

AVALIAÇÃO DE LINHAGENS S₂ DE MILHO EM *TOPCROSSES* COM LINHAGEM-ELITE TESTADORA

OMAR POSSATTO JUNIOR¹, MARCOS VENTURA FARIA², GUILHERME MENDES BATTISTELLI³,
EVANDREI SANTOS ROSSI¹, DIEGO FERNANDO DE MARCK⁴, CARLOS AUGUSTO DA SILVA⁴,
ANDRÉ GABRIEL⁵ e ELIZA GRALAK⁶

¹Dourando em Genética e Melhoramento de Plantas, UEM, Maringá-PR. omar.pj@hotmail.com, rossi.es@hotmail.com

²Professor Associado do Departamento de Agronomia, docente do Programa de Pós-graduação
em Agronomia da UNICENTRO, Guarapuava-PR. mfarria@unicentro.br

³Geneze Sementes, Londrina, PR, Brasil. guilherme@geneze.com.br

⁴Mestrando em Produção Vegetal, UNICENTRO, Guarapuava-PR. diegofernandodemarck@hotmail.com, gutoaugusto2@hotmail.com

⁵Dourando em Produção Vegetal, UNICENTRO, Guarapuava-PR. andre.gb85@hotmail.com

⁶Docente da Faculdade Campo Real elizagralak@yahoo.com.br

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.16, n.2, p. 297-309, 2017

RESUMO - O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial de linhagens (S₂) de milho em cruzamentos *topcrosses*, usando como testador uma linhagem-elite. Foram conduzidos quatro experimentos, dois na região Centro-Sul do Paraná e dois na região Noroeste de Minas Gerais. Em cada experimento foram avaliados 121 tratamentos, sendo 108 híbridos *topcrosses* de linhagens S₂ cruzadas com uma linhagem-elite testadora e 13 híbridos comerciais (testemunhas). O delineamento utilizado foi o látice triplo 11x11. As parcelas foram compostas de uma linha com 5 metros, espaçamento de 0,80 metros entre linhas com população de 62.500 plantas por hectare. Foram avaliadas as características agrônomicas altura de planta (AP) e espiga (AE), produtividade e estabilidade produtiva de grãos (PG). Os dados foram submetidos à análise de variância individual e conjunta, estabilidade e adaptabilidade (Annicchiarico) utilizando o programa GENES; as médias foram agrupadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. Para AP e AE, houve interação genótipos x ambientes significativa. A linhagem-elite utilizada como testadora foi eficiente na discriminação do mérito relativo das linhagens S₂ em cruzamentos *topcrosses*. As linhagens S₂ cujas combinações híbridas em *topcrosses* com o testador apresentaram elevado potencial genético deverão ser avançadas no programa de melhoramento. Os híbridos *topcrosses* HTC 11, HTC 15, HTC 44, HTC 52, HTC 56, HTC 72 e HTC 86 apresentaram boa produtividade de grãos e estabilidade em todos os ambientes estudados. **Palavras-chave:** *Zea mays*, Annicchiarico, produtividade de grãos, adaptabilidade, estabilidade fenotípica.

EVALUATION OF CORN S₂ LINES IN *TOPCROSSES* WITH ELITE LINE TESTER

ABSTRACT - The objective was to evaluate the potential of partly inbred lines (S₂) of corn in *topcrosses*, using an elite inbred line as a tester. Four experiments were conducted, two in the south center region of Paraná State and two in the northwest region of Minas Gerais State. We evaluated 121 treatments in each experiment, i.e., 108 *topcrosses* hybrids from S₂ lines crossed with a tester inbred line and 13 commercial hybrids (checks). The genotypes were evaluated in triple lattice design 11x11. The plots were composed of a line with 5 meters spacing of 0.80 meters between lines with a population of 62,500 plants per hectare. We evaluated the agronomic characteristics plant height and ear, grain yield and stability and adaptability of grain yield. Data were subjected to individual and joint analysis of variance, and stability and adaptability (Annicchiarico) using the GENES program. The means were grouped by the Scott Knott test at 5% probability. For plant height and ear height, there was significant genotypes x environments interaction. The elite inbred line used as tester was efficient in the discrimination of the relative merits of S₂ lines in *topcrosses*. The S₂ partly inbred lines whose had high genetic potential in *topcrosses* should be advanced in the breeding program. The *topcrosses* hybrids, HTC 11, HTC 15, HTC 44, HTC 52, HTC 56, HTC 72 and HTC 86 produce good grain yield and stability in all studied environments.

Keywords: *Zea mays*, Annicchiarico, grain yield, adaptability, phenotypic stability.

O milho está entre os principais cereais cultivados em todas as regiões no Brasil, apresenta alta produção, embora a média de produtividade seja baixa (Cruz et al., 2014a), o que se contrapõe às tecnologias e aos genótipos disponíveis atualmente, que oferecem aos produtores um grande número de híbridos simples, triplos e duplos com alto potencial produtivo (Cruz et al., 2014b).

Para disponibilizar novos híbridos ao mercado são necessárias várias etapas, iniciando com a obtenção da população-base, sucessivas autofecundações, avaliações das linhagens parcialmente endogâmicas, hibridação das linhagens e avaliações dos híbridos (Paterniani & Campos, 1999).

Para a formação da população-base, uma alternativa utilizada pelos pesquisadores é extrair linhagens dos híbridos comerciais. De acordo com Amorim e Souza (2005), os híbridos comerciais foram testados em diversos ambientes, e estes genótipos possuem grande quantidade de alelos favoráveis fixados, para diversas características, como resistência a doenças, arquitetura de plantas, ciclo e produtividade de grãos. Vários trabalhos demonstram que a utilização de híbridos comerciais é viável para a formação de populações-base para obtenção de linhagens (Pfann et al., 2009; Ferreira et al., 2010; Oliboni et al., 2013; Gralak et al., 2015; Mendes et al., 2015; Marcondes et al., 2016).

Nas gerações iniciais de endogamia é possível obter um grande número de linhagens, das quais muitas apresentam baixa frequência de alelos favoráveis, ou seja, não são de interesse ao melhoramento. Para se conhecer a variabilidade genética entre as linhagens, a capacidade de combinação e selecionar as mais promissoras, recomenda-se o uso do método *topcrosses*, proposto por Davis (1927) (Guedes et al., 2011), que consiste no cruzamento de um grande

número de linhagens com um genótipo testador em comum, permitindo a avaliação do mérito relativo das linhagens em combinações híbridas, eliminando-se as de desempenho inferior (Paterniani et al., 2006).

O testador pode ser tanto de base genética estreita ou ampla, permitindo avaliar a capacidade específica de combinação (CEC) ou a capacidade geral de combinação (CGC), respectivamente (Cruz et al., 2014b). O uso de linhagem-élite como testadora, além de contribuir na seleção das linhagens com maior potencial genético para continuidade do processo de endogamia, permite identificar híbridos promissores para o mercado (Hallauer et al., 2010).

Clovis et al. (2015) citam que as linhagens que apresentam CEC elevada quando cruzadas com híbridos comerciais demonstram potencial para ser um testador eficiente na avaliação das linhagens parcialmente endogâmicas. Para Barreto et al. (2012), o melhor testador para híbridos *topcrosses* é uma linhagem, por discriminar melhor as linhagens parcialmente endogâmicas, do que uma variedade ou um híbrido.

O efeito da interação genótipos x ambientes torna a seleção mais complexa, em virtude da dificuldade de encontrar genótipos superiores em uma ampla gama de ambientes. Contudo, para auxiliar no processo de seleção, alguns métodos estatísticos ajudam a compreender a interação, tornando os resultados mais acessíveis ao melhorista (Ramos et al., 2011). Dentre os métodos estatísticos para a avaliação dos parâmetros de estabilidade e adaptabilidade, um muito utilizado é o Annicchiarico (1992).

O método de Annicchiarico (1992) baseia-se na análise de variância conjunta dos experimentos, fazendo-se, posteriormente, o desdobramento da soma de quadrados dos efeitos de ambientes e da interação genótipos x ambientes, em efeitos de ambientes dentro de cada genótipo (Cruz et al., 2014a).

Neste contexto, o objetivo foi avaliar o potencial de linhagens (S_2) do programa de melhoramento da UNICENTRO, em cruzamentos *topcrosses*, usando como testador uma linhagem-elite, em diferentes ambientes, visando selecionar linhagens com elevado potencial genético e híbridos promissores.

Material e Métodos

A partir de uma população-base gerada do cruzamento entre os híbridos comerciais P30P70 e Dow 8460 foram obtidas 108 linhagens parcialmente endogâmicas (S_2), as quais foram cruzadas com uma linhagem-elite testadora pelo método *topcross*. A linhagem endogâmica testadora é adaptada ao clima tropical de elevada altitude, possui grãos duros, ciclo precoce, alta produtividade de grãos e tolerância a *Cercospora zea-maydis* e *Exserohilum turcicum*.

Os 108 híbridos *topcrosses* (HTC) e mais 13 híbridos comerciais utilizados como testemunhas (AG 9010, GNZ8132, P30F35, GNZ9501, GNZ9505, GNZ9623, Dow 2B688, AS1575, P30R50, GNZ 2004, GNZ 2500, P30P70 e DKB390) totalizaram 121 tratamentos, que foram avaliados no delineamento látice triplo 11x11. Cada parcela foi composta por uma linha de cinco metros, espaçamento de 0,80 m entre linhas, com população final equivalente a 62.500 plantas por hectare.

Foram conduzidos quatro experimentos, na safra de verão de 2009, dois na região Centro-Sul do Paraná e dois na região Noroeste de Minas Gerais. O primeiro foi realizado na área experimental da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná-UNICENTRO, no Campus CEDETEG, em Guarapuava-PR, localizada a 25° 21' de latitude sul, 51° 30' de longitude oeste e a 1.100 m de altitude. O segundo experimento foi feito em Cândói-PR, localizada a 25°

62' de latitude sul, 52°02' de longitude oeste, a 900 m de altitude. O terceiro foi em Paracatu-MG, localizada a 17° 13' latitude sul, 46° 52' longitude oeste e altitude de 687 m. O quarto experimento deu-se em Guarda-Mor-MG, localizada a 17° 46' de latitude sul, 47° 05' longitude oeste e altitude de 616 m. O clima das regiões de Guarapuava e Cândói é classificado como Cfb (clima subtropical úmido com verão ameno), segundo Köppen. O clima de Paracatu e Guarda Mor é classificado como Aw (clima tropical com estação seca de inverno), segundo Köppen.

Os experimentos foram semeados em sistema de plantio direto, em que foram utilizados 300 kg ha⁻¹ de adubação de base da formulação NPK 8-20-15. Para adubação de cobertura foram realizadas duas aplicações de 150 kg de ureia (45% N) quando as plantas estavam com 3-4 folhas e 5-6 folhas completamente expandidas, respectivamente. Durante a condução dos experimentos foi realizado o manejo de pragas, doenças e plantas daninhas, quando necessário.

Após o florescimento foram avaliadas a altura de planta (AP), altura da inserção da espiga (AE) e produtividade de grãos (PG), de todas as parcelas em todos os locais. Para a determinação da AP e AE foram tomadas medidas de seis plantas da área útil da parcela, em metros, desde o solo até a inserção da folha bandeira e até a inserção da espiga principal, respectivamente.

Para produtividade de grãos (PG - kg ha⁻¹), as plantas das parcelas experimentais foram colhidas e trilhadas. Foi determinado o peso de grãos e a umidade foi corrigida para 13%. Os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade de Shapiro-Wilk e de homogeneidade das variâncias de Bartlett.

Verificadas as pressuposições, realizaram-se as análises individuais e conjunta, considerando o mo-

delo matemático estatístico $Y_{ijk} = \mu + G_i + A_j + GA_{ij} + B/A_{jk} + \epsilon_{ijk}$. Em que: μ = média geral; G_i = efeito do i -ésimo genótipo ($i= 1, 2, \dots, i$); A_j = efeito do j -ésimo ambiente ($j= 1, 2, \dots, j$); GA_{ij} = efeito da interação do i -ésimo genótipo com o efeito do j -ésimo ambiente; B/A_{jk} = efeito do k -ésimo bloco dentro do j -ésimo ambiente; ϵ_{ijk} = erro aleatório.

As médias foram agrupadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. Realizou-se também a análise de estabilidade e adaptabilidade fenotípica pelo método de Annicchiarico (1992), utilizando o programa GENES (Cruz, 2016).

Resultados e Discussão

Na análise de variância, o látice não demonstrou eficiência, portanto, os dados foram analisados em delineamento em blocos casualizados. A interação entre os híbridos *topcrosses* (HTC) e ambientes foi significativa ($P < 0,01$) para todas as características avaliadas, demonstrando comportamento não constante dos genótipos frente às variações ambientais, corroborando com os resultados encontrados por outros autores (Ferreira et al., 2010; Marcondes et al., 2015a, 2015b).

Para a PG houve diferenças significativas ($P < 0,01$) entre os genótipos (Tabela 1), evidenciando a ocorrência de variabilidade genética entre os híbridos *topcrosses*, a qual pode se atribuir às diferentes linhagens S_2 provenientes da população gerada a partir do cruzamento entre os híbridos P30P70 e Dow8460. Isso indica a possibilidade de seleção das mais promissoras para continuar no programa de melhoramento, corroborando com os resultados obtidos por Pfann et al. (2009); Oliboni et al. (2013); Gralak et al. (2015); Marcondes et al. (2016), que reforçam a viabilidade do uso de híbridos comer-

ciais na formação de populações-base para a obtenção de linhagens.

Para a AP e AE (Figuras 1 e 2) vários genótipos se destacaram demonstrando porte baixo, com alturas semelhantes ou inferiores às testemunhas, característica essa desejada, em virtude da tendência de maior adensamento da cultura em plantios comerciais.

As médias de altura de plantas variaram de 1,83 m (HTC 91) a 2,53 m (AG9010) e de altura de espigas de 0,90 m (HTC 55 e HTC 62) a 1,63 m (HTC 67) (Figura 1).

Os híbridos *topcrosses* (HTC) apresentaram plantas de porte baixo a médio. Segundo a escala proposta por Pinto et al. (2010), plantas baixas apresentam altura inferior a 2,20 m e plantas com porte médio de 2,20 a 2,80 m. Guarapuava, Guarda-Mor, Paracatu e Candói apresentaram 81%, 79%, 53% e 30% dos genótipos com altura inferior ou igual a 2,20 m, respectivamente (Figura 1). As diferenças devem-se à influência dos ambientes, em que as diferentes condições climáticas dos locais foram a principal causa dos resultados. Em nenhum dos ambientes observou-se plantas com porte alto.

As médias de AP e AE formaram quatro grupos, o ambiente que proporcionou menor média de AP foi Guarapuava (2,12 m), e a média mais alta ocorreu em Candói (2,25 m). Entretanto, para AE, a menor média foi encontrada em Guarda-Mor (1,11 m), e a maior média, em Candói (1,32 m) (Figuras 1 e 2).

As médias da AP foram similares às observadas por Marcondes et al. (2015b) que avaliaram híbridos *topcrosses* na região Centro-Sul do Paraná. No entanto, foram superiores aos valores obtidos por Ferreira et al. (2009), cuja média foi de 2,00 m para AP em híbridos *topcrosses* de linhagens S_3 de milho avaliados em três locais do Estado de São Paulo. As diferenças devem ser atribuídas à diver-

Tabela 1. Resumo da análise de variância conjunta para altura de planta (AP), altura da inserção da espiga (AE) e produtividade de grãos (PG) de 108 híbridos *topcrosses* e 13 testemunhas avaliados nos ambientes de Guarapuava e Cândói-PR e em Paracatu e Guarda-Mor-MG.

| FV | GL | QM | | |
|----------------------------------|-----|----------|---------|---------------------------|
| | | AP(m) | AE(m) | PG (kg ha ⁻¹) |
| Bloco/Ambiente | 8 | 0,08548 | 0,043 | 6.637.128 |
| Híbridos <i>topcrosses</i> (HTC) | 120 | 0,0539** | 0,041** | 9.731.957** |
| Ambientes (A) | 3 | 1,270** | 2,971** | 332.313.072** |
| HTC x A | 360 | 0,021** | 0,021** | 4.003.859** |
| Resíduo | 960 | 0,010 | 0,013 | 1.506.491 |
| Média | - | 2,18 | 1,19 | 10.331 |
| CV(%) | - | 4,74 | 9,78 | 11,91 |

** significativo pelo teste F a 1% de probabilidade significativo pelo teste F.

gência genética dos materiais e dos ambientes de avaliação.

Os HTC classificados no grupo de genótipos com porte médio podem ser interessantes para a produção de forragem, pois, segundo Cancellier et al. (2011), genótipos com altura de planta e espiga elevadas apresentam potencial para produção de massa forrageira.

Para produtividade de grãos, no ambiente Guarapuava, os híbridos *topcrosses* HTC 39, HTC 70 e HTC 11 destacaram-se ficando no grupo de maior média, segundo o teste de Skott Knott, não diferindo das testemunhas mais produtivas neste ambiente (Tabela 2). No ambiente de Cândói, observa-se resultado semelhante, em que os híbridos *topcrosses* HTC 46, HTC 25, HTC 22 e HTC 85 apresentaram altas médias de PG, não diferindo das testemunhas mais produtivas (Tabela 2).

Os resultados encontrados no presente trabalho são respaldados por informações encontradas na literatura que demonstram a possibilidade de detecção de híbridos *topcrosses*, capazes de alcançar e/ou superar o rendimento de grãos de testemunhas comerciais, como os resultados encontrado por Ferreira et al. (2009), que avaliaram o desempenho de 27 híbridos

topcrosses de linhagens *S₃* de milho em São Paulo e relataram híbridos *topcrosses* com produtividade de grãos superior à de híbridos comerciais utilizados como testemunhas. O mesmo foi observado por Marcondes et al. (2016, 2015b), ao avaliarem híbridos *topcrosses* de linhagens *S₄* de milho no Centro-Sul do Paraná. Clovis et al. (2015) observaram híbridos *topcrosses* semelhantes a testemunhas em condições de milho segunda safra.

Nos ambientes Paracatu e Guarda-Mor, nenhum híbrido *topcross* ficou classificado no grupo mais produtivo, segundo o teste de Skott Knott, no entanto alguns híbridos *topcrosses* demonstraram bons valores de produtividade nos ambientes, com médias de PG acima de 10.000 kg ha⁻¹, valores similares aos das testemunhas com menor produtividade neste trabalho (Tabela 2). Esses resultados podem ser explicados por que os híbridos genitores são recomendados a ambiente subtropical, mas o resultado demonstra que as linhagens do programa de melhoramento apresentam potencial para gerar híbridos produtivos destinados às regiões estudadas. Pateriani et al. (2006), quando avaliaram o desempenho de linhagens cruzadas com dois testadores de base genética estreita (híbridos simples), observaram hí-



Figura 1. Genótipos com maiores e menores médias de altura de planta, envolvendo híbridos *topcrosses* e híbridos testemunhas, avaliados em quatro locais: (A) Guarapuava e (B) Candói, no Paraná, e (C) Paracatu e (D) Guarda-Mor, em Minas Gerais. MG= Média Geral; MHT= Média dos Híbridos Testemunhas. Genótipos com letras iguais pertencem a um mesmo grupo pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

bridos triplos similares aos híbridos comerciais utilizados como testemunhas.

Para avaliar a estabilidade da produtividade de grãos, utilizou-se a metodologia de Annicchiarico (1992), buscando-se encontrar os genótipos com comportamento estável nos ambientes de avaliações. O método de Annicchiarico é baseado na análise de

variância, em que se estimam os índices de confiabilidades (ω_i) geral, para ambientes favoráveis e desfavoráveis, o que permite estimar o risco de adoção de determinado genótipo em relação aos demais genótipos avaliados (Oliveira et al., 2007).

Na Tabela 3, os ambientes estão classificados segundo o método de Annicchiarico (1992), em que

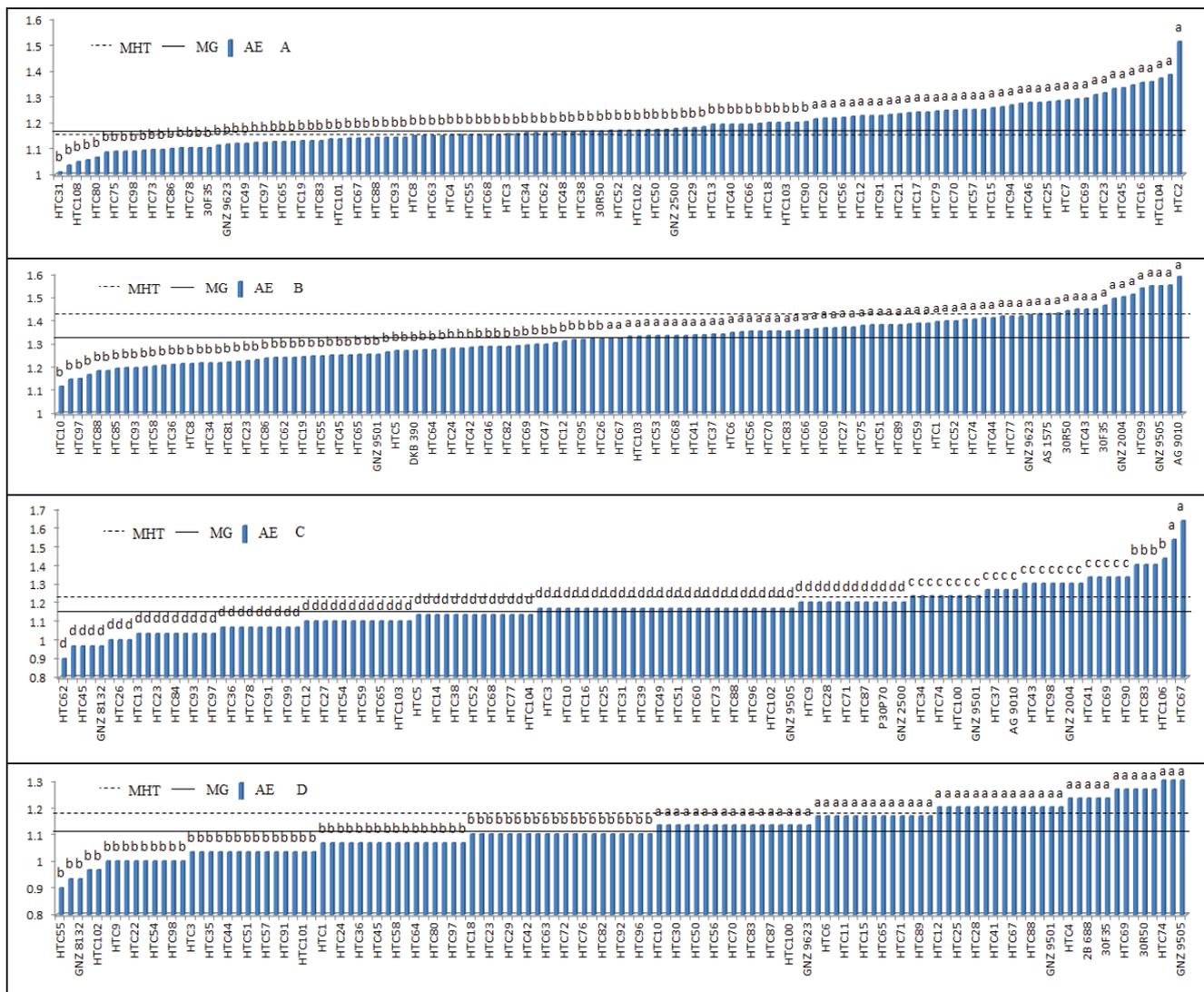


Figura 2. Genótipos com maiores e menores médias de altura de espiga, envolvendo híbridos *topcrosses* e híbridos testemunhas, avaliados em quatro locais: (A) Guarapuava e (B) Cândói, no Paraná, e (C) Paracatu e (D) Guarda-Mor, em Minas Gerais. MG= Média Geral; MHT= Média dos Híbridos Testemunhas. Genótipos com letras iguais pertencem a um mesmo grupo pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

constam a média de produtividade de cada ambiente e o índice ambiental, calculado pelo desvio do ambiente em relação à média geral, assim os ambientes com média de produtividade superior à média geral são classificados como ambiente favorável, e ambientes com média inferior, considerados desfavoráveis.

Os ambientes de Guarapuava e Guarda-Mor apresentaram índice ambiental negativo e foram classificados como desfavoráveis. Os ambientes de Cândói e Paracatu apresentaram índice ambiental positivo e foram classificados como ambientes favoráveis.

Os índices de confiabilidade (ω_i) dados em porcentagens (Figura 3) foram gerados a partir dos

Tabela 2. Valores médios da produtividade de grãos (PG), dos 20 híbridos *topcrosses* (HTC) mais produtivos e dos híbridos testemunhas, avaliados em Guarapuava e Candói, no Paraná, e em Paracatu e Guarda-Mor, em Minas Gerais.

| Produtividade de Grãos (PG) kg ha ⁻¹ | | | | | | | |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|------------|----------|
| Guarapuava | | Candói | | Paracatu | | Guarda-Mor | |
| Genótipo | PG | Genótipo | PG | Genótipo | PG | Genótipo | PG |
| HTC39 | 12.106 a | HTC46 | 13.396 a | HTC85 | 13.231 c | HTC60 | 12.545 b |
| HTC70 | 12.016 a | HTC25 | 12.936 a | HTC10 | 13.130 c | HTC65 | 12.213 c |
| HTC11 | 11.929 a | HTC22 | 12.671 a | HTC86 | 12.736 c | HTC15 | 11.379 c |
| HTC25 | 11.709 b | HTC85 | 12.558 a | HTC18 | 12.610 c | HTC93 | 11.366 c |
| HTC28 | 11.668 b | HTC86 | 12.465 b | HTC1 | 12.609 c | HTC22 | 11.103 c |
| HTC85 | 11.628 b | HTC21 | 12.422 b | HTC39 | 12.417 c | HTC47 | 11.010 c |
| HTC105 | 11.562 b | HTC72 | 12.133 b | HTC2 | 12.285 c | HTC44 | 10.808 c |
| HTC46 | 11.468 b | HTC74 | 12.077 b | HTC15 | 12.275 c | HTC67 | 10.671 c |
| HTC52 | 11.244 b | HTC70 | 12.036 b | HTC12 | 12.226 c | HTC86 | 10.648 c |
| HTC99 | 11.227 b | HTC52 | 12.004 b | HTC60 | 12.222 c | HTC72 | 10.539 c |
| HTC68 | 11.189 b | HTC45 | 11.966 b | HTC105 | 12.030 c | HTC26 | 10.371 c |
| HTC7 | 11.090 b | HTC40 | 11.942 b | HTC48 | 12.020 c | HTC19 | 10.298 c |
| HTC48 | 11.068 b | HTC44 | 11.939 b | HTC74 | 12.015 c | HTC89 | 10.173 c |
| HTC81 | 11.043 b | HTC37 | 11.884 b | HTC98 | 12.005 c | HTC42 | 10.057 d |
| HTC69 | 11.006 b | HTC43 | 11.848 b | HTC54 | 11.995 c | HTC82 | 9.899 d |
| HTC9 | 11.001 b | HTC28 | 11.801 b | HTC61 | 11.922 c | HTC78 | 9.866 d |
| HTC5 | 10.962 b | HTC80 | 11.739 b | HTC52 | 11.917 c | HTC56 | 9.818 d |
| HTC96 | 10.956 b | HTC34 | 11.653 b | HTC11 | 11.900 c | HTC108 | 9.698 d |
| HTC79 | 10.951 b | HTC88 | 11.650 b | HTC66 | 11.894 c | HTC17 | 9.678 d |
| HTC72 | 10.930 b | HTC96 | 11.650 b | HTC65 | 11.873 c | HTC100 | 9.650 d |
| Média HTC | 9.976 - | - | 10.688 - | - | 11.022 - | - | 8.671 - |
| Híbridos Testemunhas kg ha ⁻¹ | | | | | | | |
| AG 9010 | 13.702 a | DKB 390 | 14.852 a | AS 1575 | 17.036 a | 30R50 | 15.728 a |
| GNZ 8132 | 13.438 a | 30R50 | 13.928 a | GNZ 2500 | 15.768 a | 30F35 | 15.316 a |
| 2B 688 | 13.142 a | GNZ 9623 | 13.820 a | 30F35 | 14.304 b | AG 9010 | 13.603 b |
| GNZ 9501 | 13.128 a | GNZ 2004 | 13.816 a | AG 9010 | 13.770 b | AS 1575 | 13.483 b |
| GNZ 9505 | 11.398 b | 2B 688 | 13.189 a | 30R50 | 13.358 c | 2B 688 | 13.092 b |
| 30R50 | 10.996 b | AS 1575 | 13.117 a | GNZ 2004 | 13.029 c | DKB 390 | 12.962 b |
| GNZ 2004 | 10.082 c | GNZ 2500 | 12.853 a | DKB 390 | 12.386 c | GNZ 9623 | 11.954 c |
| P30P70 | 9.943 c | GNZ 9501 | 12.834 a | GNZ 9505 | 12.061 c | P30P70 | 11.788 c |
| DKB 390 | 9.717 c | GNZ 9505 | 11.824 b | GNZ 9501 | 12.031 c | GNZ 9501 | 10.929 c |
| AS 1575 | 9.531 c | P30P70 | 11.161 c | GNZ 9623 | 10.930 d | GNZ 2004 | 10.435 c |
| GNZ 2500 | 9.315 c | AG 9010 | 11.145 c | P30P70 | 10.390 d | GNZ 2500 | 10.393 c |
| GNZ 9623 | 8.894 c | 30F35 | 10.929 c | GNZ 8132 | 9.880 d | GNZ 8132 | 9.758 d |
| 30F35 | 8.522 c | GNZ 8132 | 8.500 c | 2B 688 | 9.765 d | GNZ 9505 | 9.588 d |
| Média Test. | 10.908 - | - | 12.459 - | - | 12.669 - | - | 12.233 - |

As médias seguidas da mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 3. Média de produtividade de grãos (PG – kg ha⁻¹), classificação e índice de Annicchiarico dos ambientes avaliados.

| Ambientes | PG | Classificação | Índice Ambiental |
|------------|----------|---------------|------------------|
| Guarapuava | 10.076 B | Desfavorável | -225 |
| Candói | 10.877 A | Favorável | 576 |
| Paracatu | 11.199 A | Favorável | 897 |
| Guarda-Mor | 9.053 B | Desfavorável | -1.248 |
| Média | 10.301 | - | - |

Médias seguidas da mesma letra pertencem ao mesmo grupo estatisticamente homogêneo pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

valores médios de produtividade dos genótipos em relação à média dos ambientes. Assim, quanto maior o valor de ω_i , maior é a chance de sucesso da escolha do genótipo e maior é a confiabilidade dessa escolha (Cruz et al., 2014a). Isto demonstra que a metodologia prestigia as médias e os desvios existentes entre os ambientes para cada cultivar em análise (Schmidt al., 2011).

Para a PG geral, ficaram acima do índice de confiança geral de Annicchiarico (ω_i) apenas oito híbridos *topcrosses* (HTC 11, HTC 15, HTC 18, HTC 22, HTC 25, HTC 28, HTC 44, HTC 52, HTC 56, HTC 66, HTC 72, HTC 86 e HTC 96) e nove das 13 testemunhas (GNZ 2004, DKB 390, Dow 2B 688, P30R50, AS 1575, GNZ 9501, GNZ 9505, GNZ 2500 e AG 9010), cujos respectivos índices ω_i superaram a média dos ambientes em 2,8%, 2,9%, 1,3%, 0,9%, 0,3%, 0,7%, 2,2%, 6%, 2,9%, 0,9%, 6,1%, 7,1%, 0,3%, 7,1%, 6,8%, 4,3%, 13,2%, 10,8%, 12,7%, 6,7%, 3,2% e 14,2% (Figura 3), indicando que esses genótipos mantiveram a PG acima da média, mesmo quando submetidos a diferentes condições ambientais.

Para os ambientes considerados favoráveis, os híbridos *topcrosses* HTC 2, HTC 11, HTC 12, HTC 13, HTC 15, HTC 18, HTC 20, HTC 22, HTC 27, HTC 28, HTC 34, HTC 40, HTC 43, HTC 44, HTC 45, HTC 48, HTC 52, HTC 54, HTC 56, HTC 70, HTC 72, HTC 74, HTC 82, HTC 85, HTC 86 e as testemunhas GNZ 2004, DKB 390, P30R50, AS 1575,

GNZ 9501, GNZ 9505, GNZ 2500, P30F35 e AG 9010 apresentaram índices ω_i da PG que superaram a média dos ambientes em 1,0%, 6,2%, 1,6%, 3,4%, 0,4%, 4,1%, 0,4%, 3,0%, 2,4%, 3,2%, 0,9%, 3,1%, 1,7%, 0,01%, 1,8%, 3,0%, 6,4%, 0,05%, 1,5%, 4,5%, 3,4%, 7,3%, 1,5%, 15,5%, 13,7%, 16,5%, 11,1%, 19,4%, 21,3%, 7,6%, 7,7%, 18,6%, 1,0% e 2,91% (Figura 3), demonstrando que esses genótipos são responsivos à melhora das condições ambientais.

Para os ambientes considerados desfavoráveis, os híbridos *topcrosses* HTC 4, HTC 11, HTC 15, HTC 17, HTC 25, HTC 44, HTC 47, HTC 52, HTC 56, HTC 60, HTC 61, HTC 66, HTC 67, HTC 69, HTC 72, HTC 77, HTC 79, HTC 81, HTC 86, HTC 89 e HTC 96 e as testemunhas GNZ 2004, Dow 2B 688, P30R50, GNZ 9501, GNZ 9505, GNZ 8132 e AG 9010 apresentaram índices ω_i acima da média dos ambientes em 0,5%, 0,6%, 6,1%, 4,5%, 0,1%, 3,5%, 7,0%, 4,7%, 8,2%, 6,8%, 0,2%, 2,2%, 6,9%, 0,5%, 8,6%, 4,0%, 2,9%, 2,3%, 1,9%, 6,8%, 1,4%, 0,4%, 30,7%, 10,5%, 20,9%, 6,0% 8,3% e 36,3% (Figura 3). Esses dados demonstram que esses genótipos mantiveram bons níveis de PG mesmo em ambientes que não propiciaram condições favoráveis.

Os híbridos *topcrosses* HTC 11, HTC 15, HTC 52, HTC 56, HTC 72 e HTC 86 e as testemunhas GNZ 2004, P30R50, GNZ 9501, GNZ 9505 e AG 9010 foram os genótipos que apresentaram índice de confiança acima de 100% nos ambientes favoráveis,

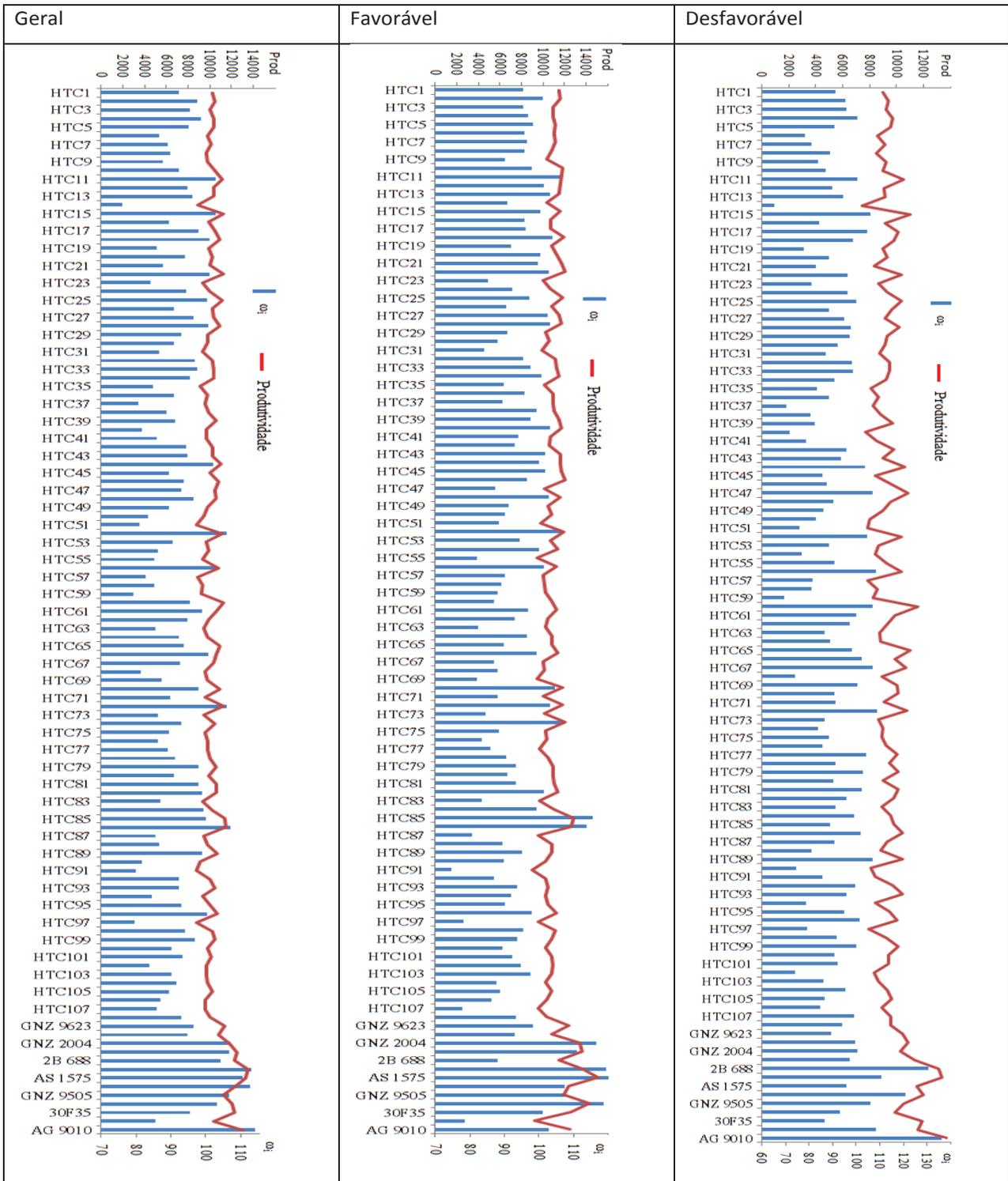


Figura 3. Produtividade e índice de confiança de Annicchiarico (ω_i) em ambiente geral, ambientes favoráveis e ambientes desfavoráveis dos híbridos *topcrosses* e testemunhas avaliados nos ambientes de Guarapuava-PR, Cândói-PR, Paracatu-MG e Guarda-Mor-MG.

desfavoráveis e geral. Assim, pode-se inferir que esses genótipos são os mais estáveis para a PG nos ambientes estudados. Estes resultados indicam que há linhagens S_2 dentro dessa população que podem ser usadas em cruzamentos para a produção de novos híbridos. Esses resultados corroboram com os encontrados por Guedes et al. (2011), que relatam que é possível encontrar linhagens promissoras derivadas de híbridos comerciais.

A avaliação de estabilidade pelo método de Annicchiarico é utilizada por muitos autores e em várias espécies, tais como trigo (Possatto Junior et al., 2017), arroz (Ramos et al., 2011), milho (Schmildt et al., 2011). Schmildt e Cruz (2005) avaliaram diferentes métodos de estabilidade e concluíram que o método Annicchiarico foi mais confiável do que Eberhart e Russell, em virtude da facilidade de interpretação e da precisão na indicação das cultivares para cada tipo de ambiente, e notaram que o método apresenta apenas um parâmetro de interpretação, enquanto Eberhart e Russell usa quatro parâmetros.

Quando se observa a média dos locais, nota-se a formação de dois grupos, em que Candói e Paracatu apresentaram médias superiores, com 10.877 kg ha⁻¹ e 11.199 kg ha⁻¹, respectivamente, e Guarapuava e Guarda-Mor, médias inferiores, com 10.076 kg ha⁻¹ e 9.053 kg ha⁻¹, respectivamente (Tabela 3). Os locais onde ocorreram as maiores médias de AP foram os mesmos que apresentaram maior PG, o que concorda com Nascimento et al. (2003), que observaram alta correlação entre altura de planta e produtividade de grãos.

Conclusões

Linhagem-elite utilizada como testadora foi eficiente na discriminação do mérito relativo das linhagens S_2 em cruzamentos *topcrosses*.

As linhagens S_2 cujas combinações híbridas em *topcrosses* com o testador apresentaram elevado potencial genético deverão ser avançadas no processo de endogamia para continuidade no programa de melhoramento.

Os híbridos *topcrosses* HTC 11, HTC 15, HTC 44, HTC 52, HTC 56, HTC 72 e HTC 86 apresentaram boa produtividade de grãos e estabilidade em todos os ambientes estudados.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão das bolsas de estudo de mestrado e de iniciação científica, e à Fundação Araucária pelo auxílio financeiro.

Referências

- AMORIM, E. P.; SOUSA J. C. Híbridos de milho inter e intrapopulacionais obtidos a partir de populações S_0 de híbridos simples comerciais. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, p. 561-567, 2005.
DOI: [10.1590/S0006-87052005000400005](https://doi.org/10.1590/S0006-87052005000400005).
- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaption and recommendation from alfafa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics of Breeding**, Rome, v. 46, n. 3, p. 269-278, 1992.
- BARRETO, R. R.; SCAPIM, C. A.; AMARAL JÚNIOR, A. T. D.; RODOVALHO, M. D. A.; VIEIRA, R. A.; SCHUELTER, A. R. Avaliação da capacidade de combinação de famílias S_2 de milho-pipoca por meio de diferentes testadores. **Semina. Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 873-890, 2012.
DOI: [10.5433/1679-0359.2012v33n3p873](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n3p873).

- BARROS, H. B.; SEDIYAMA, T.; MELO, A. V.; FIDELIS, R. R.; CAPONE, A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja por meio de métodos uni e multivariado. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 2, p. 49-58, 2012.
- CANCELLIER, L. L.; AFFÉRI, F. S.; DOTTO, M. A.; CARVALHO, E. V.; DUTRA, D. P.; CORNÉLIO, G. L. Avaliação de *top crosses* de milho no sul do Tocantins. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 4, p. 557-564, 2011. DOI: [10.5039/agraria.v6i4a865](https://doi.org/10.5039/agraria.v6i4a865).
- CLOVIS, L. R.; SCAPIM, C. A.; PINTO, R. J. B.; BOLSON, E.; SENHORINHO, H. J. C. Avaliação de linhagens S_3 de milho por meio de testadores adaptados à safrinha. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 1, p. 109-120, 2015.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2014a. v. 2, 668 p.
- CRUZ, C. D. Genes Software: extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 38, n. 4, p. 547-552, 2016.
- CRUZ, J. C.; 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**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014b. 35 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 167).
- FERREIRA, E. A.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; DUARTE, A. P.; GALLO, P. B.; SAWAZAKI, E.; AZEVEDO FILHO, J. A.; GUIMARÃES, P. S. Desempenho de híbridos *top crosses* de linhagens S_3 de milho em três locais do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 2, p. 319-327, 2009. DOI: [10.1590/S0006-87052009000200005](https://doi.org/10.1590/S0006-87052009000200005).
- FERREIRA, E. A.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; SANTOS, F. M. C. Potencial de híbridos comerciais de milho para obtenção de linhagens em programas de melhoramento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 304-311, 2010.
- GUEDES, F. L.; SOUZA, J. C.; COSTA, E. F. N.; REIS, M. C.; CARDOSO, G. A.; EMATNÉ, H. J. Evaluation of maize *top crosses* under two nitrogen levels. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1115-1121, 2011. DOI: [10.1590/S1413-70542011000600011](https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600011).
- GRALAK, E.; FARIA, M. V.; ROSSI, E. S.; POSSATTO JÚNIOR, O.; GABRIEL, A.; MENDES, M. C.; SCAPIM, C. A.; NEUMANN, M. Capacidade combinatória de híbridos de milho para produção de grãos e severidade de doenças foliares em dialelo circulante. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 14, n. 1, p. 116-129, 2015. DOI: [10.18512/1980-6477/rbms.v14n1p116-129](https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v14n1p116-129).
- HALLAUER, A. R.; CARENA, M. J.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. 6. ed. New York: Springer, 2010. 663 p.
- MARCONDES, M. M.; FARIA, M. V.; MENDES, M. C.; OLIVEIRA, B. R.; SANTOS, J. F.; CAVALLIN, I.; WALTER, A. L. B. Desempenho agrônômico de linhagens S_4 de milho em cruzamentos *top crosses*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 14, n. 1, p. 145-154, 2015a. DOI: [10.18512/1980-6477/rbms.v14n1p145-154](https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v14n1p145-154).
- MARCONDES, M. M.; FARIA, M. V.; NEUMANN, M.; MARCONDES, M. M.; SILVA, C. A.; VASCOSKI, V. L.; RIZZARDI, D. A. Desempenho agrônômico e forrageiro de linhagens S_4 de milho em *topcrosses* com híbrido simples. **Semina. Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 4, p. 2395-2406, 2015b. DOI: [10.5433/1679-0359.2015v36n4p2395](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n4p2395).
- MARCONDES, M. M.; FARIA, M. V.; MENDES, M. C.; GABRIEL, A.; NEIVERTH, V.; ZOCCHÉ, J. C. Breeding potential of S_4 maize lines in *topcrosses* for agronomic and forage traits. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 38, n. 3, p. 307-315, 2016. DOI: [10.4025/actasciagron.v38i3.28307](https://doi.org/10.4025/actasciagron.v38i3.28307).
- MENDES, M. H. S.; PEREIRA, C. H.; SOUZA, J. C. Diallel analysis of maize hybrids for agronomic and bromatological forage traits. **Acta Scientiarum**.

Agronomy, Maringá, v. 37, n. 2, p. 141-146, 2015.
DOI: [10.4025/actasciagron.v37i2.19329](https://doi.org/10.4025/actasciagron.v37i2.19329).

NASCIMENTO, M. M. A.; TABOSA, J. N.; TAVARES FILHO, J. J. Avaliação de cultivares de milho no agreste semi-árido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 53-56, 2003.
DOI: [10.1590/S1415-43662003000100009](https://doi.org/10.1590/S1415-43662003000100009).

OLIBONI, R.; FARIA, M. V.; NEUMANN, M.; RESENDE, J. T. V.; BATTISTELLI, G. M.; TEGONI, R. G.; OLIBONI, D. F. Análise dialéctica na avaliação do potencial de híbridos de milho para a geração de populações-base para obtenção de linhagens. **Semina. Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 7-18, 2013.
DOI: [10.5433/1679-0359.2013v34n1p7](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n1p7).

OLIVEIRA, J. S.; SOUZA SOBRINHO, F.; REIS, F. A.; SILVA, G. A.; ROSA FILHO, S. N.; SOUZA, J. J. R.; MOREIRA, F. M.; PEREIRA, J. A.; FIRMINO, W. G. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho destinados à silagem em bacias leiteiras do Estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 1, p. 45-50, 2007.

PATERNIANI, E.; CAMPOS, M. S. Melhoramento do milho. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 429-486.

PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; LÜDERS, R. R.; DUARTE, A. P.; GALLO, P. B.; SAWAZAKI, E. Desempenho de híbridos triplos de milho obtidos de *top crosses* em três locais do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 4, p. 597-605, 2006.
DOI: [10.1590/S0006-87052006000400010](https://doi.org/10.1590/S0006-87052006000400010).

PINTO, A. P.; LANÇANOVA, J. A. C.; LUGÃO, S. M. B.; ROQUE, A. P.; ABRAHÃO, J. J. S.; OLIVEIRA, J. S.; LEME, M. C. J.; MIZUBUTI, I. Y. Avaliação de doze cultivares de milho (*Zea mays* L.) para silagem. **Semina. Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 1071-1077, 2010.

PFANN, A. Z.; FARIA, M. V.; ANDRADE, A. A.; NASCIMENTO, I. R.; FARIA, C. M. D. R.; BRINGHENTTI, R. M. Capacidade combinatória entre híbridos simples de milho em dialelo circulante. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 635-641, 2009.
DOI: [10.1590/S0103-84782009000300002](https://doi.org/10.1590/S0103-84782009000300002).

POSSATTO JUNIOR, O.; FARIA, M. V.; MENDES, M. C.; OLIBONI, R.; BARCELLOS, A. L.; GUERRA, E. P. Adaptability and stability of wheat genotypes on ten environments in the states of Paraná and São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 2, p. 113-121, 2017. DOI: [10.5039/agraria.v12i2a5426](https://doi.org/10.5039/agraria.v12i2a5426).

RAMOS, L. M.; SANCHES, A.; COTES, J. M.; CARGNELUTTI FILHO, A. Adaptabilidade e estabilidade do rendimento de genótipos de arroz, mediante duas metodologias de avaliação na Colômbia. **Acta Agronômica**, Palmira, v. 60, n. 1, p. 39-49, 2011.

SCHMILDT, E. R.; CRUZ, C. D. Análise da adaptabilidade e estabilidade do milho pelos métodos de Eberhart e Russell e de Annicchiarico. **Revista Ceres**, v. 52, n. 299, p. 45-58, 2005.

SCHMILDT, E. R.; NASCIMENTO, A. L.; CRUZ, C. D.; OLIVEIRA, J. A. R. Avaliação de metodologias de adaptabilidade e estabilidade de cultivares milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 51-58, 2011. DOI: [10.4025/actasciagron.v33i1.5817](https://doi.org/10.4025/actasciagron.v33i1.5817).