

INSTITUTO FEDERAL DO PARANÁ
GABRIEL KURTEN PEREIRA

**SELEÇÃO DE HÍBRIDOS DE MILHO EM AMBIENTES
CONTRASTANTES QUANTO AO NÍVEL NPK**

IVAIPORÃ
2024

GABRIEL KURTEN PEREIRA

**SELEÇÃO DE HÍBRIDOS DE MILHO EM AMBIENTES
CONTRASTANTES QUANTO AO NÍVEL NPK**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Agrônômica, do Instituto Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientadora: Prof^a Dr^a Nayara Norrene Lacerda Durães

IVAIPORÃ

2024

FOLHA DE APROVAÇÃO

Gabriel Kurten Pereira

SELEÇÃO DE HÍBRIDOS DE MILHO EM AMBIENTES CONTRASTANTES QUANTO AO NÍVEL DE ADUBAÇÃO NPK

O presente trabalho em graduação foi avaliado e aprovado por banca
examinadora composta pelos seguintes membros:



Documento assinado digitalmente

FERNANDA ALVES DE PAIVA

Data: 26/08/2024 08:49:33-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Fernanda Alves de Paiva
Instituto Federal do Paraná – Campus Ivaiporã



Documento assinado digitalmente

RAFAEL AUGUSTO DA COSTA PARRELLA

Data: 24/08/2024 19:19:52-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Rafael Augusto da Costa Parrella
Pesquisador A
Embrapa Milho e Sorgo – Sete Lagoas- MG

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que
foi julgado adequado como parte das exigências para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Agrônoma pelo Instituto Federal do Paraná, Campus
Ivaiporã.



Documento assinado digitalmente

DENIS SANTIAGO DA COSTA

Data: 03/09/2024 10:54:36-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Coordenação do Curso Engenharia Agrônoma
Prof. Dr. Denis Santiago da Costa
Siape: 1400880



Documento assinado digitalmente

NAYARA NORRENE LACERDA DURAES

Data: 28/08/2024 14:59:50-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Nayara Norrene Lacerda Durães (Orientadora)
Siape: 1068571

Ivaiporã, 24 de Agosto de 2024.

Com toda gratidão, dedico este trabalho aos meus pais que sempre me apoiaram ao longo de toda minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e aos meus pais, por todo o apoio incondicional, amor e incentivo durante essa jornada acadêmica. Sem vocês, nada disso seria possível.

Aos meus amigos Enrique, Douglas, Gustavo Henrique, Kaio, Gustavo Eduardo e Giovani pela parceria, pelas conversas motivadoras e pela ajuda nos momentos difíceis.

À minha namorada, por estar ao meu lado em todos os momentos, me dando força e compreensão. Sua presença foi essencial para a conclusão deste trabalho.

Gostaria de agradecer a Embrapa Milho e Sorgo e Rafael Parrela por cederem o experimento.

*“A Cruz Sagrada seja a minha luz,
não seja o dragão o meu guia.
Retira-te, Satanás,
nunca me aconselhes coisas vãs.
É mal o que tu me ofereces,
bebe tu mesmo o teu veneno..”*

RESUMO

Trinta e seis híbridos de milho provenientes do programa de melhoramento da EMBRAPA Milho e Sorgo foram avaliados em condições contrastantes de adubação NPK em delineamento látice quadrado 6 x 6, com duas repetições, no município de Ivaiporã-PR, na safra 2023/2024, visando identificar híbridos eficientes e responsivos ao uso de adubação NPK. As características avaliadas foram florescimento masculino (FLOR), estande final de plantas (EST), altura de plantas (ALT), altura de inserção de primeira espiga (AE), diâmetro de espigas (DIAM), número de espigas (NE) e produtividade de grãos (PROD). A análise conjunta mostrou diferenças significativas para as fontes de variação de híbridos (H) e ambientes (A) para a maioria das características avaliadas ($p \leq 0,01$). O ambiente em baixa condição de adubação NPK resultou em híbridos com maiores valores para ALT, DIAM e PROD. Os híbridos K7510, 1P2216 e 1T2791 apresentaram precocidade e bom potencial produtividade, justificando as suas recomendações para exploração na região, e graficamente foram os mais eficientes e responsivos ao uso de adubação NPK. A constituição genética dos híbridos foi o fator mais determinante para o comportamento das características estande e altura de plantas. A fertilidade da área experimental em “pousio” influenciou no desempenho dos híbridos de milho.

Palavra-chave: *Zea Mays L.*; eficiência nutricional; espigas comerciais; eficiência agrônômica.

ABSTRACT

Thirty-six corn hybrids from the EMBRAPA Corn and Sorgo breeding program were evaluated under contrasting conditions of NPK fertilization in a 6 x 6 square lattice design, with two replications, in the municipality of Ivaiporã-PR, in the 2023/2024 harvest, aiming identify efficient and responsive hybrids to the use of NPK fertilizer. The characteristics evaluated were male flowering (FLOWER), final plant stand (EST), plant height (ALT), first ear insertion height (AE), ear diameter (DIAM), number of ears (NE) and productivity of grains (PROD). The joint analysis showed significant differences for the sources of variation of hybrids (H) and environments (A) for most of the traits evaluated ($p \leq 0.01$). The low NPK fertilization environment resulted in hybrids with higher values for ALT, DIAM and PROD. The hybrids K7510, 1P2216 and 1T2791 showed precocity and good productivity potential, justifying their recommendations for exploration in the region, and graphically they were the most efficient and responsive to the use of NPK fertilizer. The genetic constitution of the hybrids was the most determining factor for the behavior of plant stand and height characteristics. The fertility of the experimental area in “fallow” influenced the performance of corn hybrids.

Keywords: *Zea mays* L.; nutritional efficiency; commercial ears; agronomic efficiency.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	PROBLEMA	12
1.2	HIPÓTESE.....	12
1.3	OBJETIVO GERAL	12
1.4	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
2	DESENVOLVIMENTO	13
	SELEÇÃO DE HÍBRIDOS DE MILHO EM AMBIENTES CONTRASTANTES QUANTO AO NÍVEL NPK	
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	26
	REFERÊNCIAS.....	27

1. INTRODUÇÃO

A grande variabilidade genética do milho o torna uma espécie adaptada ao cultivo em todo o mundo, e de grande importância econômica e social devido as suas finalidades de usos múltiplas, seja, na alimentação humana, animal, na produção de biocombustíveis, bebidas e polímeros.

Dados da Companhia Nacional do Abastecimento (CONAB) estimam que o Brasil deva produzir para safra 2023/2024 cerca de 124 milhões de toneladas do grão e o seu consumo interno será de aproximadamente de 75,6 milhões de toneladas (CONAB, 2023). Para atender e abastecer a demanda do setor, o Brasil deverá aumentar sua produtividade. Aumentos significativos de produtividade de milho têm sido alcançados, pela incorporação de novas áreas do setor produtivo, no entanto, a sustentabilidade de um sistema agrícola está ligado ao correto manejo dos recursos naturais que visa maximizar sua eficiência (Resende et al., 2019), logo, o incremento produtivo deve ocorrer, principalmente, pelo aumento de produtividade em área já cultivadas.

Os fertilizantes minerais estão entre os fatores determinantes, quando o objetivo é aumentar a produção de grãos (Resende et al., 2019; Ogino et al., 2021). O milho responde progressivamente à adubação, é requer nutrição ao longo de todo o seu desenvolvimento, sendo que, a extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio aumentam linearmente com o aumento na produtividade (Coelho et al., 2005). Maior destaque para o nitrogênio (N), uma vez que, desde que os demais fatores estejam em níveis mínimos, esse é o macronutriente que mais interfere na resposta no incremento produtivo (Sangoi et al., 2004).

O fósforo (P) é um dos nutrientes mais utilizados nas culturas brasileiras diante da deficiência nos solos, elevada acidez, níveis tóxicos de Al, geralmente causada pelo intemperismo. Cabe ressaltar, que o fornecimento de P às plantas se dá essencialmente via sistema radicular, estando sua absorção na dependência da capacidade de fornecimento desse nutriente (Gotibani, 2003). Pesquisadores afirmam que o K está envolvido nos mecanismos de tolerância à seca (Rao et al., 2012, Karl et al., 2015). Este por sua vez, atua como fator limitante em mais de 70% áreas de produção agrícola (Resende et al., 2019), em regiões de clima tropical, a exemplo do Brasil geralmente são baixas as reservas desse mineral essencial para culturas anuais, como milho.

Normalmente, os agricultores que alcançam alta produtividade (Kg.ha⁻¹) de milho, aplicam altas doses de fertilizantes (N, P, K), geralmente acima dos níveis recomendados em suas regiões (Coelho et al., 2004). Entretanto, ao longo das últimas décadas, a produção interna de fertilizantes minerais tem sido insuficiente para abastecer a forte demanda dos produtores

agrícolas, obrigando o país a importar cerca de 70% de nitrogênio (N), 50% de fósforo (P₂O₅) e mais de 90% de nitrogênio (K₂O) do total consumido (Ipeadata, 2017). Ademais, a matéria-prima para a elaboração dos fertilizantes tem se tornado escassa, com extração viável em poucas localidades no mundo, e com uma alta demanda de energia para sua síntese fazendo com que a produção agrícola brasileira seja vulnerável aos choques de oferta e demanda deste insumo.

Para impulsionar e alcançar rendimentos mais elevados ou estabilização da produtividade, sem fertilizantes excessivos, um novo conceito de intensificação sustentável da agricultura começa a surgir. Nesse cenário, em programas de melhoramento, a eficiência e a capacidade de genótipos responsivos a aplicação de nutrientes é importante na seleção de cultivares superiores. A avaliação de genótipos em ambientes contrastantes quanto à disponibilidade dos principais macronutrientes tem sido utilizada na mensuração da resposta dos mesmos em condições sem estresse e baixa aplicação desses nutrientes.

A identificação de cultivares de milho eficiente e responsivo a adubação mineral NPK é importante uma vez que possibilita rendimentos mais elevados em solos de baixa fertilidade natural e redução no uso de fertilizantes (Machado, Furlani e Machado, 2001). Ante o exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar diferentes híbridos elite de milho que compõem os ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) da Embrapa Milho e Sorgo e identificar os híbridos mais eficientes e responsivos quanto ao uso de adubação NPK na região central do Estado do Paraná.

1.1 PROBLEMA

A produção agrícola brasileira, especialmente a de milho, enfrenta desafios significativos relacionados à disponibilidade e ao uso eficiente de fertilizantes minerais (NPK). A produção interna desses fertilizantes é insuficiente, o que torna o país dependente de importações e vulnerável a choques de oferta e demanda. Além disso, a eficiência do uso desses fertilizantes é crucial para aumentar a produtividade de maneira sustentável, principalmente em solos de baixa fertilidade natural.

1.2 HIPÓTESE

Híbridos de milho apresentam variação significativa na eficiência e na responsividade ao uso de fertilizantes NPK, e é possível identificar híbridos que sejam mais

eficientes e responsivos, contribuindo para uma produção agrícola mais sustentável e de maior rendimento.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Avaliar diferentes híbridos elites de milho nos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) da Embrapa Milho e Sorgo, identificando aqueles mais eficientes e responsivos ao uso de adubação NPK na região central do Estado do Paraná.

1.3.2 Objetivos específicos

Avaliar o desempenho de 36 híbridos de milho em condições contrastantes de adubação NPK.

Identificar híbridos que apresentem maior eficiência no uso de nutrientes e maiores produtividades em solos com baixa aplicação de fertilizantes.

2. DESENVOLVIMENTO

Seleção de Híbridos de Milho em Ambientes Contrastantes Quanto ao Nível de Adubação NPK

Selection of Corn Hybrids in Contrasting Environments Regarding NPK Fertilization Level

Selección de híbridos de maíz en ambientes contrastantes en cuanto al nivel de fertilización NPK

RESUMO

Trinta e seis híbridos de milho provenientes do programa de melhoramento da EMBRAPA Milho e Sorgo foram avaliados em condições contrastantes de adubação NPK em delineamento látice quadrado 6 x 6, com duas repetições, no município de Ivaiporã-PR, na safra 2023/2024, visando identificar híbridos eficientes e responsivos ao uso de adubação NPK. As características avaliadas foram florescimento masculino (FLOR), estande final de plantas (EST), altura de plantas (ALT), altura de inserção de primeira espiga (AE), diâmetro de espigas (DIAM), número de espigas (NE) e produtividade de grãos (PROD). A análise conjunta mostrou diferenças significativas para as fontes de variação de híbridos (H) e ambientes (A) para a maioria das características avaliadas ($p \leq 0,01$). O ambiente em baixa condição de adubação NPK resultou em híbridos com maiores valores para ALT, DIAM e PROD. Os híbridos K7510, 1P2216 e 1T2791 apresentaram precocidade e bom potencial produtividade, justificando as suas recomendações para exploração na região, e graficamente foram os mais eficientes e responsivos ao uso de adubação NPK. A constituição genética dos híbridos foi o fator mais determinante para o comportamento das características estande e altura de plantas. A fertilidade da área experimental em “pousio” influenciou no desempenho dos híbridos de milho.

Palavras-chaves: *Zea mays* L.; eficiência nutricional; espigas comerciais; eficiência agrônômica.

ABSTRACT

Thirty-six corn hybrids from the EMBRAPA Corn and Sorgo breeding program were evaluated under contrasting conditions of NPK fertilization in a 6 x 6 square lattice design, with two replications, in the municipality of Ivaiporã-PR, in the 2023/2024 harvest, aiming identify efficient and responsive hybrids to the use of NPK fertilizer. The characteristics evaluated were male flowering (FLOWER), final plant stand (EST), plant height (ALT), first ear insertion height (AE), ear diameter (DIAM), number of ears (NE) and productivity of grains (PROD). The joint analysis showed significant differences for the sources of variation of hybrids (H) and environments (A) for most of the traits evaluated ($p \leq 0.01$). The low NPK fertilization environment resulted in hybrids with higher values for ALT, DIAM and PROD. The hybrids K7510, 1P2216 and 1T2791 showed precocity and good productivity potential, justifying their recommendations for exploration in the region, and graphically they were the most efficient and responsive to the use of NPK fertilizer. The genetic constitution of the hybrids was the most determining factor for the behavior of plant stand and height characteristics. The fertility of the experimental area in “fallow” influenced the performance of corn hybrids.

Keywords: *Zea mays* L.; nutritional efficiency; commercial ears; Agronomic efficiency.

INTRODUÇÃO

A grande variabilidade genética do milho o torna uma espécie adaptada ao cultivo em todo o mundo, e de grande importância econômica e social devido as suas finalidades de usos múltiplas, seja, na alimentação humana, animal, na produção de biocombustíveis, bebidas e polímeros.

Dados da Companhia Nacional do Abastecimento (CONAB) estimam que o Brasil deva produzir para safra 2023/2024 cerca de 124 milhões de toneladas do grão e o seu consumo interno será de aproximadamente de 75,6 milhões de toneladas (CONAB, 2023). Para atender e abastecer a demanda do setor, o Brasil deverá aumentar sua produtividade. Aumentos significativos de produtividade de milho têm sido alcançados, pela incorporação de novas áreas do setor produtivo, no entanto, a sustentabilidade de um sistema agrícola está ligado ao correto manejo dos recursos naturais que visa maximizar sua eficiência (Resende *et al.*, 2019), logo, o incremento produtivo deve ocorrer, principalmente, pelo aumento de produtividade em área já cultivadas.

Os fertilizantes minerais estão entre os fatores determinantes, quando o objetivo é aumentar a produção de grãos (Resende *et al.*, 2019; Ogino *et al.*, 2021). O milho responde progressivamente à adubação, é requer nutrição ao longo de todo o seu desenvolvimento, sendo que, a extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio aumentam linearmente com o aumento na produtividade (Coelho *et al.*, 2005). Maior destaque para o nitrogênio (N), uma vez que, desde que os demais fatores estejam em níveis mínimos, esse é o macronutriente que mais interfere na resposta no incremento produtivo (Sangoi *et al.*, 2004).

O fósforo (P) é um dos nutrientes mais utilizados nas culturas brasileiras diante da deficiência nos solos, elevada acidez, níveis tóxicos de Al, geralmente causada pelo intemperismo. Cabe ressaltar, que o fornecimento de P às plantas se dá essencialmente via sistema radicular, estando sua absorção na dependência da capacidade de fornecimento desse nutriente (Gotibani, 2003). Pesquisadores afirmam que o K está envolvido nos mecanismos de tolerância à seca (Rao *et al.*, 2012, Karl *et al.*, 2015). Este por sua vez, atua como fator limitante em mais de 70% áreas de produção agrícola (Resende *et al.*, 2019), em regiões de clima tropical, a exemplo do Brasil geralmente são baixas as reservas desse mineral essencial para culturas anuais, como milho.

Normalmente, os agricultores que alcançam alta produtividade ($\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de milho, aplicam altas doses de fertilizantes (N, P, K), geralmente acima dos níveis recomendados em suas regiões (Coelho *et al.*, 2004). Entretanto, ao longo das últimas décadas, a produção interna de fertilizantes minerais tem sido insuficiente para abastecer a forte demanda dos produtores agrícolas, obrigando o país a importar cerca de 70% de nitrogênio (N), 50% de fósforo (P_2O_5) e mais de 90% de nitrogênio (K_2O) do total consumido (Ipeadata, 2017). Ademais, a matéria-prima para a elaboração dos fertilizantes tem se tornado escassa, com extração viável em poucas localidades no mundo, e com

uma alta demanda de energia para sua síntese fazendo com que a produção agrícola brasileira seja vulnerável aos choques de oferta e demanda deste insumo.

Para impulsionar e alcançar rendimentos mais elevados ou estabilização da produtividade, sem fertilizantes excessivos, um novo conceito de intensificação sustentável da agricultura começa a surgir. Nesse cenário, em programas de melhoramento, a eficiência e a capacidade de genótipos responsivos a aplicação de nutrientes é importante na seleção de cultivares superiores. A avaliação de genótipos em ambientes contrastantes quanto à disponibilidade dos principais macronutrientes tem sido utilizada na mensuração da resposta dos mesmos em condições sem estresse e baixa aplicação desses nutrientes.

A identificação de cultivares de milho eficientes e responsivos a adubação mineral NPK é importante uma vez que possibilita rendimentos mais elevados em solos de baixa fertilidade natural e redução no uso de fertilizantes, (Machado, Furlani e Machado, 2001). Ante o exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar diferentes híbridos elite de milho que compõem os ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) da Embrapa Milho e Sorgo e identificar os híbridos mais eficientes e responsivos quanto ao uso de adubação NPK na região central do Estado do Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na Fazenda Escola do Instituto Federal do Paraná, campus Ivaiporã – PR, localizado na município Ivaiporã – PR (24°15'22.36"S e 51°42'48.94"O), altitude de 649 m, na safra 2023/2024. O clima da região é *cf*a (Koppen, 1928), úmido em todas as estações e com verão quente e temperatura média de 19,5°C. O solo classificado como argiloso, segundo a análise de solo, cujas características são descritas na tabela 1.

Tabela 1. Análises químicas de amostras do solo pré-plantio para as áreas experimentais utilizadas no experimento para a profundidade de 0 a 20 cm.

Profundidade	pH CaCl ₂	Mat. Org.	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al	CTC (t)	CTC (T)	SB
Cm		%	mg/dm ³					cmolc/dm ³			%
0 – 20	4,5	3,2	9,2	0,18	3,6	1,7	0,1	6,5	5,5	11,9	46
	V	M	B	Cu	Fe	Mn	Zn	S	Ca	Mg	K
		%			mg/dm ³					CTC %	
0 – 20	46	2	0,14	5,7	-	74,1	1,6	12,6	30	14	2

Mat. Org. = matéria orgânica, P = fósforo, K = potássio, Ca = cálcio, Mg = magnésio, Al = alumínio, H + Al = hidrogênio + alumínio, SB = soma de bases, CTC (t) = capacidade de troca catiônica efetiva, CTC (T) = capacidade de troca catiônica em pH 7, V = saturação de bases, m = saturação de alumínio, B = boro, Cu = cobre, Fe = ferro, Mn = manganês, Zn = zinco, S = enxofre.

Fonte: Autor.

Em cada experimento foi avaliado 36 híbridos-elite experimentais de milho, pertencentes ao programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo localizada no município de Sete Lagoas - MG. Esses genótipos foram avaliados considerando a fertilidade natural da área (Tabela 1). O delineamento experimental utilizado foi um látice quadrado 6 x 6, totalizando 36 tratamentos em duas repetições por ambiente. As parcelas foram constituídas de duas linhas de 5,0 metros de comprimento e espaçadas por 0,50 metros entre linhas e 0,20 metros entre plantas, com estande equivalente à densidade de 100.000 plantas.ha⁻¹.

O plantio dos dois ambientes contrastantes quanto adubação foram realizados de forma manual. Dessa forma, a adubação de plantio no ensaio de alta disponibilidade de adubação mineral foi realizada com o formulado NPK 02-20-18 utilizando nessa área 25 kg, conforme a recomendação para a cultura. Na área de baixa disponibilidade foi colocada metade da aplicação do formulado 12,5 kg. A adubação de cobertura foi realizada quando o milho apresentava-se no estágio de seis folhas (V6), e consistiu na aplicação de 100 kg.ha⁻¹ de uréia, realizada somente no experimento de alta adubação mineral. Os demais tratos culturais foram realizados de acordo com recomendado para a cultura na região.

Durante a condução dos experimentos foram coletadas as seguintes características: i) FLOR = florescimento masculino, em dias; ii) EST = estande final: número total de plantas por parcela depois transformados por hectare; iii) ALT = altura média de 10 das plantas da parcela medida da base do colmo até à inserção da folha bandeira, em centímetros; iv) AE = altura média da inserção da primeira espiga das plantas por parcela, medida da base do colmo até à inserção da primeira espiga, em centímetros.

Por ocasião da colheita realizada aos 122 dias foram coletadas amostras de cinco espigas de cada parcela para ambos os ambientes para avaliação da característica: v) DIAM = diâmetro de espiga, em centímetros. Por fim, foi realizada a colheita manual tomando-se as características: vi) NE = número de espigas colhidas na parcela; vii) PROD = produtividade de grãos por parcela, convertido para quilogramas/hectare (kg/ha⁻¹): obtido pela conversão de quilos por parcela para toneladas por hectare, padronizado a 13% de umidade.

As análises de variância foram realizadas para cada ambiente e, depois de verificada a homogeneidade das variâncias residuais por meio do teste de Bartlett a 5 % de probabilidade (Bartlett, 1937), realizou-se a análise conjunta. Inicialmente foi realizada análise de variância considerando delineamento em blocos incompletos (látice). Verificou-se que o delineamento em látice não foi eficiente ($\leq 100\%$) (Tabela 2) para a totalidade das características, demonstrando a ineficiência do delineamento para as condições dos genótipos no campo. Logo, a análise conjunta foi realizada seguindo o delineamento em blocos completos, pelo seguinte modelo:

$$1) y_{ijkl} = m + g_i + a_l + b_{k(jl)} + g_{ail} + e_{ijkl}, \text{ em que:}$$

y_{ijkl} é a observação do genótipo i , no bloco k dentro da repetição j , dentro do ambiente l ;

g_i é o efeito do híbrido i ($i=1, 2, \dots, 36$);

a_l é o efeito do ambiente l ($l=1, 2$);

$b_{k(jl)}$ é o efeito do bloco k ($k=1, 2, \dots, 6$) dentro da repetição j dentro do ambiente l ;

$g_{a(il)}$ é o efeito da interação genótipos x ambientes; e,

e_{ijkl} é o erro experimental.

As análises foram realizadas com o auxílio do programa computacional R (R Core Team, 2016). Havendo diferenças significativas pelo teste de F para as diferentes características avaliadas, aplicou-se o critério de agrupamentos de média pela metodologia desenvolvida por Scott e Knott (1974) em nível de 5 % de probabilidade.

Para facilitar a identificação de grupos de genótipos eficientes e responsivos, as médias ajustadas de cada ambiente para produtividade foram plotadas em gráfico de dispersão, de acordo com Mendes *et al.* (2014) onde no eixo das abcissas foram plotados os resultados do ambiente de baixa adubação mineral e no eixo das ordenadas os resultados do ambiente de alta adubação mineral. Desta forma, o plano cartesiano, foi dividido em quatro quadrantes, onde o quadrante esquerdo inferior representa os genótipos ineficientes e não responsivos, enquanto que, no quadrante direito superior podem ser identificados os genótipos mais promissores, ou seja, eficientes e responsivos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância, o latice não demonstrou eficiência (<100%) para a totalidade das características avaliadas. Nesses casos, a literatura (Federer *et al.*, 1995; Silva *et al.*, 2000) afirma que deve-se optar pelo modelo de análise de variância em blocos casualizados. De acordo com a classificação proposta por Scapim *et al.* (1995) e Fritsche-Neto *et al.* (2012) elaboradas para a cultura do milho e para a natureza das características avaliadas, os coeficientes de variação experimentais observados para a maioria das características são classificados como baixos, e de elevada precisão experimental, variando de 5,00 a 8,76 % para FLOR e AE, respectivamente. Enquanto que, para EST, NE e PROD os coeficientes de variação foram de alta magnitude variando de 21,00 até 38,39 % (Tabela 2), indicando que estas características são mais influenciadas por fatores não controlados durante o processo de avaliação, a exemplo do desaparecimento de espigas, principalmente, em parcelas iniciais, do experimento.

Tabela 2. Análise de variância conjunta do delineamento látice no campo analisado como blocos casualizados para sete características avaliadas em 36 híbridos de milho em condições de alta e baixa adubação NPK, Ivaiporã - PR, 2023/2024.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios						
		FLOR	EST	ALT	AE	NE	DIAM	PROD
Ambiente (A)	1	4,00	9,02	91,84	19198**	532,84**	63,5**	30429**
Bloco (A*B)	2	47,07**	117,36*	8,59	178,1	103,87	31,22*	23673
Híbridos (H)	35	7,93	90,02**	1069,6*	656,48	322,35**	23,5**	32031**
H*A	35	9,88	23,57	303,18	884,1*	51,31	4,479	54872
Erro	70	7,827	19,84	211,69	480,3	50,84	6,938	48913
Média Geral		70,87	18,25	2,27	85,12	23,63	43,87	2188,00
Média Alta		71,04	18,00	2,26	90,69	25,55	43,21	2154,55
Média Baixa		70,71	18,50	2,28	96,66	21,70	44,54	2206,69
CV (%)		5,00	21,00	6,41	8,76	29,25	6,00	38,39
Eficiência do Látice (%)		98,70	99,00	86,22	85,64	86,00	86,27	85,17

*, ** Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. FLOR=florescimento feminino (dias); EST= estande; AE= altura da inserção da primeira espiga (cm); ALT= altura de plantas (cm); NE=número de espigas da parcela; DIAM= diâmetro médio de cinco espigas (cm); PROD= produtividade de espigas (kg.ha⁻¹).

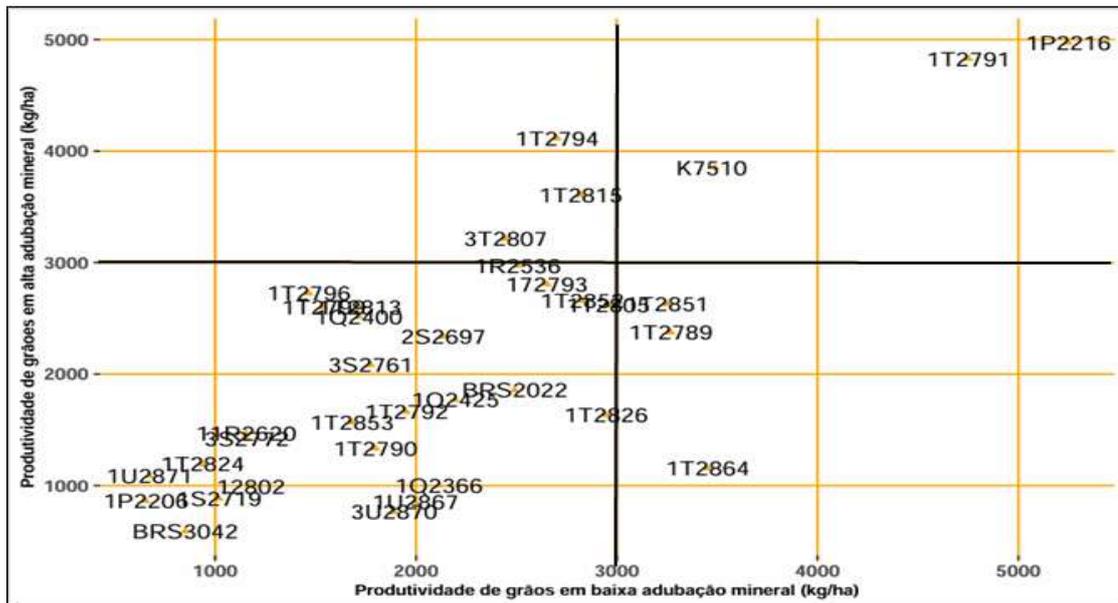
Fonte: Autor.

Observando os quadrados médios da análise conjunta notaram-se diferenças altamente significativas ($p < 0,01$), pelo teste F para maioria características para as fontes de variação de híbridos (H) e ambientes (A), revelando comportamento diferencial entre híbridos e o contraste dos ambientes, o que reforça a possibilidade de seleção de materiais eficientes e responsivos no ambiente de restrição de adubação NPK (Tabela 2). A classificação relativa dos híbridos para as características EST, ALT, NE, DIAM e PROD foram semelhantes em baixa e alta adubação NPK, demonstrado pela não significância da interação H x A. Houve interação H x A significativa ($p \leq 0,05$) somente para AE. Porém, o ambiente de baixa adubação resultou em híbridos com maiores valores para ALT, DIAM e PROD (Tabela 2).

Aumentos no intervalo de florescimento foram relatados por Parentoni (2008) e Mendes (2012) em solos de baixa fertilidade, mais especificamente pela deficiência de fósforo (Adajar e Taer, 2021). Entretanto, não houve distinção estatística entre os híbridos quanto ao florescimento em ambos os ambientes, as médias variaram de 67 a 73 dias (Tabelas 3A e 3B). Indica-se que os híbridos tiveram comportamento precoce com média de florescimento de 70 dias após a semeadura (Tabelas 2), enquadrando-se de forma vantajosa dentro da escala produtiva da região. Quanto à sincronia do florescimento masculino e feminino, entende-se que, o estresse promovido pela baixa adubação poderia levar à escassez de pólen durante a fase de emissão do estilo-estigmas o que

provocaria à diminuição da produtividade de grãos, o que não foi confirmado, pois, os híbridos de melhor desempenho produtivo (1P2216, 1T2791, 1T2794, k7510 e 1T2815) foram coincidentes em ambos os ambientes (Figura 1). Destaque para K7510, 1P2216 e 1T2791 que aliaram precocidade e boa produtividade em condições de baixa adubação, tornando-se alternativas promissoras para a região.

Figura 1. Gráfico de dispersão das médias de produtividade de grãos em kg. ha⁻¹ dos 36 genótipos em condições de alta e baixa adubação mineral.



Fonte: Autor

O estande final das plantas não sofreu influência das condições ambientais contrastantes da adubação empregadas, mas sim dos híbridos (Tabela 2). Cortez *et al.* (2009) igualmente observaram que em diferentes sistemas de adubação e consorciação não houve interferência na consolidação do estande da cultura. As médias detectadas para EST foram de 18 e 18,50 plantas/parcela para os ambientes sem estresse e de baixa adubação, respectivamente (Tabela 2), correspondendo a uma redução de até 37%, quando comparado com o estande proposto (100,00 plantas/ha⁻¹). No conjunto avaliado, os híbridos 1U2871, 1R2620 e 3S2761 consistentemente mostraram maior redução de plantas no momento da colheita. Esse resultado enfatiza a hipótese do baixo vigor do lote de sementes usadas na instalação dos experimentos. Entretanto, é preciso relatar o potencial destes híbridos que mesmo mantendo um estande inferior a 10 plantas/parcela apresentaram produtividade de até 2,500 kg/ha⁻¹ (Tabelas 3A e 3B).

Tabela 3A. Desdobramento médio de seis características avaliadas em 36 genótipos de milho em condições de alta e baixa adubação mineral NPK, Ivaiporã-PR, 2023/2024.

Híbridos	EST		FLOR		AE		ALT		NE		DIAM	
	ALTA	BAIXA	ALTA	BAIXA	ALTA	BAIXA	ALTA	BAIXA	ALTA	BAIXA	ALTA	BAIXA
1U2871	6,50b	8,50b	67,0	73,0	80,0b	67,50	1,79c	1,71b	14,5c	15,1c	45,19a	49,31a
1R2536	19,50a	19,50b	67,0	73,0	100,0a	92,50	2,23b	2,21b	36,2b	24,8c	48,29a	45,55b
1Q2366	21,50a	15,00b	70,0	73,0	97,5a	92,50	2,1b	1,97b	33,3b	23,92c	41,38b	42,36c
1T2864	15,5b	16,50b	73,5	70,5	85,0b	77,50	2,11b	2,05b	32,2b	23,3c	42,25b	43,26c
1P2206	13,00b	12,00b	70,0	73,5	95,0b	90,00	2,09b	2,06b	14,3c	16,08c	40,15b	42,03c
3U2870	13,00b	13,00b	73,0	73,0	92,5b	97,50	2,26b	2,08b	17,6c	18,66c	40,70b	44,91b
3S2772	13,50b	18,00b	73,0	70,0	97,5a	90,00	2,09b	1,92b	19,58c	18,75c	43,50b	41,50c
1U2867	13,00b	13,50b	70,5	70,0	97,5a	92,50	2,11b	2,17b	21,25c	13,5c	41,95b	42,43c
K7510	27,00a	32,00a	73,0	67,0	115,0a	102,50	2,67a	2,70a	58,2a	54,3a	41,52b	39,75c
11R2620	8,50b	17,50b	70,5	73,5	100,0a	92,50	2,3a	2,17b	13,25c	17c	42,67b	44,05c
1Q2425	13,5b	17,50b	73,0	73,0	107,5a	90,00	2,37a	2,44a	21,42c	24,75c	45,16a	45,81b
1T2826	23,00a	18,50b	67,0	73,0	100,0a	102,5	2,25b	2,41a	30,17b	20,3c	40,21b	41,70c
3S2761	10,00b	18,0b	73,0	70,0	102,5a	85,00	2,21b	2,10b	24,75c	18,25c	43,10b	46,30b
2S2697	11,50b	22,50a	73,0	73,0	97,5a	92,50	2,48a	2,34a	22,4c	27,5c	43,95a	45,13b
3T2807	22,50a	16,50b	70,0	67,0	107,5a	100,00	2,3a	2,26a	31,3b	30,58b	41,31b	46,25b
1T2789	14,50b	17,50b	70,0	70,0	100,0a	95,00	2,34a	2,29a	24,92	23,5c	44,61a	44,95b
12802	15,00b	9,50b	70,0	70,5	90,0b	90,00	2,02b	2,14b	16,1c	8,25c	40,58b	40,41c
1P2216	28,50a	28,00a	70,0	70,0	102,5a	95,00	2,3a	2,31a	36,3b	40,8b	44,35a	46,80b

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott- Knott ao nível de 5% de probabilidade. FLOR=florescimento masculino (dias); EST= estande; AE= altura da inserção da primeira espiga (cm); ALT= altura de plantas (cm); NE=número de espigas da parcela; DIAM= diâmetro médio de cinco espigas (cm).

Fonte: Autor

Tabela 3B. Desdobramento médio de seis características avaliadas em 36 genótipos de milho em condições de alta e baixa adubação NPK, Ivaiporã-PR, 2023/2024.

Híbridos	EST		FLOR		AE		ALT		NE		DIAM	
	ALTA	BAIXA	ALTA	BAIXA	ALTA	BAIXA	ALTA	BAIXA	ALTA	BAIXA	ALTA	BAIXA
1T2824	16,50b	15,00b	73,0	73,5	117,50a	90,00	2,38a	2,30a	19,80c	3,80c	45,19a	45,55b
1T2853	14,50b	18,50b	67,0	70,0	90,00b	95,00	2,36a	2,39a	22,00c	15,60c	48,29a	41,48c
1T2794	23,00a	27,00a	70,0	67,0	102,50a	85,00	2,31a	2,23b	28,40b	35,60b	41,35b	45,20b
172793	18,00b	16,00b	73,0	70,0	112,50a	97,50	2,22b	2,17b	33,50b	13,58b	42,25b	43,80c
1T2852	17,50b	24,50a	70,0	73,0	90,00b	97,50	2,33a	2,39a	27,60b	14,30c	40,15b	51,06a
1T2790	19,00a	14,50b	73,0	67,0	95,00b	90,00	2,23b	2,34a	20,47c	10,92c	40,70b	45,95b
1T2813	16,00b	21,00b	73,0	67,0	97,50a	90,00	2,27a	2,22b	23,92c	24,25c	43,50b	48,16a
1T2792	20,50a	18,00b	73,0	73,5	90,00b	87,50	2,09b	2,17b	37,58b	18,50c	41,95b	41,40c
BRS3042	12,50b	16,00b	73,0	70,5	87,50b	82,50	2,18b	2,18b	11,00c	19,08c	41,52b	40,01c
1S2719	14,50b	18,50b	70,0	70,0	92,50b	90,00	2,15b	2,19b	15,6c	17,00c	42,67b	42,71c
1T2851	25,00a	17,00b	73,0	70,0	92,50b	87,50	2,42a	2,54a	29,75b	19,80c	45,16a	49,98a
1T2805	25,00a	15,50b	70,0	70,5	82,50b	87,50	2,22b	2,34a	35,00b	23,30c	40,21b	45,16b
1T2796	20,00a	15,50b	70,0	67,0	102,50a	80,00	2,4a	2,45a	21,60c	13,92c	43,10b	52,31a
1T2799	21,50a	19,50b	73,0	70,5	90,00b	80,00	2,54a	2,56a	19,75c	18,17c	43,95a	45,15b
1Q2400	21,50a	20,00b	73,0	73,0	100,00a	95,00	2,45a	2,39a	26,20c	20,75c	41,31b	39,76c
1T2791	25,00a	25,50a	70,0	70,0	92,50b	95,00	2,38a	2,33a	31,75b	42,10b	44,61a	42,36c
1T2815	26,00a	24,50a	70,0	70,0	87,50b	90,00	2,38a	2,38a	24,90c	23,92c	40,50b	48,83a
BRS2022	22,50a	26,00a	70,0	70,0	90,00b	92,50	2,36a	2,38a	23,70c	27,00c	44,35a	42,01c

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott- Knott ao nível de 5% de probabilidade. FLOR=florescimento masculino (dias); EST= estande; AE= altura da inserção da primeira espiga (cm); ALT= altura de plantas (cm); NE=número de espigas da parcela; DIAM= diâmetro médio de cinco espigas (cm).

Fonte: Autor

Modolo *et al.* (2010) avaliando o efeito da fertilidade do solo sobre características morfológicas do milho observaram uma redução significativa na altura de plantas em solos com deficiência de N e K. Entretanto, os ambientes contrastantes para adubação NPK não foram determinantes significativamente para alterar as médias da característica, mas sim, a constituição genética dos híbridos (Tabela 2). Divergindo dos resultados de Von Pinho *et al.* (2009), trabalhando com diferentes níveis de adubação no milho grão, onde as maiores dosagens de NPK proporcionaram plantas de maior porte. Bernini *et al.* (2020) apontam que plantas mais altas tendem a ser mais produtivas pelo maior acúmulo de fotoassimilados no colmo que são redistribuídos aos grãos na fase de enchimento. De fato, os híbridos 1P2216, 1T2815 e K7510 de maior porte com valores entre 2,30m a 2,67m em ambos ambientes foram relacionados com as maiores PROD. Mas, a associação entre a ALT e a PROD não persistiu para os demais híbridos, observou-se que os demais híbridos de porte igual ou superior a 2,30 m, foram alocados em agrupamentos inferiores de médias para PROD de acordo com o teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$) (Tabelas 3A e 3B e Figura 1). Vale acrescentar que todo o conjunto avaliado de plantas mostrou boa tolerância ao quebraamento e acamamento do colmo, características de extrema importância em áreas de cultivo de milho.

De modo geral, existe uma forte interação entre genótipos x ambientes no milho, dependente da diversidade entre os ambientes e da magnitude da base genética dos genótipos (Aguiar *et al.*, 2004; Pfann *et al.*, 2009). Nas condições do presente trabalho ela só foi detectada AE (Tabela 2). Nesses casos, híbridos que apresentam melhor desempenho a baixa disponibilidade de nutrientes nem sempre apresentam desempenho satisfatória quando cultivados em condições de alta adubação e vice-versa, o que poderia tornar o processo de seleção mais complexo para característica que está associada à qualidade de colheita. Porém, observou-se coincidência no ranqueamento dos híbridos, a exemplo dos híbridos 1U2871 e 1T2824 que apresentaram os menores (80 e 67,50 cm) e maiores valores médios (117,50 e 1T2826 cm) para AE, em ambos os ambientes (Tabela 3A e 3B). Nesse caso, é possível acordar que a interação foi do tipo simples, na qual o híbrido responde a melhoria ambiental, mas não ocorre alteração do ranqueamento do mesmo.

De acordo com Fidelis *et al.* (2009), o fósforo influencia no crescimento do sistema radicular do milho, como reflexo sobre o desenvolvimento da parte aérea. O estresse moderado de P pode não produzir sintomas evidentes de deficiência. Porém, em condições de mais severas de deficiência, as plantas adquirem coloração que varia de verde-escura a púrpura (Olowoboko *et al.*, 2017), o que visualmente não foi observado no presente trabalho no ambiente em condições de baixa adubação NPK. Além disso, pode-se destacar que a área utilizada para o plantio do experimento estava em pousio, ou seja, uma área que não era utilizada para outros fins. Nesse sentido, considera-se que espontaneamente a área obteve um “descanso” do qual pôde-se recuperar

sua estrutura e assim gerar um P residual, que explica não só ausência de sintoma de deficiência visual, bem como, igualdade de florescimento entre os ambientes, uma vez que, este o P está diretamente envolvido nos processos de floração (Tabela 2).

Para a característica NE houve formação de três classes de médias que se diferenciaram estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). O híbrido de melhor desempenho K7510 foi o único em ambos os ambientes a ser incluso no grupo de média superior, com uma produção de 58 e 54 espigas/parcela em alta e baixa adubação respectivamente. Valores compatíveis com os obtidos por Bernini *et al.* (2020) trabalhando com diferentes híbridos de milho em ambientes de baixa altitude. Entre o conjunto de híbridos avaliados 27,7 e 47,7% para os ambientes em alta e baixa adubação respectivamente, apresentaram médias inferiores 20 espigas/parcela, reflexo do baixo estande de plantas (Tabelas 3A e 3B).

Os desdobramentos das medias para DIAM (Tabelas 3A e 3B) indica a formação de dois e três grupos de médias que diferiram estatisticamente entre si para os ambientes de alta e baixa adubação, respectivamente. O ambiente em condições de baixa adubação proporcionou um incremento 3% nos híbridos em relação ao ambiente sem estresse (Tabela 2). Contrariando, os resultados de Gonçalves Júnior *et al.* (2008) que observaram efeito significativo de N e K no ganho de produtividade do milho, pelo incremento das características diâmetro e do número de espigas. Adicionalmente, a significância entre blocos x ambientes contribuiu para maior variação das médias dos híbridos para a característica (Tabela 2). Os híbridos 1R2536 e 1T2853 em condições sem estresse apresentaram diâmetros coincidentes de 48,29 mm e foram incluídos no grupo de média superior, mas, não resultaram em híbridos de maior produtividade. Por outro lado, os híbridos 1P2216 e 1T2791 foram consistentemente superiores para DIAM e PROD (Tabelas 3A e 3B e Figura 1).

A produtividade média geral de grãos foi de 2.188 kg ha^{-1} , inferior, portanto, à média para o Estado do Paraná que se situa entre $3,000$ a $4,500 \text{ kg ha}^{-1}$ para o milho de segunda safra (CONAB, 2023). Mas, houve um incremento de 52 kg. ha^{-1} na produtividade de grãos no ambiente de baixa adubação em relação ao ambiente sem estresse (Tabela 2). Resultado contrário foi observado por Lacerda *et al.* (2015) e Jesus *et al.*, (2023) que relataram uma redução na produtividade de grãos em ambiente de baixa disponibilidade de adubação NPK. De acordo com a análise do gráfico de dispersão, foi possível identificar os híbridos que apresentaram maior produtividade de grãos (Figura 1). Os híbridos plotados no quadrante superior direito são os que se apresentaram eficientes e responsivos (1P2216, 1T2791 e K7510) e os híbridos plotados no quadrante inferior esquerdo (1U2871, 1R2536, 1Q2366, 1T2864, 1P2206, 3U2870, 3S2772, 1U2867, 1R2620, 1Q2425, 1T2826, 3S2761, 2S2697, 1T2789, 12802, 1T2824, 1T2853, 172793, 1T2852, 1T2790, 1T2813,

1T2792, BRS3042, 1S2719, 1T2851, 1T2805, 1T2796, 1T2799, 1Q2400, 1T2791 e BRS2022) são os que apresentaram baixa eficiência e baixa responsividade.

As maiores produtividades de grãos foram verificadas no ambiente de estresse, para os híbridos 1P2216 e 1T2791 com produtividades 5,249 kg.ha⁻¹ e 4,753 kg.ha⁻¹, respectivamente (Figura 1). Jesus *et al.* (2023) identificaram que a variabilidade de genótipos evidencia maior contribuição de alteração da PROD que os níveis de fertilização, principalmente do N, revelando a importância da escolha correta de uma cultivar para melhor aproveitamento dos estímulos ambientais. Esses resultados reforçam a necessidade de estudar a resposta das cultivares à adubação mineral em condições ambientais mais específicas, o que justifica a estratégia de realização deste estudo quando do envolvimento dos diferentes sistemas de adubação em condições de alta e baixa adubação NPK.

CONCLUSÕES

A análise gráfica discriminou os híbridos K7510, 1P2216 e 1T2791, como os mais eficientes e responsivos ao uso da adubação NPK.

O ambiente de baixa adubação NPK resultou em híbridos com maiores valores para ALT, DIAM e PROD.

A constituição genética dos híbridos foi o fator mais determinante para o comportamento das características estande e altura de plantas.

A fertilidade da área experimental em “pousio” influenciou no desempenho dos híbridos de milho.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise gráfica discriminou os híbridos K7510, 1P2216 e 1T2791, como os mais eficientes e responsivos ao uso da adubação NPK.

O ambiente de baixa adubação NPK resultou em híbridos com maiores valores para ALT, DIAM e PROD.

A constituição genética dos híbridos foi o fator mais determinante para o comportamento das características estande e altura de plantas.

A fertilidade da área experimental em “pousio” influenciou no desempenho dos híbridos de milho.

REFERÊNCIAS

ADAJAR, R.R; TAER, E.C. Aplicação de biofertilizantes foliares com e sem NPK na lavoura branco-milho glutinoso. **REVISTA DE AGRICULTURA E BIOLOGIA APLICADA** 2021, v. 2, n. 2, p. 105 – 113, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.11594/jaab.02.02.05>. Acesso em: 10 maio 2024.

AGUIAR, C. G., SCAPIM, C. A., PINTO, R. J. B., AMARALI, A. T., Jr., SILVEIRO. (2004). Análise dialéctica de linhagens de milho na safrinha. **Ciência Rural**, v. 34, p. 1731-1737. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782004000600010>. Acesso em: 10 maio 2024.

ASADUZZAMAN, M., BISWAS, M., ISLAM, MN, RAHMAN, M.M., BEGUM, R. e SARKAR, MAR. Variedade e taxa de fertilizante influenciar o crescimento, rendimento e parâmetros de produtividade do minimilho (*Zea mays*). **Revista de Ciências Agrárias**, v. 6, ed. 3, p. 118, 2014. Aplicação de biofertilizantes foliares com e sem NPK no cultivo de milho branco-glutinoso. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/355995941_Application_of_foliar_biofertilizers_with_and_without_NPK_in_cultivating_white-glutinous-corn. Acesso em: 28 jun. 2024.

BARTLETT, M.S. Properties of sufficiency and statistical test. **Proceedings of the Royal Society of London** (Series A). v. 160, p. 318-335, 1937.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA. G.; FORSTHOFER, E. L. Rendimento de grãos de milho cultivado após aveia-preta em resposta a adubação nitrogenada e regime hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 9, p.1101-1106, 2001.

COELHO, A, M, (2005), Agricultura de Precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e culturas, **Agricultura**, v. 1518, ed. 4277, p. 46, 2005.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento (2023) **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/infoagro/safra/graos/boletimda-safra-de-graos>. Acesso em março 24, 2023

CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P. da. Sistemas de adubação e consórcio de culturas intercalares e seus efeitos nas variáveis de colheita da cultura do milho. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 2, p. 277-287, 2009.

CRUZ, J.C; PEREIRA FILHO, I.A; ALBUQUERQUE FILHO, M.R. **Espaçamento e Densidade**. Embrapa Milho e Sorgo, 2021.

FEDERER, W.T. **Experimental Designs**, Macmilian, New York, p. 544, 1995.

FIDELIS, R. R.; MIRANDA, G. V. e ERASMO, E. A. L. Seleção de populações base de milho sob alta e baixa dose de fósforo em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 4, p. 285-293, 2009.

FRITSCHÉ-NETO, R.; VIEIRA, R. A.; SCAPIM, C. A. MIRANDA, G. V.; REZENDE, L. M. Updating the ranking of the coefficients of variation from maize experiments. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, PR, 34, 1, p. 99-101, 2012.

GONÇALVES JÚNIOR, A. C.; NACKE, H.; STREY, L.; SCHWANTES, D.; SELZLEIN, C. Produtividade e componentes de produção do milho adubado com Cu e NPK em um argissolo. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 9, p. 35-40, 2008.

IPEADATA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Índice geral de preços**: disponibilidade interna, 2017. Recuperado em 1 de abril de 2024. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/>. Acesso em: 25 maio 2024.

JESUS, C.A; CABRAL FILHO, F.R; ANDRADE, C. L.L; SILVA, E.C. Avaliação da produtividade do milho safrinha sob diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência**, v. 2, ed. 1, p. 42-52, 2023. Disponível em: 10.14295/bjs.v2i1.227. Acesso em: 25 maio 2024.

KARL, T, R., ARQUEZ, A., HUANG, B., LAWRIEMORE, J, H., MCMHON, J, R., MENNE, M, J., e ZHANG, H-M, (2015), Possible artifacts of data biases in the recent global surface warming hiatus, **Science**, v. 348, ed. 6242, 1469-1472. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.aaa5632>. Acesso em: 20 maio 2024.

LACERDA, J. J. J.; RESENDE, A. V.; NETO, A. E. F.; HICKMANN, C.; CONCEIÇÃO, O. P. Adubação, produtividade e rentabilidade da rotação entre soja e milho em solo com fertilidade construída. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, ed. 9, p. 769-778. 2015.

MACHADO, C,T,T; FURLAN, A,M,C ; MACHADO, A,T; **Índices de Eficiência de Variedades locais e Melhoradas de Milho ao Fósforo**, p. 225-221, 2001.

MENDES, M,C,; GAVA, E,; SCHLOSSER, J,; ZOCHE, J,C,; MATCHULA, P,H,; NEIVERTH, J, Estudo de dose e modo de aplicação de Azospirillum Brasilense Com Redução da Adubação de Cobertura na Cultura Do Milho, Anais, **XXX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO**, Salvador, BA, 2014.

MODOLO, A. J.; CARNIELETTO, R.; KOLLING, E. M.; TROGELLO, E.; SGARBOSSA, M. Desempenho de híbridos de milho na região sudoeste do Paraná sob diferentes espaçamentos entre linhas. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 435-441, 2010.

OGINO, C, M, COSTA JUNIOR, G,, POPOVA, N, D,, MARTIS FILHO, J, G, Poder de compra, preço e consumo de fertilizantes minerais: uma análise para o centro-oeste brasileiro, **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 59, p. 1, 2021.

OLOWOBOKO, TB, ONASANYA, OO, SALAME, OT e AZEEZ, JO. O crescimento e a absorção do milho como influência com fertilizante NPK em experimento em casa de vegetação. Interno **Revista Internacional de Ciências de Plantas e Solos**, 1-10, 2017. Aplicação de biofertilizantes foliares com e sem NPK no cultivo de milho branco-glutinoso. Acesso junho 28, 2024. Disponível em:https://www.researchgate.net/publication/355995941_Application_of_foliar_biofertilizers_with_and_without_NPK_in_cultivating_white-glutinous_corn .

PFANN, A. Z., FARIA, M. V., ANDRADE, A. A., NASCIMENTO, I. R., FARIA, C. M. D. R.,; BRIGHENTTI, R. M. (2009). Capacidade combinatória entre híbridos simples de milho em dialelo circulante. **Ciência Rural**, v. 39, p. 635-641. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782009000300002>. Acesso em: 20 maio 2024.

R CORE TEAM, R: A language and environment for statistical computing, **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Áustria, 2016.

RAO, S, R., QAYYUM A., RAZZAQ, A., AHMAD, M., MAHMOOD, I., e SHERERR, A, Role of foliar application of salicylic acid and L-tryptophan in drought tolerance of maize, **Journal of Animal e Plant Sciences**, v. 22, ed. 3, p. 768-772, 2012.

REIS, G.G; PEREIRA, F.B.; GRANATA, I.S. *et al.* Tropical maize selection indexes genotypes for efficiency in use of nutrients: phosphorus. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 64, ed. 3, p. 266-273, 2017.

RESENDE, CLP; DAMASO LF; ÁVILA MCR; CARVALHO, DDC *et al*, Agronomic Efficiency of Hybrids of Corn to Nitrogen, Phosphorus and Potassium Targeting Fresh Corn, **Journal of Agricultural Science**; v.11, p. 9, 2019.

SANGOI, L.; SILVA, P, R, F, da; ARGENTA, G, Arranjo espacial de plantas de milho: como otimizá-lo para maximizar o rendimento de grãos, In: **CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO**, p. 25, 2004, Cuiabá, Palestras. Cuiabá: ABMS/Embrapa Milho e Sorgo/Empaer, 2004.

SCAPIM, C.A. *et al.* EFEITOS GÉNICOS, HETEROSE E DEPRESSÃO ENDOGÂMICA EM CARACTERES DE SORGO GRANÍFERO. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.33, n 1, p. 1847-1857, 1998.

SCOTT, A., KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**. v. 30, ed. 3, p. 507-512, 1974.

SILVA, H, D; FERREIRA, D,F; PACHECO, C,A,P. 2000. Avaliação de QUATRO alternativas de Análise de Experimentos em Látice Quadrado, quanto à estimação de Componentes de Variância. **Bragantina**, v. 59, n. 1, p. 117-123, 2000.

SIQUEIRA, B.C. Ação dos fertilizantes Bacsol e Orgasol na altura de inserção da espiga e coloração dos grãos na cultura do milho orgânico. *In: Semana de Ciência e Tecnologia do IFMG*. Anais. 2009.

VON PINHO, R. G., RIVERA, A. A. C., BRITO, A. D., LIMA, T. D. Avaliação agronômica do cultivo de milho em diferentes níveis de investimento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, ed. 1, p. 39-46, 2009.