

LUIZ SILVA LUZ

**CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO ENTRE HÍBRIDOS
COMERCIAIS DE MILHO EM AMBIENTES
CONTRASTANTES DE NITROGÊNIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2019

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

L979c
2019 Luz, Luiz Silva, 1993-
Capacidade de combinação entre híbridos comerciais de
milho em ambientes contrastantes de nitrogênio / Luiz Silva Luz.
– Viçosa, MG, 2019.
vi, 22 f. : il. ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador: Rodrigo Oliveira de Lima.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 15-17.

1. Milho - Melhoramento genético. 2. Nitrogênio. 3. *Zea
mays*. 4. Milho híbrido. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-Graduação em
Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 633.152

LUIZ SILVA LUZ

**CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO ENTRE HÍBRIDOS
COMERCIAIS DE MILHO EM AMBIENTES
CONTRASTANTES DE NITROGÊNIO**


Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título *Magister Scientiae*.

APROVADA: 13 de março de 2019.


Lisandra Magna Moura


Pedro Crescêncio Souza Carneiro


José Eustáquio de Souza Carneiro


Rodrigo Oliveira de Lima
(Orientador)

AGRADECIMENTO

A Deus, pela vida, por tudo que me concedeu e por estar presente em todos os momentos de minha vida.

Aos meus pais, José Ramiro e Elimária, meus irmãos Nara e Vítor, namorada Angélica e todos os familiares pelo apoio, incentivo e amor.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), em especial ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e à Fundação Arthur Bernardes (Funarbe), pelo financiamento dos projetos, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao orientador, Prof. Rodrigo Oliveira de Lima, pelo aprendizado, apoio, amizade e instruções na execução do trabalho.

Aos professores, Dr. José Eustáquio de Souza Carneiro e Dr. Pedro Crescêncio Souza Carneiro, a Dr. Lisandra Magna Moura, pela participação na banca de defesa de dissertação.

A equipe do Programa Milho-UFV, estagiários, bolsistas de iniciação científica e pós-graduandos, pelo apoio, amizade e ajuda na execução do projeto, pois sem eles não seria possível a condução dos experimentos.

Aos funcionários do Campo Experimental de Coimbra, por toda dedicação e suporte na condução do experimento.

Aos amigos durante essa caminhada, pela valiosa amizade e apoio para realização desta etapa de minha vida. Muito obrigado.

BIOGRAFIA

Luiz Silva Luz, filho de José Ramiro da Luz e Elimária Silva da Luz, nasceu em Montalvânia - MG, em 14 de junho de 1993.

Em 2013, ingressou na Universidade Federal de Viçosa, onde se graduou em Agronomia, obtendo título em julho de 2017.

Em agosto de 2017, iniciou o curso de Mestrado em Fitotecnia, com área de concentração em genética e melhoramento de plantas, na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa em março de 2019.

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1. Introdução	1
2. Material e Métodos	5
2.1 Material Genético	5
2.2 Execução Experimental	5
2.3 Caracteres Avaliados	6
2.4 Análises Genético-Estatísticas	6
3. Resultados e Discussão	7
4. Conclusão	15

RESUMO

LUZ, Luiz Silva, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2019. **Capacidade de combinação entre híbridos comerciais de milho em ambientes contrastantes de nitrogênio.** Orientador: Rodrigo Oliveira de Lima.

O cruzamento dialélico é um dos métodos mais usados para a identificação de genitores promissores em melhoramento de milho. Através desse método é possível estimar a capacidade de combinação (CC) entre os genitores e, portanto, determinar o potencial desses genitores para cruzamentos e formação de populações bases. O objetivo deste trabalho foi estimar a CC entre híbridos comerciais de milho em condições contrastantes de nitrogênio (N). Para isso, foram avaliadas 45 combinações híbridas (CH) provenientes de cruzamentos dialélicos completo (sem recíprocos) entre dez híbridos comerciais, juntamente com cinco populações de base genética ampla (VPA's) e, os dez genitores autofecundados (geração S_0), num total de 60 tratamentos. Os experimentos foram realizados na Estação Experimental de Coimbra, MG, safra 2017/2018. Em ambos os experimentos, utilizou-se o delineamento experimental de blocos incompletos (alfa-látice 10x6), com três repetições. Cada parcela foi constituída de duas linhas de cinco metros, espaçadas entre em 0,80m. Foram avaliados os seguintes caracteres: dias para florescimento masculino (FM dias) e feminino (FF dias), altura de planta (AP cm) e espiga (AE cm), índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) e produtividade de grãos (PG kg ha^{-1}). Após a coleta dos dados, procedeu-se uma análise dialélica pelo método de Griffing (1956), modelo 4. O coeficiente de variação experimental variou de 2,01% (FM) até 6,71% (PG), o que indicou boa precisão experimental. A média de PG das CH foi de 6.966,94 kg ha^{-1} , das VPA's foi de 4.924,89 kg ha^{-1} e as populações F2 foi de 4.599,32. Na análise conjunta dos dois ambientes, a interação ambientes x capacidade geral (CGC) e específica (CEC) de combinação foram não significativos ao teste qui quadrado ($P < 0,05$) para PG e, portanto, as CGC e CEC foram estimadas com base nas médias dos ambientes. É recomendado realizar a seleção daqueles genitores cuja estimativa de CGC seja favorável e de alta magnitude.

ABSTRACT

LUZ, Luiz Silva, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2019. **Combining ability of commercial maize hybrids in contrasting nitrogen environments.** Advisor: Rodrigo Oliveira de Lima.

Diallel crossing is one of the most used methods for identifying promising parents in a maize breeding program. This method allows us to estimate the combining ability (CC) between the parents and, therefore, determine the potential of these parents for crosses and formation of base populations. The objective of the present study was to estimate the CC between commercial maize hybrids in contrasting conditions of N. For this, 45 hybrid combinations (HC) from a complete diallel cross (without reciprocals) between ten commercial hybrids, five populations of broad genetic base (VPA's) and the ten parents self-fertilized (F₂), total of 60 treatments. The experiments were evaluated at the Experimental Station of Coimbra, MG, at harvest 2017/2018. The experimental design used was incomplete blocks (alpha-lattice 10x6), with three replications. Each plot consisted of two rows of corn five meters long, spaced at 0.80 m. The traits evaluated were male flowering (MF, days) and female (FF, days), plant (PH, cm) and ear height (EH, cm), SPAD (Soil Plant Analysis Development) index and grain yield (GY, kg ha⁻¹). A diallel analysis was performed using the Griffing method (1956), model 4. The coefficient of variation ranged from 2.01% (MF) to 6.71% (GY), which indicated good experimental accuracy. For GY the HC average was 6,966.94 kg ha⁻¹, VPA's was 4,924.89 kg ha⁻¹ and the populations F₂ was 4,599.32. In the joint analysis of the two environments, the ambient interaction with general (GCA) and specific (SCA) combining ability were not significant to the chi-square test (P <0.05) for GY, the most important trait, GCA and SCA were estimated based on the environment averages. It is recommended to carry out the selection of the parents which the estimate of GCA is favorable and high magnitude.

1. Introdução

O milho (*Zea Mays* L.) é uma das culturas mais antigas do mundo e tem grande importância econômica devido às diversas formas de sua utilização como alimentação humana, animal e seu uso na produção de etanol (DUARTE et al., 2006). O Brasil se destaca como o terceiro maior produtor dessa cultura e o segundo maior exportador (USDA, 2018). A área plantada com milho no Brasil, na safra 2017/2018, foi de quase 17 milhões de hectares. Nessa safra, a produção nacional foi de aproximadamente 82 milhões de toneladas de grãos (CONAB, 2018). Segundo dados da EMBRAPA (2018), em 2017/2018 foram disponibilizados 298 cultivares de milho no mercado brasileiro e, desses, 195 são cultivares transgênicos (65,43%). Em relação ao tipo de cultivar, há no mercado brasileiro de sementes, 215 híbridos simples (72%), 32 híbridos triplos (10,7%), 26 híbridos duplos (8,7%) e 16 variedades de polinização aberta (5,3%).

Devido ao seu alto potencial produtivo, ele apresenta alta exigência nutricional, principalmente em relação ao nitrogênio (N), potássio (K) e o fósforo (P). A remoção de nutrientes é muito maior comparada a outras culturas produtoras de grãos. Para se produzir 9 ton ha⁻¹ de grãos, a cultura do milho absorve cerca de 185 kg ha⁻¹ de N e 132 kg ha⁻¹ de K (COELHO, 2006). O N em forma de fertilizantes é utilizado em grandes quantidades na agricultura. Ele é o nutriente mais caro para a maioria das culturas agrícolas e, em milho, pode representar até 25% do custo de produção (KIST; SANTOS; BELING, 2016). O N faz parte de vários compostos nas plantas, como: aminoácidos, ácidos nucleicos e clorofila e, além disso, ele está envolvido nas principais reações bioquímicas da planta. Isso o torna um dos elementos absorvidos em maiores quantidades pelas culturas (CANTARELLA, 2007). A eficiência no uso do nitrogênio (EUN) é a razão entre o total de biomassa ou de grãos produzidos por unidade aplicada de N e é uma integração da eficiência de absorção e de utilização (assimilação) de N. A EUN é complexa em função de múltiplas interações genéticas e fatores ambientais (XU; FAN; MILLER, 2012). Para que haja eficiência na absorção e utilização de N para a produção de grãos é necessário que os mecanismos de absorção, translocação, assimilação e redistribuição de N funcione de maneira eficiente (MOLL; KAMPRATH; JACKSON, 1982).

A eficiência no uso de nutrientes pelas plantas pode reduzir os custos com fertilizantes, diminuir as taxas de perdas de nutrientes e melhorar a produtividade. Componentes genéticos e fisiológicos são responsáveis pela habilidade das plantas em absorver e utilizar os nutrientes (BALIGAR et al., 2001). A identificação de linhagens

eficientes no uso de N pode levar à obtenção de híbridos eficientes no uso desse nutriente e, dessa forma, reduzir o custo com adubação nitrogenada e os impactos ambientais gerados com o uso excessivo desse tipo de adubo (MUNDIM et al., 2018). Nos últimos anos, vários estudos têm sido conduzidos com objetivo de identificar germoplasma para condições de baixo N, principalmente em condições tropicais. Abe et al. (2013) fizeram um estudo para avaliar a performance de híbridos experimentais e comerciais em condições de baixo e ótimo nível de aplicação de N. Constataram que os híbridos se diferem na capacidade de absorção e armazenamento de N, assim como acúmulo e produção de biomassa. Fernandes et al. (2005) constataram que diferentes doses de N influenciam na massa de grão e na produtividade de grãos, e que ao estudarem o efeito de diferentes doses de N e a eficiência e uso desse nutriente em seis cultivares de milho, observaram que o aumento nas doses aplicadas faz com que a eficiência do uso desse nutriente diminua. Dovale et al. (2012) concluíram que independente da disponibilidade de N, a eficiência na absorção é o componente mais importante na eficiência do uso de N. E que os efeitos genéticos aditivos tem maior importância para os caracteres associados à eficiência no uso de N. Rodrigues et al. (2017) observaram que há variabilidade genética para eficiência no uso de N em um conjunto de 64 linhagens de milho tropical avaliados em condições contrastantes de N. Os autores constataram uma redução na produtividade de grãos de aproximadamente 25% quando em condições de estresse desse nutriente e identificaram alta correlação do número de grãos por espiga com a eficiência no uso de N.

Uma boa estratégia nos programa de melhoramento de milho é a identificação de populações promissoras oriundas de híbridos comerciais. Os cultivares comerciais têm como vantagens possuir características fenotípicas desejáveis, serem adaptados e possuírem alto potencial produtivo devido ao acúmulo de alelos favoráveis (OLIBONI et al., 2013). A Lei de Proteção de Cultivares Brasileira, permite o uso de cultivares comerciais (convencional) como fonte de variabilidade para pesquisa e desenvolvimento de novos cultivares. Assim, esses podem ser cruzados para formação de novas fontes de extração de linhagens (GUIMARÃES et al., 2018). A análise dialélica pode ser utilizada na escolha dos genitores, com base na capacidade de combinação entre cultivares comerciais que formarão populações base para a extração de linhagens superiores (OLIBONI et al., 2013).

As metodologias de análises dialélicas propostas têm por finalidade analisar o delineamento genético com estimativas de parâmetros úteis na seleção de genitores para

hibridação e no entendimento de efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres (CRUZ et al., 2012). Sprague & Tatum (1942) utilizaram o esquema de cruzamento dialélico para definir capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC). A CGC se refere ao comportamento médio de cada genitor em cruzamento com os demais genitores do conjunto definido. A CEC é o efeito na expressão da combinação híbrida que é adicional aos efeitos de CGC dos pais. Ambas as capacidades de combinações podem assumir valores positivos ou negativos. As combinações híbridas obtidas pelos cruzamentos dialélicos, posteriormente são avaliadas em experimentos com delineamentos estatísticos (MIRANDA-FILHO, 2018).

Os métodos de análises dialélicas mais utilizadas no melhoramento de plantas são: metodologia de Griffing (1956), que estima os efeitos e as somas de quadrados da capacidade geral e específica de combinação; metodologia de Gardner e Eberhart (1966), na qual são estudados os efeitos de variedades e heterose varietal; metodologia de Hayman (1954), qual fornece informações sobre mecanismos de herança do caráter em estudo, dos valores genéticos dos genitores utilizados e do limite de seleção (IEMMA, 2003). Griffing (1956) propôs uma metodologia dialélica onde podem ser estimados os valores de capacidade geral e específica de combinação e heterose, de acordo com a inclusão ou não dos pais e/ou híbridos F1's (LEMOS et al., 2002). Essa metodologia inclui análise da variância e estimação de componentes de médias para os quatro métodos propostos, tanto para modelo fixo quanto aleatório. O método quatro, proposto por Griffing (1956), tem sido o mais utilizado em programas de melhoramento, devido sua simplicidade e facilidade de interpretação. O método quatro inclui somente $\frac{1}{2} n(n - 1)$ híbridos possíveis a partir de um conjunto (fixo ou aleatório) de linhagens ou genótipos (MIRANDA-FILHO, 2018).

As análises dialélicas têm sido muito utilizadas na identificação de populações promissoras de milho em condições normais, mas também em condições de estresses abióticos. Fritsche-Neto et al. (2010) analisaram um dialelo entre quinze combinações híbridas de milho em duas condições de disponibilidade de fósforo. Eles constataram que os efeitos genéticos não aditivos que controlam a herança de caracteres associados a eficiência de utilização de P em milho, têm maior importância para caracteres relacionados à eficiência da utilização desse nutriente, dessa forma a seleção deve ser realizada nas combinações híbridas. Souza et al. (2010) estudaram a inter-relação de nitrogênio e fósforo na capacidade de combinação e seleção em milho a fim de

identificar o controle genético de características agronômicas de milho, em ambientes contrastantes de nitrogênio e fósforo. Os ambientes afetaram o controle genético para a maioria dos caracteres estudados por eles. Segundo os mesmos, para rendimento de grãos, a capacidade específica de combinação não é importante quando existe estresse de N ou P. Oliboni et al. (2013) determinaram a capacidade geral e específica de combinação de doze híbridos comerciais de milho em três ambientes. Dessa forma, obtiveram resultados mostrando que os genótipos se comportam de forma diferente em função das variações ambientais existentes entre os três locais. Para produção de espigas os efeitos não aditivos foram mais importantes. Tolentino et al. (2017) estimaram a CGC e CEC através de uma análise dialélica para identificar híbridos comerciais promissores para a formação de população base. Os genitores foram divididos em dois grupos, o primeiro grupo foi constituído de 12 híbridos Pioneer e o segundo com 6 híbridos Dekalb. Em ambos os grupos de genitores a importância dos efeitos aditivos foi predominante sobre os não-aditivos para produtividade de grãos. Os híbridos que apresentaram maiores magnitudes de CGC, que indica a presença de alelos favoráveis para aumento da média do caractere estudado, foram selecionados para possível recombinação e formação de uma nova população base para extração de linhagens. Meza et al. (2011) utilizaram as estimativas dos efeitos de CGC e CEC de 16 linhagens de milho branco, para determinar o comportamento desses genitores em relação a qualidade de proteínas. Os autores constataram a predominância de efeitos aditivos para o caractere de interesse, e assim selecionaram linhagens como possíveis genitores para formação de uma variedade sintética com base na GCC das mesmas.

Diante do exposto, a realização de uma análise dialélica em condições contrastantes de N, pode fornecer melhores informações sobre o controle genético de caracteres em condição de estresse de N, assim como também auxiliar na seleção de genitores com potencial para formação de população base fundamentado na CGC, ou até mesmo a formação de possíveis híbridos com potencial, baseado nas informações de CEC. Dessa forma, os objetivos desse trabalho foram: estimar as capacidades geral e específica de combinação entre híbridos comerciais de milho em condições de alto e baixo N; identificar híbridos comerciais de milho promissores para formação de populações base para condições de alto N e de baixo N e conhecer os efeitos genéticos que predominam sobre os caracteres estudados sob ambientes de alto e baixo N.

2. Material e Métodos

2.1 Material Genético

Para a realização desse trabalho, foram utilizados dez híbridos comerciais de milho oriundos de 10 empresas de sementes diferentes. Eles foram selecionados com base em seus comportamentos *per se* para eficiência no uso de N (Zuffo, 2016; Tabela 1). Os híbridos foram usados como genitores e cruzados em esquema dialelo completo, de forma que cada híbrido foi cruzado com todos os demais, o que resultou em um conjunto de 45 combinações híbridas.

Tabela 1. Características agronômicas dos dez híbridos comerciais de milho tropical utilizados como genitores

Híbridos	Tipo	Textura do Grão	Ciclo	Empresa
AG1051	HD	Dentado	SMP	Agroceres
BAL188	HT	Semi Duro	SP	Balu
BG7049	HT	Semi Duro	P	DuPont
BM3061	HT	Dentado	P	Biomatrix
BRS1060	HS	Semi Dentado	SMP	EMBRAPA
DKB390	HS	Semi Duro	P	Dekalb
GNZ7201	HS	Semi Dentado	P	Geneze
NS70	HS	Semi Duro	P	Nidera
SHS4070	HS	Dentado	N	Santa Helena
XB8018	HD	Duro	P	Semeali

Fonte: EMBRAPA, 2018. Tipo: HS – Híbrido Simples; HT – Híbrido Triplo; HD – Híbrido Duplo. Ciclo: SP – Superprecoce; P – Precoce; SMP – Semiprecoce; N – Normal.

2.2 Execução Experimental

Na safra 2017/2018, os 60 tratamentos (45 combinações híbridas, 10 genitores autofecundados uma vez -F2/S0- e cinco variedades de polinização aberta (BR106, BR105, BRS Sol da manhã, UFVM100 e UFVM200) foram avaliadas na Estação Experimental de Coimbra (20°50'30"S, 42°48'30"W, altitude de 720 m), pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, situada em Coimbra – MG. Foram realizados dois experimentos, um em condição de baixo N e outro em alto N. Cada experimento foi realizado em delineamento de blocos incompletos (alfa látice 10x6) com três repetições. Cada parcela foi constituída de duas linhas de cinco metros de comprimento, espaçadas em 0,80 m, com área útil de 8,0 m². A semeadura foi realizada na segunda quinzena de novembro de 2017. Aproximadamente 25 dias após o plantio, foi realizado um desbaste a fim de obter 20 plantas por linha, para obter uma população de plantas aproximada de 50 mil plantas ha⁻¹.

Em baixo N, foi aplicado 196 Kg ha⁻¹ de MAP (mono-amônio-fosfato, que contém 50% de P₂O₅ e 10% de N) no sulco de plantio. A adubação de cobertura foi realizada com 100 kg ha⁻¹ de KCl (cloreto de potássio, que contém 60% de K₂O), ao lado do sulco de plantio 25 dias após o plantio, sem complementação de adubação nitrogenada. Em alto N, foi realizada uma aplicação de 400 kg ha⁻¹ do formulado N-P-K, 8-28-16 no plantio, e uma adubação nitrogenada de cobertura de 550 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio, em estágio V6. Os demais tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do milho na região (GALVÃO et al., 2015).

2.3 Caracteres Avaliados

Foram avaliados os seguintes caracteres: índice SPAD, mensurado na folha da primeira espiga aproximadamente 15 dias após o florescimento feminino, utilizando o equipamento SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development); altura de planta (AP, cm) e altura de espiga (AE, cm), que é a distância do nível do solo até a inserção da folha bandeira e do nível do solo até a inserção da espiga superior, respectivamente; florescimento masculino (FM, dias) e florescimento feminino (FF, dias), quando 50% das plantas da parcela apresentarem pelo menos 2/3 do pendão liberando pólen e apresentarem estilo-estigma visíveis, respectivamente; produtividade de grãos (PG, Kg ha⁻¹), colheita manual de todas as espigas das parcelas separadamente, debulhadas em debulhador elétrico e os grãos pesados e mensurado umidade. Os dados de produtividade foram corrigidos para 14,5% e expressos em quilograma por hectare.

2.4 Análises Genético-Estatísticas

Após a coleta e tabulação dos dados fenotípicos, foi realizado teste de homogeneidade das variâncias residuais. Posteriormente, foram realizadas análises dialélicas individuais para cada ambiente de N e uma análise conjunta para os dois ambientes. A metodologia utilizada foi a proposta por Griffing (1956) em emprego do método 4. Os efeitos das combinações híbridas foram considerados aleatórios, a fim de estimar seus componentes de variância e as populações F₂, as VPAs e os níveis de N foram considerados como efeitos fixos. Foram utilizados efeitos fixos e aleatórios no mesmo modelo, dessa forma, a metodologia de modelos mistos foi utilizada nas análises estatísticas.

Os dados foram submetidos a análise dialélica individual, em cada dose de N, de acordo com o seguinte modelo estatístico para a análise individual de cada nível de N: $Y_{ij} = m + g_i + g_j + s_{ij} + \bar{\varepsilon}_{ij}$, em que: Y_{ij} : valor médio do híbrido ij ($i, j = 1, 2, \dots, p$, $i < j$); m : constante; g_i, g_j : efeitos da capacidade geral de combinação do i-ésimo ou j-ésimo genitor respectivamente; s_{ij} : efeito da capacidade específica de combinação para os cruzamentos entre os genitores de ordem i e j; $\bar{\varepsilon}_{ij}$: erro experimental médio. Considera-se $s_{ij} = s_{ji}$.

Para análise conjunta dos dois níveis de N, o modelo estatístico utilizado foi: $Y_{ij} = m + l_k + g_i + g_j + s_{ij} + (lg)_{ik} + (lg)_{jk} + (ls)_{ijk} + \bar{\varepsilon}_{ijk}$, em que: Y_{ij} : valor médio do híbrido ij ($i, j = 1, 2, \dots, p$, $i < j$); m : constante; l_k : efeito do nível k; g_i, g_j : efeitos da capacidade geral de combinação do i-ésimo ou j-ésimo genitor respectivamente; s_{ij} : efeito da capacidade específica de combinação para os cruzamentos entre os genitores de ordem i e j; $(lg)_{ik}, (lg)_{jk}$: efeitos da interação entre a capacidade geral de combinação dos pais de ordem i e j respectivamente, com os níveis k; $(ls)_{ijk}$: efeito da interação entre a capacidade específica de combinação entre os pais i e j e o nível k; $\bar{\varepsilon}_{ijk}$: erro experimental médio.

Foram estimados também os efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) para cada genitor, da seguinte forma: $\hat{g}_i = \frac{1}{(p-2)} [Y_i - (p-1)\hat{m}]$, em que: \hat{g}_i : estimativa da CGC do genitor i; p : número de genitores do conjunto; Y_i : $\sum_j Y_{ij}$, somatório em j dos valores médios dos híbridos quando ($i \neq j$); \hat{m} : estimativa da média geral. E para os efeitos de capacidade específica de combinação (CEC) entre os genitores, segundo a fórmula: $\hat{s}_{ij} = Y_{ij} - (\hat{m} + \hat{g}_i + \hat{g}_j)$, em que: \hat{s}_{ij} : estimativa do efeito da capacidade específica de combinação para os cruzamentos entre os genitores de ordem i e j; Y_{ij} : valor médio do híbrido ij ($i, j = 1, 2, \dots, p$, $i < j$); \hat{m} : estimativa da média geral; \hat{g}_i, \hat{g}_j : efeitos da capacidade geral de combinação do i-ésimo ou j-ésimo genitor respectivamente.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do pacote “ASReml” – R implementado no software R (BUTLER et al., 2018).

3. Resultados e Discussão

Na condição de estresse (baixo N) as médias de PG para CH's foi de 7.032 kg ha⁻¹, as VPA's apresentaram média de 4.919 kg ha⁻¹ e as populações provenientes da

autofecundação de híbridos 4.592 kg ha⁻¹. Para FF as CH's apresentaram média de 70 dias, 211 e 110 cm para AP e AE, respectivamente e 41 para SPAD. O coeficiente de variação experimental (CV%) variou de 2,11% (FM) à 24% (PG; Tabela 2). Segundo a classificação de Fritsche-neto et al. (2012) para produtividade de grãos, CV% entre 8,25 e 15,49 são considerados intermediários. Isso indica uma média precisão experimental. Souza *et al.* (2010) também encontraram resultados de CV classificados como média precisão experimental em caracteres avaliados sob condições de estresse.

Em relação a análise dialélica, para as combinações híbridas (CH's), quase todos caracteres avaliados foram significativos para CGC à 5% de significância pelo teste de verossimilhança, a exceção de PG. Em relação a CEC, apenas FM e FF foram significativos, isso indicou que para esses caracteres é possível que existam CH's promissoras devido ao controle genético de efeitos não aditivos, onde é possível extrair linhagens dos genitores e, com cruzamento entre essas novas linhagens formar um novo híbrido com potencial. Resultados semelhantes foram observados por Meza *et al.* (2011) que não observaram efeitos significativos para CGC e CEC para produtividade de grãos em linhagens de milho selecionadas para alta proteína em grãos. As estimativas dos efeitos de CGC informam sobre a predominância dos efeitos genéticos aditivos, e a presença de alelos favoráveis que controlam a característica. Já as estimativas de CEC estão relacionadas às medidas dos efeitos gênicos não aditivos e dão informações da divergência genética entre os genitores (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). Dessa forma, a razão entre a estimativa do componente de variância do efeito de CGC sobre a estimativa do componente de variância do efeito de CEC, nos fornece informação sobre a predominância dos efeitos genéticos aditivos ou não aditivos que estão sobre o controle dos caracteres relacionados. Para FM e FF que tiveram ambos efeitos significativos, podemos observar a predominância dos efeitos aditivos no controle genético desses caracteres.

Tabela 2. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para os caracteres dias para o florescimento masculino (FM, dias) e feminino (FF, dias), altura de planta (AP, cm) e espiga (AE, cm), índice SPAD e produtividade de grãos (PG) avaliados em 45 combinações híbridos, dez populações F2 e cinco populações de base genética ampla em condições de baixo N

Parâmetros	FM (dias) ^{1/}	FF (dias)	AP (cm)	AE (cm)	SPAD	PG (kg ha ⁻¹)
$\hat{\sigma}_{CGC}^2$	1,49*	1,42*	41,90*	39,70*	3,11*	40.287,46 ^{ns}
$\hat{\sigma}_{CEC}^2$	1,26*	1,04*	2,31e ^{-5ns}	11,73 ^{ns}	1,51e ^{-5ns}	93.921,08 ^{ns}
$\hat{\sigma}_b^2$	0,08 ^{ns}	3,97e ^{-7ns}	2,31e ^{-5ns}	1,42e ^{-5ns}	2,32e ^{-6ns}	0,24 ^{ns}
$\hat{\sigma}^2$	2,27	3,92	229,10	141,29	39,17	2.464.661,00
$\hat{\sigma}_{CGC}^2 / \hat{\sigma}_{CEC}^2$	1,18	1,36	1,80e ⁺⁶	3,38	2,05e ⁺⁵	0,42
Média CH	71,17	70,21	211,83	110,59	41,50	7.032
Média VPA	68,78	70,28	209,07	106,42	40,72	4.919
Média F2	74,13	73,98	192,56	100,54	38,24	4.592
Média Geral	71,46	71,21	208,39	108,57	40,89	6.449
CV%	2,11	2,78	7,26	10,94	15,30	24

^{1/}ns – não significativo; * - significativo à 5% pelo teste da razão de verossimilhança.

Na condição de alto N a média das CH's para PG foi de 10.511 kg ha⁻¹, superior às médias das VPA's e dos híbridos genitores em F2, com 8.036 kg ha⁻¹ e 5.524 kg ha⁻¹, respectivamente. Houve uma redução de aproximadamente 33% da produtividade na condição de BN, comparada com AN. O CV variou de 1,98% (FM) 14% (PG; Tabela 3). Da mesma forma que para BN, exceto PG, todos outros caracteres foram significativos à 5% para os efeitos de CGC. Os efeitos de CEC foram significativos apenas para FF e PG. A razão entre os componentes de variância mostrou que para FF houve predominância do efeito aditivo no controle dessa característica. Souza et al. (2010) observaram maior magnitude do quadrado médio de CEC em relação a CGC para condição de AN ao estudarem inter-relação entre N e P na capacidade de combinação de milho.

Tabela 3. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para os caracteres dias para o florescimento masculino (FM, dias) e feminino (FF, dias), altura de planta (AP, cm) e espiga (AE, cm), índice SPAD e produtividade de grãos (PG) avaliados em 45 combinações híbridos, dez populações F2 e cinco populações de base genética ampla em condições de alto N

Parâmetros	FM (dias) ^{1/}	FF (dias)	AP (cm)	AE (cm)	SPAD	PG (kg ha ⁻¹)
$\hat{\sigma}_{CGC}^2$	0,42*	0,91*	40,37*	69,36*	1,75*	158.881,45 ^{ns}
$\hat{\sigma}_{CEC}^2$	2,82e ^{-7ns}	0,67*	11,03 ^{ns}	0,32 ^{ns}	1,07 ^{ns}	965.609,72*
$\hat{\sigma}_b^2$	0,06 ^{ns}	1,04e ^{-6ns}	1,40e ^{-5ns}	0,44 ^{ns}	1,49e ^{-6ns}	4.886,90 ^{ns}
$\hat{\sigma}^2$	1,79	2,60	132,79	95,75	14,73	1.837.199,00

$\hat{\sigma}_{CGC}^2 / \hat{\sigma}_{CEC}^2$	1,51e ⁺⁶	1,36	3,65	216,09	1,63	0,16
Média CH	67,27	68,87	236,78	128,65	61,16	10.511
Média VPA	65,45	57,28	196,33	127,76	59,87	8.036
Média F2	69,04	71,57	215,14	117,42	56,38	5.524
Média Geral	67,41	69,31	233,07	126,71	60,25	9.473
CV%	1,98	2,32	4,94	7,72	6,37	14

^{1/ns} – não significativo; * - significativo à 5% pelo teste da razão de verossimilhança.

Ao se realizar a análise conjunta entre as duas condições de N, observou-se que houve interação significativa entre CGC e os dois níveis de N apenas para os caracteres FM e SPAD. Assim, para esses dois caracteres, os genitores tiveram suas respostas relativas influenciadas pela alteração na dose de N para CGC (Tabela 4). Não houve interação da CEC com os níveis de N, para os caracteres avaliados, ou seja, as CH's se comportaram de forma homogênea entre ambas as doses de N, assim pode-se realizar a seleção com base na média dos ambientes.

Tabela 4. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para os caracteres dias para o florescimento masculino (FM, dias) e feminino (FF, dias), altura de planta (AP, cm) e espiga (AE, cm), índice SPAD e produtividade de grãos (PG) avaliados em 45 combinações híbridas, dez populações F2 e cinco populações de base genética ampla com base na média dos ambientes de alto e baixo N (análise conjunta)

Parâmetros	FM (dias) ^{1/}	FF (dias)	AP (cm)	AE (cm)	SPAD	PG (kg ha ⁻¹)
$\hat{\sigma}_{CGC}^2$	0,69*	1,10*	40,04*	51,91*	0,46 ^{ns}	82.162,44 ^{ns}
$\hat{\sigma}_{CEC}^2$	0,37 ^{ns}	0,92*	18,75*	13,69*	0,16 ^{ns}	4.37.202,80*
$\hat{\sigma}_{bloco}^2$	0,03 ^{ns}	3,27e-7 ^{ns}	1,73 ^{ns}	6,39e-5 ^{ns}	9,27e-6 ^{ns}	71.109,24 ^{ns}
$\hat{\sigma}_{CGC \times N}^2$	0,26*	0,04 ^{ns}	7,65e-5 ^{ns}	2,02 ^{ns}	1,99*	16.196,83 ^{ns}
$\hat{\sigma}_{CEC \times N}^2$	0,24 ^{ns}	1,58e-7 ^{ns}	1,73e-5 ^{ns}	1,14e-5 ^{ns}	1,49e-5 ^{ns}	0,99 ^{ns}
$\hat{\sigma}^2$	2,07	3,23	171,74	113,51	27,33	184.803,90
$\hat{\sigma}_{CGC}^2 / \hat{\sigma}_{CEC}^2$	1,86	1,20	2,13	3,79	2,81	0,18
Média CH	71,17	70,70	211,83	110,59	41,50	6.966
Média VPA	68,78	70,28	209,07	106,42	40,72	4.924
Média F2	74,13	73,98	192,56	100,54	38,24	4.599
Média Geral	71,47	71,22	208,40	108,67	40,90	6.402

^{1/ns} – não significativo; * - significativo à 5% pelo teste da razão de verossimilhança.

Foram estimados os efeitos de CGC com base na análise conjunta para aqueles caracteres que apresentaram interação não significativa entre CGC e as doses de N e que obtiveram significância para CGC (Tabela 5). Apesar de não significativo, devido a importância do caráter e a diferença observada entre a CGC dos híbridos, apresentou-se

também as estimativas de CGC para PG. Como os híbridos comerciais são selecionados para bom desempenho em condições ótimas de N, os genitores obtiveram bons desempenhos em AN, mas houve uma redução generalizada na média quando eles foram colocados em condições de estresse de N. O efeito da CGC está relacionado ao comportamento médio de cada genitor em cruzamento com os demais genitores do conjunto (MIRANDA-FILHO, 2018). O efeito de CGC é de grande utilidade na seleção de genitores para formação de população base e melhoramento intrapopulacional. Aqueles genitores que apresentam efeito de alta magnitude, possuem maior concentração de alelos favoráveis para o caractere em questão (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). Para caracteres cujo o objetivo é aumentar a média, procura-se selecionar genitores com efeitos de CGC positivos e de altas magnitudes enquanto que para aqueles caracteres que se desejam reduzir a média genotípica, seleciona-se aqueles genitores que possuam efeitos negativos e de alta magnitude. Para os caracteres FF, AP e AE, procura-se genótipos que são mais precoces e menores, respectivamente. Dessa forma, o objetivo é a redução das médias desses caracteres. Os genitores BAL188 e GNZ7201 foram os que mais se destacaram para FF, BRS1060 e GNZ7201 para AP e, BRS1060 e BAL188 para AE.

Tabela 5. Estimativas de capacidade geral de combinação dos dez genitores, para os caracteres dias para o florescimento feminino (FF, dias), altura de planta (AP, cm) e espiga (AE, cm) e produtividade de grãos (PG, kg) com base na média dos dois ambientes (alto e baixo N)

Genitores	FF (dias)	AP (cm)	AE (cm)	PG (kg ha ⁻¹)
AG1051	0,55	2,01	8,22	71,59
BAL188	-2,03	-1,57	-7,94	-190,80
BM3061	-0,38	0,36	-1,87	169,24
BRS1060	-0,23	-11,77	-11,88	-314,24
DKB390	-0,34	-2,15	-1,29	22,93
GNZ7201	-0,89	-6,37	-4,27	133,04
NS70	0,63	5,60	4,71	283,37
SHS4070	1,07	8,72	7,77	-199,53
XB8018	0,67	3,78	6,89	99,53
BG7049	0,95	1,38	-0,33	-75,14

Como os caracteres FM e SPAD apresentaram interação combinações híbridas x doses de N para CGC, estimou-se a CGC em cada ambiente. As estimativas de CGC para FF e SPAD foram plotadas em um gráfico de dispersão para melhorar a

visualização dos resultados (Figura 1AB). Para FM, têm-se interesse naqueles híbridos com estimativas negativas para ambos níveis, nesse caso aqueles se encontram no terceiro quadrante do gráfico. Os híbridos BAL188, GNZ7201 e BRS1060 foram os que apresentaram CGC favorável para a seleção, com destaque para BAL188 com maior magnitude de CGC entre eles. No caso do SPAD (figura 2), têm-se interesse naqueles híbridos com estimativas que se encontram no primeiro quadrante do gráfico, ou seja, aqueles que possuem CGC positiva tanto pra AN quanto para BN. Destacaram-se os híbridos BAL188 e AG1051, novamente BAL188 com CGC de maior magnitude.

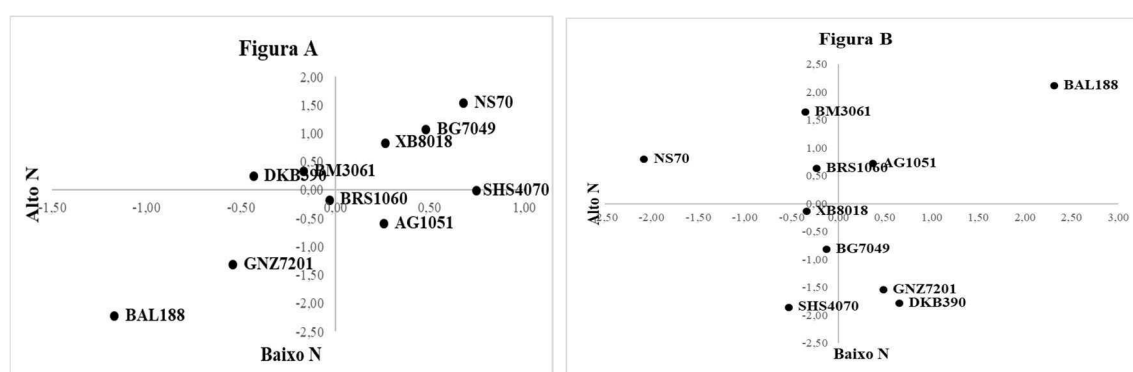


Figura 1. Estimativas de capacidade geral de combinação (CGC) dos dez genitores para dias para o florescimento masculino (figura A) e SPAD (figura B). Eixo horizontal: média de CGC em baixo N e eixo vertical: média de CGC em alto N.

A estimativa de CEC representa um efeito na expressão da combinação híbrida que é adicional aos efeitos de CGC dos genitores (MIRANDA-FILHO, 2018). São medidas dos efeitos gênicos não-aditivos que controlam os caracteres relacionados. É de interesse para a seleção das combinações híbridas, estimativa de CEC favorável de acordo com o caractere estudado, que envolva pelo menos um dos genitores com CGC favorável (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). Essa estimativa está relacionada a divergência genética entre os genitores. Para a formação de híbridos superiores, o ideal é cruzar genitores contrastantes (divergentes) com possuam acúmulo de alelos favoráveis para os caracteres de interesse. Dessa forma, na formação de novos híbridos superiores ou no melhoramento interpopulacional, deve-se procurar aquelas CH's que sejam divergentes entre elas e que tenham alta frequência de alelos favoráveis, ou seja, alta magnitude de CGC e CEC. Após a seleção dos genitores promissores, o próximo passo é a extração de linhagens das CH's selecionadas e posteriormente o cruzamento dessas linhagens extraídas, para formar um novo híbrido superior. Pode-se também trabalhar com um melhoramento interpopulacional entre essas CH's.

A estimativa de correlação entre média fenotípica e a CEC foi de 0,74 e 0,71 para FM e AP, respectivamente. Isso indica que há uma associação entre as CH que apresentaram médias favoráveis com as que apresentam CEC favoráveis. Para AE e PG (Tabela 7) as correlações foram de 0,58 e 0,53, respectivamente. As combinações entre os genitores AG1051 com BAL188, BM3061 com BAL188 e BM3061 com GNZ7201, foram aquelas que se destacaram para FF. As CH's que se destacaram para AP foram os cruzamentos entre os genitores NS70 x BG7049, SHS4070 x BM3061 e BRS1060 x BM3061. As combinações entre os genitores DKB390 x BM3061, SHS4070 x BM3061 e BRS1060 x BM3061, apresentaram CEC favorável para AE. Para PG, as estimativas de CEC favoráveis foram para o cruzamento entre NS70 x BM3061, DKB390 x BM3061 e GNZ7201 x BM3061. É recomendado realizar a seleção daqueles cruzamentos cuja estimativa de CEC seja de alta magnitude e que pelo menos um dos genitores envolvidos nesse cruzamento, apresente CGC favorável. Dessa forma, os cruzamentos favoráveis para seleção são: AG1051 x BAL188, BM3061 x BAL188 e BM3061 x GNZ7201 para FF; BRS1060 x BM3061 para AP e AE; NS70 x BM3061 e GNZ7201 x BM3061 para PG.

Aquelas CH's que se destacaram para PG provêm do cruzamento entre um híbrido triplo do tipo dentado (BM3061) com híbridos simples do tipo semiduro (NS70 e GNZ7201). Aquelas CH's que apresentaram as menores estimativas de CEC para esse mesmo caráter, provêm do cruzamento entre os híbridos simples BRS1060 (semi dentado), GNZ7201 (semi dentado) com o híbrido duplo AG1051 (dentado), e simples BRS1060 (semi dentado), respectivamente. Esses resultados observados mostram a importância dos grupos heteróticos, prevalecendo até mesmo sobre a base genética dos genitores.

Tabela 7. Estimativas da capacidade específica de combinação (diagonal superior) e valores genéticos das combinações híbridas (diagonal inferior) para produtividade grãos na média dos dois níveis de N estudados

Genitores	AG1051	BAL188	BG7049	BM3061	BRS1060	DKB390	GNZ7201	NS70	SHS4070	XB8018
AG1051		49,68	-290,27	393,53	-1.367,85	70,00	517,58	367,19	221,35	419,72
BAL188	6.929,23		-174,35	-736,82	-364,83	-441,96	173,38	-3,87	-30,17	513,70
BG7049	6.653,00	6.620,35		453,51	-167,55	188,73	-97,92	595,06	-1019,86	112,84
BM3061	7.571,55	6.120,80	7.534,86		-587,95	669,78	529,95	936,86	-266,72	-491,62
BRS1060	5.231,65	6.196,28	6.967,09	6.522,63		150,81	1.34,24	271,23	1.59,26	100,55
DKB390	7.086,87	6.324,83	6.771,56	7.136,42	7.873,43		-944,80	259,48	3,20	166,80
GNZ7201	7.709,48	7.114,42	6.864,63	6.912,86	7.769,62	6.959,36		43,75	379,59	-27,85
NS70	7.386,90	7.666,90	7.018,10	7.758,46	8.310,26	7.220,51	7.493,64		-602,85	-358,99
SHS4070	7.121,87	6.695,69	6.824,90	5.618,15	6.190,58	6.970,21	6.029,10	7.321,02		94,47
XB8018	7.551,47	6.647,28	7.474,87	7.124,12	6.598,85	6.948,29	7.252,69	6.322,01	7.095,60	

4. Conclusão

O cruzamento entre linhagens extraídas dos híbridos BM3061 e GNZ7201, podem gerar novos híbridos promissores para produtividade e precocidade, devido a CEC favorável da CH desses genitores, para esses caracteres.

Efeitos aditivos prevalecem para os caracteres FM, FF, AP, AE e SPAD, enquanto efeitos não aditivos são mais importantes em PG.

Os híbridos BAL188, BM3061, GNZ7201 e DKB390, podem ser selecionados para a formação de uma população base, através da recombinação entre eles. Estes genitores são os que apresentam CGC favorável para mais de um caráter simultaneamente.

5. Referências bibliográficas

- ABE, A.; ADETIMIRIN, V. O.; MENKIR, A.; MOOSE, S. P.; OLANIYAN, A. B. Performance of tropical maize hybrids under conditions of low and optimum levels of nitrogen fertilizer application - Grain yield, biomass production and nitrogen accumulation. **Maydica**, [s. l.], v. 58, n. 2, p. 141–150, 2013.
- BALIGAR, V. C.; N. K. FAGERIA, N. K.; HE, Z. L. Nutrient Use Efficiency in Plants. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, [s. l.], v. 32, n. 7–8, p. 921–950, 2001.
- BUTLER, D. G.; CULLIS, B. R.; GILMOUR, A. R.; GOGEL, B. J.; THOMPSON, R. **ASReml-R Reference Manual Version 4**, VSN International Ltd, 2018.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. De; FONTES, R. L. F.; CANTARUTT, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2007. p. 1017.
- COELHO, A. M. Nutrição e adubação do milho. **Circular Técnica 78**, Sete Lagoas, MG, p. 10, 2006.
- CONAB. **Acompanhamento Da Safra Brasileira De Grãos Safra 2017/18 - Décimo Primeiro Levantamento**. 2018. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 7 set. 2018.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 4. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2012.
- DOVALE, J. C.; FRITSCHÉ-NETO, R.; BERMUDEZ, F.; MIRANDA, G. V. Efeitos gênicos de caracteres associados à eficiência no uso de nitrogênio em milho. **Pesquisa**

Agropecuaria Brasileira, [s. l.], v. 47, n. 3, p. 385–392, 2012.

DUARTE, J. de O.; MATTOSO, M. J.; GARCIA, J. C. **Importância Socioeconômica**. 2006. Disponível em:

<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_8_168200511157.html>. Acesso em: 16 fev. 2019.

EMBRAPA. Sementes de Milho no Brasil – A Dominância dos Transgênicos Sementes de Milho no Brasil – A Dominância dos Transgênicos. **Documentos 223**, [s. l.], p. 13, 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>>

FERNANDES, F. C. S.; BUZETTI, S.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C. Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 195–2004, 2005.

FRITSCHÉ-NETO, R.; MIRANDA, G. V.; DELIMA, R. O.; DE SOUZA, L. V.; DA SILVA, J. Herança de caracteres associados à Eficiência de utilização do fósforo em milho. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, [s. l.], v. 45, n. 5, p. 465–471, 2010.

FRITSCHÉ-NETO, R.; VIEIRA, R. A.; SCAPIM, C. A.; MIRANDA, G. V.; REZENDE, L. M. Atualização da proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. **Acta Scientiarum - Agronomy**, [s. l.], v. 34, n. 1, p. 99–101, 2012.

GALVÃO, J. C. C.; BORÉM, A.; PIMENTEL, M. A. **Milho do Plantio à Colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2015.

GUIMARÃES, L. J. M.; TRINDADE, R. dos S.; PARENTONI, S. N.; GUIMARÃES, P. E. de O. Desenvolvimento de Linhagens. In: DELIMA, R. O.; BORÉM, A. (Eds.). **Melhoramento de Milho**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2018. p. 396.

IEMMA, M. **Uso do Melhor Preditor Linear Não Viesado (BLUP) em Análises Dialélicas e Predição de Híbridos**. 2003. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, [s. l.], 2003.

KIST, B. B.; SANTOS, C. E. Dos; BELING, R. R. **Anuário Brasileiro do milho 2016**. Santa Cruz do Sul.

LEMO, M. A.; GAMA, E. E. G.; MENEZES, D.; SANTOS, V. F.; TABOSA, J. N. Avaliação de dez linhagens e seus híbridos de milho superdoce em um dialelo completo. **Horticultura Brasileira**, [s. l.], v. 20, n. 2, p. 167–170, 2002.

MEZA, P. A.; COLLADO, C. J. L.; MACÍAS, M. S.; ROMERO, G. L.; OVALLE, O. R. L.; MONTALVO, A.; RODRÍGUEZ; CABALLERO, P.; ANTONIO, F. COMBINING ABILITY IN MAIZE LINES USING A DIALLEL CROSS. **Tropical**

and Subtropical Agroecosystems, [s. l.], v. 13, p. 525–532, 2011.

MIRANDA-FILHO, J. B. Testadores e Dialelos. In: DELIMA, R. O.; BORÉM, A. (Eds.). **Melhoramento de Milho**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2018. p. 396.

MOLL, R. H.; KAMPRATH, E. J.; JACKSON, W. A. Analysis and Interpretation of Factors Which Contribute to Efficiency of Nitrogen Utilization1. **Agronomy Journal**, [s. l.], v. 74, n. 3, p. 562, 1982. Disponível em: <<https://www.agronomy.org/publications/aj/abstracts/74/3/AJ0740030562>>

MUNDIM, G. B.; RODRIGUES, M. C.; DELIMA, R. O. Melhoramento para Estresse Abióticos. In: DELIMA, R. O.; BORÉM, A. (Eds.). **Melhoramento de Milho**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2018. p. 396.

OLIBONI, R.; FARIA, M. V.; NEUMANN, M.; RESENDE, J. T. V.; BATTISTELLI, G. M.; TEGONI, R. G.; OLIBONI, D. F. Análise dialélica na avaliação do potencial de híbridos de milho para a geração de populações- base para obtenção de linhagens. **Semina: Ciências Agrárias**, [s. l.], v. 34, n. 1, p. 7–18, 2013.

RODRIGUES, M. C.; REZENDE, W. M.; SILVA, M. E. J.; FARIA, S. V.; ZUFFO, L. T.; GALVÃO, J. C. C.; DELIMA, R. O. Genotypic variation and relationships among nitrogen-use efficiency and agronomic traits in tropical maize inbred lines. **Genetics and Molecular Research**, [s. l.], v. 16, n. 3, 2017.

SOUZA, V. De; MIRANDA, V.; GALVÃO, C.; CARLOS, J.; DELIMA, O. Interações de nitrogênio e fósforo na capacidade de combinação e. **Revista Ceres**, [s. l.], v. 57, n. 5, p. 633–641, 2010.

TOLENTINO, V. H. D.; PINTO, R. J. B.; GONÇALVES, L. S. A.; SCAPIM, C. A.; SENHORINHO, H. J. C.; COAN, M. M. D. Diallel analysis and inbreeding depression of commercial maize hybrids aiming the formation of base populations. **Maydica**, [s. l.], v. 62, n. 1, 2017.

USDA. **Grain: World Markets and Trade, 10.03.2018**. 2018. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain-corn-coarsegrains.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

XU, G.; FAN, X.; MILLER, A. J. Plant Nitrogen Assimilation and Use Efficiency. **Annual Review of Plant Biology**, [s. l.], v. 63, n. 1, p. 153–182, 2012. Disponível em: <<http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-arplant-042811-105532>>

ZUFFO, L. T. **Avaliação de híbridos comerciais de milho para caracteres agrônômicos e eficiência na utilização de nitrogênio**. 2016. Universidade Federal de Viçosa, [s. l.], 2016.

ANEXOS

Anexo 1. Médias fenotípicas das 45 Combinações híbridas, 5 populações de base genética ampla e dez populações F2 em condição de baixo N

CH	FM	FF	AP	AE	SPAD	PG
AG1051xBAL188	65,73	66,66	214,57	108,43	42,65	7.092,94
AG1051xBG7049	72,08	72,66	211,31	115,40	41,05	6.963,39
AG1051xBM3061	72,06	71,70	218,20	123,81	41,27	7.161,71
AG1051xBRS1060	71,53	70,98	208,39	105,28	42,38	6.896,92
AG1051xDKB390	71,21	70,98	207,07	110,70	40,33	6.868,00
AG1051xGNZ7201	69,88	70,74	205,41	112,04	41,51	7.079,51
AG1051xSHS4070	71,51	72,18	215,82	121,03	41,42	7.089,25
AG1051xB8018	70,68	72,42	212,90	115,71	41,98	7.252,94
BAL188xBG7049	71,53	69,78	208,73	103,21	42,38	6.922,46
BAL188xBM3061	67,93	67,62	211,68	102,18	42,38	7.013,49
BAL188xBRS1060	71,23	69,30	205,41	102,49	43,16	6.810,10
BAL188xDKB390	70,66	70,50	208,93	107,34	41,36	6.763,55
BAL188xGNZ7201	67,38	67,62	209,78	106,72	41,44	7.023,11
BAL188xSHS4070	68,52	70,26	217,89	109,00	40,56	6.990,65
BM3061xBG7049	72,33	71,70	216,98	115,76	41,94	7.238,48
BRS1060xBG7049	70,70	70,98	205,81	101,15	40,78	6.925,76
BRS1060xBM3061	70,68	69,06	203,51	97,07	42,26	6.937,00
BRS1060xSHS4070	71,51	72,18	212,16	106,72	41,22	7.015,45
DKB390xBG7049	71,51	70,74	212,90	110,96	40,56	7.006,32
DKB390xBM3061	71,53	69,06	215,01	109,82	42,36	7.266,69
DKB390xBRS1060	71,55	72,18	202,66	94,69	40,24	6.907,81
DKB390xSHS4070	71,53	70,98	219,25	119,42	40,57	6.888,40
GNZ7201xBG7049	72,63	72,18	205,54	104,35	40,77	6.876,48
GNZ7201xBM3061	69,31	67,62	212,53	113,95	42,24	7.244,68
GNZ7201xBRS1060	68,74	69,54	202,66	98,77	41,46	6.906,05
GNZ7201xDKB390	70,70	70,98	201,95	101,15	40,26	6.710,12
GNZ7201xSHS4070	69,07	69,54	212,09	112,66	41,46	7.150,49
NS70xAG1051	71,55	72,42	221,69	123,71	42,67	7.233,62
NS70xBAL188	71,51	68,58	214,53	110,96	42,16	7.047,06
NS70xBG7049	73,41	70,98	212,67	112,97	41,10	7.204,68
NS70xBM3061	73,14	70,26	217,89	111,68	42,60	7.441,37
NS70xBRS1060	72,04	70,98	212,50	119,63	41,46	7.154,38
NS70xDKB390	71,53	69,78	212,23	112,92	42,23	7.165,29
NS70xGNZ7201	72,08	70,74	213,55	112,66	40,50	7.029,08
NS70xSHS4070	72,86	72,18	216,87	115,97	41,42	6.882,75
NS70xB8018	74,53	72,66	212,43	116,64	41,29	6.847,94
SHS4070xBG7049	70,70	71,70	214,63	113,59	41,61	7.032,02
SHS4070xBM3061	73,73	72,90	210,33	102,85	40,66	6.972,38
B8018xBAL188	69,03	69,06	216,20	113,18	42,34	7.257,65
B8018xBG7049	74,28	71,70	215,11	113,54	41,52	7.100,24
B8018xBM3061	72,61	72,90	210,56	108,27	41,64	6.801,17

Anexo 1. Continuação

XB8018xBRS1060	71,53	71,70	210,05	109,41	42,08	7.076,87
XB8018xDKB390	72,35	69,78	212,60	117,20	41,59	7.220,87
XB8018xGNZ7201	70,68	70,98	213,52	111,11	40,41	7.056,90
XB8018xSHS4070	71,49	72,18	216,26	120,82	40,41	6.914,72
Populações de base genética ampla						
BR105	68,94	72,09	215,96	120,01	39,31	5.072,29
BR106	70,66	67,09	196,12	88,84	41,38	3.668,68
BRSSoldaManhã	66,90	68,76	206,29	102,09	35,61	4.055,10
UFVM100(HS)C1	69,57	71,76	205,71	103,09	40,71	5.617,94
UFVM200(HS)C1	67,84	71,76	221,29	118,09	46,61	6.181,06
F2						
AG1051-F2	72,99	76,76	203,12	115,09	37,85	4.314,13
BAL188-F2	70,59	71,09	168,37	71,01	39,91	3.027,33
BG7049-F2	75,18	76,09	190,37	92,51	40,51	6.093,67
BM3061-F2	75,18	73,76	202,37	113,84	37,28	7.350,24
BRS1060-F2	73,36	73,09	166,54	77,93	41,05	3.412,88
DKB390-F2	75,19	70,09	197,37	104,76	38,65	4.218,33
GNZ7201-F2	72,63	71,09	180,96	91,68	38,08	5.456,04
NS70-F2	76,56	77,09	189,71	98,76	39,18	3.678,77
SHS4070-F2	74,31	76,09	214,04	123,26	32,81	3.635,56
XB8018-F2	75,34	74,76	212,79	116,59	37,18	4.738,37

Anexo 2. Médias fenotípicas das 45 Combinações híbridas, 5 populações de base genética ampla e dez populações F2 em condição de alto N

CH	FM	FF	AP	AE	SPAD	PG
AG1051xBAL188	66,14	65,85	233,90	123,64	62,82	10.202,57
AG1051xBG7049	68,07	69,86	241,52	133,33	60,52	10.108,26
AG1051xBM3061	67,72	70,83	241,15	142,82	60,92	11.254,66
AG1051xBRS1060	67,37	68,44	230,46	121,36	61,56	8.199,27
AG1051xDKB390	67,19	68,47	232,68	132,55	62,48	11.486,30
AG1051xGNZ7201	66,66	68,91	233,10	130,66	61,43	11.826,61
AG1051xSHS4070	67,72	69,88	240,41	146,53	60,46	10.616,53
AG1051xBR8018	67,72	69,88	244,75	148,03	60,91	10.843,76
BAL188xBG7049	66,66	69,39	235,75	119,61	63,91	10.154,71
BAL188xBM3061	66,14	65,37	231,57	114,93	62,00	6.994,17
BAL188xBRS1060	66,66	67,03	226,43	114,28	61,83	9.829,34
BAL188xDKB390	66,96	68,55	237,01	120,50	62,80	10.447,45
BAL188xGNZ7201	66,14	67,03	231,30	118,24	62,71	10.868,88
BAL188xSHS4070	67,19	70,08	242,37	129,49	64,76	10.039,81
BM3061xBG7049	67,19	69,40	238,50	128,71	59,83	10.867,87
BRS1060xBG7049	67,72	69,39	228,07	117,85	61,37	9.990,56
BRS1060xBM3061	67,19	68,45	222,94	111,54	61,18	9.457,39
BRS1060xSHS4070	67,72	68,45	240,89	134,82	60,09	10.189,65
DKB390xBG7049	67,19	68,45	249,89	137,43	61,67	10.982,41
DKB390xBM3061	67,72	68,91	234,59	130,99	61,87	11.408,43

Anexo 2. Continuação

DKB390xBRS1060	66,14	67,71	224,37	110,57	60,64	10.943,82
DKB390xSHS4070	67,19	69,39	246,92	135,87	61,01	10.850,24
GNZ7201xBG7049	67,19	68,91	233,90	124,94	60,42	10.998,41
GNZ7201xBM3061	66,14	67,03	236,02	120,19	62,26	11.329,06
GNZ7201xBRS1060	67,19	68,00	222,30	113,43	62,09	11.068,11
GNZ7201xDKB390	66,66	68,44	229,61	124,42	61,44	9.841,24
GNZ7201xSHS4070	67,72	68,42	236,12	131,05	60,46	10.824,50
NS70xAG1051	68,07	70,79	242,58	140,29	61,17	11.067,98
NS70xBAL188	67,72	68,45	239,03	121,23	59,07	10.572,38
NS70xBG7049	67,59	69,48	230,24	122,79	59,08	11.560,03
NS70xBM3061	67,19	69,42	243,90	127,41	61,38	11.591,42
NS70xBRS1060	67,72	69,42	236,60	125,46	60,12	10.603,74
NS70xDKB390	67,19	68,44	235,01	127,15	60,97	11.032,21
NS70xGNZ7201	67,72	68,91	242,79	133,20	59,67	11.226,10
NS70xSHS4070	68,07	70,84	245,33	140,42	60,13	9.842,25
NS70xB8018	67,54	70,35	237,29	131,90	58,71	10.978,30
SHS4070xBG7049	67,72	71,28	246,50	133,78	60,71	8.643,08
SHS4070xBM3061	68,07	69,86	236,92	134,17	58,63	10.143,44
B8018xBAL188	66,14	67,74	234,22	127,48	61,48	10.666,02
B8018xBG7049	68,42	70,34	247,13	140,48	62,37	10.530,18
B8018xBM3061	67,19	68,93	233,74	133,98	60,46	10.699,42
B8018xBRS1060	67,54	69,39	229,24	121,43	60,41	10.160,79
B8018xDKB390	67,19	68,44	238,40	135,08	60,54	10.308,11
B8018xGNZ7201	67,19	68,45	237,55	130,86	62,32	10.693,07
B8018xSHS4070	67,72	68,47	252,32	144,71	61,56	11.062,77
Populações de base genética ampla						
BR105	66,09	72,94	232,18	137,88	58,23	7.120,28
BR106	63,12	63,28	240,52	113,71	58,76	7.414,16
BRSSoldaManhã	63,81	65,61	220,85	117,11	58,70	5.495,83
UFVM100(HS)C1	68,15	73,28	246,85	138,02	62,60	10.129,46
UFVM200(HS)C1	66,09	68,61	237,60	132,12	61,10	10.021,52
F2						
AG1051-F2	68,08	72,94	234,18	135,08	58,86	5.902,34
BAL188-F2	65,40	65,61	207,27	100,30	61,50	5.134,09
BG7049-F2	70,23	72,61	217,85	118,25	55,30	5.117,69
BM3061-F2	68,89	73,28	215,02	119,17	53,60	5.896,09
BRS1060-F2	68,85	70,28	189,93	94,63	55,93	5.344,64
DKB390-F2	66,02	68,28	212,02	118,43	58,16	6.278,71
GNZ7201-F2	67,17	67,94	202,68	101,43	56,86	6.195,31
NS70-F2	74,20	74,28	209,35	115,88	56,43	4.940,18
SHS4070-F2	70,82	75,28	240,02	135,79	49,96	4.996,65
B8018-F2	70,82	75,28	223,10	135,32	57,26	5.440,83

Anexo 3. Médias fenotípicas das 45 Combinações híbridas, 5 populações de base genética ampla e dez populações F2, conjunta entre os dois níveis de N

CH	FM	FF	AP	AE	SPAD	PG
AG1051xBAL188	68,14	66,58	212,65	106,43	42,46	6.929,23
AG1051xBG7049	72,07	72,42	214,15	116,35	41,13	6.652,99
AG1051xBM3061	71,84	72,42	220,24	127,15	41,33	7.571,55
AG1051xBRS1060	71,38	70,61	204,97	103,07	42,04	5.231,65
AG1051xDKB390	71,15	70,61	205,06	112,75	41,20	7.086,87
AG1051xGNZ7201	70,22	70,75	203,79	112,65	41,56	7.709,47
AG1051xSHS4070	71,61	72,14	217,63	127,26	41,30	7.121,87
AG1051xB8018	71,26	72,28	217,50	124,46	41,69	7.551,47
BAL188xBG7049	70,92	70,47	208,39	100,73	42,57	6.620,35
BAL188xBM3061	69,07	66,86	208,64	97,51	42,14	6.120,79
BAL188xBRS1060	70,80	68,80	199,87	97,37	42,50	6.196,28
BAL188xDKB390	70,73	70,39	208,92	104,26	41,77	6.324,83
BAL188xGNZ7201	68,84	67,83	206,74	102,37	41,81	7.114,42
BAL188xSHS4070	69,99	71,17	220,68	109,96	41,83	6.695,69
BM3061xBG7049	71,61	71,59	217,57	114,11	41,43	7.534,85
BRS1060xBG7049	71,26	71,17	201,21	98,39	41,18	6.967,09
BRS1060xBM3061	70,92	69,50	196,08	92,23	41,90	6.522,63
BRS1060xSHS4070	71,61	71,31	214,55	111,28	41,12	6.190,58
DKB390xBG7049	71,26	70,47	220,52	115,55	41,13	6.771,55
DKB390xBM3061	71,61	69,78	213,46	111,32	42,10	7.136,42
DKB390xBRS1060	70,57	70,89	196,14	90,10	40,74	7.873,42
DKB390xSHS4070	71,26	71,17	224,59	120,44	40,99	6.970,21
GNZ7201xBG7049	71,72	71,59	204,38	104,36	40,96	6.864,62
GNZ7201xBM3061	69,65	67,83	212,03	108,31	42,13	6.912,85
GNZ7201xBRS1060	70,11	69,50	194,93	94,40	41,69	7.769,61
GNZ7201xDKB390	70,57	70,61	198,56	101,92	40,93	6.959,35
GNZ7201xSHS4070	70,57	69,78	211,69	113,28	41,32	6.029,10
NS70xAG1051	71,84	72,84	224,28	125,72	42,10	7.386,89
NS70xBAL188	71,61	69,22	215,64	106,84	41,37	7.666,90
NS70xBG7049	72,42	71,19	208,77	109,05	40,86	7.018,09
NS70xBM3061	71,96	70,75	221,58	110,65	42,12	7.758,46
NS70xBRS1060	71,84	71,17	212,34	114,99	41,25	8.310,25
NS70xDKB390	71,26	69,92	211,16	111,35	41,83	7.220,50
NS70xGNZ7201	71,84	70,75	216,94	114,43	40,66	7.493,63
NS70xSHS4070	72,42	72,70	221,48	120,55	41,23	7.321,01
NS70xB8018	72,76	72,70	212,68	116,42	40,85	6.322,01
SHS4070xBG7049	71,26	72,70	220,12	115,37	41,45	6.824,89
SHS4070xBM3061	72,76	72,56	210,54	108,31	40,51	5.618,15
B8018xBAL188	69,53	69,08	214,33	111,70	42,00	6.647,28
B8018xBG7049	73,23	72,14	220,92	118,94	41,79	7.474,87
B8018xBM3061	71,72	72,00	208,89	111,88	41,42	7.124,12
B8018xBRS1060	71,49	71,59	205,78	105,90	41,63	6.598,85

Anexo 3. Continuação

XB8018xDKB390	71,61	69,92	213,49	118,52	41,41	6.948,29
XB8018xGNZ7201	70,92	70,61	213,83	112,12	41,20	7.252,68
XB8018xSHS4070	71,61	71,31	225,03	126,14	41,03	7.095,60
Populações de base genética ampla						
BR105	68,93	72,08	215,95	120,01	39,31	5.079,63
BR106	70,62	67,08	196,12	88,84	41,38	3.668,68
BRSSoldaManhã	66,90	68,75	206,28	102,09	35,61	4.062,44
UFVM100(HS)C1	69,57	71,75	205,70	103,09	40,71	5.625,28
UFVM200(HS)C1	67,87	71,75	221,28	118,09	46,61	6.188,40
F2						
AG1051-F2	72,96	76,75	203,12	115,09	37,84	4.321,47
BAL188-F2	70,60	71,08	168,37	71,01	39,91	3.034,67
BG7049-F2	75,22	76,08	190,37	92,51	40,51	6.099,2
BM3061-F2	75,22	73,75	202,37	113,84	37,28	7.355,72
BRS1060-F2	73,30	73,08	166,53	77,92	41,04	3.420,22
DKB390-F2	75,22	70,08	197,32	104,76	38,64	4.225,67
GNZ7201-F2	72,59	71,08	180,95	91,67	38,08	5.463,38
NS70-F2	76,57	77,08	189,70	98,76	39,18	3.684,25
SHS4070-F2	74,27	76,08	214,03	123,26	32,81	3.642,90
XB8018-F2	75,29	74,75	212,78	116,59	37,18	4.745,71