

Estabilidade Produtiva de Genótipos de Milho no Alto Sertão Sergipano

Alisson de Menezes Santos¹; Darliton Alex Silva Feitosa²; Barbara Nascimento Santos³;
José Jairo Florentino Cordeiro Junior⁴; Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira⁵

Resumo: O alto sertão sergipano tem se destacado como potencial produtor de milho (*Zea mays* L.) no estado. No entanto, a demanda por cultivares que apresentem estabilidade produtiva enfrenta desafios devido à dinâmica pluvial característica da região. Dessa forma, objetivou-se avaliar a estabilidade e o potencial de produção de grãos de genótipos de milho em diferentes anos agrícolas nas condições de Nossa Senhora da Glória – SE. Os experimentos foram implantados nos anos agrícolas de 2020 e 2021. Foram analisados 26 genótipos quanto à produtividade de grãos. Realizou-se análise de variância individual e conjunta, além dos modelos GGEbiplot. Houve efeito significativo da interação genótipos x ambientes e efeito significativo para genótipos na análise individual. As médias de produtividade foram de 7380,18 Kg/ha em 2020 e 6707,39 Kg/ha em 2021. Identificou-se os genótipos 14, 03, 09, 05, 19, 20 e 17, como os mais estáveis e produtivos em condições de cultivo variável, sendo o genótipo 03 identificado como o ideal. Esses achados são essenciais para orientar produtores e pesquisadores na escolha dos genótipos de milho mais adequados para a região.

Palavras-chave: *Zea mays* L. Interação GxA. Elasticidade fenotípica. Produtividade de grãos. Modelo GGEbiplot.

Yield stability of corn genotypes in Alto Sertão Sergipano

Abstract: The high hinterland of Sergipe has been standing out as a potential producer of corn (*Zea mays* L.) in the state. However, the demand for cultivars that exhibit productive stability faces challenges due to the characteristic rainfall dynamics of the region. Thus, the objective was to evaluate the stability and grain production potential of corn genotypes across different agricultural years under the conditions of Nossa Senhora da Glória – SE. The experiments were conducted in the agricultural years of 2020 and 2021. Twenty-six genotypes were analyzed for grain productivity. Individual and combined variance analysis, as well as GGEbiplot models, were performed. There was a significant genotype x environment interaction effect and a significant effect for genotypes in the individual analysis. The average productivities were 7380.18 kg/ha in 2020 and 6707.39 kg/ha in 2021. Genotypes 14, 03, 09, 05, 19, 20, and 17 were identified as the most stable and productive under variable cultivation conditions, with genotype 03 identified as the ideal. These findings are essential to guide producers and researchers in selecting the most suitable corn genotypes for the region.

Keywords: *Zea mays* L. GxA Interaction. Phenotypic elasticity. Grain productivity. Model GGEbiplot.

Estabilidad productiva de genotipos de maíz en el Alto Sertón Sergipano

Resumen: El alto sertón sergipano se ha destacado como un productor potencial de maíz (*Zea mays* L.) en el estado. Sin embargo, la demanda de cultivares que presenten estabilidad productiva enfrenta desafíos debido a la dinámica pluvial característica de la región. Así, se buscó evaluar la estabilidad y el potencial de producción de granos de genotipos de maíz en diferentes años agrícolas en las condiciones de Nossa Senhora da Glória – SE. Los experimentos se realizaron en los años agrícolas 2020 y 2021. Se analizaron

¹ Graduado em Engenharia Agrônoma. Universidade Federal de Sergipe. alissonmenezes1003@gmail.com – <https://orcid.org/0000-0002-3270-1616>.

² Graduado em Engenharia Agrônoma. Universidade Federal de Sergipe. darliton.alex2@gmail.com – <https://orcid.org/0000-0002-1154-2695>.

³ Mestranda em Agricultura e Biodiversidade. Universidade Federal de Sergipe. Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade. barbaranascimento2804@gmail.com – <https://orcid.org/0000-0002-1689-7399>.

⁴ Doutor em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Sergipe. Departamento de Engenharia Agrônoma do Sertão. jairofcordeiro@academico.ufs.br – <https://orcid.org/0000-0002-1138-8309>.

⁵ Doutor em Agronomia. Universidade Federal de Sergipe. Departamento de Engenharia Agrônoma do Sertão. gustavooliveira@academico.ufs.br – <https://orcid.org/0000-0002-3839-6261>.

26 genótipos em cuanto a la productividad de granos. Se llevó a cabo un análisis de varianza individual y conjunta, además de los modelos GGEbiplot. Hubo un efecto significativo de la interacción genótipos x ambientes y un efecto significativo para genótipos en el análisis individual. Las medias de productividad fueron de 7380,18 Kg/ha en 2020 y 6707,39 Kg/ha en 2021. Se identificaron los genótipos 14, 03, 09, 05, 19, 20 y 17 como los más estables y productivos en condiciones de cultivo variable, siendo el genotipo 03 identificado como el ideal. Estos hallazgos son esenciales para orientar a productores e investigadores en la elección de los genótipos de maíz más adecuados para la región.

Palabras clave: *Zea mays* L. Interacción GxA. Elasticidad fenotípica. Productividad de granos. Modelo GGEbiplot.

1 INTRODUÇÃO

O cultivo do milho (*Zea mays* L.) no Brasil alcançou destaque ao longo da história do país, contribuindo com o desenvolvimento econômico e social das diferentes regiões. Este cereal é essencial não apenas para a alimentação humana, mas também para a formulação de dietas para animais (Pinheiro et al., 2021; Borges et al., 2020). Em uma observação histórica da produtividade do milho no Brasil, considerando o período de 2015 a 2022, revela variações devido a condições ambientais e práticas agrícolas variadas ao longo dos anos.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), a maior média de produtividade foi registrada em 2019, com 5.859 kg/ha, enquanto a menor ocorreu em 2016, com 3.876 kg/ha. No estado de Sergipe, localizado na região Nordeste do Brasil, a maior média de produtividade foi alcançada em 2020, atingindo 5.509 kg/ha. A região Nordeste do Brasil destaca-se pelo cultivo extensivo de milho, totalizando 3.182.000 hectares na safra de 21/22, o que representa um aumento de 9,7% em relação à safra anterior (CONAB, 2022).

Dada a importância do cultivo do milho, é evidente a necessidade de cultivares com características adequadas para cada realidade específica. Nesse sentido, a importância do melhoramento genético no milho é amplamente reconhecida pelos produtores. Cultivares não adaptadas à região ou não melhoradas, não garantem confiabilidade da resposta produtiva, salientando-se a importância de trabalhos de melhoramento genético que visem materiais produtivos com boa adaptabilidade e estabilidade em diversas condições ambientais (Teixeira e Trindade, 2021).

Entretanto, em regiões semiáridas, como a de Nossa Senhora da Glória, município de Sergipe, que se situa em uma zona de transição semiárida de acordo com o IBGE (2021), os desafios são exacerbados por condições climáticas adversas, com precipitação irregular, temperaturas elevadas e altas taxas de evapotranspiração em relação à precipitação (Santana; Santos, 2020).

Diante dessas condições, objetivou-se avaliar a estabilidade e o potencial de produção de grãos de genótipos de milho em diferentes anos agrícolas nas condições de Nossa Senhora da Glória – SE. Esta pesquisa visa identificar genótipos adaptados às condições locais e também fornece recomendações práticas para os produtores, além de orientar futuros programas de melhoramento genético.

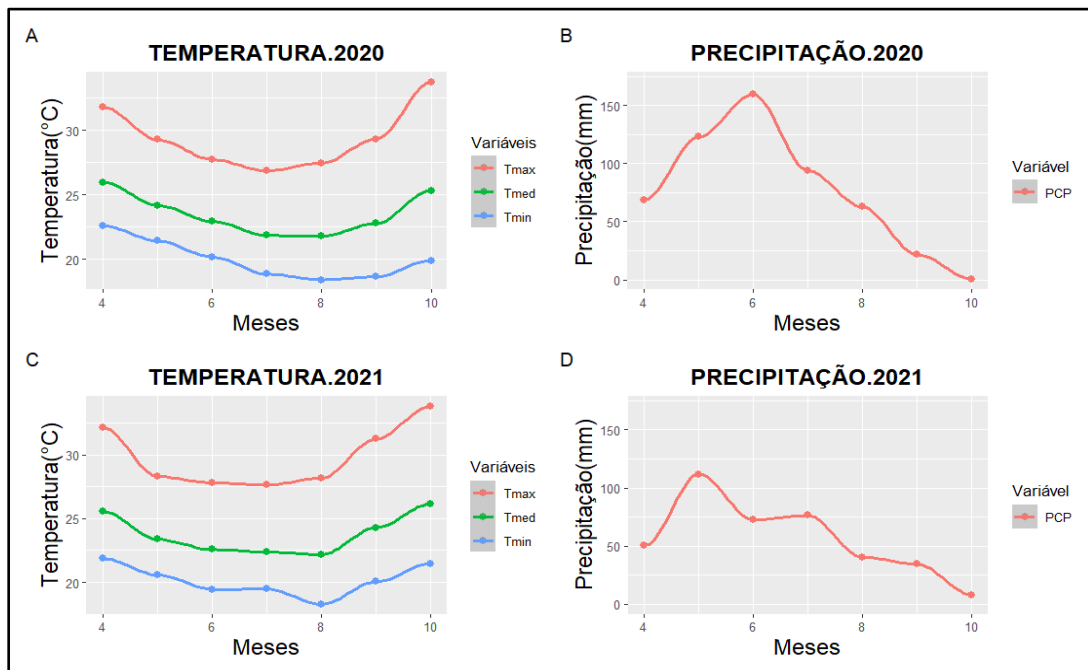
2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição do Local, Material Genético e Delineamento Experimental

Os experimentos foram conduzidos durante os anos agrícolas de 2020 e 2021 na fazenda experimental da Embrapa Semiárido, localizada no município de Nossa Senhora da Glória – SE (10° 12' 50.6" S de latitude e 37° 19' 03.2" W de longitude e altitude média de 210 m), sob condições de sequeiro. Segundo o mapa exploratório de reconhecimento de solos de Sergipe, predominam solos de textura média argilosa na propriedade (Jacomine et al., 1975).

O clima da região é classificado como As – Clima tropical com estação seca, conforme a pesquisa de Alvares et al. (2013). O período com chuvas mais regulares, favoráveis ao cultivo, ocorre entre abril e agosto, enquanto os meses subsequentes são importantes para a perda da umidade dos grãos, o que é essencial para a colheita. A Figura 1 mostra as mudanças anuais nas temperaturas máxima, média e mínima, bem como a distribuição das precipitações acumuladas referentes aos meses de experimentação.

Figura 1 – Gráficos representando as temperaturas máximas, médias e mínimas nas figuras A e C, e a distribuição das precipitações acumuladas nas figuras B e D, referentes aos meses de abril a outubro, na fazenda experimental da Embrapa Semiárido, nos anos de 2020 e 2021, em Nossa Senhora da Glória – SE



Fonte: Elaborado pelos autores

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), com duas repetições e 26 tratamentos. O número de repetições foi considerado suficiente, pois gerou um grau de liberdade do resíduo de 25, valor superior à faixa mínima de 10, normalmente considerada apropriada na experimentação agrícola (Pimentel Gomes, 1990). Cada parcela consistiu em duas linhas de cinco metros de comprimento, com plantas espaçadas em 0,2 m entre si, totalizando 50 plantas por parcela.

O espaçamento entre as linhas foi de 0,5 m em 2020 e 0,7 m em 2021, resultando em uma população de 100.000 plantas por hectare em 2020 e 71.428,57 plantas por hectare, em 2021. Foram avaliados 26 genótipos de milho, tanto experimentais quanto comerciais, sendo estes últimos utilizados como testemunhas, por se tratar de cultivares já consolidadas e utilizadas na região (Quadro 1).

Quadro 1 - Descrição dos 26 materiais genéticos comerciais e experimentais, conduzidos nos experimentos localizados na fazenda experimental da Embrapa Semiárido, nos anos de 2020 e 2021, em Nossa Senhora da Glória – SE.

Trat.	Genótipo	CL	Fase	Tipo de Grão	Tecnologia	Ciclo	Mantenedor
1	20 A 07 Top2	SI	Ex	SI	SI	SI	SI
2	AG 8690 Pro3	HS	Cm	SEMI DUR	VT PRO3	P	MONSANTO
3	AS 1868 Pro3	HS	Cm	SEMI DUR	VT PRO3	P	MONSANTO

4	B 2433 PWU	HT	Cm	SEMI DEN	PWU	P	CTVA. CORTEVA
5	B 2688 PWU	HT	Cm	SEMI DUR	PWU	SP	CTVA. CORTEVA
6	BM 3063 Pro2	HT	Cm	SEMI DEN	VT PRO2	P	HELIX SEMENTES
7	BM 709 Pro2	HS	Cm	SEMI DEN	VT PRO2	P	HELIX SEMENTES
8	BM 790 Pro2	HS	Cm	SEMI DEN	VT PRO2	P	HELIX SEMENTES
9	BM 950 Pro3	HS	Cm	SEMI DUR	VT PRO3	SP	MONSANTO
10	BRS 2022	HD	Cm	SEMI DEN	CONV	P	EMBRAPA
11	BRS 3046	HS	Cm	DEN	CONV	SP	EMBRAPA
12	CR 06	HS	Ex	SEMI DEN	CONV	P	CRIAGENE SK
13	DKB 177 Top3	HS	Cm	SEMI DEN	VT PRO3	P	MONSANTO
14	DKB 290 Top3	HS	Cm	SEMI DUR	VT PRO3	P	MONSANTO
15	EX 3591 L VIP3	SI	Ex	SI	SI	SI	SI
16	K 9960 VIP3	HS	Cm	SEMI DUR	VIP3	P	KWS SEMENTES
17	LG 36700 VIP3	HS	Cm	SEMI DUR	VIP3	P	LIMAGRAIN
18	P 3397 PWU	HS	Cm	SI	PWU	P	CTVA. CORTEVA
19	P 3707 VYH	SI	Cm	SEMI DEN	VYH	P	CORTEVA
20	P 3858 PWYU	HT	Cm	SEMI DUR	PWYU	P	CTVA. CORTEVA
21	R 9789 VIP3	HS	Cm	SEMI DUR	VIP3	P	KWS SEMENTES
22	RB 9210Pro 2	SI	Cm	DUR	VT PRO2	SP	MONSANTO
23	SHS 5560 Pro2	HT	Cm	SEMI DUR	VT PRO2	P	HELIX SEMENTES
24	SHS 5570	HSM	Cm	SEMI DUR	CONV	SP	HELIX SEMENTES
25	SHS 7970 Pro2	HSM	Cm	DEN	VT PRO2	P	HELIX SEMENTES
26	SHS 7990 Pro2	HSM	Cm	SEMI DEN	VT PRO2	P	HELIX SEMENTES

Trat: Tratamento; CL: Classe Genética; SI: Sem informação; HS: Híbrido simples; HD: Híbrido duplo; HT: Híbrido Triplo; HSM: Híbrido simples modificado; Cm: Comercial; Ex: Experimental; DUR: Duro; DEN: Dentado; CONV: Convencional; P: Precoces; SP: Super precoce.

Fonte: Elaborado pelos autores

2.2 Implantação e Avaliação dos Experimentos

Para a implantação dos experimentos, inicialmente realizou-se o preparo do solo utilizando trator e arado, seguido pela utilização de sulcador para abrir os sulcos com os espaçamentos desejados entre as linhas. Após esta etapa, a montagem do experimento foi realizada com a semeadura manual.

A adubação seguiu as recomendações para o estado de Sergipe (Sobral *et al.*, 2007), com base em análises químicas do solo das áreas experimentais. A adubação foi incorporada aos dois experimentos para suprir as necessidades da fundação. A adubação de cobertura consistiu na aplicação de 150 kg/ha de nitrogênio (N) em 2020 e 100 kg/ha de N em 2021.

A diminuição da dose em 2021 levou em conta o orçamento disponível, sem comprometer a nutrição da cultura, uma vez que o fornecimento de N manteve-se dentro do limite mínimo recomendado para a cultura de 100 kg/ha. Durante o manejo dos experimentos, foram realizados acompanhamentos para garantir o controle de plantas infestantes e possíveis pragas.

Para a avaliação dos resultados, a variável principal utilizada foi a produtividade de grãos (PG kg/ha). Para chegar a essa variável, os dados de produção de grãos (PG) foram ajustados utilizando o método de Zuber (1942) para 13% de umidade, obtendo-se a produção de grãos no estande (PGST) e, posteriormente, calculando-se a produtividade de grãos (PG kg/ha).

2.3 Análise dos Dados

Os dados de produção de grãos em quilogramas por hectare (PG kg/ha) foram analisados e utilizando o programa estatístico R, com suporte do ambiente R Studio, além dos pacotes Esquisse (Meyer; Perrier, 2022) e Metan (Olivoto; Lúcio, 2020).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi observada uma interação significativa entre genótipos e ambientes, conforme indicado pelo teste F, com 1 % de significância. Esse resultado sugere uma variabilidade na performance dos genótipos entre os anos de avaliação, o que implica que cada genótipo deve ser avaliado separadamente cada ano para recomendações precisas para a região alvo.

O coeficiente de variação, que foi de 9,24%, é considerado baixo (Gurgel *et al.*, 2013), indicando consistência nos dados do trabalho. A média da produtividade,

considerando os dois anos de avaliação, foi de 7043,79 kg/ha (Tabela 1).

Tabela 1 – Resumo das análises de variância, conjunta e individual dos anos de 2020 e 2021, com 26 materiais genéticos, analisados nos experimentos conduzidos na fazenda experimental da Embrapa Semiárido, em Nossa Senhora da Glória – SE.

QM – Análise conjunta			
FV	GL	PG kg/ha	
Ambientes	1	11769021**	
Blocos (Ambientes)	2	895672	
Tratamentos	25	4681735*	
Tratamentos: Ambientes	25	1931053**	
Resíduo	50	423651	
CV (%)		9,24	
Média		7.043,79	
Erro padrão		460,245	
QM – Análise individual			
FV	GL	PG kg/ha (2020)	PG kg/ha (2021)
Blocos	1	1666347	124997
Tratamentos	25	4755480**	1857307**
Resíduo	25	454845	392456
CV (%)		9,14	9,34
Média		7.380,18	6.707,39
Erro padrão		674,42	626,46

GL = graus de liberdade; QM = Quadrados médios; FV = fonte de variação; PG.kg/ha = Produção de grãos por hectare; *, **, Significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Fonte: Elaborado pelos autores

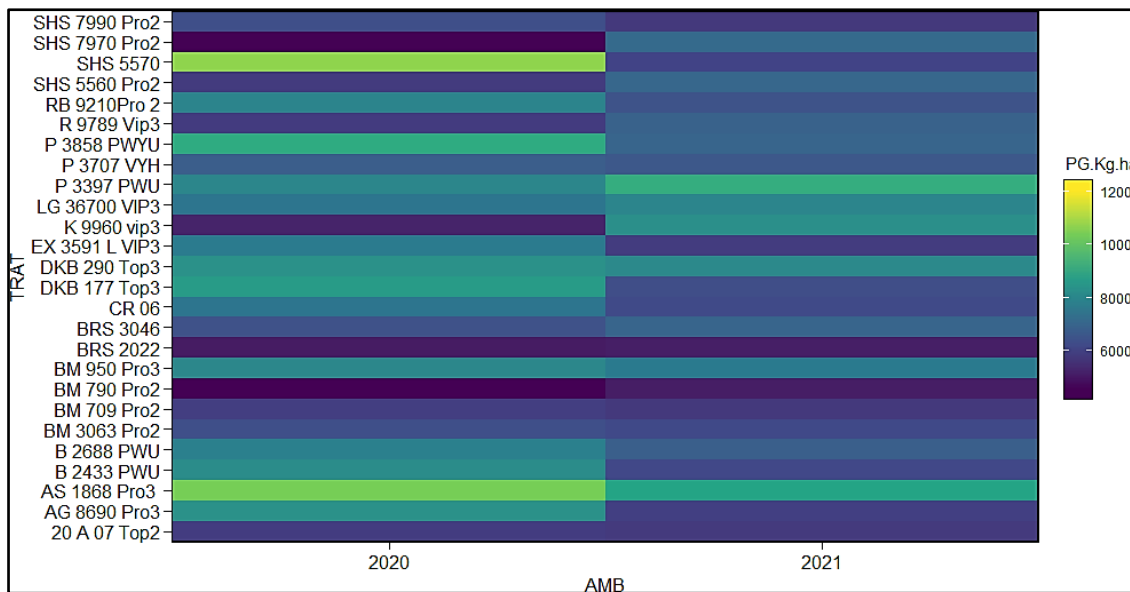
Devido à interação genótipos e ambientes, avaliou-se o potencial produtivo dos genótipos em cada ano de cultivo. Nas análises individuais, foram observadas diferenças significativas para os tratamentos a 1 % de significância pelo teste F em ambos os anos, o que sugere a possibilidade de seleção de materiais superiores.

Observou-se para o ano de 2020, a média geral produtividade foi de 7.380,18 kg/ha, com um coeficiente de variação de 9,14%. Em 2021, a média foi de 6.707,39 kg/ha, com coeficiente de variação de 9,34%. Os coeficientes de variação, além de confirmarem a realização adequada do experimento, indicam confiabilidade nas estimativas das médias

e na seleção acurada de genótipos.

A Figura 2 ilustra as diferenças na média de produtividade de grãos entre os dois anos avaliados, observando-se que os genótipos AS 1868 Pro3, BM 950 Pro3, DKB 290 Top3, LG 36700 VIP3 e P 3707 VYH demonstraram uma tendência a permanecer entre os mais produtivos ao longo dos dois anos.

Figura 2 – Análise gráfica comparativa, considerando as médias de produção de grãos por hectare dos 26 genótipos analisados, entre os anos de 2020 e 2021, avaliados na fazenda experimental da Embrapa Semiárido, em Nossa Senhora da Glória – SE.



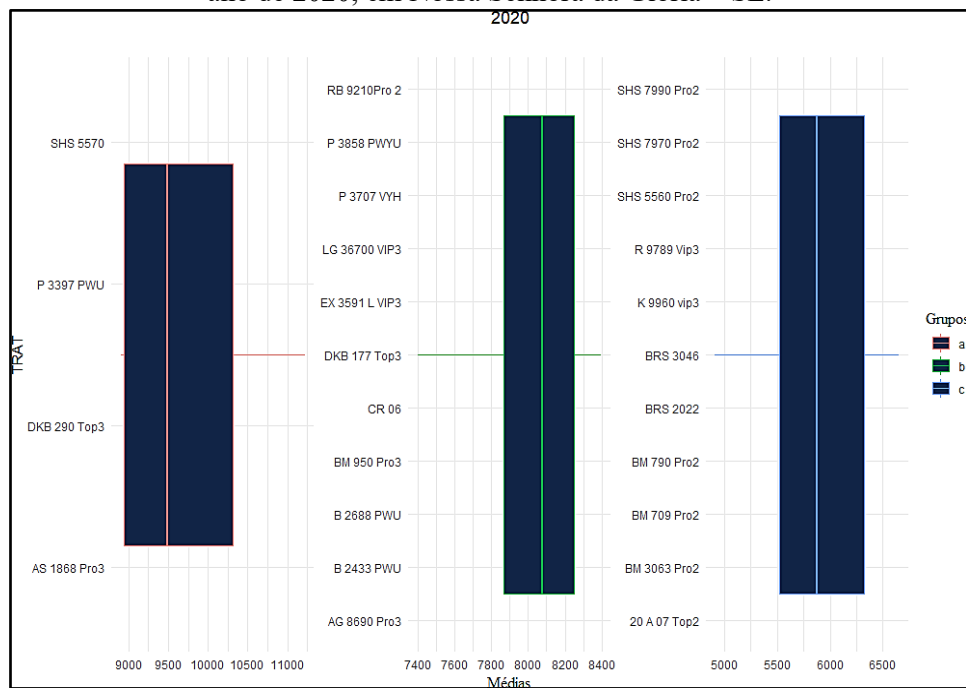
Fonte: Elaborado pelos autores

No entanto, é preciso ter cautela ao fazer recomendações, pois nas condições desse trabalho, houve mudanças no ranqueamento dos genótipos, caracterizando uma interação genótipo por ambiente complexa. Todavia, o mapa de cores sugere que alguns genótipos podem ser estáveis e bem adaptados à região, tendo em vista as variações na precipitação ao longo dos anos, bem como as diferenças nas aplicações de nitrogênio e nas populações de plantas consideradas.

As variações na suplementação de nitrogênio e na população de plantas, juntamente com as flutuações pluviométricas anuais (Figura 1), indicam que os genótipos destacados têm potencial para cultivo em ambientes altamente variáveis e dinâmicos, como a região em questão. Percebe-se que a precipitação variou de 150 mm em junho de 2020, o mês de maior acúmulo pluviométrico, para 120 mm em maio de 2021, mantendo-se sempre abaixo dos níveis do ano anterior. Além disso, a distribuição pluviométrica ao longo dos meses também apresentou variações, o que aumentou a imprevisibilidade e impactou todo o ciclo de cultivo, desde a implantação até a colheita.

Portanto, é crucial selecionar materiais que apresentem estabilidade frente às diversas condições impostas na região onde o trabalho foi realizado. Com base nos resultados obtidos no teste de Scott-Knott, foram formados grupos com os genótipos que se destacaram para produtividade de grãos. Com isso, no ano de 2020, o grupo “a” incluiu os genótipos AS 1868 Pro3, SHS 5570, DKB 290 e P 3397 PWU, que apresentaram as seguintes médias de produtividade: 11.215,59 kg/ha, 10.004,15 kg/ha, 8.963,62 kg/ha e 8.903,30 kg/ha, respectivamente, e foram, portanto, considerados os de melhor desempenho (Figura 3).

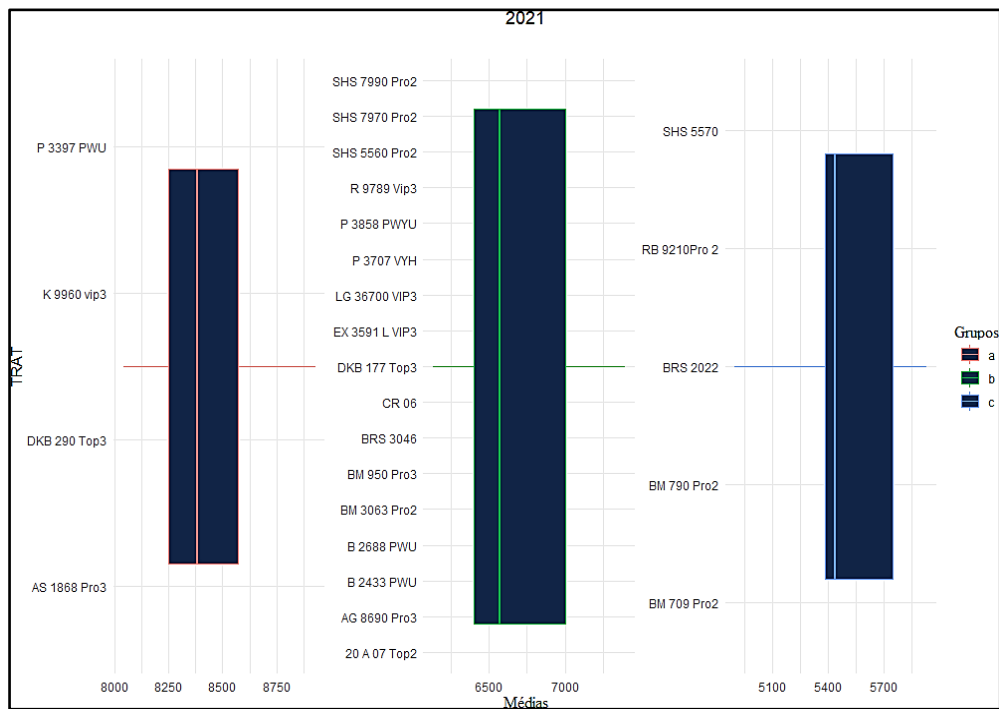
Figura 3 – Gráficos representando os valores das médias e medianas, obtidos na formação de grupos provenientes do teste de Scott-Knott dos 26 genótipos analisados, com dados provenientes do experimento implantado na fazenda experimental da Embrapa Semiárido, no ano de 2020, em Nossa Senhora da Glória – SE.



Fonte: Elaborado pelos autores

A Figura 4 apresenta os genótipos superiores no ano de 2021, onde o grupo “a” é composto pelos genótipos P 3397 PWU, K 9960 Vip3, DKB 290 Top3 e AS 1868 Pro3, que demonstraram as maiores produtividades médias de 8.928,99 Kg/ha, 8.318,28 kg/ha, 8.041,56 Kg/ha e 8.450,97 kg/ha, respectivamente.

Figura 4 – Gráficos representando os valores das médias e medianas, obtidos na formação de grupos provenientes do teste de Scott-Knott dos 26 genótipos analisados, com dados provenientes do experimento implantado na fazenda experimental da Embrapa Semiárido, no ano de 2021, em Nossa Senhora da Glória – SE.



Fonte: Elaborado pelos autores

Os genótipos pertencentes ao grupo “b” apresentaram médias de produtividade intermediárias, variando entre 7.399,95 kg/ha e 8.398,02 kg/ha em 2020, e entre 6.134,52 kg/ha e 7.394,60 kg/ha em 2021 (Figuras 3 e 4). Estes genótipos poderiam ser objeto de estudos adicionais. Os genótipos do grupo “c”, mesmo apresentando os menores valores de produtividade nas condições deste estudo, também possuem resultados que podem ser mais bem explorados.

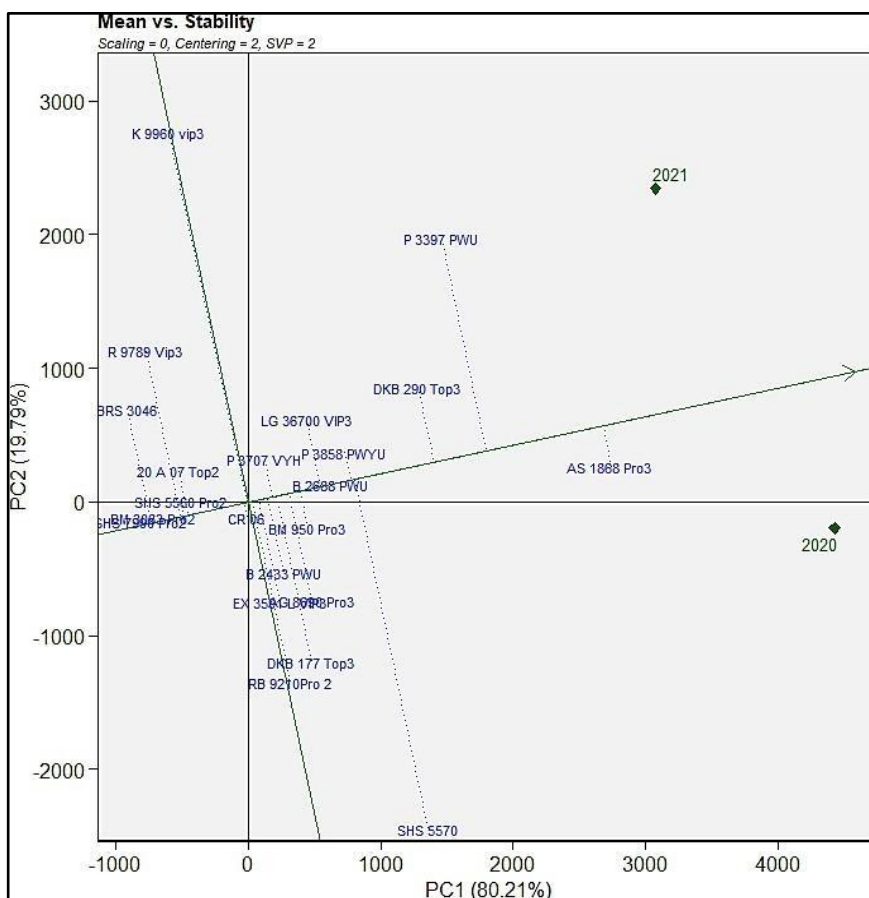
É importante notar que, em 2020, os genótipos foram cultivados com alta aplicação de nitrogênio e alta densidade populacional, enquanto em 2021, a aplicação de nitrogênio e a densidade populacional foram reduzidos. Assim, os genótipos P 3397 PWU, AS 1868 Pro3 e DKB 290 Pro3 destacaram-se com alta produtividade de grãos em ambos os ambientes, indicando seu potencial para cultivo tanto em condições de alta quanto de baixa tecnologia e em diferentes densidades populacionais.

O GGE biplot permite a avaliação do desempenho dos genótipos em diversos ambientes. Nessa análise, o primeiro componente principal (PC1) representa a média das produtividades dos genótipos ao longo dos dois anos avaliados, enquanto o segundo componente (PC2) indica a estabilidade desses genótipos em relação a essa média (Ghaffar *et al.*, 2023). Genótipos situados à direita da linha vertical são considerados com

desempenho acima da média, enquanto aqueles à esquerda estão abaixo da média. A estabilidade é representada pela linha pontilhada, com os genótipos mostrando menor variação entre os anos sendo mais estáveis (Yan, *et al.*, 2000).

Apesar de ser apresentado um biplot combinado, as análises estatísticas foram realizadas de forma separada por ano (Figuras 3 e 4), possibilitando um maior detalhamento dos impactos de cada ambiente. Com base nessas análises, foi possível verificar os genótipos com melhor desempenho produtivo para os dois anos de cultivo, sendo estes: P 3397 PWU, LG 36700 VIP3, DKB 290 Top3, P 3858 PWYU, B 2688 PWU, AS 1868 Pro3, BM 950 Pro3, P 3707 VYH, B 2433 PWU, AG 8690 Pro3, EX 3591 L VIP3, DKB 177 Top3, RB 9210 Pro2 e SHS 5570 (Figura 5), corroborando com o estudo de Silveira *et al.* (2021), realizado na mesma região, que indicou os genótipos SHS 5570 e AS 1868 Pro3 por apresentarem alta produtividade de grãos.

Figura 5 – Gráfico GGE Média vs. Estabilidade, representando o comportamento dos valores médios e estabilidade com base nos 26 genótipos analisados e dados provenientes do experimento implantado na fazenda experimental da Embrapa Semiárido, nos anos de 2020 e 2021, em Nossa Senhora da Glória – SE.



Fonte: Elaborado pelos autores

A produção de milho no semiárido é predominantemente realizada no sistema de

sequeiro, conduzida por pequenos e médios produtores. Esses produtores têm como objetivo principal a produção comercial de grãos, tornando o milho uma cultura crucial para economia da região (Marengo, 2022). Devido às condições ambientais associadas ao grande impacto que o insucesso de lavouras pode causar nos municípios do semiárido, faz-se necessária a recomendação de materiais com características que lhes confirmem melhor desempenho produtivo (Cardoso *et al.*, 2004).

Em termos de estabilidade, os genótipos que apresentaram melhores resultados foram BM 950 Pro3, B 2688 PWU, P 3707 VYH, P 3858 PWYU, LG 36700 VIP3, DKB 290 Top3 e AS 1868 Pro3. Dentre eles, o genótipo AS 1868 Pro3 se destacou não apenas por sua alta produtividade, mas também por sua estabilidade (Figura 5). Este genótipo também se mostrou altamente produtivo em dois tipos de solo diferentes na região de Tocantins (Costa *et al.*, 2022).

A exploração do potencial do milho é uma necessidade para os agricultores do semiárido. Para isso, é necessária a seleção de materiais que apresentem estabilidade produtiva, o que garante previsibilidade em seus resultados e pouca variação quando exposta à diferentes ambientes (Cruz *et al.*, 1997). A estabilidade produtiva contribui para a segurança, sustentabilidade e avanço do cultivo do milho na região.

Os resultados deste trabalho indicam quais genótipos apresentaram menor variação sob diferentes condições, incluindo densidades populacionais e diferentes concentrações na adubação nitrogenada. Estes resultados abrem possibilidades para avançar na recomendação de genótipos que expressem um desempenho desejado associado ao cultivo de baixo custo, facilitando o acesso de pequenos produtores a recursos e contribuindo para o desenvolvimento da região.

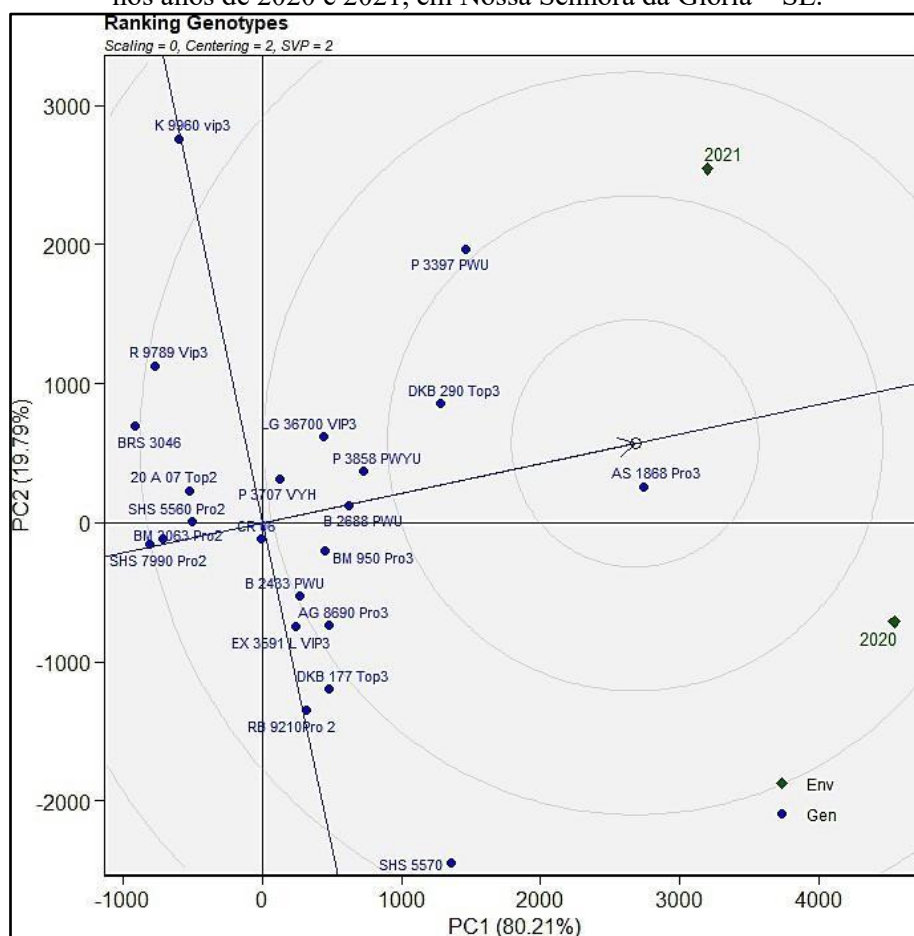
O método GGE biplot tem se mostrado eficiente na avaliação de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos em diversos ambientes, como demonstrados em estudos produtividade de grãos em genótipos de trigo (Bastiani, 2022) e feijão preto (Souza, 2022).

Na cultura do milho, o GGE biplot possibilitou a recomendação de híbridos com características de adaptabilidade e estabilidade produtiva para produção de silagem (Crevelari *et al.*, 2023). Em uma avaliação do potencial forrageiro dos genótipos de milho no semiárido, foi possível identificar quais grupos estavam mais próximos do genótipo considerado ideal, conforme hipoteticamente pelo modelo, e assim realizar

recomendações sobre o nível tecnológico e a variabilidade genética exigidos (Silveira et al., 2021).

A Figura 6 apresenta a classificação dos genótipos em círculos concêntricos, representando o ranqueamento dos genótipos ao longo dos dois anos. O centro dos círculos é indicado por uma seta que marca o ponto do genótipo ideal, um ponto hipotético baseado nos dados estudados, usado como referência para avaliar o desempenho dos genótipos e buscar aqueles que se destacam (Yan; Tinker, 2006).

Figura 6. Gráfico GGE Ranking dos genótipos, representando com base em um ponto considerado o genótipo ideal, uma classificação resultante dos 26 genótipos analisados, com dados provenientes do experimento implantado na fazenda experimental da Embrapa Semiárido, nos anos de 2020 e 2021, em Nossa Senhora da Glória – SE.



Fonte: Elaborado pelos autores

Ao ranquear os genótipos com base no desempenho produtivo e considerado um ponto hipotético de genótipo ideal, observou-se que é o genótipo que se destacou foi o AS 1868 Pro3. Em segundo lugar, próximo ao ponto ideal, encontra-se o DKB 290 Top3 (Figura 6). Ambos os genótipos pertencem ao mesmo mantenedor, Monsanto, e compartilham a mesma tecnologia, sendo híbridos simples e precoce, com grãos semiduros e já em fase comercial (Quadro 1). A disponibilidade comercial desses

genótipos facilita o acesso dos agricultores e sua recomendação prática.

4 CONCLUSÕES

Os genótipos DKB 290 Top3, AS 1868 Pro3, BM 950 Pro3, B 2688 PWU, P 3707 VYH, P 3858 PWYU e LG 36700 VIP3, são mais estáveis e possuem alta produtividade de grãos em condições de cultivo variável. Dentre esses, DKB 290 Top3, AS 1868 Pro3 e P 3397 PWU se destacaram como os mais produtivos em ambos os anos de estudo, indicando potencial para maximizar a produção em diferentes condições. O genótipo AS 1868 Pro3 destacou-se como o mais adequado para o cultivo na região, devido à sua combinação superior de alta produtividade e estabilidade.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's Climate Classification Map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- BASTIANI, R. R. **Adaptabilidade e Estabilidade de Genótipos de Trigo para o Município de Frederico Westphalen**. 2022. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria Campus Frederico Westphalen, RS, Brasil, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/26078>.
- BORGES, F. *et al.* Rendimento de milho safrinha adubado com resíduo orgânico. **Enciclopedia Biosfera**, v. 17, n. 34, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.18677/EnciBio_2020D35.
- CARDOSO, M. J. *et al.* Estabilidade Produtiva de Híbridos e Variedades de Milho no Meio-Norte Brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 3, p. 167-172, 2004. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/2310>.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Décimo primeiro levantamento, Agosto Safra 2021/22, v. 9, n. 11. Brasília: CONAB, 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos?start=10>
- COSTA, R. V. *et al.* Desempenho de cultivares de milho em Latossolo e Plintossolo pétrico em Tocantins, safrinha 2021, **Circular Técnica 280**, Sete Lagoas, MG, 2022.
- CREVELARI, J. A. *et al.* Adaptability and stability of corn hybrids for silage via genotype and genotype× environment interaction biplot. **Agronomy Journal**, v. 155, n. 2, p. 687-697, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/agj2.21240>.
- CRUZ, C.; REGAZZI, A. E.; CARNEIRO, P. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**, Viçosa: UFV, 1997.

GHAFFAR, M.; ASGHAR, M. J.; HUSSAIN, J. Estimation of $G \times E$ Interaction of Lentil Genotypes for Yield using AMMI and GGE Biplot in Pakistan. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, p. 1-15, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s42729-023-01182-x>

GURGEL, F. L.; FERREIRA, D. F.; SOARES, A. C. S. O coeficiente de variação como critério de avaliação em experimentos de milho e feijão. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (**INFOTECA-E**), p.80, 2013. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/955896>

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: https://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_%5Bmensal%5D/Fasciculo_Indicadores_IBGE/2022/estProdAgri_202210.pdf

JACOMINE, P. K. T. *et al.* Levantamento exploratório : reconhecimento de solos do estado de Sergipe. Recife: **Embrapa**, 1975. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/331179>

MARENCO, J. A. Agricultura de baixa emissão de carbono em regiões semiáridas. Brasília, DF, : **Embrapa**, 2022. 256 p.

MEYER, F.; PERRIER, V. **Esquisse**. Explore and Visualize Your Data Interactively. R package version 1.1.1, 2022. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=esquisse>

OLIVOTO, T.; LÚCIO, A. D. Metan: an R package for multi-environment trial analysis. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 11, n. 6, p. 783-789, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13384>

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13 ed. Piracicaba: Livraria Nobel, 1990.467 p.

PINHEIRO, L. DA S, GATTI, V. C. DO M., OLIVEIRA, J. T. DE, SILVA, J. N. DA, SILVA, P. A. Características agro econômicas do milho: uma revisão. **Natural Resources**, v. 11, n. 2, p. 13-21, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.6008/CBPC2237-9290.2021.002.0003>.

SANTANA, A. S.; SANTOS, G. R. Impactos da Seca de 2012-2017 na Região Semiárida do Nordeste: notas sobre a abordagem de dados quantitativos e conclusões qualitativas. **IPEA**, boletim regional, urbano e ambiental, jan.-jun, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.38116/brua22art9>

SILVEIRA, E. S. **Caracterização Morfológica e Seleção de Genótipos de Milho para Região Semiárida**. 2021, 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em

Agronomia) – Universidade Federal de Sergipe, Nossa Senhora da Glória, Sergipe, 2021.

SILVEIRA, E. S.; CARVALHO, M. N.; LIMA, B. B. D.; OLIVEIRA, T. R. A. D.; OLIVEIRA, G. H. F. D. Caracterização de diferentes classes genéticas de milho cultivados em região semiárida quanto ao potencial forrageiro. **Revista Matéria**, v. 26, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620210004.1302>

SOBRAL, L. F. *et al.* Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes no estado de Sergipe. **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, 2007. 251 p.

SOUZA, A. G. **Adaptabilidade e Estabilidade de Genótipos Promissores de Feijão Preto Via Modelos Mistos e GGE Biplot, para regiões do Estado do Rio de Janeiro, Brasil.** 2022. 82 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de ciências e Tecnologias Agropecuárias, Campos dos goytacazes – RJ, 2022.

TEIXEIRA, F. F.; TRINDADE, R.S. Recursos Genéticos De Milho: Importância E Uso No Melhoramento. **Revista IFES Ciência**, v. 7, n 3, p. 01-22, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.36524/ric.v7i3.1488>

YAN, W. HUNT, L. A.; SHENG, Q.; SZLAVNICS, Z. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. **Crop science**, v. 40, n. 3, p. 597–605, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.2135/cropsci2000.403597x>

YAN, W.; TINKER, N. A. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. **Canadian journal of plant science**, v. 86, n. 3, p. 623–645, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.4141/P05-169>

ZUBER, M. S. Relative efficiency of incomplete block designs using corn uniform trial data. **Journal of the American Society of Agronomy**, Madison, v. 34, n. 1, p. 30-47, 1942. Disponível em: <https://doi.org/10.2134/agronj1942.00021962003400010004x>