



Identificação de genótipos de feijão guandu em condições de fotoperíodo neutro no semiárido brasileiro

Identification of pigeon pea genotypes under neutral photoperiod conditions in the Brazilian semi-arid region

Identificación de genotipos de frijol guandú en condiciones de fotoperíodo neutro en el semiárido brasileño

DOI: 10.55905/oelv23n7-195

Receipt of originals: 6/30/2025

Acceptance for publication: 7/25/2025

Ranoel José de Sousa Gonçalves

Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas
Instituição: Universidade Federal de Lavras (UFLA)
Endereço: Campina Grande, Paraíba, Brasil
E-mail: ranoelgoncalves@hotmail.com

Caio Ramon Gomes Mesquita

Bacharel em Ciências Biológicas
Instituição: Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA)
Endereço: Sobral, Ceará, Brasil
E-mail: caioramongomes@yahoo.com

Chayane Bezerra Alves

Graduanda em Zootecnia
Instituição: Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA)
Endereço: Sobral, Ceará, Brasil
E-mail: chayane446@gmail.com

Vitor Aquino de Sousa

Bacharel em Zootecnia
Instituição: Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA)
Endereço: Sobral, Ceará, Brasil
E-mail: vitoraquino843@gmail.com

Fernando Lisboa Guedes

Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas
Instituição: Embrapa Caprinos e Ovinos
Endereço: Sobral, Ceará, Brasil
E-mail: Fernando.guedes@embrapa.br

José Wilson Tavares Bezerra

Graduado em Engenharia Agrônômica
Instituição: Embrapa Caprinos e Ovinos
Endereço: Sobral, Ceará, Brasil
E-mail: jose.bezerra@embrapa.br

Márcio Lisboa Guedes

Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas
Instituição: Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA)
Endereço: Acaraú, Ceará, Brasil
E-mail: marcio_guedes@uvanet.br

RESUMO

O estudo objetivou avaliar a sensibilidade ao fotoperíodo neutro em 21 genótipos (17 experimentais e 4 comerciais) cultivados em dois ambientes contrastantes quanto a fotoperíodo: Sobral/CE (localizado a 3° de latitude e tendência a fotoperíodo neutro) e Sumé/PB (localizado a 7° de latitude e tendência a fotoperíodo de dia curto). Foram analisados dias de florescimento (DF) e produtividade de grãos (ProdGrãos), as quais foram utilizadas para montar um índice de seleção para identificar genótipos insensíveis ao fotoperíodo neutro, e plotagem em gráfico tipo ggplot. A análise gráfica do índice permitiu classificar os genótipos em quatro grupos: sensíveis/responsivos, sensíveis/não-responsivos, insensíveis/responsivos e insensíveis/não-responsivos. Foram identificados como insensíveis ao fotoperíodo neutro os genótipos 100FG42, 92FG27, 94FG30, 97FG36, 96FG34, 98FG38, 07FG08 e 99FG41, além das cultivares Iapar 43 e Super N, com destaque para 94FG30 e 96FG34, que combinaram precocidade e alta produtividade. A metodologia proposta mostrou-se eficaz, de baixo custo e fácil aplicação, facilitando a seleção de materiais genéticos adaptados ao semiárido. Esses avanços contribuem para programas de melhoramento, promovendo cultivares mais resilientes às variações climáticas.

Palavras-chave: Cajanus Cajan, Insensibilidade ao Fotoperíodismo, Melhoramento Genético, Variabilidade Genética.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the sensitivity to neutral photoperiod in 21 genotypes (17 experimental and 4 commercial) cultivated in two contrasting environments in terms of photoperiod: Sobral, CE (located at 3° latitude, tending toward a neutral photoperiod), and Sumé, PB (located at 7° latitude, with a tendency toward a short-day photoperiod). Flowering days (FD) and grain yield (GrainYield) were analyzed and used to develop a selection index to identify genotypes insensitive to neutral photoperiod, followed by plotting in a ggplot-style graph. The graphical analysis of the index allowed classification of genotypes into four groups: sensitive/responsive, sensitive/non-responsive, insensitive/responsive, and insensitive/non-responsive. The genotypes 100FG42, 92FG27, 94FG30, 97FG36, 96FG34, 98FG38, 07FG08, and 99FG41, along with the cultivars Iapar 43 and Super N, were identified as insensitive to neutral photoperiod.

Among these, 94FG30 and 96FG34 stood out for combining earliness with high productivity. The proposed methodology proved to be effective, low-cost, and easy to apply, facilitating the selection of genetic materials adapted to the semi-arid environment. These advances contribute to breeding programs, promoting cultivars more resilient to climate variability.

Keywords: *Cajanus cajan*, Photoperiod Insensitivity, Genetic Improvement, Genetic Variability.

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la sensibilidad al fotoperíodo neutro en 21 genotipos (17 experimentales y 4 comerciales) cultivados en dos ambientes contrastantes en cuanto al fotoperíodo: Sobral, CE (ubicado a 3° de latitud, con tendencia a fotoperíodo neutro) y Sumé, PB (ubicado a 7° de latitud, con tendencia a fotoperíodo de días cortos). Se analizaron los días hasta la floración (DF) y el rendimiento de granos (RendGranos), variables utilizadas para construir un índice de selección destinado a identificar genotipos insensibles al fotoperíodo neutro, seguido de la representación gráfica tipo ggplot. El análisis gráfico del índice permitió clasificar los genotipos en cuatro grupos: sensibles/responsivos, sensibles/no responsivos, insensibles/responsivos e insensibles/no responsivos. Se identificaron como insensibles al fotoperíodo neutro los genotipos 100FG42, 92FG27, 94FG30, 97FG36, 96FG34, 98FG38, 07FG08 y 99FG41, además de las cultivares Iapar 43 y Super N, destacándose 94FG30 y 96FG34 por combinar precocidad con alta productividad. La metodología propuesta demostró ser eficaz, de bajo costo y fácil aplicación, facilitando la selección de materiales genéticos adaptados al ambiente semiárido. Estos avances contribuyen a los programas de mejoramiento, promoviendo cultivares más resilientes a la variabilidad climática.

Palabras clave: *Cajanus cajan*, Insensibilidad al Fotoperiodismo, Mejoramiento Genético, Variabilidad Genética.

1 INTRODUÇÃO

Reconhecido como uma semente pulse, categoria que inclui grãos secos ricos em proteínas e nutrientes, o guandu (*Cajanus cajan*) ocupa papel central na segurança alimentar, especialmente em áreas caracterizadas por solos pobres e condições climáticas adversas (FAO, 2016). Além disso, a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico contribui para a recuperação de solos degradados e para a promoção da sustentabilidade, trazendo benefícios econômicos e ambientais que impactam positivamente a vida das pessoas (Oliveira *et al.*, 2024).

A tropicalização do feijão guandu, isto é, sua adaptação para cultivo em condições tropicais específicas, requer a superação de diversos desafios relacionados a fatores climáticos, edáficos e fisiológicos. Entre eles, o controle do florescimento pela resposta ao fotoperíodo é um dos aspectos mais determinantes para o sucesso agrônômico de uma cultura (Craufurd e Qi, 2001).

Segundo Souza *et al.* (2007), em muitas cultivares de guandu, a indução floral ocorre quando o fotoperíodo varia entre 11h e 11h30min de duração do dia. Esse fator limita a distribuição da planta a regiões com latitudes que possibilitem a variação de horas de luz ao longo do ano, atendendo às necessidades fotoperiódicas da cultura. Cultivares de guandu sensíveis ao fotoperíodo neutro permanecem em fase vegetativa e, portanto, não geram grãos nessas condições (Guedes *et al.*, 2019).

A variabilidade genética do feijão guandu em relação à sensibilidade ao fotoperíodo oferece oportunidades únicas para o desenvolvimento de cultivares mais versáteis. A identificação de acessos adaptados ao fotoperíodo neutro, juntamente com a detecção de duplicatas e a ampla variabilidade genética entre eles, possibilitará a criação de populações-base para programas de melhoramento. Esses avanços permitirão a realização de cruzamentos direcionados entre genótipos que apresentem características ideais, tanto para a produção de forragem destinada à alimentação animal em suas diferentes formas de uso, quanto para a produção de grãos voltadas ao consumo humano, além da seleção de materiais com aptidão para ambas as finalidades (Guedes *et al.*, 2017). Além disso, a insensibilidade ao fotoperíodo é uma característica estratégica no contexto das mudanças climáticas globais, pois contribui para a resiliência da cultura frente a padrões climáticos cada vez mais erráticos e imprevisíveis (IPCC, 2021).

A identificação e seleção de materiais genéticos com insensibilidade ao fotoperíodo representam, portanto, um ponto crítico para o melhoramento do feijão guandu, desta forma, a importância do uso de uma metodologia que proporcione uma maior facilidade no destaque da identificação desses genótipos e a relação com produção de grãos, pode contribuir para maior agilidade e confiabilidade dos resultados obtidos nos programas de melhoramento de feijão guandu.

Assim, o estudo objetiva a avaliação de metodologia empregada para a

classificação quanto a insensibilidade ao fotoperíodo neutro, bem como a identificação de genótipos de guandu insensíveis ao fotoperíodo neutro no semiárido brasileiro.

2 METODOLOGIA

Os ensaios foram plantados a campo, em dois locais diferentes no semiárido brasileiro, Primeiro local foi no município de Sobral/CE - 3°44'55"S e 40°21'35"W e o segundo, realizado em Sumé/PB – 7°39'46"S e 36°53'38"W. O clima das duas regiões é do tipo BSh, semiárido quente, segundo a classificação de Köppen (1948), com período chuvoso de fevereiro a junho, sendo a pluviosidade média variando de 400 a 800 mm durante a safra de cultivo. Apenas o experimento realizado na cidade de Sumé - PB houve suplementação de irrigação nos períodos de veranico.

Devido o guandu ser uma espécie adaptada a fotoperíodo de dias curtos, a caracterização dos fatores ambientais considerados contrastantes para o número de graus de latitude na região semiárida brasileira merece um melhor detalhamento, sendo: Ambiente – Sobral/CE – considerando de latitude 3° e utilizado para verificar o comportamento dos genótipos de guandu observado em condições mais próximas de fotoperíodo neutro e Ambiente Sumé/PB – considerando de latitude 7° e utilizado para verificar o comportamento dos genótipos de guandu observado em condições mais próximas de fotoperíodo de dias curtos.

Assim, conforme indicativo de comportamento de variação de fotoperíodo, o qual pode ser observado na Figura 1, a região de Sobral/CE apresentou a menor variação do fotoperíodo, iniciando entre 12h12 (fevereiro) com mínimo de 11h52 (junho) chegando até 12h18 (dezembro) horas-luz dia, uma vez que se situa na latitude de 3° 44' S. A região de Sumé/PB apresentou maior variação de fotoperíodo, iniciando entre 12h19 (fevereiro) com mínimo de 11h38 (junho), chegando até 12h32 (dezembro), uma vez que se situa na latitude de 7°39'S (SUNRISE-AND-SUNSET, 2024).

Figura 1. Variação do fotoperíodo nas regiões de Sobral/CE e Sumé/PB nos anos de 2022 e 2023.



Fonte: Os autores, 2024.

Os tratamentos foram constituídos de 21 genótipos de feijão guandu (4 cultivares comerciais e 17 genótipos experimentais elites) (Tabela 2). A implantação dos experimentos foi no início do período chuvoso, o plantio na cidade de Sobral foi realizado no dia 06 de fevereiro de 2023 e em Sumé no dia 08 de abril de 2022. O delineamento experimental foi de blocos casualizados (DBC), com 3 repetições, em que a parcela constituiu em 2 linhas de 4 metros, com espaçamento de 0,75 m entre linhas e 0,25 m entre plantas. Para o plantio dos experimentos foi realizado o preparo do solo com uma aração (0 - 0,40 m) seguida de uma gradagem niveladora. Com auxílio de cultivador foi realizado sulcamento com espaçamento de 0,75 m entre linhas. Os tratos culturais foram realizados conforme recomendações para a cultura (Souza *et al.*, 2007).

Tabela 1. Genótipos de guandu, avaliados em 2 ambientes do Semiárido brasileiro (Sobral/CE e Sumé/PB).

TRATAMENTO	GENÓTIPO	TIPO	ORIGEM
1	07FG08	Experimental	Embrapa Caprinos e Ovinos
2	18FG19	Experimental	Embrapa Caprinos e Ovinos
3	65FG102	Experimental	Embrapa Caprinos e Ovinos
4	66FG103	Experimental	Embrapa Caprinos e Ovinos
5	FGCVIF	Experimental	Embrapa Caprinos e Ovinos
6	IAPAR 43	Cultivar comercial	Instituto Agrônômico de Campinas
7	91FG21	Experimental	Embrapa Caprinos e Ovinos
8	93FG18	Experimental	Embrapa Caprinos e Ovinos
9	94FG30	Experimental	Embrapa Caprinos e Ovinos



10	96FG34	Experimental	Embrapa Caprinos e Ovinos
11	97FG36	Experimental	Embrapa Caprinos e Ovinos
12	92FG27	Experimental	Embrapa Caprinos e Ovinos
13	28FG25	Experimental	Embrapa Caprinos e Ovinos
14	98FG38	Experimental	Embrapa Caprinos e Ovinos
15	99FG41	Experimental	Embrapa Caprinos e Ovinos
16	100FG42	Experimental	Embrapa Caprinos e Ovinos
17	101FG50	Experimental	Embrapa Caprinos e Ovinos
18	Super N	Cultivar comercial	Bonamigo Sementes
19	Fava Larga	Cultivar comercial	Instituto Agronômico de Campinas
20	FGGT10	Experimental	Embrapa Caprinos e Ovinos
21	BRS Mandarin	Cultivar comercial	Embrapa Pecuária Sudeste

Fonte: Os autores, 2024.

Foram avaliados os seguintes caracteres: dias até o florescimento (DF), número de dias contados desde a data do plantio até o surgimento das flores em 50% da parcela; e estimativa da produtividade de grãos (ProdGrãos), em quilos por hectare, oriunda da colheita de uma linha por parcela, a qual foi corrigida para estande conforme Cruz *et al.* (2014).

De posse dos dados, os mesmos foram verificados ao atendimento das pressuposições da análise de variância, para a normalidade dos erros, e homogeneidade das variâncias. Posteriormente foram realizadas as análises de variância (ANOVA), e em seguida o teste de agrupamento de médias de Scott & Knott para cada característica em cada ambiente (Sobral/CE e Sumé/PB), conforme Ramalho *et al.* (2012).

Considerando que para ser possível inferir sobre o comportamento de genótipos sensíveis ao fotoperíodo neutro, seja necessário obter informações sobre dias até o florescimento (DF) e produtividade de grãos (ProdGrãos), e ainda, que essas avaliações sobre o comportamento dos genótipos, deve ocorrer para cada característica, de forma simultânea em, pelo menos, dois ambientes contrastantes para latitude. Neste sentido, foi elaborado um gráfico de análise simultânea de comportamento de genótipos em dois ambientes contrastantes em latitude (Sobral/CE e Sumé/PB) para cada característica em análise (DF e ProdGrãos).

Para a realização de uma análise mais completa, que considere uma avaliação conjunta das duas características envolvidas no estudo de comportamento de genótipos sensíveis ao fotoperíodo neutro (DF e ProdGrãos), foi obtido um índice de seleção, onde para obtenção deste, em primeiro momento, foi necessária uma transformação das médias da variável respostas dias até o florescimento, uma vez que, o comportamento desta, é no sentido inversamente proporcional ou seja, quanto menor o número de dias até o florescimento, melhor; enquanto que para a variável resposta produtividade de grãos, o desejável são maiores médias. Assim, todas estimativas de médias para os diferentes genótipos obtidas para DF foram submetidas a seguinte transformação:

$$X_n = \frac{1}{Y_n} \quad (1)$$

em que:

X_n = estimativa da variável dias até o florescimento transformada;

Y_n = estimativa da variável dias até o florescimento transformada;

Em seguida as novas estimativas de médias obtidas para a variável resposta DF e as estimativas de médias para ProdGrãos foram submetidas a padronização normal de dados, possibilitando assim, a soma destas duas médias das variáveis, por meio da expressão:

$$Z_{iq} = \frac{X_{iq} - X_{,q}}{S_{,q}} \quad (2)$$

em que:

Z_{iq} = valor da variável padronizada correspondente ao genótipo i no experimento q ;

X_{iq} = média do genótipo i no experimento q ;

$X_{,q}$ = média do experimento;

$S_{,q}$ = desvio padrão entre os genótipos no experimento q ;

Em continuidade, após a obtenção de todas as médias padronizadas dos genótipos para cada variável (DF e ProdGrãos), foi possível obter o índice de seleção, o qual é resultante da soma das novas médias (DF + ProdGrãos) obtidas para o mesmo genótipo em cada ambiente. Logo após, foi elaborado o gráfico de análise simultânea de comportamento de genótipos em dois ambientes contrastantes em latitude (Sobral/CE e Sumé/PB) para a característica “índice de seleção” obtida. Por fim, como ferramenta de auxílio nas análises estatísticas e construção dos gráficos, utilizou-se o software R.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resumos das análises individuais para dias até o florescimento (DF) e para produtividade de grãos (ProdGrãos), considerando avaliações experimentais conduzidas em etapas iniciais de programa de melhoramento genético de guandu forrageiro para o semiárido, evidenciaram que a precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação (CV), foram relativamente satisfatórias (Tabela 3). Em acréscimo, é reforçado essa tendência quando verificadas as acurácias seletivas, em que na maioria das análises, foram superiores a 90% (93,63% - Sobral/CE, 96,29% - Sumé/PB e 96,17% - Sumé/PB) (Tabela 3), exceto nas condições de Sobral/CE para a variável ProdGrãos que foi próximo a 75% (74,45%). Resende & Duarte (2007), destacam que as acurácias podem ser classificadas como muito alta ($\geq 0,90$), alta ($\geq 0,70$ e $< 0,90$), moderada ($< 0,70$ e $\geq 0,50$) e baixa ($< 0,50$).

Neste sentido, considerando que a acurácia seletiva se refere à correlação entre o valor genotípico verdadeiro de um tratamento genético e aquele estimado ou predito a partir das informações dos experimentos (Costa *et al.* 2005), e ainda, sabendo que a eficácia da inferência sobre o valor genotípico dos genótipos depende da proporção entre as variações de natureza genética e residual associadas ao caráter em avaliação, além do número de repetições (Resende e Duarte 2007), podemos afirmar que, dado que as variáveis avaliadas apresentaram valores de acurácia alta e muito alta na maioria dos casos, é possível realizar uma inferência estatística segura. Dessa forma, garante-se que o melhorista tem à disposição a variabilidade genética necessária para identificar e

selecionar os genótipos desejáveis para as características em estudo. Reforça esta situação, de indicativo de haver grande variabilidade genética entre os genótipos de feijão guandu, quando se observa, em todas análises individuais, efeito altamente significativo ($P \geq 0,01$) para a fonte de variação genótipos com relação aos dias até o florescimento (DF), bem como para a produtividade de grãos (ProdGrãos) (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para dias até o florescimento (DF) e para Produtividade de Grãos (ProdGrãos) em kg ha^{-1} em dois ambientes contrastantes para latitude no semiárido brasileiro (Sobral/CE e Sumé/PB), o coeficiente de variação (CV), acurácia e teste de média dos genótipos de feijão guandu avaliados em seis ambientes no semiárido brasileiro.

Fonte de Variação	DF		ProdGrãos	
	Sobral/CE 3° ^{1/}	Sumé/PB 7°	Sobral/CE 3°	Sumé/PB 7°
Genótipos	8,1155**	13,7584**	2,2442**	13,3121**
CV(%)	8,38	6,84	59,17	21,69
Acurácia (%)	93,63	96,29	74,45	96,17
Genótipos	Dias		Kg ha ⁻¹	
07FG08	89b ^{2/}	104c	1644,99b	3492,71e
18FG19	105c	86b	570,55c	6181,25d
65FG102	109c	102c	468,88c	4606,25e
66FG103	102c	104c	1407,22c	4028,12e
FGCVIF	126d	118d	672,22c	5156,25e
Iapar 43	81b	73a	1796,11b	5873,96e
91FG21	89b	104c	1210,55c	5239,06e
93FG18	106c	113d	479,44c	5234,37e
94FG30	105c	106c	2911,11a	12514,06a
96FG34	86b	73a	2975,00a	4684,9e
97FG36	67a	68a	2023,89b	6754,17d
92FG27	94b	83b	1808,34b	8823,44c
28FG25	107c	93c	1302,78c	6382,81d
98FG38	82b	89b	1591,67b	5403,12e
99FG41	94b	99c	2936,67a	5088,54e
100FG42	100c	99c	1880,00b	10401,56b
101FG50	96b	96c	1002,22c	7917,19c
Super N	100c	103c	1787,77b	4064,06e
Fava Larga	103c	111d	1656,66b	14225a
FGGT10	88b	96c	1131,67c	5500e
BRS Mandarin	122d	117d	556,67c	13262,5a
Média	104,25	83	1946	6896,82

^{1/}Graus de latitude, ^{2/}Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% probabilidade de erro. Fonte: Os autores, 2024.

As médias referentes aos dias até o florescimento dos genótipos são apresentadas na Tabela 2, sendo neste sentido, possível observar a formação de 4 grupos distintos, pelo teste de Scott-Knott a 1% de probabilidade, em ambos ambientes (Sobral/CE e Sumé/PB).

Para o ambiente Sobral/CE, o grupo composto pelos materiais mais precoces para o florescimento, encontra-se apenas o genótipo 97FG36, enquanto que no ambiente Sumé/PB, o grupo com os genótipos com menores números de dias para o florescimento é formado pelo mesmo 97FG36 e pelos genótipos Iapar 43 e 97FG34.

No outro extremo, ou seja, o grupo formado por aqueles com maiores dias até o florescimento (genótipos tardios) é composto pelos genótipos BRS Mandarin e FGCVIF, quando avaliados exclusivamente em condições ambientais que favorecem ao fotoperíodo neutro (Sobral/CE), mas quando se avalia em condições ambientais que favorecem ao fotoperíodo de dias curtos (Sumé/PB), soma-se a esses dois, os genótipos 93FG18 e o Fava Larga (Tabela 2).

Em continuidade, é possível verificar a formação de dois grupos intermediários, tanto no ambiente Sobral/CE, como em Sumé/PB, onde estariam presentes os demais genótipos (Tabela 2).

Um aspecto relevante observado foi a diferença na média de florescimento entre os genótipos avaliados nos dois ambientes. Em Sumé/PB, a média de florescimento foi 21 dias inferior à observada em Sobral/CE. Considerando que o experimento em Sobral/CE foi implantado no início de fevereiro, enquanto em Sumé/PB o plantio ocorreu no início de abril, os resultados indicam que o ciclo de florescimento do guandu em condições de semiárido está fortemente influenciado pela época de plantio. Isso se deve, provavelmente, à proximidade com o período de dias mais curtos (junho a julho) (Figura 1), o que tende a reduzir o tempo do estágio vegetativo da cultura.

A detecção e existência de variabilidade para dias até o florescimento no guandu já foram observadas por outros autores, entretanto, não abordaram dificuldades de consistência, uma vez que não se realizou avaliação em ambientes contrastantes para a latitude, como indicativo de condições ambientais relacionadas a adequação a condições de fotoperíodo neutro e ou de fotoperíodo de dias curtos (Shiferaw *et al.*, 2014).

A variabilidade para dias até o florescimento em guandu tem sido relatada (Shiferaw *et al.*, 2014), contudo, estudos anteriores não investigaram a consistência dessa característica em ambientes contrastantes quanto à latitude, o que limita a compreensão da adequação do guandu a condições de fotoperíodo neutro ou de dias curtos. A duração



do fotoperíodo exerce influência no florescimento de diversas espécies (Peterswald *et al.*, 2023), e, no caso do guandu, essa sensibilidade demanda avaliações sob diferentes regimes de luz.

Embora algumas plantas, como *Sinningia cardinalis*, apresentem comportamento de dia neutro (Kim *et al.*, 2015), *Gardenia jasminoides*, geralmente considerada de dia curto, pode ter sua floração melhorada em dias longos. Assim, a avaliação da variabilidade no florescimento do guandu requer a consideração de diferentes condições ambientais para elucidar seu comportamento em relação ao fotoperíodo.

Para a produtividade de grãos kg ha^{-1} (ProdGrãos), observa um confundimento ainda maior, uma vez que, quando se submeteu genótipos a avaliação em condições ambientais favoráveis ao fotoperíodo neutro (Sobral/CE), ocorreu a formação de apenas 3 grupos distintos, sendo um grupo referente aqueles que estariam como os mais produtivos (genótipos 94FG30, 96FG34 e 99FG41), um grupo intermediário composto por 8 genótipos diferentes e o grupo relacionado a menores produtividade (10 genótipos) (Tabela 2).

Ao avaliar os mesmos 21 genótipos, quando submetidos em condições ambientais mais favoráveis ao fotoperíodo de dias curtos (Sumé/PB), foi possível observar uma formação de 5 grupos diferentes quanto a ProdGrãos, ao invés de apenas 3 formados no ambiente de Sobral/CE (Tabela 2), fortalecendo assim, conforme observado para a variável resposta DF, aumento de confundimento sobre formação de grupos bem distintos, os quais viabiliza um direcionamento de seleção de genótipos extremos quanto ao carácter sensibilidade ao fotoperíodo, como maior confiabilidade e mais segurança.

É oportuno destacar que a finalidade do estudo, não é o emprego de técnicas e uso de análises de adaptabilidade e estabilidade, conforme é comum nas etapas finais em um programa de melhoramento (Caierão *et al.*, 2006; Saxena, 2008), e sim, de emprego de meio prático de detecção de grupos distintos, possibilitando segurança de formação de grupos distintos para a sensibilidade ao fotoperíodo neutro, uma vez que no programa de melhoramento de feijão guandu insensíveis ao fotoperíodo neutro, os experimentos são conduzidos em ambientes que apresentam variações sazonais, como também variações de latitude, externando assim, a necessidade de maiores compreensões e fornecimento de

informações adicionais, já em etapas iniciais de um programa de melhoramento de plantas.

Por conseguinte, é destacável a presença de um complicador para o melhorista, quando se pretende estabelecer um método que ajude interpretação dos dados de forma a permitir uma seleção mais precisa, ou que permita uma maior probabilidade de sucesso na escolha dos parentais, os quais estes, podem ser utilizados para a formação da população segregante, com finalidade de seleção de genótipos insensíveis ao fotoperíodo neutro.

Agrava-se ainda, o fato que o uso de teste de médias, mesmo que seja um teste que não se observe ambiguidade, como é o caso do teste Scott-Knott, não facilita na tomada de decisão referente a identificação e posterior seleção de genótipos de interesse. Pois, como pode ser observado na Tabela 2, o genótipo Iapar 43 e 96FG34 seriam escolhidos para parentais de dias curtos, pelo menos se a avaliação fosse realizada em ambiente de condições mais favoráveis a dias curtos (Sumé-PB), mas se fosse considerado o comportamento observado dos genótipos quando submetidos às condições ambientais mais favoráveis ao fotoperíodo neutro (Sobral/CE), não se teria muita opção, a não ser o genótipo 97FG36 (Tabela 2).

Para a variável resposta ProdGrãos, também é possível verificar situações semelhantes de confundimentos, quando em independente de condições favoráveis ou não ao fotoperíodo neutro, se teria o genótipo 94FG30 com destaque de produtividades, mas em condições, a depender se condição favorável ou não de fotoperíodo neutro, se teria outras opções, como os genótipos 96FG34 e 99FG41 em condições de Sobral/CE (favoráveis ao fotoperíodo neutro) e os genótipos Fava Larga e BRS Mandarin em condições de (Sumé/PB) (Tabela 2).

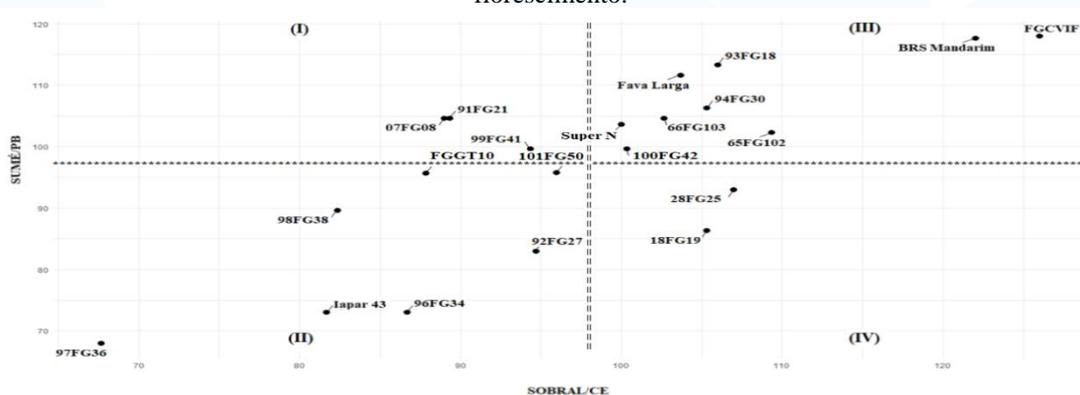
Diante do exposto, frente a necessidade de um método que proporcione alternativa de análise, que não somente permita o uso das mesmas variáveis respostas de interesse (DF e ProdGrãos), bem como, uma análise mais completa, que considere avaliação conjunta das duas características simultaneamente, e ainda, que resulte em uma identificação de grupos distintos de forma mais visível e simples, que envolva todos os dados, agregando maiores informações, e consequente, resultando em maior segurança

nas identificações de genótipos com relação a característica de sensibilidade ao fotoperíodo neutro.

Neste sentido, pelos os gráficos de análise simultânea de comportamento de genótipos em dois ambientes contrastantes em latitude (Sobral/CE e Sumé/PB), conforme pode ser visto nas Figuras 2, 3 e 4, para dias até o florescimento (DF), produtividade de grãos kg ha^{-1} (ProdGrãos) e índice de seleção, respectivamente, é possível ainda, fornecer informações sobre a resposta de diferentes genótipos de feijão-gandu ao fotoperíodo e sua relação com a produção de grãos e o tempo, em dias, até o florescimento.

A interpretação destes gráficos permite uma análise detalhada da sensibilidade ao fotoperíodo neutro, de possíveis respostas, frente às variações de condições mais favoráveis ao fotoperíodo neutro, da precocidade ou não dos genótipos, bem como sua produtividade em diferentes condições ambientais de fotoperíodo neutro (Sobral/CE) e em condições favoráveis ao fotoperíodo de dias curtos (Sumé/PB).

Figura 2. Gráfico referente ao desempenho médio de 21 genótipos de gandu em comparação simultânea às médias gerais obtidas nos ambientes de Sobral/CE e Sumé/PB, para a variável resposta dias até o florescimento.



Fonte: Os autores, 2024.

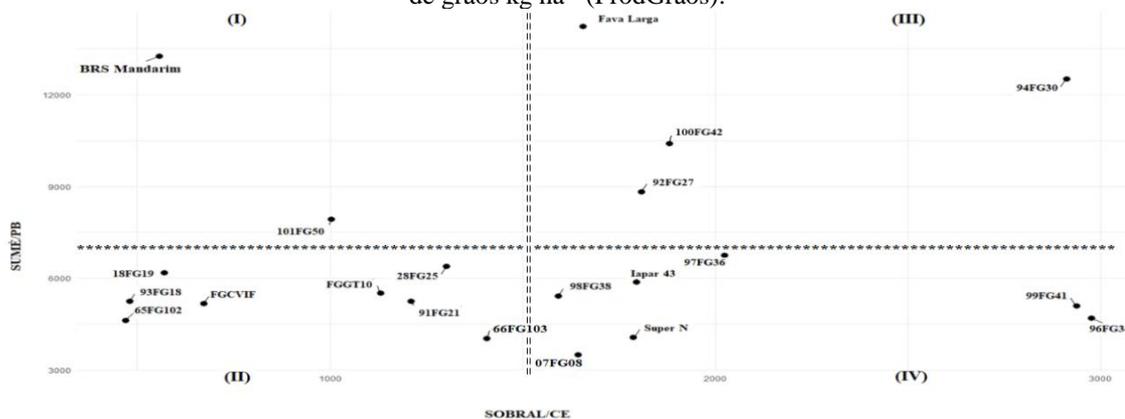
Na Figura 2, quando se analisa apenas na perspectiva da variável resposta dias até o florescimento (DF) em Sobral/CE e Sumé/PB, pela análise dos quadrantes I e II, é possível inferir que nestes, contêm genótipos com alta probabilidade de serem insensíveis ao fotoperíodo neutro (91FG21, 07FG08, 99FG41, FGGT10, 101FG50, 98FG38, Iapar 43, 96FG34, 92FG27 e 97FG36), enquanto os quadrantes III e IV apresentam genótipos com maior tendência ao florescimento tardio sob essas condições ambientais favoráveis

ao fotoperíodo neutro (FGCVIF, BRS Mandarin, 93FG18, 94FG30, Fava Larga, 66FG103, Super N, 100FG42, 28FG25 e 18FG19), Isso sugere que os genótipos localizados à esquerda (I e II) tendem a florescer independentemente das variações no fotoperíodo neutro, o que pode ser uma característica desejável em regiões com oscilações sazonais significativas. Em contrapartida, os genótipos nos quadrantes à direita (III e IV) podem ser mais sensíveis, resultando em um florescimento tardio em ambientes de fotoperíodo neutro (Sobral/CE).

Em condições de fotoperíodo neutro (Sobral/CE), os genótipos que floresceram abaixo da média podem ser considerados precoces, com alta probabilidade de insensibilidade ao fotoperíodo neutro. Já os genótipos tardios no ambiente de Sobral/CE apresentam maior probabilidade de sensibilidade ao fotoperíodo neutro. Em Sumé/PB, que oferece um ambiente ideal de fotoperíodo de dias curtos, os genótipos abaixo da média também são classificados como precoces.

Ao avaliar a análise gráfica referente ao comportamento dos genótipos, em função da variável resposta produtividade de grãos em kg ha^{-1} (ProdGrãos) em Sobral/CE e Sumé/PB (Figura 3), percebe-se que no quadrante I contém genótipos com tendência a sensibilidade ao fotoperíodo neutro (Mandarin e 101FG50), devido a baixa produtividade de grãos em condições de fotoperíodo neutro de Sobral/CE, mas com boa responsividade à melhoria das condições de fotoperíodo, devido a boa produtividade de grãos em condições de melhoria de fotoperíodo para dias curtos em Sumé/PB. O quadrante II agrupa genótipos com tendências de serem altamente sensíveis ao fotoperíodo neutro (18FG19, 93FG18, 65FG102, FGCVIF, FGGT10, 28FG25, 91FG21 e 66FG103), enquanto o quadrante III reúne genótipos relativamente insensíveis ao fotoperíodo neutro (Fava Larga, 100FG42, 92FG27 e 94FG30). Já o quadrante IV apresenta genótipos com boa insensibilidade ao fotoperíodo neutro, porém com baixa responsividade a mudanças para condições ideais de fotoperíodos de dias curtos, condições ambientais observadas em Sumé/PB. Neste grupo encontram-se os genótipos 98FG38, Iapar 43, 97FG36, Super N, 07FG08, 99FG41 e 96FG34. Isso ocorre porque, em relação ao fotoperíodo, esses genótipos permaneceram abaixo da média geral observada em Sumé/PB, demonstrando baixa adaptação a condições específicas.

Figura 3. Gráfico referente ao desempenho médio de 21 genótipos de guandu em comparação simultânea às médias gerais obtidas nos ambientes de Sobral/CE e Sumé/PB, para a variável resposta produtividade de grãos kg ha^{-1} (ProdGrãos).

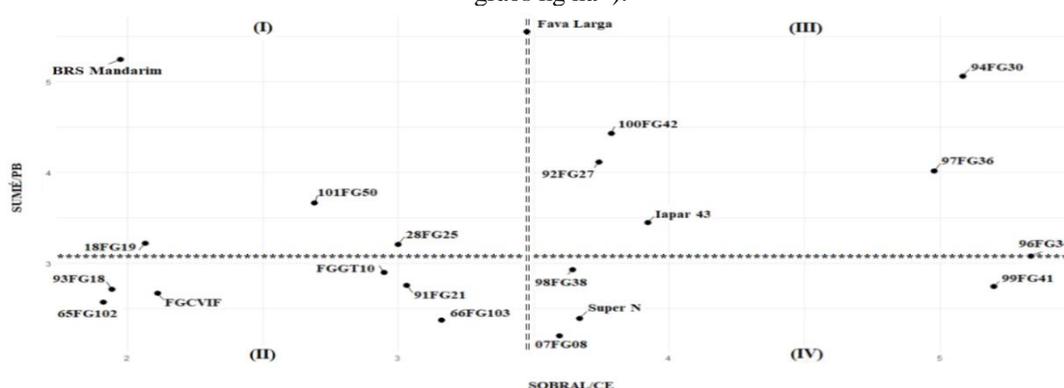


Fonte: Os autores, 2024.

Com relação a análise gráfica usando o índice de seleção empregado (Figura 4), o qual é formado pela união das duas variáveis respostas obtidas no estudo (DF e ProdGrãos), observa-se a presença de genótipos nos diferentes quadrantes, formando grupos distintos quanto a identificação de genótipos sensíveis e insensíveis ao fotoperíodo neutro, bem como a possibilidade de obtenção de maiores informações relacionadas às tendências de ciclo de florescimento e de respostas as melhorias de condições ambientais favoráveis a fotoperíodo de dias curtos.

Neste sentido, é possível verificar a formação dos seguintes grupos em função da localização dos genótipos nos quadrantes, sendo eles (Figura 4): QUADRANTE I - Grupo de genótipos sensíveis ao fotoperíodo neutro, com tendência a ciclos tardios e responsivos a mudanças de latitude que resulta em melhorias de condições mais favoráveis a fotoperíodo de dias curtos (BRS Mandarin, 101FG50, 28FG25, 18FG19 e Fava Larga); QUADRANTE II - Grupo de genótipos sensíveis ao fotoperíodo neutro, não responsivos a mudanças de latitude e com tendência a ciclos tardios (93FG18, 65FG102, FGCVIF, FGGT10, 91FG21 e 66FG103); O QUADRANTE III - Grupo de genótipos insensíveis ao fotoperíodo neutro, responsivos a mudanças de latitude e com tendências de ciclos precoces e superprecoce (100FG42, 92FG27, Iapar 43, 94FG30, 97FG36 e 96FG34) e QUADRANTE IV - referente aos genótipos insensíveis ao fotoperíodo neutro, não responsivos a mudanças de latitude e precoces (98FG38, Super N, 07FG08 e 99FG41).

Figura 4. Gráfico referente ao desempenho médio de 21 genótipos de guandu em comparação simultânea às médias gerais obtidas nos ambientes de Sobral/CE e Sumé/PB, para a variável resposta “índice de seleção” (resultado da soma de efeitos das variáveis respostas dias até o florescimento e produtividade de grãos kg ha^{-1}).



Fonte: Os autores, 2024.

Embora estudos recentes utilizem tanto avaliações fenotípicas em diferentes ambientes quanto marcadores moleculares para identificar genótipos de guandu com essa característica. Por exemplo, Costa *et al.*, (2022) destacam o uso de experimentos multi ambientais para a seleção de linhagens com comportamento reprodutivo estável, independentemente das variações fotoperiódicas.

Além disso, técnicas de genotipagem como SNPs (polimorfismos de nucleotídeo único) têm permitido a associação de regiões genômicas específicas à insensibilidade fotoperiódica (Silva *et al.*, 2024), apesar que a validação desses marcadores se torna essencial para seu efetivo uso.

É importante destacar a eficiência da metodologia empregada, tanto pela simplicidade de análise e elaboração gráfica quanto pela facilidade na identificação de grupos com diferentes respostas ao fotoperíodo neutro. A abordagem permite distinguir genótipos insensíveis ao fotoperíodo, bem como inferir sobre o ciclo de florescimento e detectar possíveis respostas sob condições ambientais mais favoráveis a dias curtos.

Um exemplo da eficácia da metodologia foi a classificação da cultivar Fava Larga, que, em função de seu comportamento, foi enquadrada como sensível ao fotoperíodo neutro, de ciclo tardio, e responsiva à redução do fotoperíodo. Dessa forma, é possível afirmar que a metodologia é eficiente para a identificação de genótipos de feijão-guandu insensíveis ao fotoperíodo neutro e pode ser aplicada em diferentes etapas de programas

de melhoramento da espécie, com baixo custo operacional um fator frequentemente limitante em iniciativas de melhoramento genético vegetal.

Com base nos grupos formados definidos a partir da localização dos genótipos nos quadrantes da análise gráfica foi possível identificar os genótipos 100FG42, 92FG27, Iapar 43, 94FG30, 97FG36 e 96FG34 como sendo insensíveis ao fotoperíodo neutro.

Destaca-se, entre esses, a cultivar comercial Iapar 43, para a qual já existem informações sobre o ciclo de desenvolvimento, mas até então não havia dados específicos quanto à sua resposta sob condições ambientais que favorecem o fotoperíodo neutro ou o fotoperíodo de dias curtos.

Os resultados obtidos neste estudo permitem inferir, com margem de segurança, que esses materiais disponíveis no mercado apresentam estabilidade frente às variações fotoperiódicas, podendo ser utilizados em programas de melhoramento genético com o objetivo de ampliar a variabilidade de genótipos de feijão guandu insensíveis ao fotoperíodo em regiões do semiárido brasileiro.

Por fim, embora os genótipos experimentais 98FG38, 07FG08 e 99FG41, bem como a cultivar comercial Super N (localizadas no quadrante IV), tenha apresentado insensibilidade ao fotoperíodo neutro, é preciso destacar que não respondem se forem submetidas às condições de fotoperíodo de dias curtos, neste sentido, o uso desses materiais já deve levar em consideração essa resposta quando for usar na região do semiárido.

4 CONCLUSÃO

A metodologia empregada para identificar genótipos insensíveis ao fotoperíodo, nas etapas iniciais do programa de melhoramento de guandu, mostrou-se eficiente na formação de grupos distintos quanto à resposta às variações ambientais de fotoperíodo, facilitando a identificação e a seleção.

Observa-se a existência de variabilidade fenotípica em guandu quanto à resposta ao fotoperíodo neutro em ambiente semiárido.



Foram identificados como insensíveis ao fotoperíodo neutro os genótipos experimentais de feijão-guandu 100FG42, 92FG27, 94FG30, 97FG36, 96FG34, 98FG38, 07FG08 e 99FG41, além das cultivares comerciais Iapar 43 e Super N.

REFERÊNCIAS

- CAIERÃO, E. *et al.* Análise da adaptabilidade e da estabilidade de genótipos de trigo como ferramenta auxiliar na recomendação de novas cultivares. **Ciência Rural**, v. 36, n. 4, p. 1112–1117, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000400011>.
- COSTA, R. B. da *et al.* Variabilidade genética e estimativas de herdabilidade para o caráter germinação em matrizes de *Hevea brasiliensis*. **Floresta e Ambiente**, v. 12, p. 74–76, 2005.
- CRAUFURD, P. Q.; QI, M. Photothermal adaptation of sorghum (*Sorghum bicolor*) in Nigeria. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 108, p. 199–211, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(01\)00241-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(01)00241-6).
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2014. v. 2. 688 p. ISBN 9788572695152.
- FAO. **Pulses: nutritious seeds for a sustainable future**. Roma: FAO, 2016. 196 p. ISBN 978-92-5-109172-0.
- GUEDES, F. L. *et al.* Variabilidade genética de feijão guandu adaptado para regiões de fotoperíodo neutro. Sobral, CE: **Embrapa Caprinos e Ovinos**, 2017. 7 p. (Comunicado Técnico, 166).
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Cambridge: Cambridge University Press, 2021. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>. Acesso em: 12 jan. 2025.
- KIM, J. H. *et al.* The effect of irradiance and temperature on the growth and flowering of *Sinningia cardinalis*. **Scientia Horticulturae**, v. 194, p. 147–153, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.07.040>.
- KOOPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la Tierra**. México: Fondo de Cultura Económica, 1936.
- OLIVEIRA, P. P. A. *et al.* **Estratégias de recuperação de pastagens degradadas para aumento do sequestro de carbono no solo, incluindo o consórcio com o feijão-guandu: resultados parciais**. 2024. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1164736>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- PETERSWALD, T. J. *et al.* Moving away from 12:12; the effect of different photoperiods on biomass yield and cannabinoids in medicinal cannabis. **Plants**, v. 12, p. 51061, 2023. <https://doi.org/10.3390/plants12051061>.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras, MG: Editora UFLA, 2012. 326 p. ISBN 978-85-8127-002-9.

RESENDE, M. D. V. de; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, p. 182–194, 2007. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/1867>. Acesso em: 1 jun. 2025.

SAXENA, K. B. Genetic improvement of pigeon pea — A review. **Tropical Plant Biology**, v. 1, p. 159–178, 2008. <https://doi.org/10.1007/s12042-008-9014-1>.

SHIFERAW, W. *et al.* Evaluation of pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) genotypes for grain yield and yield components at Jinka South Omo Zone, Ethiopia. **International Journal of Research in Agricultural Sciences**, v. 1, p. 5, 2014.

SILVA, G. R. da *et al.* Genetic diversity and association analysis of ISSR markers with forage production traits in pigeonpea. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 71, 2024. <https://doi.org/10.1007/s10722-024-02304-9>.

SOUZA, F. H. D. de *et al.* Produção de sementes de guandu. São Carlos, SP: **Embrapa Pecuária Sudeste**, 2007. 68 p. (Documentos, 69). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPPSE/17295/1/Documentos69.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2025.

SUNRISE-AND-SUNSET. **Sunrise and sunset times**. 2024. Disponível em: <https://www.sunrise-and-sunset.com/pt>. Acesso em: 8 set. 2024.