https://doi.org/10.47456/bjpe.v12i4.52539

ARTIGO ORIGINAL | OPEN ACCESS

Brazilian Journal of Production Engineering
BJPE - Revista Brasileira de Engenharia de Produção
Disponível em: https://periodicos.ufes.br/bjpe
ISSN: 2447-5580
Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

INFLUÊNCIA DE PLANTAS DE COBERTURA NA PRODUTIVIDADE DO MILHO (*ZEA MAYS* L.) NO BREJO PARAIBANO, BRASIL

*Influence of cover crops on the productivity of maize (*Zea mays *L.) in the Brejo region of Paraíba, Brazil*

*Influencia de los cultivos de cobertura en la productividad del maíz (*Zea mays *L.) en la región del Brejo Paraibano, Brasil*

Ellen Vitória Barbosa do Carmo [1*], Emily Mirlene da Costa Alves [2], Tamiris Luana da Silva [3], Rosany Duarte Sales [4], Elany Pereira Marques da Silva [5], Khyson Gomes Abreu [6], Wanderlecio Rodrigues da Silva[7], Jonathan Bernardo Barboza [8], & Fábio Mielezrski [9]

[1 2 5 6 7 8 9] Universidade Federal da Paraíba, [3] Universidade Federal Rural de Pernambuco. [4] Universidade Federal de Campina Grande
[1*] barbosaellen55@gmail.com [2] emilymirlene72@gmail.com [3] tamiriss_luanaa@hotmail.com [4] rdrosany@gmail.com
[5] elany.pereira87@hotmail.com [6] khysonagro@gmail.com [7] rwanderlecio@gmail.com [8] domufcg@gmail.com [9] mfabio@cca.ufpb.br

ARTIGO INFO.

Recebido: 01.05.2026
Aprovado: 02.09.2026
Disponibilizado: 30.10.2026

PALAVRAS-CHAVE: Rotação de culturas; adubação verde; plantio direto.

KEYWORDS: *Crop rotation; green manure; no-tillage.*

PALABRAS CLAVE: *Rotación de cultivos; abono verde; siembra directa.*

***Autor Correspondente**: **Carmo, E. V. B. do.**

RESUMO

A produtividade do milho pode ser limitada por condições inadequadas de solo e pela baixa disponibilidade hídrica, tornando necessária a adoção de práticas de manejo que favoreçam a conservação da umidade e o aproveitamento dos nutrientes. Nesse contexto, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes plantas de cobertura sobre os componentes de rendimento e a produtividade de três genótipos de milho (*Zea mays* L.) no Brejo Paraibano. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Olho D'Água, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCA/UFPB), em Areia, Paraíba, utilizando-se o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 3 × 6, com quatro repetições. Foram avaliados os genótipos AG-1051, Robusta e Pontinha sobre as palhadas de *Brachiaria ruziziensis*, *Crotalaria spectabilis*, *Crotalaria juncea*, feijão-guandu (*Cajanus cajan*) e milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.), além de uma testemunha sem cobertura do solo. A ausência de cobertura reduziu o peso das espigas, enquanto as palhadas de *C. juncea* e feijão-guandu favoreceram esse componente. A maior produtividade foi obtida com o genótipo AG-1051 cultivado sobre a palhada de *C. juncea*. Nas condições avaliadas, a resposta produtiva do milho dependeu da combinação entre o genótipo e a espécie utilizada como cobertura, com melhor desempenho associado às leguminosas.

ABSTRACT

Maize productivity can be limited by unfavorable soil conditions and low water availability, making it necessary to adopt management practices that promote soil moisture conservation and nutrient use. In this context, this study aimed to evaluate the effects of different cover crops on the yield components and grain yield of three maize (Zea mays L.) genotypes in the Brejo region of Paraíba, Brazil. The experiment was conducted at the Olho D'Água Experimental Farm, which belongs to the Center for Agricultural Sciences of the Federal University of Paraíba (CCA/UFPB), in Areia, Paraíba, Brazil. A randomized complete block design was used in a 3 × 6 factorial arrangements, with four replications. The AG-1051, Robusta, and Pontinha genotypes were evaluated on residues of Brachiaria ruziziensis, Crotalaria spectabilis, Crotalaria juncea, pigeon pea (Cajanus cajan), and pearl millet (Pennisetum glaucum (L.) R. Br.), in addition to a control treatment without soil cover. The absence of soil covers reduced ear weight, whereas C. juncea and pigeon pea residues favored this yield component. The highest grain yield was obtained with the AG-1051 genotype grown on C. juncea residues. Under the conditions evaluated, maize yield depended on the combination of genotype and cover crop species, with better performance associated with legumes.

RESUMEN

La productividad del maíz puede estar limitada por condiciones inadecuadas del suelo y por la baja disponibilidad hídrica, lo que hace necesaria la adopción de prácticas de manejo que favorezcan la conservación de la humedad y el aprovechamiento de los nutrientes. En este contexto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes cultivos de cobertura sobre los componentes del rendimiento y la productividad de tres genotipos de maíz (Zea mays L.) en la región del Brejo Paraibano, Brasil. El experimento se realizó en la Hacienda Experimental Olho D'Água, perteneciente al Centro de Ciencias Agrarias de la Universidad Federal de Paraíba (CCA/UFPB), en Areia, Paraíba, Brasil. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, en un arreglo factorial 3 × 6, con cuatro repeticiones. Se evaluaron los genotipos AG-1051, Robusta y Pontinha sobre los residuos de Brachiaria ruziziensis, Crotalaria spectabilis, Crotalaria juncea, frijol guandú (Cajanus cajan) y mijo perla (Pennisetum glaucum (L.) R. Br.), además de un tratamiento testigo sin cobertura del suelo. La ausencia de cobertura redujo el peso de las mazorcas, mientras que los residuos de C. juncea y frijol guandú favorecieron este componente del rendimiento. La mayor productividad se obtuvo con el genotipo AG-1051 cultivado sobre residuos de C. juncea. En las condiciones evaluadas, la productividad del maíz dependió de la combinación entre el genotipo y la especie utilizada como cultivo de cobertura, con un mejor desempeño asociado a las leguminosas.

CC BY 4.0 DEED Attribution 4.0 International

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie pertencente à família Poaceae, de ciclo anual, com registros de cultivo que remontam a aproximadamente 7.300 anos, originários de regiões próximas ao litoral do México (Mazoyer & Roudart, 2010). Atualmente, destaca-se como uma das principais culturas do agronegócio mundial e brasileiro, devido à sua ampla versatilidade, sendo utilizada na alimentação humana e animal, além de desempenhar papel relevante na produção de grãos (Kist et al., 2018). No Brasil, o milho ocupa posição de destaque como o principal cereal produzido, e o país figura como o segundo maior exportador mundial, atrás apenas dos Estados Unidos (Lima et al., 2020).

No semiárido brasileiro, o milho constitui importante base para a alimentação animal, especialmente na forma de silagem, além de contribuir para a alimentação humana (Martins et al., 2018). Entretanto, as condições edafoclimáticas da região, caracterizadas por elevadas temperaturas, baixa disponibilidade hídrica e irregularidade na distribuição das chuvas, limitam o desenvolvimento das culturas e reduzem significativamente a produtividade (Lemos & Santiago, 2020; Rocha et al., 2020). Além disso, os sistemas produtivos frequentemente apresentam baixo nível tecnológico e solos com reduzido potencial produtivo (Melo & Oliveira, 2020).

No estado da Paraíba, a produtividade média do milho é inferior a 1.000 kg/ha^{-1}, valor significativamente abaixo da média nacional, estimada em aproximadamente 5.000 kg/ha^{-1} (Coelho, 2021). Diante desse cenário, torna-se necessária a adoção de práticas de manejo que promovam maior eficiência no uso da água e melhoria das condições do solo, visando ao aumento da produtividade.

Nesse contexto, o uso de plantas de cobertura tem se destacado como uma estratégia promissora, atuando na proteção do solo, na redução da evaporação, no aumento da matéria orgânica e na melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Costa et al., 2007). Além disso, a palhada contribui para a supressão de plantas daninhas, a redução da incidência de pragas e doenças, a proteção contra erosão e o incremento da ciclagem de nutrientes (Blanco-Canqui et al., 2013; Ziech et al., 2015). Algumas espécies também apresentam potencial para descompactação do solo, em função de seus sistemas radiculares vigorosos (Skalinski, 2018).

Entretanto, a eficiência dessa prática depende da escolha adequada das espécies de cobertura, considerando fatores como condições climáticas, fertilidade do solo e disponibilidade hídrica, de modo a maximizar os benefícios no sistema produtivo (Costa et al., 2014; Wojciechowski et al., 2023; Mauryo Fassinou et al., 2026). Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes plantas de cobertura nos componentes de produtividade de três genótipos de milho (*Zea mays* L.) sob as condições edafoclimáticas do semiárido paraibano.

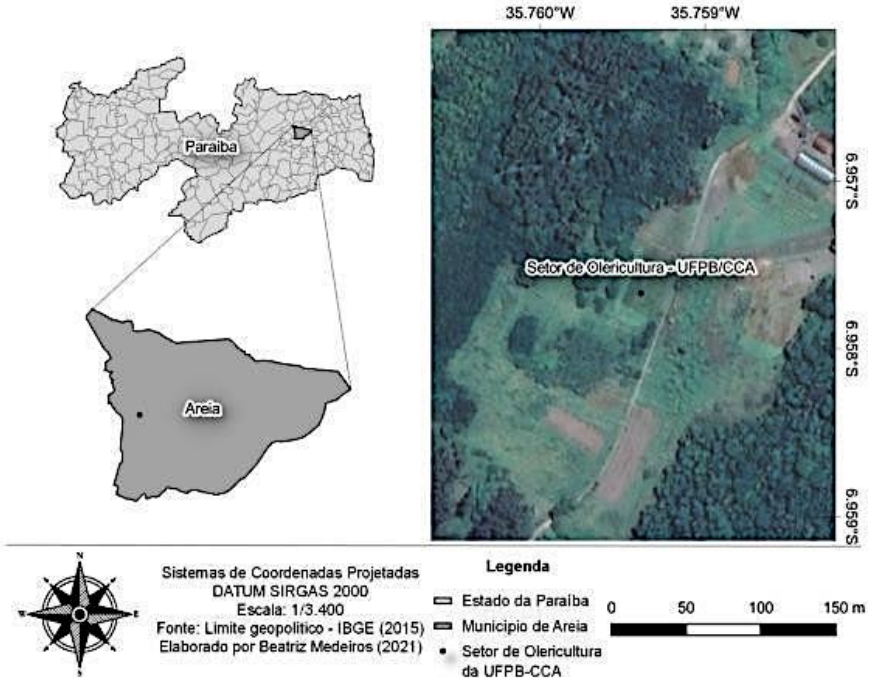
METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada no Módulo de Olericultura do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), situado na Fazenda Experimental Olho D'Água - Chã de Jardim, sob as coordenadas de 06°95'00''S e 35°75'00''W e altitude de 582 m, no município de Areia, microrregião do Brejo Paraibano (Figura 1). Levando em consideração o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2018), o solo do local do experimento é classificado como

CC BY 4.0 DEED Attribution 4.0 International

neossolo regolítico psamítico típico (Santos et al., 2018). Sendo que a região apresenta temperatura média anual de 22°C e precipitação anual de 1.400mm, sendo então caracterizada como zona tropical com verão seco. De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima predominante na região é "As" (Alvares et al., 2013), que classifica um clima tropical quente e úmido, com estação seca no inverno.

Figura 1. Localização da área experimental



Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), com quatro repetições, no esquema fatorial 3 × 6. Os fatores compreenderam três genótipos de milho, a variedade Robusta, a variedade crioula (Pontinha) e o híbrido adaptado à região AG 1051), e seis coberturas vegetais, cinco espécies de plantas de cobertura: *Brachiaria ruziziensis*, *Crotalaria spectabilis*, *Crotalaria juncea*, feijão gandu (*Cajanus cajan*) e milheto (*Pennisetum glaucum* [L.] R. Br.), além da testemunha (solo exposto), em um total de 18 tratamentos. A área de cada parcela foi de 13,5 m² (4,0 m × 3,5 m), totalizando uma área experimental de 972 m², com espaçamento de 0,5 m entre as parcelas.

Implantação do experimento

No terceiro ano de cultivo (2021), não foi realizado nenhum preparo inicial do solo (aração e gradagem). A adubação foi realizada de acordo com os dados fornecidos pela análise de solo do primeiro ano de experimento (2019) (Tabela 1) e pela recomendação de adubação para a cultura do milho constante no manual de recomendação de adubação para o estado de Pernambuco (Cavalcanti, 2008). Para a análise de solo do referido ano, foram coletadas 20 subamostras de solo em zigue-zague na área, nas camadas de 0-20 cm de profundidade, para compor uma amostra composta e realizar a análise de fertilidade do solo. As plantas de cobertura foram semeadas na palhada dos restos culturais do ano anterior.

Tabela 1. Análise química do solo antes da semeadura das plantas de cobertura - 2019

pH	P	K	Na	H + Al	Al	Ca	Mg	SB	CTC	V%	M.O.S
H_2O	mg/dm³		.....			cmolc/dm³	.....				g/kg
5,9	11,01	141,45	0,04	2,31	0,00	2,28	1,27	3,95	6,26	63,10	26,7

Obs.: P, K, Na: Extrator Mehlich 1; SB: Soma de Bases Trocáveis H + Al: Extrator Acetato de Cálcio 0,5 M, pH 7,0; CTC: Capacidade de Troca Catiônica: Al, Ca, Mg: Extrator KCl 1 M; M.O.: Matéria Orgânica – Walkley-Black.

CC BY 4.0 DEED Attribution 4.0 International

As plantas de cobertura foram semeadas no dia 14 de março de 2021, adubadas com 60 kg/ha^{-1} de N, sendo metade em fundação e metade em cobertura (30 dias após o plantio - DAP), e 60 kg/ha^{-1} de P_2O_5, todos fornecidos na fundação. Os níveis de pH, H^+, Al e K estavam suficientes. Após a adubação de fundação, as plantas de cobertura foram semeadas em linhas com espaçamento de 50 cm entre linhas e com 20cm de distância entre plantas.

Quando as plantas de cobertura atingiram o primeiro estádio reprodutivo, elas foram cortadas com facão (15.05.2021). Após o corte, efetuou-se a abertura das linhas de semeadura do milho; cada parcela com 9 fileiras de 3m de comprimento, distância de 0,5m entre elas. Antes da semeadura, realizou-se adubação de acordo com análise de solo feita após o corte, no primeiro ano de cultivo (Tabela 2). Nessa etapa, faz-se 6 análises, uma para cada tipo de planta de cobertura, mais a testemunha e duas amostras de cada parcela coletadas em toda área.

Tabela 2. Análise química do solo após o corte das plantas de cobertura e antes do plantio do milho - 2019

Tratamento	pH	P	K	Na	H + Al	Ca	Mg	SB	CTC	V%	M.O.S
	H_2O	mg/dm³		.....		cmolc/dm³		.....			g/kg
Testemunha	5,80	91,18	62,48	0,02	2,69	2,34	0,93	3,45	6,14	56,19	14,97
B. ruziz.	6,00	78,64	63,49	0,03	2,34	2,24	1,27	3,71	6,05	61,32	18,82
C. juncea	6,10	69,63	66,25	0,03	2,38	1,71	1,65	3,56	5,93	60,03	17,36
C. spec.	6,00	64,48	63,03	0,03	2,76	2,11	1,71	4,01	6,77	59,23	16,95
F. Guandú	6,10	55,15	72,18	0,03	2,52	2,09	1,74	4,04	6,57	61,49	16,01
Milheto	6,00	54,83	46,33	0,02	2,23	2,08	1,55	3,77	6,00	62,83	16,11

Obs.: P, K, Na: Extrator Mehlich 1; SB: Soma de Bases Trocáveis H + Al: Extrator Acetato de Cálcio 0,5 M, pH 7,0; CTC: Capacidade de Troca Catiônica: Al, Ca, Mg: Extrator KCl 1 M; M.O.: Matéria Orgânica – Walkley-Black.

Aplicou-se a lanço nos sulcos de semeadura as seguintes quantidades de fertilizantes: 60kg/ha^{-1} de N, 60kg/ha^{-1} de P_2O_5 e 20kg/ha^{-1} de K_2O. No dia 21 de maio de 2021, foi realizada a semeadura dos genótipos de milho (híbrido AG1051, a variedade Robusta e o milho crioulo Pontinha). Aos 15 DAP, realizou-se o desbaste, deixando 5 plantas por metro linear, obtendo uma população de 100 mil plantas por hectare, como recomendado por Santos Neto (2019). Realizou-se a adubação de cobertura aos 30 DAP, com 30 kg/ha^{-1} de N e 20 kg/ha^{-1} de K_2O.

PARÂMETROS AVALIADOS

A colheita foi realizada entre 8 e 10 dias após o estádio de desenvolvimento R6, correspondente à maturidade fisiológica do milho, caracterizada pela formação da camada preta na base dos grãos e pelo encerramento do acúmulo de matéria seca. De forma manual, foram colhidas todas as espigas da área útil de cada parcela, desconsiderando a bordadura. Para avaliar os componentes de rendimento, foram escolhidas aleatoriamente cinco espigas de cada tratamento e avaliados os seguintes componentes:

- Comprimento de espiga (CE): obtido o comprimento médio da espiga, medindo-se cinco espigas por unidade amostral, mensurando a distância entre o primeiro e o último grão da linha mais longa da espiga despalhada. Medição realizada com auxílio de régua, e os dados, obtidos em centímetros;
- Diâmetro da espiga (DE): com o uso de paquímetro manual, mensurado o diâmetro médio do colmo, com base na amostragem da posição média da espiga. Dados obtidos em milímetros e, em seguida, convertidos para centímetros;
- Número de grãos por fileira (NGF), número de fileiras por espiga (NFE) e número de grãos por espiga (NGE): obtidos por meio de contagem visual;
- Peso da espiga: o peso da espiga foi obtido com o auxílio de uma balança analítica;
- Peso de mil grãos (PMG): para determinar o PMG, as espigas foram debulhadas em debulhadora mecânica e, posteriormente, selecionadas, eliminando-se, para a pesagem, os grãos danificados e falhos, de modo a manter somente os inteiros. Em seguida, foram contados 100 grãos dos selecionados e utilizados para a pesagem. Para a pesagem, utilizou-se uma balança de precisão e um recipiente do tipo jarra. Peso estimado com a fórmula: PMG = PESO AMOSTRA × 1.000 / Nº TOTAL DE SEMENTES;

CC BY 4.0 DEED Attribution 4.0 International

- Produtividade: para determinar a produtividade, todas as espigas da área útil de cada parcela foram debulhadas em debulhadora mecânica e, logo após, pesadas, transformando g m^{-2} em kg ha^{-1}.

Por fim, os dados submetidos à Análise de Variância (ANOVA), teste F e posterior teste de médias pelos critérios de Tukey (5%) de probabilidade, com o Statistica (7.0) (StatSoft, 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise química do solo, realizada após corte das plantas de cobertura e antes do plantio do milho (Tabela 2), resultou em teores de K afetados pelas plantas de cobertura. O solo cultivado com feijão guandu exibiu maior teor de K, enquanto solo com milheto expôs menor teor do nutriente. O solo cultivado sem planta de cobertura teve teor de P superior ao solo cultivado com espécies plantas de cobertura, podendo ser explicado pela liberação de N e P, pela vegetação espontânea, mais rápida que a das plantas de cobertura (Teixeira et al., 2012).

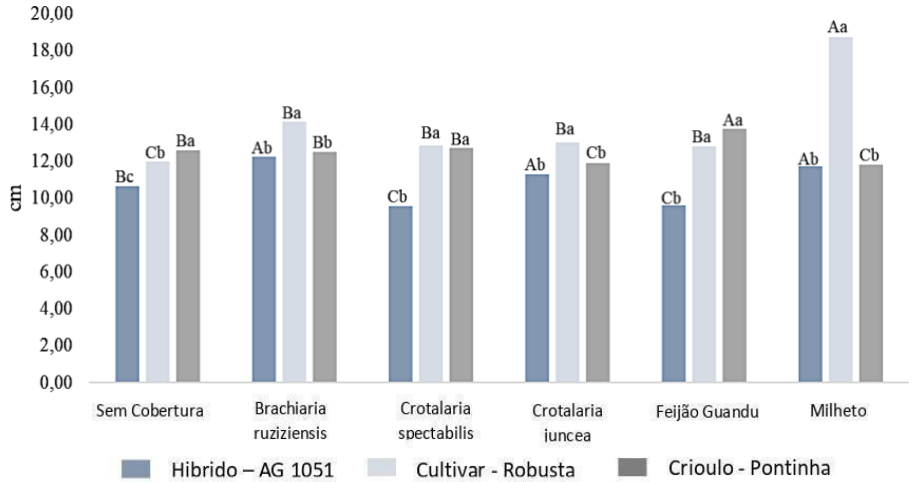
No terceiro ano de repetição do experimento, nenhuma das variáveis apresentou significância para o fator bloco. As variáveis CE, NGF e NGE apresentaram significância apenas para o fator isolado milho. A variável peso de espiga, por sua vez, apresentou significância para os fatores isolados milho e cobertura. O peso de mil grãos apresentou significância para a interação milho × cobertura. Por fim, a variável produtividade apresentou diferença para os fatores isolados (genótipo e cobertura) e para a interação (genótipo × cobertura). Já as variáveis DE e NFE não apresentaram significância para nenhum fator (Tabela 3 e Figura 2).

Tabela 3. Resumo da análise de variância dos componentes de rendimento e produtividade do milho no terceiro ano de experimento

FV	GL	Quadrados Médios			
		Comp. Espiga	Diam. Espiga	Nº Grãos/Fileira	Nº Fileiras/Espiga
Bloco	3	31,60^{NS}	2,26^{NS}	31,43^{NS}	12,45^{NS}
Milho (M)	2	57,49*	2,52^{NS}	202,52**	2,60^{NS}
Cobertura (C)	5	10,36^{NS}	0,96^{NS}	19,55^{NS}	3,41^{NS}
M x C	10	10,39^{NS}	0,98^{NS}	18,65^{NS}	6,26^{NS}
Erro	51	1237	1,00	27,96	5,59
CV		28,29	22,59	21,77	17,74
		Nº Grãos/Espiga	Peso da Espiga	Peso de 1000 grãos	Produtividade
Bloco	3	17298,49^{NS}	224,22^{NS}	6988,04^{NS}	144032,39^{NS}
Milho (M)	2	45070,46**	8055,94**	9087,06^{NS}	6822712,48**
Cobertura (C)	5	2446,94^{NS}	2838,13**	2557,42^{NS}	3050551,63**
M x C	10	6138,32^{NS}	363,93^{NS}	10358,38**	1754674,23**
Erro	51	6983,04	218,73	3596,48	615096,36
CV		25,82	16,27	16,00	34,00

Obs.: NS: não significativo; * significativo a 5%; ** significativo a 1%.

Figura 2. Dimensão de espigas de genótipos de milho cultivado sob palhada de diversas plantas de cobertura

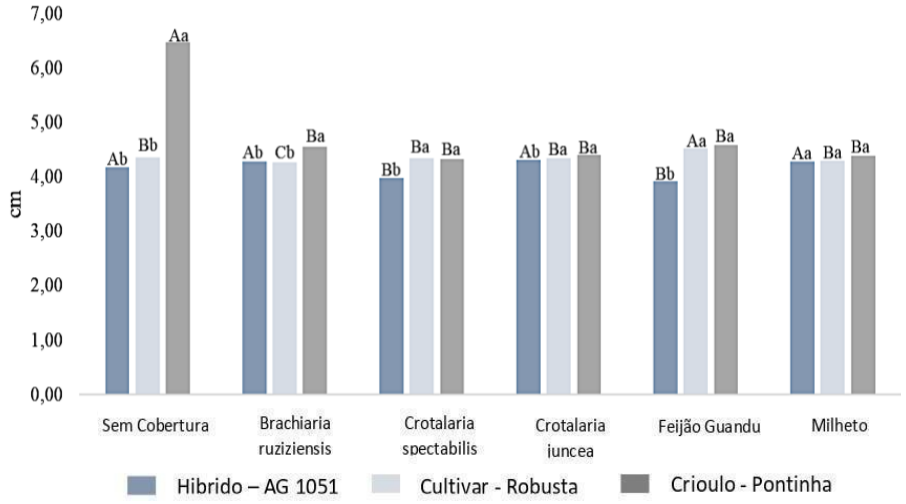


Obs.: Letras minúsculas das variedades no mesmo tratamento diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Maiúsculas da mesma variedade em tratamentos diferentes diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

CC BY 4.0 DEED

O comprimento das espigas dos genótipos de milho apresentou diferença estatística apenas quando cultivados com cobertura de milheto, sendo que a cultivar Robusta apresentou maior CE em relação aos demais genótipos, alcançando 18,75 cm. Sabe-se que as gramíneas, por seu elevado potencial de produção de matéria seca, podem favorecer o desenvolvimento das plantas sucessoras; além disso, em alguns casos, o milheto pode depositar mais N no solo do que as leguminosas (Primavesi et al., 2002). A presença de cobertura morta no solo não afetou o comprimento das espigas do AG 1051 e do Pontinha (Figura 3), notando-se que esses genótipos nem sempre exibiram maior comprimento quando cultivados com plantas de cobertura.

Figura 3. Diâmetro de espigas de genótipos de milho cultivados sob a palhada de distintas plantas de cobertura



Obs.: Letras minúsculas das variedades no mesmo tratamento diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Maiúsculas da mesma variedade em tratamentos diferentes diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

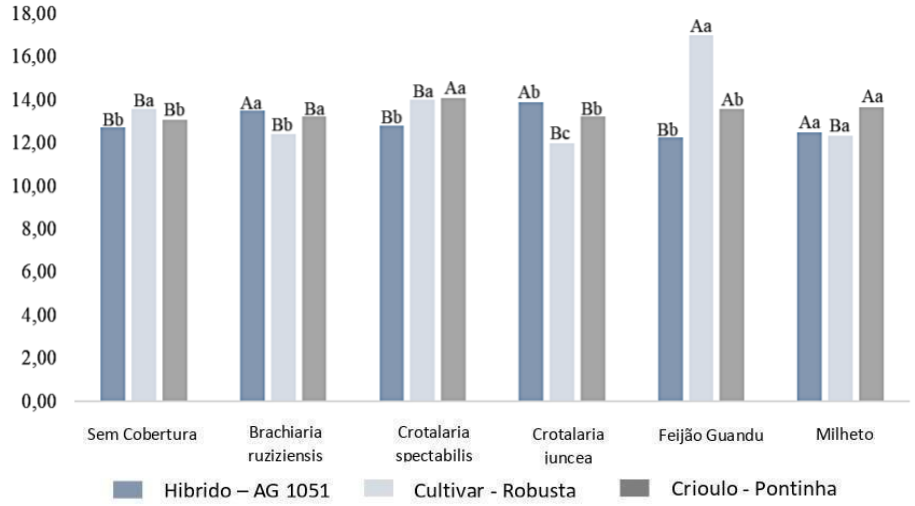
O menor comprimento das espigas do genótipo Robusta foi resultado da falta de palhada no solo. Quando comparado aos outros genótipos, o Pontinha obteve maior CE quando cultivado sob a palhada do feijão guandu e sem nenhuma cobertura. O AG 1051 apresentou o menor CE (9,54cm) quando cultivado sobre palhada de *C. spectabilis*, e seu maior CE foi encontrado quando cultivado na palhada da *B. ruziziensis*, chegando a atingir 12,25cm.

O CE variou entre 9,54cm e 18,75cm. Os maiores comprimentos de espigas normalmente são observados em menores populações de plantas (Castanho et al., 2020), tendo em vista que essa condição oferece baixa competição por luz, água e nutrientes, podendo, assim, a grande população ter tido efeito negativo no presente trabalho. Ainda, o componente CE pode afetar a produtividade do milho, pois, quanto maior ele for, maior também será o número potencial de grãos a serem formados na espiga (Goes et al., 2012). Então, para que se obtenha uma boa produtividade, é importante atentar-se para a quantidade de plantas, uma vez que esse fator tem muita relevância no CE.

Já a cobertura morta no solo não resultou em diferença significativa no DE dos genótipos de milho utilizados (Figura 4). O genótipo Pontinha, quando cultivado sem cobertura, apresentou maior DE. A escolha das espigas avaliadas pode ter grande influência nesse resultado.

CC BY 4.0 DEED Attribution 4.0 International

Figura 4. N° de fileiras por espiga de genótipos de milho cultivados sob palhada de distintas plantas de cobertura



Obs.: Letras minúsculas das variedades no mesmo tratamento diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Maiúsculas da mesma variedade em tratamentos diferentes diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O genótipo AG 1051, em geral, obteve o menor diâmetro entre os genótipos quando cultivado sob e sem cobertura, exceto para a *B. ruziziensis*, em que o menor diâmetro foi visto na cultivar Robusta, que, por sua vez, também não apresentou efeito significativo para o fator diâmetro. O maior DE foi obtido quando o genótipo Crioulo foi cultivado sem cobertura, atingindo 6,48 cm, podendo ser explicado pelo maior teor de fósforo da testemunha (Tabela 3).

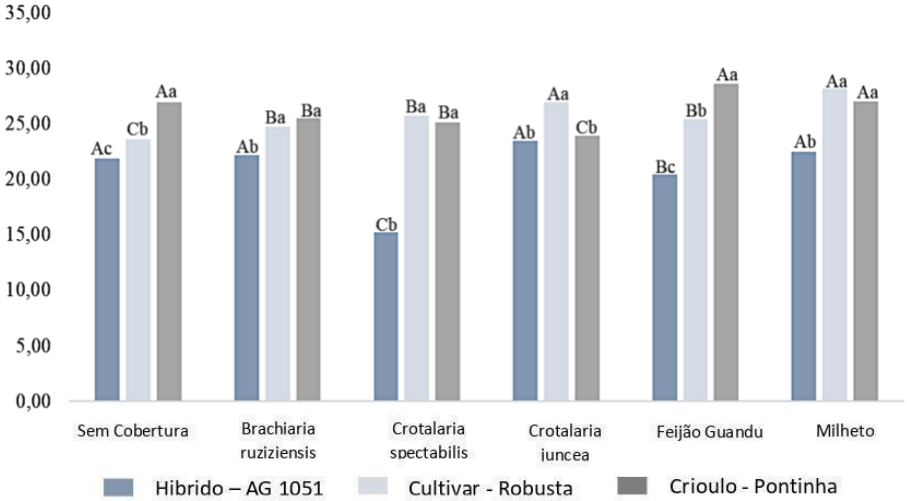
De acordo com Fancelli e Dourado Neto (2000), o DE tem grande relação com o genótipo, assim como com o número de fileiras de grãos por espiga, que é influenciado pelo genótipo, e com o enchimento de grãos, que é muito dependente da disponibilidade de água (Ohland et al., 2005). Então, se o milho é cultivado em um local onde o estresse hídrico afeta negativamente o enchimento de grãos, as plantas de cobertura poderão ser utilizadas para minimizar os efeitos da falta de água, contribuindo para o aumento no DE.

Para o NFE, notou-se que os dados divergiram estatisticamente apenas quando a cultivar Robusta foi cultivada com a cobertura do feijão guandu. No mais, foi observado que as outras plantas de cobertura não afetaram significativamente o NFE dos outros genótipos de milho. Constatou-se também que, nas plantas de cobertura e na testemunha, o milho crioulo não apresentou um NFE que diferisse muito, quando comparado aos outros genótipos, que chegaram a ter maiores diferenças.

Fancelli e Dourado Neto (2000) ressaltaram que a determinação do NFE é dada no estádio fenológico I, ou seja, na fase em que se inicia a formação da espiga e quando a falta de água e nutrientes pode afetar extremamente esse componente. Somado a esses fatores do ambiente, na maioria das vezes, os genótipos AG 1051 ou o Robusta apresentaram maior NFE, e isso pode ser explicado pelo fato de serem cultivares selecionadas com maior critério, que buscam sempre a seleção de indivíduos com alta produtividade com base na sua genética. Para o milho crioulo, as sementes são escolhidas avaliando apenas o fenótipo das espigas: após a colheita, os agricultores selecionam visualmente as melhores espigas e armazenam as sementes para a safra seguinte. Devido a isso, normalmente a presença ou ausência de palhada no solo não afeta o NFE (Figura 5).

CC BY 4.0 DEED Attribution 4.0 International

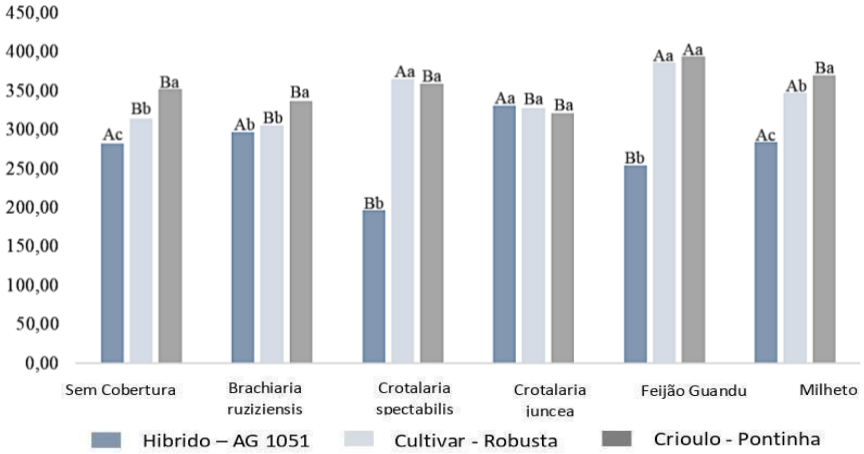
Figura 5. N° de grãos por fileira de genótipos de milho cultivados sob palhada de distintas plantas de cobertura



Obs.: Letras minúsculas das variedades no mesmo tratamento diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Maiúsculas da mesma variedade em tratamentos diferentes diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Ocorreu uma pequena diferença no NGF das espigas dos genótipos de milho apenas quando o milho crioulo foi cultivado na palhada do feijão guandu. Nessa ocasião, o crioulo Pontinha apresentou maior NGF em relação aos demais genótipos de milho cultivados na palhada do feijão guandu, sobressaindo-se também em comparação às demais coberturas e à testemunha. O NGF do AG 1051 não foi afetado pela presença de palhada no solo, tendo sempre o menor NGF na maioria dos tratamentos. Já a cultivar Robusta apresentou NGF maior quando cultivada sob a palhada do milheto (Figura 6).

Figura 6. N°de grãos por espiga de genótipos de milho cultivados sob a palhada de diferentes plantas de cobertura

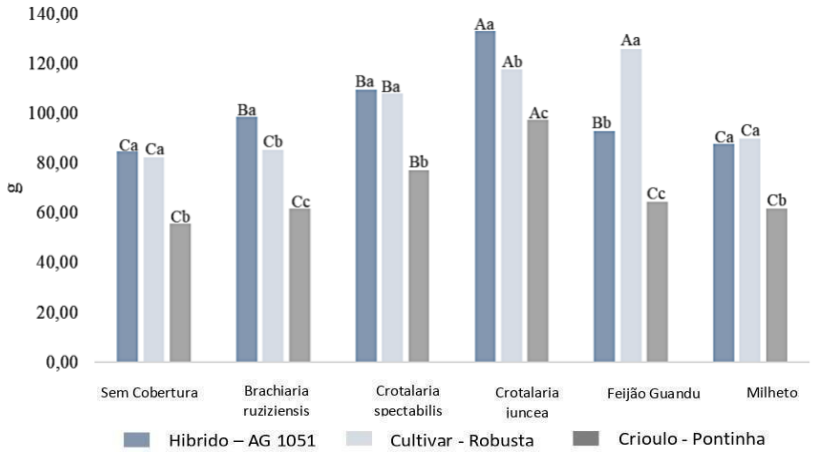


Obs.: Letras minúsculas das variedades no mesmo tratamento diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Maiúsculas da mesma variedade em tratamentos diferentes diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A variável NGE teve uma correlação significativa com o NGF, com destaque para o maior NGE para o crioulo Pontinha quando cultivado sob palhada do feijão guandu (394 grãos por espiga) e para o cultivar Robusta sob a mesma palhada (386 grãos por espiga), apresentando destaque para a leguminosa. O híbrido AG 1051 não teve seu NGF afetado pelas plantas de cobertura, exibindo o menor NGE (196 grãos por espiga) do experimento, quando cultivado sob palhada da *C. spectabilis,* e o maior (331 grãos por espiga) quando sob palhada da *C. juncea*. Nota-se que a presença de cobertura morta no solo, independente da espécie vegetal, favoreceu o aumento do NGE do milho crioulo, igualmente a falta de cobertura (Figura 7).

CC BY 4.0 DEED Attribution 4.0 International

Figura 7. Peso da espiga de genótipos de milho cultivados sob a palhada de diferentes plantas de cobertura

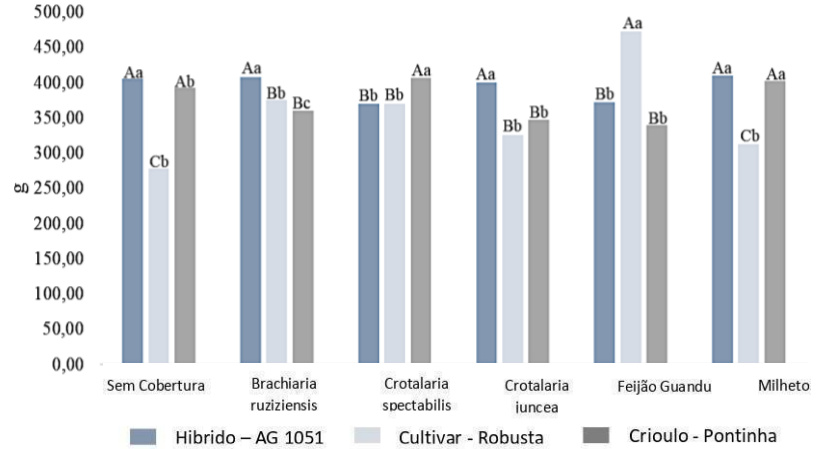


Obs.: Letras minúsculas das variedades no mesmo tratamento diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Maiúsculas da mesma variedade em tratamentos diferentes diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O estresse hídrico é o fator que afeta facilmente os componentes de rendimento: NGF e NGE. A escassez de água no período da polinização causa o ressecamento dos estilos-estimas e reduz a viabilidade do pólen, prejudicando a fertilização da espiga e, consequentemente, reduzindo o NGF e o NGE (Bergamaschi & Matzenauer, 2014). Com isso, a cobertura morta no solo reduz a perda de água por evaporação, mantendo o solo úmido por mais tempo. Dessa forma, o milho cultivado com cobertura morta no solo apresenta menor probabilidade de sofrer com a falta de umidade do solo do que aquele cultivado no solo sem a palhada, o que favorece a expressão do potencial produtivo para os componentes NGF e NGE.

Para o peso das espigas, a cobertura morta de *B. ruziziensis* e *C. spectabilis* não afetou diferencialmente o peso das espigas de nenhum genótipo (Figura 8). A cobertura morta de *C. juncea* e feijão guandu apresentou aumento no peso da espiga para o híbrido AG 1051 e a cultivar Robusta, respectivamente. Quando cultivados na palhada do milheto e sem a cobertura morta, os genótipos AG 1051 e Robusta tiveram espigas de maior peso em comparação às do milho crioulo Pontinha. Para todas as coberturas e sem cobertura morta, o crioulo Pontinha teve menor peso de espiga. As espigas de maior peso da variedade Robusta foram obtidas quando cultivada na palhada de feijão guandu (126,00g) e *C. juncea* (117,75g); para AG 1051, quando cultivada na *C. juncea* (133,32g), como para o crioulo Pontinha (97,5g).

Figura 8. Peso de 1000 grãos de genótipos de milho cultivados na palhada de diferentes plantas de cobertura



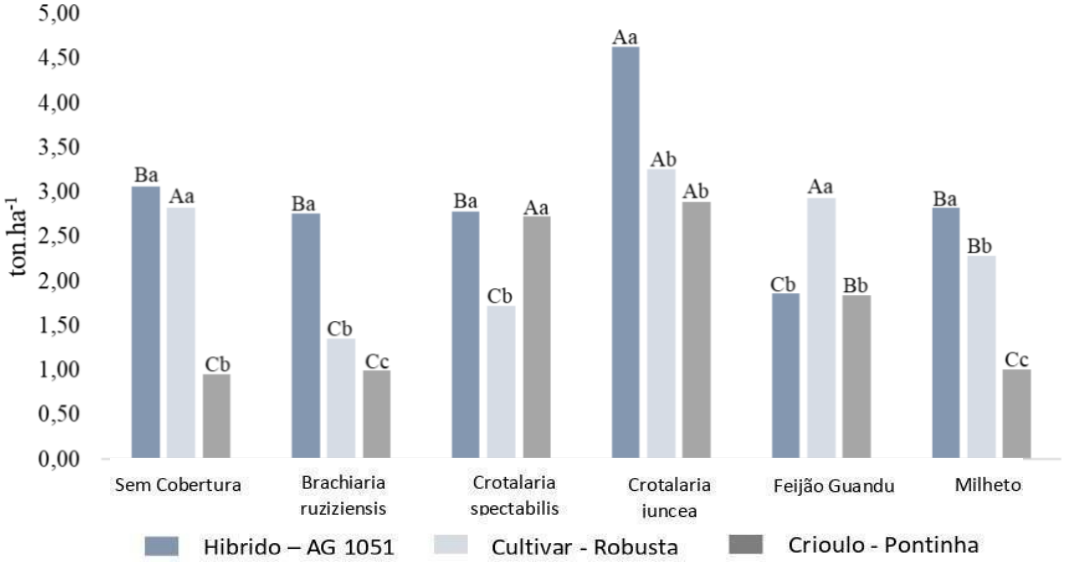
Obs.: Letras minúsculas das variedades no mesmo tratamento diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas da mesma variedade em tratamentos diferentes diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

CC BY 4.0 DEED Attribution 4.0 International

De acordo com o estudo realizado por Mohammadi et al. (2003) e Silva et al. (2003), o peso dos grãos e o NGE, respectivamente, são componentes importantes na predição do peso da espiga. Também para Entringer et al. (2014), o volume da espiga e o volume dos grãos têm relação com o peso da espiga. Ou seja, o peso da espiga é influenciado diretamente por tais componentes.

O uso de cobertura afetou o peso de mil grãos quando a cultivar de milho Robusta foi cultivada sob a cobertura morta do feijão guandu (472,50g) (Figura 9). A variedade Robusta teve o peso de mil grãos inferior ao dos outros genótipos quando cultivados sem cobertura e na cobertura morta do milheto. O híbrido AG 1051 teve o maior peso de mil grãos quando cultivado sem cobertura e na cobertura morta de *B. ruziziensis*, *C. juncea* e milheto. O crioulo Pontinha exibiu maior peso quando cultivado sobre a palhada da *C. spectabilis*. Apesar de exporem maior peso de mil grãos em algumas ocasiões, os genótipos AG 1051 (híbrido) e Pontinha (crioulo) não exibiram peso de mil grãos significativamente afetado pelas plantas de cobertura.

Figura 9. Produtividade de genótipos de milho cultivados sob a palhada de diferentes plantas de cobertura



Obs.: Letras minúsculas diferentes das variedades no mesmo tratamento diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas diferentes da mesma variedade em tratamentos diferentes diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O solo sem a cobertura morta tende a ter maior quantidade de plantas daninhas, maior amplitude térmica e maior facilidade em perder umidade (Hubert & Minuzzi, 2020). Em vista disso, nota-se que todos os genótipos de milho avaliados tiveram produtividade relativamente baixa quando cultivados sem cobertura do solo. De acordo com Bragagnolo e Mielniczuk (1990), a cobertura do solo reduz as perdas de água por evaporação e mantém a temperatura do solo em níveis mais baixos, o que acaba por promover um ambiente mais favorável ao desenvolvimento do milho na fase inicial.

Quando cultivado sobre a cobertura morta da *C. juncea*, o genótipo AG 1051 teve sua produtividade afetada, chegando a uma produtividade de 4.628,88 kg/ha. Por exemplo, nas safras 2020/21 e 2021/22, a produtividade média de milho no estado da Paraíba chegou a 515 kg/ha^{-1} e 527 kg/ha^{-1}, respectivamente (Conab, 2021, 2022), quantidades inferiores à produtividade mais baixa observada neste estudo, que foi a do milho crioulo Pontinha cultivado sem cobertura morta, sendo de 954,75 kg/ha^{-1}.

CC BY 4.0 DEED Attribution 4.0 International

O híbrido AG 1051 apresentou produtividade superior à dos demais genótipos na maioria dos tratamentos de plantas de cobertura e na ausência de cobertura morta no solo, exceto quando cultivado sobre a palhada de feijão guandu, condição na qual obteve produtividade inferior (1.857,52 kg ha^{-1}). Sua maior produtividade se deu quando o híbrido foi cultivado sobre a cobertura morta da *C. juncea* (4.628,88 kg/ha^{-1}), valor 8,8 vezes maior que a produtividade da Paraíba na safra 2021/22. Foi constatado que resíduos de crotalária estão associados a maiores produtividades de grãos, sendo uma opção de economia comparativa de fertilizantes nitrogenados (Collier et al., 2006).

O AG 1051 e a cultivar Robusta, quando cultivados sem cobertura, apresentaram produtividade maior (3.057,51 kg/ha^{-1} e 2.827,69 kg/ha^{-1}) do que quando cultivados na palhada da *B. ruziziensis*, *C. spectabilis* e milheto. A produtividade do crioulo Pontinha foi, em sua maioria, inferior quando cultivado sem cobertura e com cobertura, exceto quando cultivado sob palhada de *C. spectabilis*, chegando a ter uma maior produtividade do que a cultivar Robusta.

No estado da Paraíba, a baixa produtividade de milho pode estar associada a diversas causas, mas a principal e mais notória é a falta de tecnologia nos cultivos. Vale salientar ainda que, na Paraíba, são poucos os agricultores que fazem análise de solo antes do cultivo e que realizam a correção e adubação dele com base na sua fertilidade, e isso pode estar atrelado ao alto custo dos fertilizantes sintéticos, que acaba por distanciar os agricultores de sua procura.

Nesse contexto, a adubação verde pode contribuir para a produção agrícola e para a conservação dos recursos naturais (Heinrichs et al., 2002; Rosa et al., 2011). No presente estudo, entretanto, os efeitos das plantas de cobertura sobre a produtividade variaram de acordo com o genótipo de milho, demonstrando que a presença de palhada não garante, isoladamente, aumento de produtividade. Entre as combinações avaliadas, o melhor desempenho foi obtido com o híbrido AG 1051 cultivado sobre a palhada de *C. juncea*.

O planejamento da cobertura do solo deve considerar a espécie utilizada, sua capacidade de produzir biomassa, a relação carbono:nitrogênio dos resíduos, o momento de corte e o sincronismo entre a liberação de nutrientes e a demanda do milho. As leguminosas, em razão da fixação biológica de nitrogênio e da decomposição geralmente mais rápida de seus resíduos, podem favorecer a disponibilidade desse nutriente para a cultura sucessora. As gramíneas, por outro lado, normalmente produzem palhada mais persistente, mas podem ocasionar imobilização temporária de nitrogênio (Raimondi et al., 2023). Dessa forma, a escolha da cobertura deve ser associada ao genótipo de milho, às condições do solo e ao manejo da adubação.

A generalização dos resultados deve ser realizada com cautela, pois os dados apresentados foram obtidos em um único local e correspondem ao terceiro ano de condução do experimento. As respostas observadas refletem as condições edafoclimáticas e de manejo da área experimental no Brejo Paraibano e não devem ser automaticamente estendidas a outras regiões. Além disso, a interação significativa entre genótipo e cobertura para a produtividade demonstra que o desempenho das plantas de cobertura depende do material genético cultivado. Resultados de estudos mais abrangentes também demonstram que as respostas

CC BY 4.0 DEED Attribution 4.0 International

produtivas do milho às plantas de cobertura variam conforme a família botânica, as condições ambientais e as práticas de manejo adotadas (Wojciechowski et al., 2023).

Em longo prazo, a manutenção de plantas de cobertura pode aumentar a proteção do solo, favorecer a ciclagem de nutrientes e reduzir as oscilações de temperatura e umidade (Mauryo Fassinou et al., 2026). Entretanto, a resiliência dessa estratégia deve ser confirmada por avaliações realizadas durante vários ciclos de cultivo. Estudos futuros devem considerar a produção e a persistência da palhada, a umidade e a temperatura do solo, o teor de matéria orgânica, a disponibilidade de nutrientes, a ocorrência de plantas daninhas e os custos de implantação. Essas informações permitirão verificar se os benefícios produtivos e ambientais permanecem ao longo dos anos e orientar recomendações mais seguras para os produtores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições edafoclimáticas do Brejo Paraibano, a cobertura do solo influenciou o peso das espigas e a produtividade do milho, e seus efeitos variaram de acordo com o genótipo cultivado. A maior produtividade foi obtida com o híbrido AG 1051 sobre a palhada de *C. juncea*, enquanto as leguminosas apresentaram, de modo geral, melhor resultados do que as gramíneas avaliadas. O estudo demonstra que a escolha da planta de cobertura deve ser realizada com a escolha do genótipo de milho, não sendo adequado considerar apenas a presença ou ausência de palhada. Dessa forma, os resultados contribuem para o planejamento de sistemas de produção de milho com cobertura do solo no Brejo Paraibano. Entretanto, avaliações em diferentes locais e ciclos de cultivo são necessárias para confirmar a estabilidade dessas respostas em longo prazo.

REFERÊNCIAS

Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. D. M. & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6),711-28. https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507

Bergamaschi, H. & Matzenauer, R. (2014). O milho e o clima. Porto Alegre: *Emater/RS-Ascar.*

Blanco-Canqui, H., Holman, J. D., Schlegel, A. J., Tatarko, J. & Shaver, T. M. (2013). Replacing fallow with cover crops in a semiarid soil: effects on soil properties. *Soil Science Society of America Journal*, 77(3), 1026-103.

Bragagnolo, N. & Mielniczuk, J. (1990) Cobertura do solo por resíduos de oito sequências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 14(1), 91-8.

Castanho, F., Ceccatto, S. E. K. & Dos Santos, E. L. (2020). Corn hybrids productivity depending in spatial distribution in the seeding line. *Colloquium Agrariae*, 16(6), 94-100. 10.5747/ca.2020.v16.n6.a411

Cavalcanti, F. J. A. (2008). Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: segunda aproximação. Recife: *Editora IPA*.

Coelho, J. D. (2021). *Milho: Produção e Mercados*. Recuperado de https://www.bnb.gov.br/revista/cse

Collier, L. S., Castro, D. V., Dias, J. J. Neto., Brito, D. R. & Ribeiro, P. A. A. (2006). Manejo da adubação nitrogenada para o milho sob palhada de leguminosas em plantio direto em Gurupi, TO. *Ciência Rural*, 36(4), 1100-05. 10.1590/S0103-84782006000400009

Companhia Nacional de Abastecimento. CONAB. (2021). *Acompanhamento da safra brasileira de grãos*. 10(3), Safra 2020/21. Décimo terceiro levantamento, setembro 2021. Recuperado de https://www.gov.br/conab

Companhia Nacional de Abastecimento. CONAB. (2022). *Acompanhamento da safra brasileira de grãos*. Recuperado de https://www.gov.br/conab

Costa, D. M. A., Melo, H. N. S. & Ferreira, S. R. (2007). Eficiência da cobertura morta na retenção de umidade no solo. *Holos*, 1, 59-69. https://doi.org/10.15628/holos.2007.6

Costa, M. J. N. D., Pasqualli, R. M. & Prevedello, R. (2014). Effect of soil organic matter content, cover crop and planting system on the control of Pratylenchus brachyurus in soybean. *Summa Phytopathologica*, 40(1), 63-70. https://doi.org/10.1590/S0100-54052014000100009

Entringer, G. C., Santos, P. H. A. D., Vettorazzi, J. C. F., Cunha, K. S. D. & Pereira, M. G. (2014). Correlação e análise de trilha para componentes de produção de milho superdoce. *Revista Ceres*, 61(3), 356-61. https://doi.org/10.1590/S0034-737X2014000300009

Fancelli, A. L. & Dourado, D., Neto (2000). Produção de milho. Guaíba: *Editora Agropecuária.*

Goes, R. J., Rodrigues, R. A. F. & Vilela, R. G. (2012). Nitrogênio em cobertura para o milho (*Zea mays* L.)

CC BY 4.0 DEED Attribution 4.0 International

em sistema de plantio direto na safrinha. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 11(2), 169-77.

Heinrichs, R., Vitti, G. C., Moreira, A. & Fancelli, A. L. (2002). Produção e estado nutricional do milho em cultivo intercalar com adubos verdes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26(1), 225-230. https://doi.org/10.1590/S0100-06832002000100023

Hubert, M. & Minuzzi, R. B. (2020). Temperatura de solo coberto e descoberto a partir da temperatura do ar. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 5(3), 274-80. 10.24221/jeap.5.3.2020.2722.274-280

Kist, B. B., Filter, C. F., Santos, C. E. & Carvalho, C. (2018). Anuário brasileiro do milho 2018. Santa Cruz do Sul: *Editora Gazeta Santa Cruz.*

Lemos, J. J. S. & Santiago, D. F. (2020). Instabilidade da agricultura familiar no Semiárido. *Revista de Política Agrícola*, 29(1), 94-105. Recuperado de https://rpa.sede.embrapa.br/RPA/article/view/1478

Lima, A. S., Silva, F. L., Sousa, C. S., Alves, J. M., Mesquita, F. O., Mesquita, E. F., Santos, J. G. R. & Santos, E. C. X. (2020). Growth and Production of Zea mays Fertigated with Biofertilizer and Water Blade in Semiarid Regions, Brazil. *Water, Air, & Soil Pollution*, 231(10), 1-12. 10.1007/s11270-020-04880-9

Martins, M. A., Tomasella, J., Rodriguez, D. A., Alvalá, R. C., Giarolla, A., Garofolo, L. L., Jr., J. L. S., Paolicchi, L. T. L. C. & Pinto, G. L. N. (2018). Improving drought management in the Brazilian semiarid through crop forecasting. *Agricultural Systems*, 160(C), 21-30. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.11.002

Mauryo Fassinou, D. J., Yemadje, P. L., Christina, M., Nonwègnon Aholoukpè, H. S., Heuclin, B., Koussihouèdé, H. & Tittonell, P. (2026). Influence of cover crops and their traits on the yield of main annual crops grown in tropical and subtropical environments: A meta-analysis. *Field Crops Research*, 335, 110201. 10.1016/j.fcr.2025.110201

Mazoyer, M. & Roudart, L. (2010). História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea. 1a ed. São Paulo: *Editora UNESP*.

Melo, S. W. C. & Oliveira, L. G. (2020). A dinâmica da inovação na agricultura familiar do semiárido potiguar. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 55(3), 517-37. https://doi.org/10.5380/dma.v55i0.73325

Mohammadi, S. A., Prasanna, B. M. & Singh, N. N. (2003). Sequential path model for determining interrelationship among grain yield related characters in maize. *Crop Science*, 43(5), 1690-7. https://doi.org./10.2135/cropsci2003.1690

Ohland, R. A. A., Souza, L. C. F. D., Hernani, L. C., Marchetti, M. E. & Gonçalves, M. C. (2005). Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. *Ciência e Agrotecnologia*, 29(3), 538-44. https://doi.org/10.1590/S1413-70542005000300005

Primavesi, O., Primavesi, A. C. & Armelin, M. J. A. (2002). Qualidade mineral e degrabilidade potencial de adubos verdes conduzidos sobre Latossolos, na região tropical de São Carlos, SP, Brasil. *Revista de Agricultura*, 77(1), 89-102. https://doi.org/10.37856/bja.v77i1.1340

Raimondi, G., Maucieri, C. & Borin, M. (2023). Maize yield and N dynamics after cover crops introduction. *European Journal of Agronomy*, 150, 126944. https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126944

Rocha, T. B. C., Jr., F. D. C. V., Silveira, C. D. S., Martins, E. S. P. R. & Silva, R. F. V. (2020). Veranicos no Ceará e aplicações para agricultura de sequeiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 35(3), 435-47. https://doi.org/10.1590/0102-7786353005

Rosa, D. M., Nobrega, L. H. P., Lima, G. P., Mauli, M. M. (2011). Desempenho da cultura do milho implantada sobre resíduos culturais de leguminosas de verão em sistema plantio direto. *Semina: Ciências Agrárias*, 32(4), 1287-96. 10.5433/1679-0359.2011v32n4p1287

Santos, H. G. dos., Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C. dos., Oliveira, V. A. de., Lumbreras, J. F., Coelho, M. R., Almeida, J. A. de., Filho, J. C. A., Oliveira, J. B. de. & Cunha, T. J. F. (2018). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Recuperado de https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br

Silva, P. S. L., Oliveira, F. H. T. & Silva, P. I. B. (2003). Efeitos da aplicação de nitrogênio e densidades de plantio sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. *Horticultura Brasileira*, 21(3), 452-5. https://doi.org/10.1590/S0102-05362003000300007

Skalinski, I. (2018). Eficiência das plantas de cobertura na recuperação da estrutura do solo. (Graduação em Agronomia). *Universidade Federal da Fronteira Sul*, Cerro Largo, RS, Brasil. Recuperado de https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/2376

STATSOFT. (2004). *Statistica (data analysis software system)*, version 7.

Teixeira, M. B., Loss, A., Pereira, M. G. & Pimentel, C. (2012). Decomposição e ciclagem de nutrientes dos resíduos de quatro plantas de cobertura do solo. *Idesia (Arica)*, 30(1), 55-64. https://doi.org/10.4067/S0718-34292012000100007

Wojciechowski, A., Seassau, C., Soerensen, L., Alletto, L. & Lamichhane, J. R. (2023). Effects of cover crops on maize establishment, root mycorrhizal colonization, plant growth and grain yield depend on their botanical family: a global meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 356, 108648. https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108648

Ziech, A. R. D., Conceição, P. C., Luchese, A. V., Balin, N. M., Candiotto, G. & Garmus, T. G. (2015). Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernal na região Sul do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50(5), 374-82. 10.1590/S0100-204X2015000500004

CC BY 4.0 DEED