



RAFAELA PEREIRA AMARAL

**VALOR DE CULTIVO E USO DE HÍBRIDOS INTERVARIETAIS NA
CULTURA DO MILHO**

**LAVRAS - MG
2022**

RAFAELA PEREIRA AMARAL

**VALOR DE CULTIVO E USO DE HÍBRIDOS INTERVARIETAIS NA
CULTURA DO MILHO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Adriano Teodoro Bruzi
Orientador

Doutoranda Isadora Gonçalves da Silva
Coorientadora

**LAVRAS – MG
2022**

RAFAELA PEREIRA AMARAL

**VALOR DE CULTIVO E USO DE HÍBRIDOS INTERVARIETAIS NA
CULTURA DO MILHO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 19 de Setembro de 2022

Adriano Teodoro Bruzi UFLA

Isadora Gonçalves da Silva UFLA

Júlia Carvalho Costa UFLA

Prof. Dr. Adriano Teodoro Bruzi
Orientador

Doutoranda Isadora Gonçalves da Silva
Coorientadora

**LAVRAS – MG
2022**

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela presença forte e amiga em toda a minha vida.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) por todas as oportunidades, em especial, por oferecer um dos melhores ensinamentos do país e colocar diante dos alunos os profissionais apaixonados por ensinar que tive o prazer de chamar de professores.

Ao professor doutor Adriano Teodoro Bruzi, pela orientação e oportunidade.

À doutoranda Isadora Silva, pelos ensinamentos e suporte como minha Coorientadora.

Ao Grupo Pesquisa Soja, pela acolhida e apoio no desenvolvimento deste trabalho.

A todos os professores que contribuíram para ser quem sou e chegar onde estou.

À minha família, por fazer parte de mim, pelo amor incondicional e por todo apoio ao longo dos anos para que alcançasse meus objetivos, e principalmente à minha mãe, Eliane, por dedicar sua vida e seu trabalho à formação e educação de suas filhas.

Aos meus amigos. A vida é muito frágil sem amigos. Obrigada pela companhia em tantas memórias juntos e por compartilhar as dificuldades e comemorar comigo as alegrias.

RESUMO

O milho é o cereal mais produzido no mundo e está presente em todas as regiões do Brasil. Tal fato é decorrente da utilização de cultivares mais produtivas e com ampla adaptabilidade às regiões de cultivo. Nesse sentido, os programas de melhoramento genético têm trabalhado ao longo dos anos no desenvolvimento de cultivares superiores. Para registro de novos híbridos é necessário realizar experimentos de Valor de Cultivo e Uso (VCU). Deste modo, objetivou-se estudar o potencial agrônômico de híbridos intervarietais de milho em VCU em clima tropical de altitude. Os experimentos foram conduzidos nos municípios de Lavras, Ijaci e Ribeirão Vermelho, na safra 2021/2022. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados com três repetições. Foram avaliados dez híbridos intervarietais do programa de melhoramento genético de milho da Universidade Federal de Lavras e quatro cultivares comerciais de diferentes procedências como testemunhas. Avaliou-se altura de inserção de espiga, altura de planta, acamamento, quebraimento, dias para o florescimento feminino e masculino e produtividade de grãos. Os dados obtidos foram submetidos à análise individual por ambiente e posteriormente, análise conjunta com o emprego do software R. As testemunhas comerciais apresentam alta produtividade de grãos, menor inserção das espigas, porte baixo, tolerância ao acamamento e quebraimento, e precocidade. Os híbridos 1AB, 6AB, 3AB e 1CD da UFLA, também congregam características desejáveis. A maioria dos genótipos foram classificados com ângulo da folha médio, lâmina foliar recurvada, ângulo do pendão médio, cor do estigma presente e longo comprimento do pendão. Assim, pode-se inferir que o programa de melhoramento genético de milho da UFLA apresenta genótipos que podem ser recomendados como cultivares comerciais.

Palavras-chave: Cultivar, melhoramento genético, registro, *Zea mays*.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1 Aspectos gerais da cultura do milho.....	9
2.2 Morfologia e fenologia do milho	11
2.3 Experimento de valor de cultivo e uso (VCU) na cultura do milho.....	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1 Instalação e condução dos experimentos.....	13
3.2 Análise estatística	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	17
5. CONCLUSÕES.....	27
REFERÊNCIAS	28

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é considerado como uma das culturas agrícolas mais antigas e importantes, uma vez que está entre as espécies mais cultivadas do mundo, atingindo a produção de 1,219 bilhões de toneladas na safra 2021/2022 (USDA, 2022). A cultura contém alto valor energético e diversas possibilidades de uso, sendo de extrema importância tanto na alimentação direta, quanto na composição de inúmeros produtos industriais. Além de apresentar custo de produção relativamente baixo (BORÉM, GALVÃO E PIMENTEL, 2017).

O milho é um produto chave na segurança alimentar mundial e seu uso na alimentação animal é destino de grande parte da produção. Na alimentação humana, esse cereal é consumido a partir de seus derivados, mas pode ser consumido sem processamento. Possui grande importância na subsistência, em propriedades com baixa renda, na qual o consumo é realizado de forma direta, servindo como fonte de energia diária (ARTUZO et al., 2019).

Um dos maiores desafios atuais consiste em suprir a crescente demanda por alimento, energia, e outras cadeias de produção em que o milho é componente. Nesse sentido o Brasil é um importante contribuidor, devido a sua capacidade de produção agrícola de diversas cultivares, híbridos e variedades amplamente plantados em todo território nacional (CONAB, 2022).

Segundo Carbonell (2012) os programas de melhoramento genético no Brasil se iniciaram concentrados no Instituto Agronômico de Campinas (IAC) com foco no lançamento de cultivares de alto rendimento, resistência a pragas e, principalmente, alta adaptação às condições climáticas do estado de São Paulo. Nas últimas décadas, o melhoramento genético proporcionou o desenvolvimento de híbridos de alto potencial produtivo, atualmente, o mercado e os produtores de milho são fortes adeptos do uso de sementes híbridas de alta performance.

Verificou-se, que nos últimos anos, houve um acréscimo significativo dos híbridos simples, seguido dos híbridos duplos, triplos e por último das variedades (CRUZ et al., 2015) e toda essa magnitude produtiva da cultura do milho foi impulsionada pelos programas de melhoramento existente no Brasil e no mundo. O sucesso na agricultura brasileira se deve, consideravelmente, à obtenção de cultivares, que são resultado do trabalho de melhoristas e do financiamento por parte de agências públicas e privadas (RAMALHO, 2021). Com isto, a quantificação dos ganhos provenientes dos programas

de melhoramento sempre foi um dos maiores interesses dos pesquisadores. O desenvolvimento de um novo híbrido simples, duplo ou triplo e a produção de sementes para o mercado consumidor requer elevados investimentos e o custo de manutenção das linhagens é alto. Todos esses fatores refletem na agregação de valor das sementes híbridas, sendo economicamente inviável para produtores pequenos e pouco tecnificados sua aquisição.

Sob esse aspecto os híbridos topcrosses e híbridos intervarietais, advindo de cruzamentos de genótipos comerciais, são cultivares com características interessantes para a agricultura. Eles podem reunir o baixo custo de produção de sementes, visto que os genitores femininos produzem grande quantidade de sementes, e possuem bom desempenho produtivo, devido a heterose advinda do cruzamento entre genitores complementares (SOUZA SOBRINHO, 2002; SUMALINI, 2018;). Além disso, o uso de sementes com menor custo tem sido atrativo para o plantio de segunda safra, justificado pelas condições climáticas desfavoráveis nesse período e maior risco econômico (MONTEIRO et. al, 2017).

Outro fator impactante nos programas de melhoramento de plantas é a interação genótipo x ambiente, para seleção de cultivares mais produtivas e mais bem adaptadas à região de cultivo. A baixa produtividade em algumas regiões brasileiras pode ocorrer devido a fatores climáticos específicos, ou até mesmo, a adoção de cultivares não adaptadas às condições do ambiente (BORÉM, GALVÃO E PIMENTEL, 2017).

Portanto, nos programas de melhoramento de milho, é importante que as características de desenvolvimento e produção das novas cultivares seja validado por testes em múltiplos ambientes. Por isso, para o registro de novas cultivares é imprescindível a realização prévia dos ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU). Deste modo, objetivou-se estudar o potencial agrônômico de híbridos intervarietais de milho em VCU na região de clima tropical de altitude.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais da cultura do milho

O milho é uma espécie vegetal pertencente à família Poaceae, gênero *Zea*, espécie *Zea mays* L, originário da América Central (PINHO, SANTOS E PINHO, 2017). A planta foi historicamente importante em muitas civilizações, como incas, astecas e maias, tendo sido explorado e domesticado há milhares de anos. No Brasil, o cultivo deste alimento já fazia parte dos hábitos indígenas, mas após a chegada dos portugueses é que seu consumo cresceu no território nacional, principalmente pelos escravos e pessoas economicamente desfavorecidas (JUCÁ, 1991).

A base da nutrição humana e animal está intimamente relacionada com o consumo de cereais. Nesse sentido, o milho possui destaque significativo como o cereal mais produzido no mundo. Tal fato se dá pela importância reconhecida deste grão, devido ao seu alto valor nutricional, contendo quase todos os aminoácidos conhecidos e baixo custo. Além do uso direto, o milho é largamente utilizado como matéria-prima na fabricação de diversos produtos das indústrias química, farmacêutica, alimentícia e de bioenergia, somando mais de 3.500 formas de utilização (BORÉM, GALVÃO E PIMENTEL, 2017).

Originado nas Américas e consumido em todas as regiões do mundo, a produção de milho na safra 2021/2022 foi de 1,219 bilhões de toneladas, com Estados Unidos e China liderando o ranking de maiores produtores (USDA, 2022). O Brasil atualmente é o terceiro maior produtor de milho do mundo, com produção de 116 milhões de toneladas colhidas na safra 2021/2022 (USDA, 2022) e com produção estimada em 126 milhões de toneladas na safra 2022/2023 (USDA, 2022).

No cenário granífero brasileiro, a produção de milho é a segunda maior do país, excedida apenas pela produção de grãos de soja. A área plantada total na safra 2021/22 é estimada em 21 milhões de hectares. As regiões Centro-Oeste e Sul contribuíram com 15 milhões de hectares, enquanto para o Sudeste é atribuído 2,3 milhões de hectares (CONAB, 2022).

O plantio de milho no Brasil ocorre em todas as regiões, em até três safras. A primeira safra é semeada entre setembro e dezembro. O cultivo da segunda safra ou safrinha é iniciado entre janeiro e março, e apresenta índices maiores de área cultivada, produção e produtividade em relação às outras épocas de plantio. Segundo dados da CONAB (2022), a produção da segunda safra 2021/22 representa 79% da produção total

do ano, esse valor se deve aos benefícios associados à rotação de culturas, como aproveitamento dos insumos agrícolas, aumento da palhada e redução do ataque de pragas e doenças (PEREIRA, 2009). Além disso, regiões em que as condições climáticas são propícias, é possível fazer uma terceira safra com semeadura de abril a junho.

Essa diversificação de ambientes de cultivo do milho só foi possível devido ao melhoramento genético de plantas. Durante os anos, características desejadas pelo homem foram sendo selecionadas, para que a planta atendesse às suas necessidades, ainda assim, o milho apresenta grande variabilidade genética (PATERNIANI, 1995). O uso da diversidade genética é importante para obtenção de cultivares com os atributos agronômicos de interesse, como incremento na produtividade, resistência a estresses bióticos e abióticos, entre outros (SBMP, 2018).

O melhoramento genético do milho teve início com o trabalho realizado por George Harrison Shull (1909). Ele restaurou o vigor de plantas autofecundadas por meio do processo de hibridização vindo da polinização aberta. Então foi sugerido que várias autofecundações fossem feitas para alcançar a homozigose das variedades e em sequência realizar o cruzamento de duas variedades em homozigose (linhagem) para se restaurar o vigor e produtividade, através dos híbridos simples. Esse método tem o objetivo de aproveitar melhor a heterose na geração F_1 .

No entanto, devido à baixa produtividade das linhagens, a produção de sementes híbridas era inviável em escala comercial (CROW, 1998), foi então que Jones (1918) desenvolveu os híbridos duplos, partidos do cruzamento de dois híbridos simples. Essa nova estratégia de cruzamento permitia a obtenção de cultivares com maior estabilidade e variabilidade genética se comparada aos genitores. Porém, tinham menor uniformidade entre plantas e possivelmente menor produtividade. Apesar disso, permitia uma maior produção comercial de sementes, o que levou a adoção pelos agricultores americanos.

Além dos híbridos simples e duplos, foi desenvolvida a técnica do híbrido triplo, obtido pelo cruzamento de uma linhagem pura com um híbrido simples. Esses materiais possuem potencial produtivo intermediário aos híbridos simples e duplos, e bastante uniformidade, o que acaba elevando o custo da semente um pouco acima do híbrido duplo (SANTOS, 2009).

No Brasil, o milho híbrido foi introduzido em 1939, pelo trabalho do pesquisador C. A. Krug, do Instituto Agrônomo de Campinas (SAWAZAKI, E.; PATERNIANI, 2004). Em 1934 a Escola de Agricultura de Viçosa iniciou seus trabalhos com o melhoramento genético de milho (DRUMOND, 1965), a partir de 1947 esse trabalho

passou a ser adotado pelo instituto Agrônomo de Belo Horizonte (GROSZMANN, 1957; COIMBRA, 1962), além de outras instituições públicas e privadas, como a Agrocerec que acabou por se tornar uma grande empresa produtora de sementes de milho.

O avanço dos programas de melhoramento disponibilizou no mercado sementes de alto padrão e com excelentes produtividades. Desenvolver esses produtos requer investimentos elevados, que refletem no valor da semente (SOUZA SOBRINHO et al. 2002). O processo de desenvolvimento de híbridos envolve a escolha dos genótipos com maior heterose na produtividade, estáveis e adaptados a região de produção (BECKER; LÉON, 1988).

2.2 Morfologia e fenologia do milho

O milho é uma planta herbácea, anual, monóica, com ciclo completo de 105 a 180 dias nas condições de clima brasileiro. O cereal é classificado como fotossinteticamente eficiente (C4) e adaptado a diversos ambientes, graças às suas características botânicas e morfológicas. Possui raízes primárias, secundárias e adventícias, concentradas em sua maior parte, nos primeiros 20 cm abaixo da superfície do solo, tornando-o sensível a condições ambientais desfavoráveis (PINHO, SANTOS E PINHO, 2017).

Seu colmo é importante para dar estrutura à planta e contribui com até 50% dos fotoassimilados utilizados na fase de enchimento de grãos, sendo constituído por nós e entrenós (SOUZA FILHO, 2009). A altura da planta é mensurada até a última folha, denominada folha bandeira, e varia entre 1 e 4 metros.

As folhas são alternadas, lisas, lanceoladas e com cerosidade, com número variando de 10 a 25. Como característica da família que o milho é pertencente, a folha é formada por limbo, lígula, um par de aurículas e bainha que abraça o colmo. É a principal estrutura responsável pela produção de fotoassimilados na planta de milho (LIMA, 2010).

O milho apresenta inflorescência masculina do tipo panícula, formada por espiguetas com duas flores cada, responsáveis pela liberação do pólen. Na inflorescência feminina, representada pela espiga, cada flor tem um ovário, a partir do qual desenvolve-se o estilo-estigma, que juntos constituirão o “cabelo” do milho. Sua polinização é predominantemente cruzada, com apenas 2% de autofecundação (BARROS, 2014).

O grão é do tipo cariopse, típico de gramíneas, composto principalmente por amido, proteínas, fibras e óleo (PAES, 2006). É constituído por pedicelo, pericarpo,

embrião e endosperma. Além do mais, cerca de 85% da massa do grão é composto de amido (BRESOLIN E PONS, 1983).

Ao longo do desenvolvimento da cultura, a planta de milho pode apresentar ciclo vegetativo variado, por isso, com objetivo de desenvolver uma agricultura mais tecnificada, padronizada e científica, é de suma importância a utilização de escalas fenológicas para determinação correta do estágio fenológico da planta.

Seguindo a escala fenológica proposta por Ritchie et al (2007), os estádios de desenvolvimento da planta de milho são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Estádios vegetativos e reprodutivos de uma planta de milho

Estádios Vegetativos	Estádios Reprodutivos
VE – Emergência	R1 – Florescimento
V1 – Primeira folha	R2 – Grão leitoso
V2 – Segunda folha	R3 – Grão pastoso
V3 – Terceira folha	R4 – Grão farináceo
V6 – Sexta folha	R5 – Grão farináceo-duro
V9 – Nona folha	R6 – Maturidade fisiológica
V12 – Décima segunda folha	
V15 – Décima quinta folha	
V18 – Décima oitava folha	
VT – Pendoamento	

Ritchie, Hanway e Benson (2003).

2.3 Experimento de valor de cultivo e uso (VCU) na cultura do milho

Anteriormente ao lançamento de novos híbridos no mercado é necessário que a cultivar seja habilitada para produção, beneficiamento e comercialização de sementes e mudas através do Registro Nacional de Cultivares (RNC). Este é um mecanismo de organização e controle da produção e comercialização de sementes estabelecido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) por meio da Portaria n° 527, de 30 de dezembro de 1997, regido pela Lei n° 10.711, de 05 de agosto de 2003, e regulamentado pelo Decreto n° 10.586 de 18 de dezembro de 2020 (Brasil, 2022)

Para inscrição no RNC é imprescindível realizar ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) das novas cultivares, obedecendo critérios estabelecidos pelo MAPA. Para

avaliação das características agronômicas de cada genótipo, os ensaios de VCU precisam ser protocolados e registrados junto ao MAPA e cumprir uma série de exigências estabelecidas pelo órgão de acordo com a cultura (MAPA, 2020).

Seguindo os requisitos mínimos para determinação do VCU de milho, os ensaios devem ser realizados por dois anos ou duas safras em cada uma das regiões edafoclimáticas de interesse do detentor para futura comercialização das sementes. O delineamento experimental fica a critério do pesquisador responsável com um mínimo de duas repetições por local (MAPA, 2020). Como testemunhas do experimento, devem ser utilizadas duas cultivares já inscritas no RNC, no mínimo. A norma também menciona que só serão aproveitados os experimentos cujo coeficiente de variação (CV) seja inferior a 20%.

Nos ensaios de VCU, além da avaliação agronômica de cada genótipo, é necessário a determinação de uma série de características agronômicas, estabelecidas pela Portaria nº 294, de 14 de outubro de 1998, como altura de planta, altura de espiga, características do grão, estande final, diâmetro de espigas, peso de mil sementes (PMS), doenças e pragas, umidade dos grãos, produtividade, entre outros (MAPA, 2020).

A inscrição no RNC somente será realizada se, ao final das avaliações, o genótipo for caracterizado como uma nova cultivar, cuja definição pela Lei nº 10.711, de 05 de agosto de 2003 é “a variedade de qualquer gênero ou espécie vegetal superior que seja claramente distinguível de outras cultivares conhecidas, por margem mínima de descritores, por sua denominação própria, que seja homogênea e estável quanto aos descritores através de gerações sucessivas e seja de espécie passível de uso pelo complexo agroflorestal, descrita em publicação especializada disponível e acessível ao público, bem como a linhagem componente de híbridos”.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Instalação e condução dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos no ano agrícola 2021/22, em três cidades do estado de Minas Gerais. No município de Lavras-MG, no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária - Fazenda Muquém, da Universidade Federal de Lavras, situado a uma latitude de 21°12'11" S, longitude 44°58'47" W, altitude de 954 m e solo latossolo vermelho. Em Ijaci-MG, no Centro de Desenvolvimento e

Transferência de Tecnologia da UFLA – Fazenda Palmital, situada à latitude de 21°14'16" S, longitude 45°08'00" W, altitude de 920 m e solo latossolo amarelo. No município de Ribeirão Vermelho-MG, em propriedade particular situada à latitude de 21°10' S, longitude 45°04 W, altitude de 793 m e solo latossolo vermelho.

Foram avaliados dez híbridos intervarietais do programa de melhoramento genético de milho da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e utilizadas como testemunhas quatro cultivares comerciais (Tabela 2).

Tabela 2 – Identificação dos tratamentos e dos híbridos correspondentes. Universidade Federal de Lavras. Lavras/MG, 2022

Tratamento	Híbrido intervarietal
1	5AB
2	2AB
3	1AB
4	6AB
5	3AB
6	1CD
7	2CD
8	4CD
9	6CD
10	3CD
Testemunha	Cultivar
11	SUPER
12	SHS 7990
13	P 3858
14	P 3646

Fonte: Do autor (2022).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições, sendo cada parcela constituída por quatro linhas de quatro metros de comprimento, espaçadas em 0,6 m entre linhas. Foram colhidas as duas linhas centrais. O plantio foi realizado sob sistema de plantio direto (SPD). A abertura dos sulcos foi realizada mecanicamente e a sementeira foi realizada manualmente. Os tratos culturais foram realizados de acordo com o recomendado para a região e necessidade da cultura. Foram colhidas as duas linhas centrais e avaliados os seguintes caracteres:

- Altura de inserção da espiga (INS): altura média das espigas na parcela, medindo do nível do solo até a inserção da primeira espiga (espiga superior);
- Altura da planta (ALT): altura média das plantas na parcela, medindo do nível do solo até inserção da folha bandeira;
- Acamamento (ACAM): número de plantas acamadas;
- Quebramento do colmo (QUEBRA): número de plantas com dano de quebramento;
- Produtividade de grãos (PROD): valor em quilogramas por hectare, após correção para 13% de umidade;
- Dias para o florescimento feminino (DPFF): somatório do número de dias da germinação até 50% das plantas exibindo estilo-estigma;
- Dias para o florescimento masculino (DPFM): somatório do número de dias da germinação até 50% das plantas liberando pólen.
- Ângulo entre a lâmina foliar e o caule, medido logo acima da espiga superior: pequeno, médio, grande;
- Comportamento da lâmina foliar acima da espiga superior: reta, recurvada, fortemente recurvada
- Comprimento da haste principal do pendão, medido entre o ponto de origem e o ápice da haste central: curto, médio e longo;
- Ângulo entre a haste principal do pendão e a ramificação lateral, no terço inferior do pendão: pequeno, médio e grande.
- Coloração do estigma pela antocianina: ausente, presente;

3.2 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise individual pelo modelo um, a fim de realizar à análise de normalidade dos resíduos com base no teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965) e a detecção da homogeneidade da variância, conforme o teste F máximo (HARTLEY, 1950).

(1)

$$y_{ijk} = \mu + \beta_k + \theta_i + \varepsilon_{ij}$$

Em que:

y_{ijk} : Valor observado para a característica analisada no genótipo i no bloco k ;

μ : constante associada a todas as observações, assumido como fixo;

β_k : efeito do bloco k , assumido como fixo;

θ_i : efeito do genótipo i , assumido como fixo;

ε_{ij} : efeito do erro associado a observação do genótipo i no bloco j , assumido como fixo.

Após a detecção da homogeneidade das variâncias residuais, a análise conjunta para os ambientes foi realizada conforme o modelo da equação dois.

(2)

$$y_{ijk} = \mu + \beta/\alpha_{kj} + \alpha_j + \theta_i + \theta\alpha_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Em que:

y_{ijk} : Valor observado para a característica analisada no genótipo i no bloco k para o local j ;

μ : constante associada a todas as observações, assumido como fixo;

θ_i : efeito do genótipo i , assumido como fixo;

α_j : efeito do ambiente j , assumido como fixo;

$\theta\alpha_{ij}$: efeito da interação entre o genótipo i no local j , assumido como fixo;

β/α_{kj} : efeito do bloco k dentro do ambiente j , assumido como fixo;

ε_{ijk} : efeito do erro associado a observação do genótipo i no bloco k no local j , assumido como aleatório.

As estimativas de coeficiente de variação foram obtidas por:

$$CV = \frac{\sqrt{\sigma_E^2}}{\bar{X}} \times 100$$

em que:

CV : coeficiente de variação experimental expresso em porcentagem;

σ_E^2 : variância ambiental;

\bar{X} : média fenotípica geral

Todas as análises foram realizadas nos softwares Genes (CRUZ, 2013) e R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2018), utilizando os pacotes ExpDes.pt (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2021) e stats.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O resumo da análise de variância para todos os caracteres avaliados referentes a análise conjunta dos híbridos e testemunhas, de todos os ambientes avaliados, está apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Resumo da análise de variância conjunta dos três ambientes avaliados, para os caracteres altura de inserção da espiga em cm (INS), altura de planta em cm (ALT), índice de acamamento (ACAM), quebramento de colmo (QUEBRA), produtividade em kg ha⁻¹ (PROD), dias para o florescimento masculino (DPFM) e dias para o florescimento feminino (DPFF). Universidade Federal de Lavras. Lavras/MG, 2022.

FV	GL	QM						
		INS	ALT	ACAM	QUEBRA	PROD	DPFM	DPFF
BL/AMB	6	348,78	11,26	29,64	43,95	4802446	0,87	0,52
AMB	2	8861,52**	11187,15**	173,82**	434,70**	49994079**	2314,91**	2540,45**
TRAT	13	979,50**	1782,49**	20,67**	211,21**	10759219**	13,66**	10,36**
AMB/TRAT	26	108,08 ^{ns}	266,19 ^{ns}	14,43 ^{ns}	56,53 ^{ns}	2139592 ^{ns}	2,56 ^{ns}	5,88 ^{ns}
CV%		7,45	5,26	110,63	61,70	17,11	2,11	2,07
Média		138,67	263,75	2,73	10,35	7508,91	69,53	72,14

** e * significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade ($p < 0,01$); ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$). CV: coeficiente de variação

Fonte: Do autor (2022).

Quando se avalia híbridos em etapas finais de um programa de melhoramento, isto é, experimentos de Valor de Cultivo e Uso (VCU), é fundamental que os mesmos sejam bem conduzidos e que apresentem alta precisão experimental. No presente estudo, como relatado, adotou-se como ferramenta para inferir sobre a precisão experimental o coeficiente de variação (CV) (PIMENTEL-GOMES, 1987).

O CV é considerado baixo quando inferior a 10%, médio ou de boa precisão de 10% a 20%, alto ou de baixa precisão de 20% a 30% e muito alto ou de baixíssima precisão quando superior a 30% (PIMENTEL GOMES, 1987). A precisão experimental associada à análise de variância conjunta, para os diferentes caracteres, variou de baixíssima a alta precisão de acordo com as estimativas do coeficiente de variação ambiental (CV%).

O coeficiente de variação (CV%) variou de 2,07% para dias para o florescimento feminino (DPFF) a 110,63% para acamamento (Tabela 3). Com base nos resultados, segundo Pimentel Gomes (2009), o CV% pode ser considerado baixo para os caracteres altura de inserção da espiga, altura de plantas, dias para florescimento masculino e feminino. Para o caráter produtividade o CV% classifica-se como médio (17,11%), atribuído ao fato de que este é um caráter muito influenciado pelo ambiente. Espera-se que, quanto mais complexo seja o controle do caráter, maior a influência ambiental e, portanto, mais elevadas serão as estimativas do CV (RESENDE; DUARTE, 2007). Com relação à variável acamamento e quebra de colmo, o alto CV% (110,63% e 61,70%) pode ser consequência da grande influência de fatores ambientais como vento e chuva sobre essas variáveis. (JIFAR *et al.*, 2017), sendo estas as possíveis explicações para a baixa precisão denotada neste caráter.

A fonte de variação Ambiente foi altamente significativa para todos os caracteres avaliados, fato este essencial para que se observe na manifestação fenotípica o efeito dos locais (Tabela 3). Do ponto de vista do melhoramento genético de plantas é essencial obter estimativas que demonstrem a influência do ambiente sobre os caracteres de estudo, pois a variação fenotípica de cada tratamento genético depende, além do efeito genético em si, do efeito do ambiente e da interação genótipos x ambientes (G x A). Quando os genótipos são avaliados em diversos locais, o efeito dos ambientes e genótipos x ambientes é estimado com maior precisão e, conseqüentemente, a contribuição do efeito genético para a variação fenotípica é mais preciso (ZAMBIAZZI *et al.* 2017).

A combinação de fatores previsíveis, como clima, tipo de solo e data de plantio e imprevisíveis, como pluviosidade, temperatura e espaçamento final da cultura, resultam no efeito ambiental (ALLARD; BRADSHAW, 1964). Ambos os fatores estão presentes nesse trabalho, pois os híbridos foram testados em locais distintos na região do Campo das Vertentes no estado de Minas Gerais. Os fatores imprevisíveis são particularmente importantes para experimentos de VCU, pois os híbridos devem ser testados em pelo menos dois anos agrícolas para se quantificar este efeito e minimizar os erros na recomendação de cultivares (KASTER; FARIAS, 2012).

Os genitores utilizados na geração dos híbridos intervarietais do presente trabalho, além de serem genótipos de bom desempenho agrônômico, são contrastantes, o que explica o bom desempenho dos híbridos observado neste estudo. Os genitores destacam-se pelo elevado potencial produtivo, além de apresentarem resistência à importantes doenças que acometem o milho.

Os genótipos utilizados para originar a população base avaliadas nesse estudo foram derivados de híbridos simples comerciais pelo intercruzamento de plantas da geração F₁. Os genótipos, populações do programa de melhoramento da UFLA são UFLA A, UFLA B, UFLA C e UFLA D, obtiveram melhor performance híbrida os cruzamentos da população UFLA A com UFLA C e UFLA C com UFLA D (COSTA, 2022).

Observou-se diferença significativa entre híbridos para todos os caracteres avaliados (Tabela 3), este fato pode ser explicado pelas diferenças genéticas entre as testemunhas e híbridos testados que possuem histórico genético distinto. Para os caracteres analisados, a interação Genótipo x Ambiente foi não significativa (Tabela 3), indicando que o comportamento dos genótipos foi coincidente nos diferentes ambientes.

Obter informações a respeito da interação genótipos por ambientes é oportuno, uma vez que o melhorista de plantas isola os componentes, e permite realizar tarefas importantes como a seleção, descarte e recomendação de genótipos superiores devido a efeitos genéticos e não ambientais (SILVA, 2022; GESTEIRA *et al.*, 2018; PEREIRA *et al.*, 2010).

Verifica-se que a variação fenotípica de cada tratamento genético depende do fator genético em si, do efeito do ambiente e da interação G x A. Portanto, do ponto de vista de melhoramento de plantas, é de crucial importância obter informações a respeito da influência do ambiente sobre o caráter em estudo. Com esta finalidade, a avaliação conjunta, envolvendo ambientes diversos, permite a estimação do componente da

variação da interação Genótipos por Ambientes (G x A). Desta forma, as médias ajustadas dos dez híbridos e quatro testemunhas são apresentadas na Tabela 4.

Com relação à ALT, foi observada diferença significativa entre os tratamentos, no qual a maior média obtida foi de 284,52 cm e a menor de 239,07 cm, sendo esses dois valores apresentados pela testemunha SHS 7990 e pelo híbrido 3CD, respectivamente. As informações denotam que, de acordo com o teste de Scott-Knott, as maiores estimativas de altura de plantas foram observadas pelos híbridos 4CD, 6CD e 3CD.

Tabela 4. Média geral para os caracteres inserção da espiga (INS) (cm), altura de planta (ALT) (cm), índice de acamamento (ACAMA) (número de plantas), quebra de colmo (QUEBRA) (número de plantas), produtividade (PROD) (kg ha^{-1}), dias para o florescimento masculino (DPFM) (dias) e dias para o florescimento feminino (DPFF) (dias) de dez híbridos e quatro testemunhas de milho avaliados em três ambientes agrícolas. Universidade Federal de Lavras. Lavras/MG, 2022.

Tratamento	Média Geral						
	INS	ALT	ACAMA	QUEBRA	PROD	DPFM	DPFF
5AB	138,92 b	268,89 b	2,87 b	8,85 b	6848,41 a	69,33 a	71,67 a
2AB	142,40 b	269,00 b	4,90 b	10,12 b	7181,83 b	72,22 c	74,44 c
1AB	141,48 b	266,89 b	3,62 b	11,09 b	7506,11 b	70,56 b	72,89 b
6AB	141,33 b	280,33 c	4,30 b	7,43 b	7730,28 b	70,00 b	72,22 a
3AB	148,26 c	266,67 b	4,89 b	9,18 b	7922,93 b	71,33 c	73,89 c
1CD	137,37 b	261,59 b	0,69 a	12,96 c	7790,67 b	68,22 a	70,89 a
2CD	139,26 b	257,41 b	3,01 b	17,00 c	7355,10 b	68,44 a	70,89 a
4CD	123,96 a	240,81 a	2,13 a	17,81 c	6042,36 a	68,56 a	71,56 a
6CD	121,15 a	246,56 a	3,13 b	9,68 b	6315,88 a	69,33 a	71,89 a
3CD	121,63 a	239,07 a	3,74 b	18,03 c	5412,54 a	67,78 a	71,78 a
SUPER	153,63 c	279,82 c	0,31 a	3,66 a	8578,70 c	69,33 a	72,44 a
SHS 7990	154,44 c	284,52 c	0,65 a	2,47 a	8460,97 c	69,11 a	71,33 a
P 3858	140,44 b	270,78 b	1,74 a	10,65 b	8621,69 c	69,00 a	71,22 a
P 3646	137,15 b	260,15 b	2,13 a	5,95 a	9357,26 c	70,22 b	72,89 b

Médias seguidas de letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste Scott-Knott (1974) ($P \leq 0,05$) na média dos ambientes.

Fonte: Do autor (2022).

Para o caráter altura de inserção da espiga, a maior média obtida foi de 154,44 cm e a menor de 121,15 cm, sendo o primeiro valor apresentado pela testemunha SHS 7990, e o último pelo híbrido 6CD. Com relação aos híbridos intervarietais, os valores variaram de 121,15 cm a 148,26 cm, correspondendo aos híbridos 6CD e 3AB, respectivamente. Apesar da variância significativa para esse caráter, os valores médios de altura são

próximos dos híbridos comerciais. Vale ressaltar que altura de plantas é altamente correlacionada à altura de inserção da espiga (PAZIANI *et al.*, 2009), sendo essas avaliações de suma importância no processo de seleção de genótipos superiores.

Quanto às produtividades médias de grãos dos genótipos, nos ambientes testados, as mesmas variaram de 5412,54 kg ha⁻¹ (híbrido 3CD) e 9357,26 kg ha⁻¹ (testemunha P 3646). A média geral foi de 7508,91 kg ha⁻¹. Com relação aos híbridos intervartetais, o híbrido 3AB se destacou como o mais produtivo (7922,93 kg ha⁻¹) enquanto o híbrido 3CD obteve o menor rendimento quando comparada aos demais (5412,54 kg ha⁻¹). Essa variação pode ser explicada tanto por questões ambientais como pelo desempenho dos genótipos (Tabela 4). Cargneluti *et al.* (2007) ao avaliarem 34 experimentos de milho, nos anos de 2002 a 2004 no estado do Rio Grande do Sul também verificaram variações na produtividade de milho em diferentes ambientes. Nos trabalhos de Faria (2016) e Garbuglio *et al.* (2007) também foram observadas respostas distintas na produtividade de grãos em híbridos de milho, quando submetidos ao cultivo em diferentes ambientes.

As diferentes respostas na produtividade de grãos em híbridos cultivados em diversos ambientes foram evidenciadas por diversos autores (ARGENTA *et al.* 2003, COSTA *et al.* 2010, CARDOSO *et al.* 2012, CARVALHO *et al.* 2014), que possibilita inferir a instabilidade do caráter. Fatores bióticos e abióticos expressam grande influência na produtividade dos grãos, como ataque de pragas e doenças, disponibilidade hídrica, temperatura, umidade do ar e irradiação solar (SOUZA, 2015).

É importante ressaltar que todos os genótipos avaliados, sejam eles híbridos do programa de melhoramento de milho da Universidade Federal de Lavras (UFLA) ou testemunhas comerciais, apresentaram rendimento superior à média nacional para a produtividade de grãos na safra 21/22, que foi de 5338 kg ha⁻¹ (CONAB, 2022).

Com relação ao ACAM, a maior média obtida foi de 4,90 e a menor de 0,31, sendo esses dois valores apresentados pelo híbrido 2AB e pela testemunha SUPER. Já com relação aos híbridos, as médias de notas variaram 4,90 a 0,69, correspondendo aos híbridos 2AB e 1CD, respectivamente.

Muito influenciado pela altura de plantas, o acamamento causa ruptura dos tecidos, interrompendo a vascularização do colmo, o que impede a recuperação da planta. Afeta a estrutura para transporte de água e nutrientes e, portanto, o rendimento e a qualidade dos grãos (ZANATTA, 1991). Assim, o acamamento assume importante papel na seleção de cultivares, uma vez que plantas acamadas inviabilizam a colheita mecanizada. A nota média de acamamento obtida nos experimentos foi de 2,73. Esse

valor é considerado totalmente apto à colheita mecanizada e não acarreta nenhum tipo de prejuízo à operação.

O acamamento e quebramento de colmo são fenômenos complexos, e sua expressão depende de fatores genéticos e fatores ambientais, tais como clima, do solo, das práticas culturais adotadas (CRUZ *et al.*, 2003) e de danos causados por pragas e doenças. Magalhães *et al.* 1998, ressaltou que o meio ambiente é um fator importante a ser considerado na quebra de colmo. No entanto, fatores bióticos ou abióticos também podem colaborar para um maior ou menor índice de quebramento do colmo. Por exemplo, a possibilidade do ataque da broca do colmo, *Diatraea saccharalis* (Magalhães *et al.*, 1994) e da podridão do colmo não pode ser ignorada. Além disso, a presença de ventos fortes e chuva (EASSON *et al.*, 1993), temperatura e insolação adequadas para altas taxas de crescimento são também fatores importantes para a ocorrência do quebramento. (MAGALHAES, 1998).

A alta influência desses fatores sobre o acamamento e quebra de colmo explica o elevado CV% observado para essas características. A maior média de quebra de colmo obtida foi de 18,03 e a menor de 2,47, sendo esses dois valores apresentados pelo híbrido 4CD e pela testemunha SHS 7990. Já com relação aos híbridos intervarietais, as médias das notas variaram de 18,03 a 7,43, correspondendo aos híbridos 4CD e 6AB, respectivamente.

Considerando que no Brasil é possível realizar mais de uma safra por ano agrícola, a adoção de cultivares precoces de milho possibilita que a planta conclua seu ciclo antecipadamente, evitando condições mais desfavoráveis como baixa disponibilidade hídrica e temperaturas médias inadequadas ao desenvolvimento vegetal, condições estas que afetariam de forma negativa a produtividade da planta de milho (MARTINS *et al.*, 2020). Assim, a utilização de cultivares de ciclo precoce e semiprecoce viabiliza a adoção do sistema de sucessão de culturas, sendo importante tanto do ponto de vista de conservação ambiental quanto do incremento da renda do produtor agrícola (SILVA *et al.*, 2021).

Para o caráter DPFF e DPFM, o híbrido 2AB caracteriza-se como o mais tardio e os híbridos 1CD e 2CD como os mais precoces. Maior diferença entre florescimento feminino e masculino foi observada para o genótipo 3CD (4 dias) e testemunha SUPER (3,11 dias). Os genótipos 2AB e 6AB e as testemunhas SHS 7990 e P3858 obtiveram, igualmente, o menor intervalo de florescimento (2,22 dias). Condições de estresse hídrico ou altas temperaturas podem aumentar o intervalo entre a antese e o desenvolvimento do

estilo-estigma (embonecamento), reduzindo a taxa de polinização e fecundação dos óvulos (HALL, 1982; WANG, 2019). Genótipos que apresentam menor intervalo de florescimento são mais tolerantes ao déficit hídrico (RICHARDS, 2006; NGUGI *et al.* 2013). Estes parâmetros permitem avaliar o comportamento das cultivares, considerando a seleção realizada, visando menor ciclo e maior tolerância a seca (SILVA *et al.*, 2021; COOPER, 2014).

Na Figura 2 são apresentados os resultados qualitativos referentes aos dez híbridos e quatro testemunhas avaliadas nesse estudo.

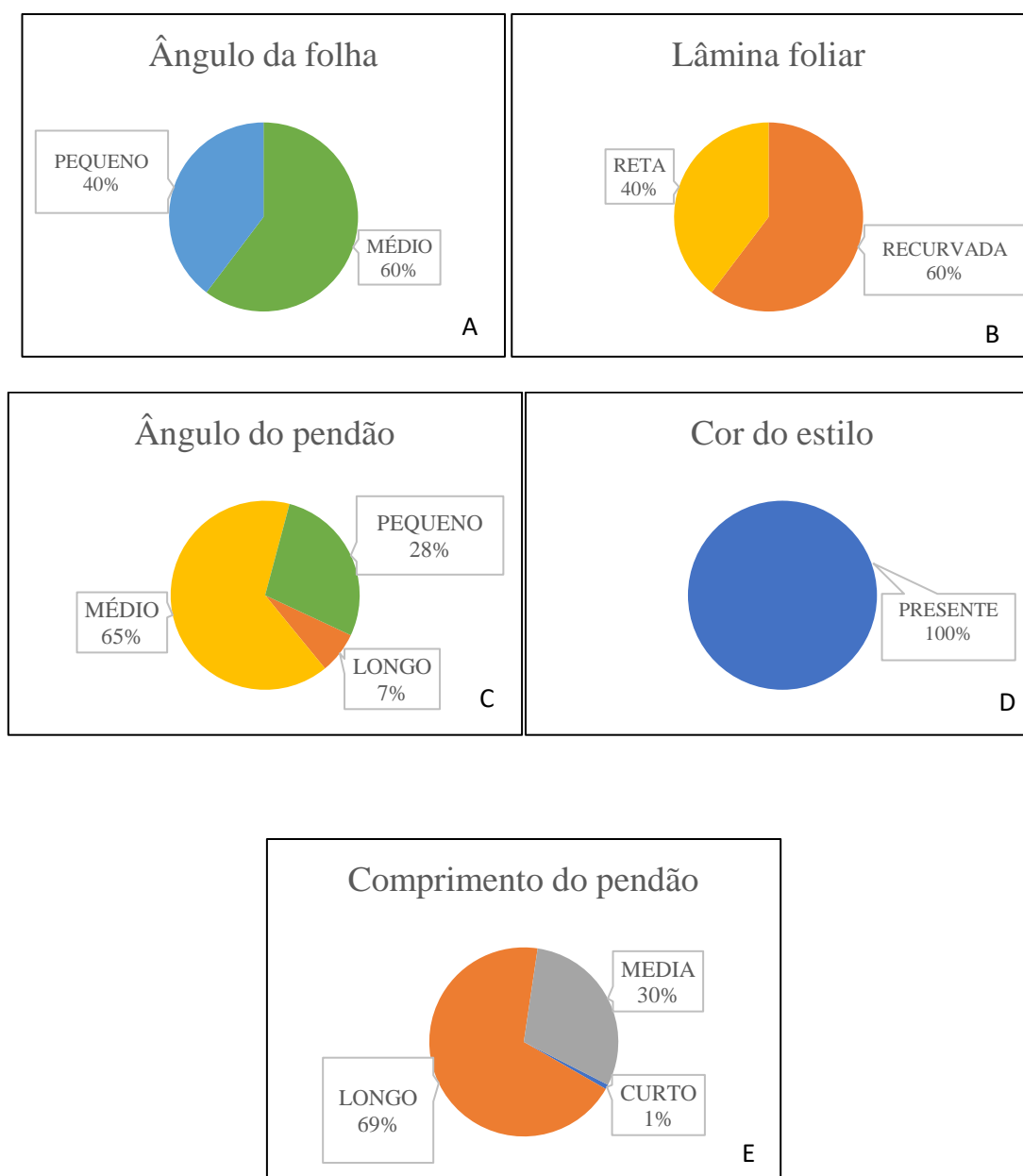


Figura 1. Representação gráfica do percentual de frequência das densidades dos caracteres (A) ângulo da folha, (B) lâmina foliar, (C) ângulo do pendão, (D) cor do

estilo e (E) comprimento do pendão de dez híbridos e quatro testemunhas de milho avaliadas em três ambientes agrícolas.

Fonte: Do autor (2022).

A maioria dos genótipos foram classificados com ângulo da folha médio, lâmina foliar recurvada, ângulo do pendão médio, cor do estigma presente e longo comprimento do pendão.

O maior ângulo foliar afeta negativamente a produtividade de grãos. Estudos sobre essa característica e sobre morfologia do pendão têm ganhado atenção de melhoristas que buscam adequar a densidade de plantas visando atingir maiores produtividades. O adensamento limita a incidência de radiação solar nas folhas, por isso procura-se em programas de melhoramento, cultivares com menor ângulo foliar, arquitetura de pendão ereta, com poucas ramificações (KU et al., 2010). A presença de folhas curtas e eretas contribuem para aumentar a eficiência de interceptação da radiação solar pela melhor distribuição da luz no dossel e, conseqüentemente, melhor capacidade fotossintética da planta. Segundo Fornasieri Filho (2007), genótipos que apresentam maior ângulo de folha e folhas decumbentes, necessitam de maior espaçamento entre linhas e menor densidade de plantas por área, no intuito de minimizar a competição por água, luz e nutrientes.

Características do pendão foram avaliadas por este ser um órgão considerado como forte dreno de recursos metabólicos da planta. Por isso, a produção de pendões de maior tamanho, demandam uma quantia maior de recursos para a planta. Plantas com pendões menores e menos ramificações, mas com produção de pólen suficiente para que ocorra o cruzamento adequado são visadas (DUVICK, 2005; FISCHER; EDMEADES, 2010). Segundo Edwards (2011), pendões mais longos impedem a passagem da radiação solar para o dossel da planta e atuam como dreno de fotoassimilados que poderiam ser utilizados para a produção de grãos. Ao longo dos anos, os programas de melhoramento selecionaram cultivares com número de ramificações, massa e comprimento do pendão menores, pois estes caracteres possuem correlação negativa com a produção de grãos (PATERNIANI et al., 2015).

A cor do estigma contribui para caracterização da cultivar. Pinho (1997) em seus estudos, observou que plantas provenientes de autofecundação apresentavam estilo-estigmas com coloração vermelha intensa, enquanto os das plantas híbridas apresentavam coloração esverdeada ou rosada. Os híbridos e testemunhas utilizados na realização do

experimento de VCU apresentaram presença de cor no estigma, o que não corrobora os resultados apresentados por Pinho (1997) em seus estudos.

5. CONCLUSÕES

O programa de melhoramento genético de milho da UFLA possui genótipos que podem ser recomendados como cultivares comerciais, por associarem boa produtividade e precocidade quando comparada as testemunhas comerciais.

Os híbridos intervarietais 2AB, 1AB, 6AB, 3AB, 1CD e 2CD destacam-se entre os genótipos avaliados e podem ser recomendados para o cultivo em região de clima tropical de altitude.

REFERÊNCIAS

ALLARD, ROBERT W.; BRADSHAW, ANDA D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding 1. **Crop science**, v. 4, n. 5, p. 503-508, 1964.

ARGENTA, GILBER *et al.* Potencial de rendimento de grãos de milho em dois ambientes e cinco sistemas de produção. **Scientia Agraria**, v. 4, n. 1, p. 27-34, 2003.

ARTUZO, FELIPE DALZOTTO *et al.* O potencial produtivo brasileiro: uma análise histórica da produção de milho. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 2, p. 515-540, 2019.

BARROS, JOSÉ FC; CALADO, José G. **A cultura do milho**. 2014.

BECKER, H. C.; LEON, Ji. Stability analysis in plant breeding. **Plant breeding**, v. 101, n. 1, p. 1-23, 1988.

BERNARDO, REX. Breeding for quantitative traits in plants. **Woodbury: Stemma press**, 2002.

BIANCHI, MARIANE CRISTINA *et al.* Heritability and the genotype× environment interaction in soybean. **Agrosystems, Geosciences & Environment**, v. 3, n. 1, p. e20020, 2020.

BRESOLIN, M.; PONS, A. L. Botânica do milho. **IPAGRO informa**, v. 26, p. 69-72, 1983.

BOLAÑOS, J.; EDMEADES, G. O. The importance of the anthesis-silking interval in breeding for drought tolerance in tropical maize. **Field crops research**, v. 48, n. 1, p. 65-80, 1996.

BORÉM, A.; GALVÃO, JCC; PIMENTEL, M. A. **Milho: do plantio à colheita**. atual. E ampl. Viçosa (MG): Ed. UVF, 2017.

CARBONELL, SÉRGIO AUGUSTO MORAIS; GUERREIRO FILHO, OLIVEIRO; SIQUEIRA, WALTER JOSÉ. Contributions of the Instituto Agronômico (IAC) for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 12, p. 15-24, 2012.

CARDOSO, MILTON JOSÉ *et al.* Identificação de cultivares de milho com base na análise de estabilidade fenotípica no Meio-Norte brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p. 346-353, 2012.

CARGNELUTTI FILHO, ALBERTO; STORCK, LINDOLFO. Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 17-24, 2007.

CARVALHO, IVAN RICARDO *et al.* Desempenho agronômico de híbridos de milho em ambiente irrigado e sequeiro. **Enciclopédia biosfera**, v. 10, n. 18, 2014.

COIMBRA, R. de O. **Melhoramento do milho no Instituto Agronômico do Oeste-MG**. 1962.

COOPER, MARK *et al.* Predicting the future of plant breeding: complementing empirical evaluation with genetic prediction. **Crop and Pasture Science**, v. 65, n. 4, p. 311-336, 2014.

COSTA, EMILIANO FERNANDES NASSAU *et al.* Interação entre genótipos e ambientes em diferentes tipos de híbridos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 1433-1440, 2010.

COSTA, JULIA CARVALHO. **Viabilidade da seleção simultânea para produtividade de grãos e qualidade fisiológica de sementes em milho**. Orientador: Adriano Teodoro Bruzi, 2022. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2022.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boletim de Monitoramento Agrícola**, Brasília, DF, v. 11, n. 06, Jun. 2022

CROW, JAMES F. 90 years ago: the beginning of hybrid maize. **Genetics**, v. 148, n. 3, p. 923-928, 1998.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 11 jul. 2013.

CRUZ, JOSÉ CARLOS; PEREIRA FILHO, I. A.; SIMÃO, E. de P. 478 cultivares de milho estão disponíveis no mercado de sementes do Brasil para a safra 2014/2015. **Embrapa Milho e Sorgo-Documentos** (INFOTECA-E), 2014.

CRUZ, PEDRO J. *et al.* Influência do acamamento sobre o rendimento de grãos e outros caracteres em trigo. **Revista brasileira de Agrociência**, v. 9, n. 1, p. 5-8, 2003.

DRUMOND, G.A. Melhoramento do milho na Agroceres. In: Reunião Brasileira de Milho, 6., 1995, Piracicaba. **Anais da VI Reunião Brasileira de Milho**. Piracicaba, 1965.

DUVICK, D. N. *et al.* Genetic progress in yield of United States maize (*Zea mays* L.). **Maydica**, v. 50, n. 3/4, p. 193, 2005.

EASSON, D. L.; WHITE, E. M.; PICKLES, S. J. The effects of weather, seed rate and cultivar on lodging and yield in winter wheat. **The Journal of Agricultural Science**, v. 121, n. 2, p. 145-156, 1993.

EDWARDS, JODE. Changes in plant morphology in response to recurrent selection in the Iowa Stiff Stalk Synthetic maize population. **Crop Science**, v. 51, n. 6, p. 2352-2361, 2011.

FARIA, SIRLENE VIANA DE. Adaptabilidade e estabilidade de híbridos comerciais de milho pelos métodos de Eberhart & Russell, centróide, **AMMI e Modelos Mistos**. 2016.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. ExpDes.pt: Pacote Experimental Designs (Portugues). **R package version 1.2.1**. 2021. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt>.

FISCHER, R. A.; EDMEADES, GREGORY O. Breeding and cereal yield progress. **Crop science**, v. 50, p. S-85-S-98, 2010.

FORNASIERI FILHO, DOMINGOS. **Manual da cultura do milho**. Funep, 2007.

GARBUGLIO, D.D. Implicações da interação G x A no melhoramento. In: **Melhoramento de milho**. Viçosa – MG. Ed UFV. 396p, 2018.

DE SIQUEIRA GESTEIRA, GABRIEL *et al.* Selection of early soybean inbred lines using multiple indices. **Crop Science**, v. 58, n. 6, p. 2494-2502, 2018.

GROSZMANN, A. **Dez anos de experimentação com milho híbrido no estado de Minas Gerais [Zea mays; Brasil]**. 1957.

HALL, A. J. *et al.* The effects of water stress and genotype on the dynamics of pollen-shedding and silking in maize. **Field Crops Research**, v. 5, p. 349-363, 1982.

HARTLEY, H. O. **The maximum F-ratio as a short cut test for homogeneity of variance**, **Biometrika**, 37, 308-312, 1950.

JIFAR, H. *et al.* Semi-dwarf tef lines for high seed yield and lodging tolerance in Central Ethiopia. **African Crop Science Journal**, [s.l.], v. 25, n. 4, p. 419, 2017.

JONES, DONALD FORSHA. The effect of inbreeding and crossbreeding upon development. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 4, n. 8, p. 246-250, 1918.

JUCÁ, JOSELICE. **Joaquim Nabuco: uma instituição de pesquisa e cultura na perspectiva do tempo**. Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 1991.

KASTER, MILTON; FARIAS, JOSÉ RENATO BOUÇAS. **Regionalização dos testes de Valor de Cultivo e Uso e da indicação de cultivares de soja-terceira Aproximação.** 2012.

KU, L. X. *et al.* Quantitative trait loci mapping of leaf angle and leaf orientation value in maize (*Zea mays* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, v. 121, n. 5, p. 951-959, 2010.

LIMA, TIAGO GERALDO DE *et al.* **Consequências da remoção do limbo foliar em diferentes estádios reprodutivos da cultura do milho em duas épocas de semeadura.** *Bragantia*, v. 69, p. 563-570, 2010.

MAGALHAES, P. C.; CRUZ, I.; DURAES, FOM. Efeito da broca-da-cana (*Diatrea Saccharalis*) no quebramento do colmo em milho. **Relatorio Tecnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo** 1992-1993, v. 6, p. 148-149, 1994.

MAGALHAES, PAULO CÉSAR; DURAES, FREDERICO OZANAN MACHADO; DE OLIVEIRA, A. C. **Efeitos do quebramento do colmo no rendimento de grãos de milho.** 1998.

MARTINS, INARA ALVES *et al.* Lactofen and kinetin in soybean yield. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, 2021.

MONTEIRO, J. E. B. A; ASSAD, E. D.; SENTELHAS, P. C.; COSTA AZEVEDO, L. Modeling of corn yield in Brazil as function of meteorological conditions and technological level. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n 3, p. 137-148. 2017.

PAES, MARIA CRISTINA DIAS. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho.** 2006.

PATERNIANI, ERNESTO. Importância do milho na agroindústria. **Produção e melhoramento do milho.** Jaboticabal, SP: Funep, p. 1-11, 1995.

PATERNIANI, MARIA ELISA AYRES GUIDETTI ZAGATTO *et al.* Caracteres secundários relacionados à tolerância à seca em progênies de irmãos germanos

interpopulacionais de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 1, p. 130-144, 2015.

PAZIANI, SOLIDETE DE FÁTIMA *et al.* Correlações entre variáveis quantitativas e qualitativas de milho e de sorgo para silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 18, n. 3, p. 408-416, 2019.

PEREIRA, JOSÉ LUIZ ANDRADE REZENDE *et al.* Cultivares, doses de fertilizantes e densidades de semeadura no cultivo de milho safrinha. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 676-683, 2009.

PEREIRA FILHO, ISRAEL ALEXANDRE *et al.* **Cultivo do milho**. Embrapa Milho e Sorgo, 2010.

PEREIRA JÚNIOR, PÉRICLES *et al.* Efeito de doses de silício sobre a produtividade e características agronômicas da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciência e agrotecnologia**, v. 34, p. 908-913, 2010.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental** 12. ed. São Paulo: Nobel, 1987.

PINHO, R.G.V.; SANTO, A.O.; PINHO, I.V.V. (2018) Botânica. In, BORÉM, A.; GALVÃO, J.C.C.; PIMENTEL, M.A. (2017). **Milho: do plantio à colheita**. 2ed. Viçosa – MG. Ed UFV. 382p.

PINHO, EV de R.; VON PINHO, R. G.; CICERO, SILVIO MOURE. Utilizacao de características morfológicas para avaliação da pureza genética em sementes híbridas de milho. **Área de Informação da Sede-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 1997.

RAMALHO, MAGNO ANTONIO PATTO; MARQUES, THAÍS LIMA; LEMOS, ROXANE DO CARMO. Plant breeding in Brazil: Retrospective of the past 50 years. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 21, 2021.

RESENDE, MARCOS DEON VILELA DE; DUARTE, JOÃO BATISTA. **Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares**. 2007.

RIBEIRO, F. O. *et al.* Genotypic selection for soybean earliness. **Journal of Agricultural Science**, v. 12, p. 169-178, 2020.

RICHARDS, RICHARD A. Physiological traits used in the breeding of new cultivars for water-scarce environments. **Agricultural water management**, v. 80, n. 1-3, p. 197-211, 2006.

RITCHIE, STEVEN W.; HANWAY, JOHN J.; BENSON, GARREN O. Como a planta de milho se desenvolve. **Informações agronômicas**, v. 103, p. 1-19, 2003.

SANTOS, FM da C. **Capacidade de combinação de híbridos comerciais de milho visando à obtenção de híbridos de F2**. 2009. Instituto Agronômico, 2009.

SAWAZAKI, E.; PATERNIANI, M. E. A. Z. Evolução dos cultivares de milho no Brasil. **Tecnologias de produção do milho**, v. 1, p. 13-53, 2004.

SBMP - Melhoramento de plantas: variabilidade genética, ferramentas e mercado / Editores técnicos, Renato Fernando Amabile, Michelle Souza Vilela, José Ricardo Peixoto - Brasília, DF: Proimpress; **Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas (SBMP)**, 2018.

SHAPIRO, A. S. S.; WILK, M. B. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). **Biometrika**, 52, 3/4, 591-611, 1965.

SHULL, G.H. A pure line method of corn breeding. **American Breedings Association Report**, Washington, v.4, p.296-301, 1909.

SILVA, ERIC VINICIUS VIEIRA *et al.* Genotypic and phenotypic parameters associated with early maturity in soybean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 57, 2022.

SOARES, I. O. *et al.* Adaptability of soybean cultivars in different crop years. **Genetics and Molecular Research**, v. 14, n. 3, p. 8995-9003, 2015.

SOUZA FILHO, A. X. **Avaliação de componentes da planta e da forragem de híbridos de milho colhidos em diferentes estádios fenológicos.** 2009. 84f. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SOUZA SOBRINHO, FAUSTO; RAMALHO, MAGNO ANTÔNIO PATTO; DE SOUZA, JOÃO CÂNDIDO. Alternatives for obtaining double cross maize hybrids. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 1, n. 01, 2002.

SOUZA, GUSTAVO MAIA; BARBOSA, A. M. Fatores de estresse no milho são diversos e exigem monitoramento constante. **Visão agrícola**, v. 13, n. 1, p. 30-34, 2015.

SUMALINI, K. *et al.* A Review on Maize Hybrid Breeding—Importance of Multiple Crosses in Comparison with Single Crosses in Present Scenario. **Environment and Ecology**, v. 36, n. 4, p. 1079-1082, 2018.

TOLEDO, FF de. Tecnologia das sementes. **Melhoramento e produção de milho**, 1987.

WANG, YUANYUAN *et al.* Flowering dynamics, pollen, and pistil contribution to grain yield in response to high temperature during maize flowering. **Environmental and Experimental Botany**, v. 158, p. 80-88, 2019.

ZAMBIAZZI, E. V. *et al.* Estimates of genetics and phenotypics parameters for the yield and quality of soybean seeds. **Genetics and molecular Research**, v. 16, n. 3, p. 1-12, 2017.

ZANATTA, ANA CA; OERLECKE, DÊNIO. **Efeito de Genes de Nanismo Sobre Alguns Caracteres Agronômicos e Morfológicos de Triticum Aestivum (L.) Thell.** 1991.