a	73	5,49 a	12	5,80 a
10	5,70 a	62	4,48 a	32	5,48 a	66	5,74 a
19	5,69 a	65	4,43 a	55	5,47 a	62	5,63 a
40	5,68 a	36	4,35 a	46	5,46 a	51	5,62 a
30	5,67 a	9	4,33 a	56	5,44 a	29	5,61 a
33	5,67 a	6	4,29 a	77	5,41 a	21	5,54 a
71	5,66 a	1	4,27 a	31	5,41 a	65	5,53 a
39	5,65 a	18	4,22 a	65	5,41 a	59	5,53 a
58	5,65 a	60	4,17 a	3	5,38 a	19	5,48 a
36	5,65 a	17	4,15 a	19	5,38 a	46	5,48 a
34	5,64 a	8	4,14 a	6	5,36 a	40	5,36 a
11	5,64 a	16	4,09 a	1	5,36 a	61	5,35 a
76	5,61 a	64	4,06 a	66	5,35 a	3	5,35 a
17	5,61 a	52	4,01 a	63	5,34 a	26	5,34 a
54	5,60 a	34	4,00 a	78	5,34 a	60	5,32 a
25	5,60 a	21	3,98 a	27	5,34 a	57	5,27 a
45	5,59 a	57	3,89 b	30	5,33 a	5	5,27 a
53	5,59 a	63	3,87 b	34	5,32 a	56	5,25 a
63	5,58 a	66	3,85 b	29	5,32 a	10	5,22 a
55	5,58 a	44	3,78 b	28	5,32 a	13	5,16 a
26	5,58 a	11	3,76 b	18	5,31 a	54	5,14 a
61	5,58 a	10	3,74 b	64	5,30 a	63	5,14 a
3	5,57 a	55	3,74 b	16	5,30 a	6	5,12 a
62	5,57 a	3	3,74 b	20	5,30 a	20	5,08 a
6	5,57 a	28	3,71 b	53	5,29 a	48	5,03 a
66	5,56 a	49	3,70 b	10	5,28 a	16	5,03 a
13	5,56 a	48	3,63 b	58	5,28 a	11	5,01 a
35	5,56 a	4	3,58 b	60	5,28 a	27	5,01 a
37	5,55 a	58	3,55 b	61	5,27 a	1	5,00 a
51	5,54 a	41	3,54 b	15	5,27 a	33	5,00 a
22	5,53 a	7	3,54 b	17	5,24 a	30	4,98 a
44	5,53 a	25	3,53 b	50	5,22 a	69	4,97 a
28	5,53 a	59	3,51 b	11	5,22 a	53	4,96 a
73	5,52 a	46	3,49 b	70	5,19 a	44	4,94 a
59	5,52 a	37	3,48 b	2	5,19 a	35	4,93 a
41	5,50 a	15	3,46 b	40	5,17 a	25	4,92 a

Tabela 8 - Teste de Scott-Knott com os valores de médias do complexo enfezamento (nota) e rendimento de grãos (t ha⁻¹) para primeira e segunda safras. (conclusão)

Segunda safra				Primeira safra			
Enfezamento		Rendimento de grãos		Enfezamento		Rendimento de grãos	
Híbrido	Média	Híbrido	Média	Híbrido	Média	Híbrido	Média
29	5,50 a	13	3,41 b	54	5,16 a	50	4,91 a
18	5,50 a	5	3,38 b	5	5,16 a	55	4,90 a
65	5,50 a	39	3,31 b	4	5,16 a	9	4,89 a
69	5,49 a	40	3,26 b	52	5,15 a	34	4,87 a
7	5,49 a	47	3,24 b	76	5,13 a	2	4,87 a
15	5,49 a	42	3,24 b	38	5,13 a	17	4,84 a
47	5,49 a	45	3,19 c	35	5,12 a	18	4,83 a
9	5,48 a	20	3,18 c	14	5,11 a	52	4,82 a
24	5,48 a	56	3,15 c	7	5,10 a	45	4,80 a
21	5,47 a	32	3,15 c	33	5,08 a	15	4,80 a
78	5,47 a	2	3,06 c	26	5,06 a	37	4,75 a
12	5,47 a	74	3,04 c	8	5,06 a	22	4,74 a
32	5,46 a	14	3,04 c	51	5,03 b	47	4,68 a
14	5,46 a	33	3,03 c	62	5,01 b	43	4,65 a
75	5,45 a	35	3,03 c	49	5,01 b	4	4,65 a
56	5,45 a	12	3,03 c	21	5,01 b	39	4,63 a
38	5,45 a	43	3,01 c	68	5,01 b	41	4,60 a
74	5,44 a	27	2,97 c	69	5,00 b	24	4,59 a
23	5,44 a	26	2,94 c	12	4,96 b	8	4,54 a
2	5,42 a	29	2,93 c	25	4,94 b	28	4,52 a
52	5,42 a	50	2,88 c	22	4,93 b	73	4,51 a
42	5,39 a	38	2,87 c	9	4,93 b	77	4,50 a
72	5,38 a	51	2,84 c	24	4,92 b	23	4,38 a
8	5,35 a	31	2,81 c	43	4,90 b	42	4,36 a
49	5,33 a	77	2,74 c	71	4,89 b	67	4,33 a
64	5,31 a	23	2,73 c	23	4,89 b	7	4,25 a
68	5,30 a	67	2,65 c	45	4,88 b	49	4,22 a
5	5,30 a	73	2,64 c	48	4,88 b	76	4,21 a
57	5,26 a	24	2,53 c	59	4,87 b	32	4,19 a
27	5,24 a	22	2,52 c	39	4,80 b	14	4,08 a
31	5,23 a	30	2,36 c	44	4,79 b	72	3,85 a
48	5,22 a	76	2,20 c	67	4,73 b	74	3,77 a
16	5,21 a	75	1,71 d	75	4,69 b	31	3,67 a
4	5,20 a	68	1,67 d	47	4,64 b	70	3,51 a
1	5,20 a	78	1,65 d	74	4,61 b	68	3,48 a
77	5,20 a	70	1,44 d	41	4,60 b	75	3,47 a
67	5,12 a	72	1,25 d	42	4,33 b	58	3,38 a
46	5,11 a	71	1,24 d	57	4,17 b	78	3,35 a
43	4,97 a	69	1,10 d	72	3,92 b	71	2,29 a

Fonte: Próprio autor.

Para rendimento de grãos, na segunda safra, as médias, que variaram de 1,10 t ha⁻¹ a 4,75 t ha⁻¹, foram agrupadas em quatro conjuntos diferentes pelo teste de Scott-Knott, destacando-se os híbridos 54, 19, 53, 61, 62, 65, 36, 9, 6, 1, 18, 60, 17, 8, 16, 64, 52 e 34 como os mais produtivos.

Na primeira safra, apenas um conjunto foi formado, contrariando a significância do teste F para tratamentos (Tabela 3), embora o mais produtivo (6,22 t ha⁻¹) tenha diferido em 3,93 t do menos produtivo (2,29 t ha⁻¹). Com base apenas nessas médias fica prejudicada uma possível indicação de algum cruzamento entre gerações F₂ para ensaios de cultivo e uso, visando a sua exploração direta, mesmo as melhores médias (Tabela 8) sendo equivalentes à média das testemunhas (Tabela 3) em ambas as safras. Portanto, as considerações feitas com base na CGC dos parentais e CEC devem ser levadas em conta para isso. Também deve-se concentrar esforços em retirar linhagens para futuros híbridos, dos cruzamentos entre gerações F₂ mais promissores para isso, com base nas CGC dos parentais e CEC.

5 CONCLUSÕES

Para tolerância ao complexo de enfezamento e rendimento de grãos, o cruzamento (IVF5xIVD8) x 60XB14 é o mais indicado para ambas as safras, para início de um programa de melhoramento, visando extração de linhagens recíprocas com bom comportamento em cruzamentos.

Para rendimento de grãos, os híbridos (8Fx9D) x AG8088 e 60XB14 x XB6010 são os mais indicados para utilização na primeira e segunda safra de semeadura;

Os parentais DKB390, (IVF5xIVD8), 60XB14 e AG8088 são os mais indicados para formação de composto tolerante ao complexo de enfezamento em milho.

REFERÊNCIAS

- ALIVIZATOS, A. S. MARKHAM, P. G. Acquisition and transmission of corn stunt spiroplasma by in leafhopper vector *Dalbulus maidis*. **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v. 108, n. 3, p. 535-544, 1986a.
- ALIVIZATOS, A. S. MARKHAM, P. G. Multiplication of corn stunt spiroplasma in *Dalbulus maidis* and transpiration in vitro, following injection. **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v. 108, n. 3, p. 535-544, 1986b.
- ALLARD, R. W. **Princípio do Melhoramento Genético das Plantas**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 371p. 1967.
- ALTSTATT, G.E. A new corn disease in the Rio Grande Valley. **Plant Disease Reporter**, Washington, v. 29, p. 533-554, 1945.
- BERNINI, C. S.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z. Estimativas de parâmetros de heterose em híbridos de populações F2 de milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, p. 56-62, 2012.
- BISON, O.; RAMALHO, M. A. P. Potencial de híbrido simples de milho para extração de linhagens. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n.2, p. 348-355, 2003.
- BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 300p. 2001.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e de Abastecimento. **Empresa brasileira de pesquisa agropecuária**: sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA CNPS, 412 p.1999.
- BUENO, L. C. S, MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. **Melhoramento de Plantas**: princípios e procedimentos. Lavras: UFLA, 282p. 2001.
- BUSHING, R.W.; BURTON, V.E. Leafhopper damage to silage corn in California. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 67, p. 656-658, 1974.
- CENTURION, J. F. Balanço hídrico da região de Ilha Solteira. **Científica**, Jaboticabal, v. 10, n. 1, p. 57-61, 1982.
- CHEN, T.A.; GRANADOS, R.R. Plant pathogenic mycoplasma-like organism: maintenance in vitro and transmission to *Zea mays* L. **Science**, [s. l.], v.167, p.1633-1636, 1970.
- CHEN, T.A.; LIAO, C.H. Corn stunt spiroplasma: isolation, cultivation, and proof of pathogenicity. **Science**, [s. l.], v. 188, p.1015-1017, 1975.
- COCHRAN, W.G.; COX, C.M. Experimental designs. New York: John Wiley e Sons, 1957. 611 p.

COIMBRA, R. R.; MARTINS, E. C. A.; MIRANDA, G. V.; NAOE, L. K.; CARDOSO, E. A.; ARCHANGELO, E. R. Capacidade de combinação de genótipos de milho para solos com baixos níveis de fertilidade. **Revista ciência agrária**, Belém, n. 50, p. 23-33, 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: nono levantamento**. Brasília, DF: CONAB, 2020. v. 7, p. 1-66.

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**, Piracicaba, v. 4, p. 39-41, 1971.

COSTA, R. V.; CASELA, C. R.; COTA, L. V. Embrapa milho e sorgo. Cultivo do milho – doenças, 2009. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_5_ed/doencas.htm. Acesso em 23 de março de 2020.

CRUZ, C.D. **Programa Genes**: versão Windows, aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 648p. 2004.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 480 p. 2004.

CRUZ, C. D.; VENCOVSKY, R. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. **Revista Brasileira de Genética**, v.12, p.425- 438, 1989.

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**, [s. l.], v.176, p. 521-523, 1972.

DE LA ROSA, A.; DE LÉON, H.; MARTÍNEZ, G.; RINCÓN, F. Heterosis, habilidad combinatoria y diversidad genética em híbridos comerciales de maíz (*Zea mays* L.). **Agronomía Mesoamericana**, Alajuela, Costa Rica, v.11, n.1, p. 113-122, 2000.

DESTRO D.; MONTALVÀN, R. **Melhoramento genético de plantas**. Londrina: Ed. UEL, 749 p. 1999.

DONA, S.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; GALLO, P.B.; DUARTE, A. P. Heterose e seus componentes em híbridos de populações F₂ de milho. **Bragantia**, Campinas, v. 70, p. 767-774, 2011.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 360 p. 2000.

FERREIRA, E.A.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; SANTOS, F. M. C. Potencial de híbridos comerciais de milho para obtenção de linhagens em programas de melhoramento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, p. 304-311, 2010.

FUZATTO, S.R.; FERREIRA, D. F.; RAMALHO, M. A. P.; RIBEIRO, P. H. E. Divergência genética e sua relação com os cruzamentos dialélicos na cultura do milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 1, p. 22-32, 2002.

GARDNER, C. O.; EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of variety cross diallel and realated populations. **Biometrics**, Washington, v. 22, p. 439-52, 1966.

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

GRIFFING, J. B. A generalized treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. **Heredity**, London, v.10, p. 31-50, 1956a.

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

GROGAN, C. O.; ROSENKRANZ, E. E. Genetic of host reaction to corn stunt virus. **Crop Science**, Madison, v. 8, p. 251-254, 1968.

HALLAUER, A. R. Methods used in developing maize inbred lines. **Maydica**, Bergamo, v.35, n.1, p.1-16, 1990.

HALLAUER, A. R; CARENA, M. J.; MIRANDA FILHO, J. B. Quantitative genetics in maize breeding. New York: Springer, 2010. 663 p.

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.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Senso agropecuário 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuaria.html?=&t=o-que-e>. Acesso em 25 de março de 2020.

KEMPTHORNE, O.; CURNOW, R.N. The partial diallel crosses. **Biometrics**, Raleigh, v.17, n.2, p. 229-250, 1966.

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

LÁZARO, C. F2 y F3 de simples en la produccion de um hibrido comercial de maíz (*Zea mays* L.). **La Estanzuela**: Centro de investigaciones Agrícolas “Alberto Boerger”, 9p.1966.

LEE, I.M.; HAMMONS, R.W.; DAVIS, R.E.; GUNDERSEN, D.E. Universal amplification and analysis of pathogen 16S r DNA for classification and indentification of mycoplasmalike organisms. **Phytopathology**, St. Paul, v.83, n.8, p. 834-842, 1993.

LEGRAND, A. I.; POWER, A. G. Inoculation and acquisition of maize bushy stunt mycoplasma by its leafhopper vector *Dalbulus maidis*. **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v. 125, n. 1, p. 115-121, 1994.

LOBATO, P. N.; PINHO, R. G.; PINHO, E. V. R.; RAMALHO, M. A. P. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de híbridos duplos de milho utilizando a geração F1 e F2 de híbridos simples. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n.1, p. 8-18, 2005.

MACHADO, J. C. Estabilidade de produção e da capacidade de combinação em híbridos de milho. Lavras, 2007. 68p. Dissertação (Mestrado). **Universidade Federal de Lavras**. Lavras, 2007.

MAGALHÃES, P. C.; OLIVEIRA, E.; GOMIDE, R. L.; VASCONCELOS, C. A.; SOUZA, I. R. P. Aspectos fisiológicos de plantas de milho infectadas por mollicutes sob diferentes níveis de água no solo. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 13, n. 3, p. 293-301, 2001.

MARAMOROSCH, K. **Virology**. [S. l.: s. n.], 1958. v. 6. 448 p,

MARKHAM, P. G.; ALIVIZATOS, A. S. The transmission of corn stunt spiroplasma by natural and experimental vectors. **Proceedings**. Wooster: Ohio State University, Ohio Agricultural Research and development Center, p. 56-61, 1983.

MILHO. **A engenharia do híbrido**. [S. l.]: Revista 92, outubro 2005. Disponível em: https://www.revistarural.com.br/Edicoes/2005/artigos/rev92_milho.htm#top. Acesso em 25 de março de 2020.

MIRANDA FILHO, J. B.; GORGULHO, E.P. Cruzamentos com testadores e dialelos. *In*: NASS *et al.* (ed.). **Recursos genéticos e melhoramento**: plantas. Rondonópolis: Fundação MT, p.649-671, 2001a.

MIRANDA FILHO, J. B.; NASS, L. Hibridação no melhoramento. *In*: **Recursos genéticos e melhoramento de Plantas**. [S. l.: s. n.], 2001. p. 603-627.

MIRANDA FILHO, J. B.; VENCOSKY, R. The partial circulant diallel cross at the interpopulation level. **Genetic and molecular Biology**, [s. l.], v. 22, n. 2, 1999.

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

NAULT, L.R; KNOKE, J. K. Maize vectors. *In*: GORDON; D. T.; KNOKE; J. K.; SCOTT, G. E. Virus and viruslike disease of maize in the United States. **Wooster**: Ohio State University, p. 77-84, 1981.

NELSON, L. R.; SCOTT, G. E. Diallel analysis of resistance of corn (*Zea mays* L.) to corn stunt. **Crop Science**, Madison, v. 13, n. 2, p. 162-164, Mar/Apr. 1973.

OLIBONI, R. *et al.* Análise dialélica na avaliação do potencial de híbridos de milho para a geração de populações-base para obtenção de linhagens. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 7-18, 2013.

OLIVEIRA, E.; MAGALHÃES, P. C.; GOMIDE, R. L.; VASCONCELOS, C. A.; SOUZA, I. R. P.; SHAFERT, R. Growth and nutrition of mollicute infected maize. **Plant Disease**, St. Paul, v. 86, n. 9, p. 945-949, 2002.

OLIVEIRA, E.; OLIVEIRA, C. M. Doenças em milho: Mollicutes, vírus, vetores e mancha por *Phaeosphaeria*. **Embrapa informação tecnológica**. Brasília, DF: [s. n.], 2004. 276 p.

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.

PACHECO, C.A.P.; SILVA, A.R.; CASELA, C.R.; CARVALHO, H.W.L.; VASCONCELLOS, J.H.; TABOSA, J.N.; GUIMARÃES, L.J.M.; LIRA, M.A.; CARDOSO, M.J.; GUIMARÃES, P.E.O.; PARENTONI, S.N.; MEIRELLES, P.E.O. Desenvolvimento de híbridos não convencionais de milho. In: **congresso nacional de milho e sorgo**, 28; simpósio brasileiro sobre lagarta do cartucho, 4, 2010, Goiânia. Potencialidades, desafios e sustentabilidade: trabalhos e palestras. [Goiânia]: ABMS, 2010.

PATERNIANI, E. **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1978. 650 p.

PATERNIANI, M. E. A. G. Z. Use of heterosis in maize breeding: History, Methods and Perspectives. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, [s. l.], v. 1, n. 2, p. 159-178, 2000.

PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; BERNINI, C. S.; GUIMARÃES, P. S.; DONA, S.; GALLO, P. B.; DUARTE, A. P. Potencial produtivo e heterose de híbridos de populações F₂ de milho no Estado de São Paulo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, DF, v. 27, p. 29, 2010.

PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E. **Sementes de milho: nova safra, novas cultivares e continua a dominância dos transgênicos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 59 p.

SANTOS, F. M. C.; FERREIRA, E. A.; GALLO, P. B.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z. Análise dialéctica de híbridos simples de milho visando à obtenção de híbridos de F₂. **Revista Agrotecnologia**, Anápolis, v. 4, n. 1, p. 31 - 45, 2013.

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

SILVA, A. P. **Identificação de grupos heteróticos, entre gerações F₂ de híbridos simples de milho para segunda safra**. 2015. 40 f. Dissertação Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2015.

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

SILVA, R. M., MIRANDA-FILHO, J. B. Heterosis expression in crosses between maize populations: ear yield. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 3, p. 519-524, 2003.

SILVEIRA, F. T.; MORO, J. R.; SILVA, H. P.; OLIVEIRA, J. A.; PERECIN, D. Herança da resistência ao enfezamento em milho. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 12, p. 1717-1723, 2008.

SOUZA SOBRINHO, F.; RAMALHO, M. A. P.; SOUZA J. C. Alternatives for obtain ingdouble cross maize hybrids. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 1, p. 70-76, 2002.

SPRAGUE, G.F; TATUM, L.A. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. **Journal of American Society of Agronomy**, Madison, v.34, n.10, p.923-932, 1942.

TSAI, J. H.; FALK, B. W. Tropical maize pathogens and their associated insect vectors. *In*: HARRIS, K. F. **Advances in disease vector research**. New York: Springer, p. 177-201, 1988.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. Levantamento USDA da safra 2019/20. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/>. Acesso em 6 de abril de 2020.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. *In*: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G.P. [Ed.]. **Melhoramento e produção do milho**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, p.137-214, 1987.

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**, Londrina, v. 26, n. 1, p. 27-33, 1997.

WAQUIL, J.M. Levantamento e dano da cigarrinha-do-milho *Dalbulus maidis* (DeLong & Walcott) (Homóptera: Cicadellidae). *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 17. 1988, Piracicaba, **Resumos** [...] Sete Lagoas, EMBRAPA/CNPMS, 63 p. 1998.

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

Apêndice A – Fotos extras dos experimentos



Figura A1 - Área sendo preparada para semeadura direta.



Figura A2: Experimento em campo na fase de grãos leitosos.



Figura A3: Lavoura com sintomas severos do complexo enfezamento.



Figura A4: Plantas de milho saudáveis.



Figura A5 - Plantas com sintomas de enfezamento vermelho.



Figura A6: Plantas com sintomas de enfezamento pálido.