UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

***CAMPUS* ARAPIRACA**

AGRONOMIA - BACHARELADO

BRUNO BISPO DOS SANTOS

BIOMASSA DE PLANTAS DE COBERTURA PARA ROTAÇÃO DE CULTURA EM SEMEADURA DIRETA SOB FONTES DE FÓSFORO SOLÚVEL E REATIVA

ARAPIRACA

2023

BRUNO BISPO DOS SANTOS

BIOMASSA DE PLANTAS DE COBERTURA PARA ROTAÇÃO DE CULTURA EM SEMEADURA DIRETA SOB FONTES DE FÓSFORO SOLÚVEL E REATIVA

Monografia apresentada ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, *Campus* Arapiraca, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Valdevan Rosendo dos Santos

Coorientador: Me. Sivaldo Soares Paulino

ARAPIRACA

2023

Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus Arapiraca
Biblioteca *Campus* Arapiraca - BCA

S237b Santos, Bruno Bispo dos
Biomassa de plantas de cobertura para rotação de cultura em semeadura direta sob fontes de fósforo solúvel e reativa / Bruno Bispo dos Santos. – Arapiraca, 2023.
35 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Valdevan Rosendo dos Santos.
Coorientador: Me. Sivaldo Soares Paulino
Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia.) - Universidade Federal de Alagoas, *Campus* Arapiraca, Arapiraca, 2023.
Disponível em: Universidade Digital (UD) – UFAL (*Campus* Arapiraca).
Referências: f. 30-35.

1. Adubação verde. 2. Plantas de cobertura. 3. Planta - Resíduo. 4. Plantas - Efeito do fósforo I. Santos, Valdevan Rosendo dos. II. Paulino, Sivaldo Soares III. Título.

CDU 63

Bibliotecário responsável: Gerlane Costa Silva de Farias
CRB - 4 / 1802

BRUNO BISPO DOS SANTOS

BIOMASSA DE PLANTAS DE COBERTURA PARA ROTAÇÃO DE CULTURA EM SEMEADURA DIRETA SOB FONTES DE FÓSFORO SOLÚVEL E REATIVA

Monografia apresentada ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, *Campus* Arapiraca, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Agronomia.

Data de aprovação: 27 de janeiro de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br
VALDEVAN ROSENDO DOS SANTOS
Data: 29/01/2023 23:25:00-0300
Verifique em https://verificador.iti.br

Prof. Dr. Valdevan Rosendo dos Santos
Universidade Federal de Alagoas - UFAL Campus de Arapiraca
(Orientador)

Documento assinado digitalmente
gov.br
SIVALDO SOARES PAULINO
Data: 30/01/2023 10:32:46-0300
Verifique em https://verificador.iti.br

Mestre Sivaldo Soares Paulino
Universidade Federal de Alagoas - UFAL Campus de Arapiraca
(Coorientador)

Documento assinado digitalmente
gov.br
EMERSON DOS SANTOS FERREIRA FARIAS
Data: 30/01/2023 11:07:55-0300
Verifique em https://verificador.iti.br

Dr. Emerson dos Santos Ferreira Farias2
Faculdade São Vicente de Pão de Açúcar - FASVIPA
(Examinador 1)

Documento assinado digitalmente
gov.br
MARIA RAQUEL DA SILVA FARIAS
Data: 30/01/2023 09:07:15-0300
Verifique em https://verificador.iti.br

Mestranda Maria Raquel da Silva Farias
Universidade Federal de Alagoas - UFAL
(Examinador 2)

A minha avó Ingrácia Maria (*in memoriam*).

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado o dom da vida, por sempre estar comigo nos momentos que mais precisei e por tudo que Ele tem feito por mim.

Aos meus pais, Geane e José Edilso, por todo o amor e por sempre me apoiarem em minhas escolhas e as minhas irmãs Edijane e Alyce, que sempre acreditaram em mim.

Aos meus avós, Maura e Antônio, que me criaram como seu filho, por todo o amor e apoio ao longo de minha vida.

Ao Grupo de Pesquisa Solo Agreste (GPESA), mediante aos amigos Wilker, Arthur, Raquel, Luana, Matheus Barbosa, Matheus Silva, Nelson, Jordana, Leonardo e Vinicius que sempre estiveram comigo, em todos os desafios debaixo de sol e chuva.

Ao amigo John Kennedy, pela imensa ajuda para a concretização deste trabalho.

Ao amigo e coorientador Sivaldo, gratidão por sua dedicação, disponibilidade e contribuição neste trabalho.

Ao professor Dr. Valdevan Rosendo dos Santos, por ter se prontificado a trilhar comigo esse desafio e por todos os ensinamentos passados durantes a realização deste trabalho.

Aos meus amigos, Luan, Maylla, Liliane, Mariana, Felipe, Simone, Maurício, Erik e Anderson, por tornar meus dias mais alegres. Sem o apoio e o amor de vocês eu não teria chegado até aqui, minha eterna gratidão!

A todos aqueles que contribuíram, de alguma forma, para a realização deste trabalho.

RESUMO

O Brasil com áreas ocupadas por argissolos e latossolos em ambientes tropicais, na maioria das vezes, tem uma oferta limitada de fósforo. Em ambientes tropicais, a matéria orgânica desempenha um papel significativo no processo do fósforo no solo que pode ser responsável por até 80% da quantidade de fósforo total. Plantas de cobertura destacam-se pela elevada capacidade de produção de biomassa e da manutenção dos resíduos culturais no solo. A presente pesquisa buscou avaliar o acumulo de biomassa de diferentes espécies de plantas de cobertura sob fontes de fósforo solúvel e reativa. O experimento foi desenvolvido de abril a junho de 2021 e de 2022 em condições de campo na área experimental da Universidade Federal de Alagoas, *Campus* Arapiraca (9°42'00"S, 36°41'12"W). O delineamento estatístico foi em blocos ao acaso, no esquema de parcela subdividida, com seis repetições. A parcela principal foi constituída pelas fontes de fósforo: fosfato solúvel, fosfato natural reativo e um controle (sem fósforo). A subparcela foi representada pelas plantas de coberturas: *Crotalária juncea* (CJ), C*rotalária spectabilis* (CS), *Cajanus cajan* (guandu), *Dolichos lablab* (labe-labe), *Canavalia ensiformis* (FP), *Pennisetum glaucum* (milheto) e um tratamento controle. Para obtenção da produtividade, realizou a coleta aos 60 dias após semeadura (DAS). Foi selecionada uma área de 1 m² nas linhas centrais em cada subparcela, cortando as partes aéreas das plantas até o nível do solo. Após a verificação da massa verde, o material foi colocado em estufa de circulação de ar e mantido em temperatura de 60 ºC até atingir peso constante, em seguida foi realizada a mensuração da massa seca e a estimativa de produtividade. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste F ($p<0,05$) e quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p<0,05$). Os procedimentos estatísticos foram realizados pelo software estatístico R, versão 4.1.2. Não houve diferença significativa sobre as fontes de P estudadas. A CJ, labe-labe e milheto apresentaram a maior produtividade de MVPA em 2021, enquanto em 2022, a CJ alcançou a maior produtividade. O guandu apresentou as menores produtividades para MVPA em 2021 e 2022. A CJ demonstrou a maior produtividade de MSPA nos dois anos de estudos. As espécies CS, FP e guandu alcançaram as menores produtividades de MSPA em 2021. O Guandu foi a espécie com menor desempenho de MSPA em 2022.

Palavras chave: adubação verde; solubilidade de fosfato; produtividade.

ABSTRACT

Brazil with areas occupied by argissolos and latossolos in tropical environments, in most cases, has a limited supply of phosphorus. In tropical environments, organic matter plays a significant role in the process of phosphorus in the soil, which can account for up to 80% of the amount of total phosphorus. Cover crops stand out for their high capacity to produce biomass and to maintain cultural residues in the soil. The present research sought to evaluate the accumulation of biomass of different species of cover crops under soluble and reactive phosphorus sources. The experiment was developed from April to June 2021 and 2022 under field conditions in the experimental area of the Federal University of Alagoas, Arapiraca Campus (9°42'00 "S, 36°41'12 "W). The statistical design was in randomized blocks, in the subdivided plot scheme, with six repetitions. The main plot consisted of phosphorus sources: soluble phosphate, reactive natural phosphate and a control (without phosphorus). The subplot was represented by the cover crops: *Crotalaria juncea* (CJ), *Crotalaria spectabilis* (CS), *Cajanus cajan* (guandu), *Dolichos lablab* (labe-labe), *Canavalia ensiformis* (FP), *Pennisetum glaucum* (milheto) and a control treatment. To obtain yields, harvesting was performed at 60 days after sowing (DAS). An area of 1 m² was selected in the central rows in each plot, cutting the aerial parts of the plants down to ground level. After checking the fresh mass, the material was placed in an air circulating oven and kept at a temperature of 60 ºC until it reached a constant weight, and then the dry mass was measured to estimate the productivity. The data obtained were submitted to variance analysis by the F test ($p<0.05$) and when significant, the means were compared by the Scott-Knott test ($p<0.05$). The statistical procedures were performed by the statistical software R, version 4.1.2. There was no significant difference on the P sources studied. CJ, labe-labe and millet presented the highest MVPA productivity in 2021, while in 2022, CJ reached the highest productivity. Guandu showed the lowest yields for MVPA in 2021 and 2022. CJ demonstrated the highest productivity of MSPA in both years of studies. The species CS, FP, and guandu achieved the lowest yields of MSPA in 2021. Guandu was the species with the worst MSPA performance in 2022.

Key words: green manure; phosphate solubility; productivity.

.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área experimental.....17

Figura 2 - Precipitação e temperatura média (T_{med}), máxima (T_{max}) e mínima (T_{min}) para o período de abril a julho de 2021 e abril a julho de 2022.....18

Figura 3. Vista geral da segunda etapa de preparo do solo incorporando o corretivo (A) e após a incorporação (B). 20

Figura 4 - Quadrado de pvc para determinação da área de coleta 21

Figura 5 - Produtividade da massa fresca das plantas de cobertura entre 2021 (a) e 2022 (b).....24

Figura 6 - Produtividade da massa seca das plantas de cobertura entre 2021 (a) e 2022 (b).....26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atributos químicos das camadas 0-10 e 10-20 cm do solo da área experimental antes da instalação do experimento. 19

Tabela 2 - Concentração de fósforo total e solúvel nas fontes utilizadas no experimento.....21

Tabela 3 - Análise de variância (ANOVA) para massa fresca (MF), massa seca (MS) da parte aérea das plantas de cobertura cultivadas no município de Arapiraca entre 2021 e 2022 23

LISTA DE SIGLAS

CJ	*Crotalaria juncea*
CS	*Crotalaria spectabilis*
DAS	Dias Após Semeadura
DAF	Dias Até a Floração
FP	Feijão de porco
GPESA	Grupo de Pesquisa Solo Agreste
MVPA	Massa fresca da parte aérea
MSPA	Massa seca da parte aérea
max	Máxima
med	Média
min	Mínima
C/N	Relação carbono/nitrogênio
T	Temperatura

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 11
2 REVISÃO DE LITERATURA 13
2.1 FONTES DE P 13
2.2 PLANTAS DE COBERTURA 14
3 MATERIAL E MÉTODOS 17
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL 17
3.2 DELINEAMENTO ESTATÍSTICO E TRATAMENTOS 20
3.3 IMPLATAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO 20
3.4 AVALIAÇÕES REALIZADAS 21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 23
5 CONCLUSÕES 29
REFERÊNCIAS 30

1 INTRODUÇÃO

Quantidades crescentes de pesquisas estão sendo feitas sobre práticas agrícolas com o objetivo de reduzir os custos de produção e os possíveis efeitos ambientais causados pelo manejo inadequado do nitrogênio. Para isso, uma das práticas é cultivar plantas que protejam o solo e forneçam resíduos para as culturas agrícolas de interesse (DONEDA et al., 2012). Essas plantas são conhecidas como plantas de cobertura e seu uso pode contribuir com uma quantidade significativa de biomassa para o solo e, como resultado, nutrientes e carbono orgânico. Plantas de várias espécies podem ser utilizadas desde que tenham uma taxa de crescimento adequada para a região.

O cultivo de plantas de cobertura antes do cultivo das culturas de interesse econômico pode aumentar a produtividade, seja pelo cultivo de leguminosas que reduzem a necessidade de adubação nitrogenada (AMADO et al., 2002), seja pelo cultivo de gramíneas que proporcionam um maior período de cobertura do solo devido a sua maior relação C/N, (CERETA et al., 2002).

A capacidade de uma planta em produzir biomassa, bem como sua capacidade de absorção e acúmulo de nutrientes estão entre os fatores que influenciam a escolha de plantas para atender a essas finalidades. Esses fatores são de grande importância para o sistema solo-planta, pois estão ligados à ciclagem biológica de minerais utilizados pelas plantas, aumentando a disponibilidade de nutrientes para o cultivo das plantas e melhorando a eficácia dos fertilizantes aplicados (MAGALHÃES, 2004).

Algumas carências de nutrientes, principalmente a falta de fósforo, manejo inadequado do solo e adubação inadequada prejudicam a produção agrícola brasileira. As culturas, em especial a do milho, ainda tem uma dependência significativa de fertilizantes fosfatados, cujo objetivo principal é ter uma produção mais eficiente. Porém, com o tempo, essas quantidades de fertilizantes aplicados começam a se mostrar ineficazes (PAVINATO, 2017).

No perfil distrófico em Argissolos Amarelos e Latossolos Amarelos no estado de Alagoas, são observados solos ácidos que se apresentam com baixos teores de matéria orgânicas, e deficiência de nutrientes, em destaque o fósforo. Além disso, o manejo da área é adotado o plantio convencional, o qual utilizam técnicas tradicionais

de aração, gradagem, e remoção da vegetação, assim alterando atributos físicos, químicos e biológicos do solo (GOIS, 2022)

A utilização de plantas de cobertura surge como uma alternativa para a região, com esperança de maior produtividade, menor uso de fertilizantes fosfatados e preservação do equilíbrio do sistema de cultivo. Ao serem introduzidas, as plantas de cobertura fazem a ciclagem de nutrientes no ecossistema, tornando-os mais facilmente disponíveis para as lavouras. Essas plantas que fornecem cobertura desenvolvem estratégias para mobilizar o P já presente no solo, acumulam essa porção de P e depois liberam por decomposição para as culturas sucessoras (TELES et al . 2017).

Muitos estudos têm mostrado que este sistema de manejo do solo é mais eficaz do que o preparo convencional em termos de melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas , bem como do retorno econômico do agricultor (MUZILLI, 1981; DICK, 1991).

Tendo em vista a importância do uso de plantas de cobertura em conjunto com a adubação fosfatada na produção agrícola, o objetivo do presente estudo foi analisar, em condições de campo, o acumulo de biomassa de diferentes espécies de plantas de cobertura para a rotação de culturas sob fontes de fósforo solúvel e reativa.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 FONTES DE P

O Brasil com áreas ocupadas por argissolos e latossolos em ambientes tropicais, na maioria das vezes, tem uma oferta limitada de fósforo, pois sua maior fração é encontrada na forma inorgânica e possui alta ligação com Fe e Al (ALMEIDA et al., 2003).

Particularmente em ambientes tropicais, a matéria orgânica desempenha um papel significativo no processo do fósforo no solo. O fósforo encontrado na matéria orgânica conhecido como fosforo orgânico (Po) pode ser responsável por até 80% da quantidade total de fósforo total no solo (HAVLIN et al. 2013). A matéria orgânica liga-se ao Al diminuindo a concentração desse elemento no solo, assim quanto mais matéria orgânica houver, mais fósforo disponível haverá no solo.

É conhecido que as características de solubilidade das fontes de P desempenham um papel significativo na determinação de sua eficácia. Os fosfatos mais prontamente disponíveis facilitariam a absorção e utilização de nutrientes pelas plantas, particularmente por culturas com ciclos de crescimento curtos. No entanto, essa liberação rápida de P também pode favorecer o processo de adsorção e precipitação das formas solúveis pelos componentes do solo, resultando em compostos de baixa solubilidade e tornando o nutriente indisponível para as plantas. Este fenômeno é tanto mais pronunciado em solos com altos teores de argila (NOVAIS; SMYTH, 1999).

Os adubos fosfatados com alta concentração de P solúvel, como os superfosfatos, têm em seu processo de fabricação a utilização de métodos específicos de purificação e concentração da matéria-prima (rocha fosfática) e o emprego de ácidos (principalmente o ácido sulfúrico e ácido fosfórico) para solubilização desse material (PROCHNOW et al ., 2003), o que eleva bastante o custo final desses fertilizantes. Esses fosfatos são conhecidos por sua alta eficiência, pois, quando aplicadas no solo, liberam grande parte de seu teor de P, facilitando a absorção pelas plantas (GOEDERT; SOUSA, 1984). Na produção de fosfatos naturais, as rochas fosfáticas são apenas moídas, implicando custos mais baixos (MALAVOLTA, 1981; GOEDERT et al., 1986).

Dessa forma, fertilizantes com menores solubilidades poderiam minimizar os processos de fixação e proporcionar às culturas de ciclo longo maior eficiência no aproveitamento dos nutrientes, liberando o P de forma mais gradual (NOVAIS; SMYTH, 1999).

Devido as baixas exigências no processamento industrial e aos baixos índice de liberação de fósforo, os fosfatos naturais são vistos como mais ecológicos (PAVINATO et al ., 2017). Como resultado, sob certas condições de solo, cultura e manejo, os fosfatos naturais são uma fonte de fósforo mais acessível e eficaz do que as fosfatos acidulados (RAJAN et al., 1996).

O Brasil ocupa o quarto lugar no ranking mundial de consumidores de fertilizantes à base de fósforo, respondendo por 10% do uso global e perdendo apenas para China, Índia e Estados Unidos, respectivamente (HECKENMÜLLER, et al. 2014). As principais fontes de fósforo acessíveis no território brasileiro são os fosfatos naturais, termofosfatos e fosfatos acidulados. Devido à sua alta taxa de solubilidade em água, tornando-se prontamente disponível para as plantas, os fosfatos acidulados são considerados a fonte de maior demanda do mercado.

A utilização de fosfatos naturais de baixa reatividade para as culturas anuais é apontada como inapropriada, como não há liberação de P do fosfato natural a taxas suficientemente maiores para suprir as necessidades da planta. Logo, os fosfatos naturais provindos de outros países, como os de Arad em Israel, Gafsa na Tunísia e Carolina do Norte nos Estados Unidos, são derivados de rochas sedimentares e apresentam uma alta reatividade devido a um alto grau de substituição de fosfatos por carbonatos e menor cristalização das rochas, facilitando sua decomposição (MELO, 2016).

É importante ressaltar o papel desse nutriente no desenvolvimento do sistema radicular, aumentando a área disponível para os raízes explorarem o solo e, por sua vez, melhora a nutrição das plantas e a eficiência na absorção de água (BAHL ; PARISCHA, 1998).

2.2 PLANTAS DE COBERTURA

O sucesso e a sustentabilidade do sistema de plantio direto estão diretamente relacionados à manutenção e à quantidade da palhada que é deixada no solo, com o objetivo de reduzir a erosão hídrica e eólica, bem como a infestação de plantas

invasoras e nematoides (JUNIOR et al, 2011). Também é possível promover maior acúmulo de matéria orgânica no solo, ciclagem de nutrientes e melhoria das condições físicas do solo e da estrutura dos materiais adicionados ao solo por meio da introdução de plantas de cobertura, conhecidas por sua alta capacidade para a produção de biomassa (DONEDA, 2010).

A utilização de plantas de cobertura do solo, também conhecidas como adubo verde, é utilizada há milhares de anos, sendo os chineses a primeira civilização a fazer seu uso. Sua utilização é incentivada para aumentar a eficiência do resultado dos fertilizantes no solo. Mais tarde, para elevar o nível de matéria orgânica e o rendimento das culturas sucessivas, os gregos e romanos passaram a utilizar culturas de cobertura como o tremoço e favas que haviam introduzido (PIETERS, 2021).

Plantas de cobertura são espécies cultivadas com o objetivo de preservar, proteger e valorizar o solo para que tenha uma estrutura química , física e biológica de alta qualidade (ALVARENGA et al., 2001). Para evitar deixar o solo em pousio, alguma cultura comercial deve ser adicionada, com cultivo de culturas como trigo, centeio e triticale na região sul do Brasil, ou usando plantas para manter o solo coberto, como ervilhaca ou aveia preta (EMBRAPA , 2001).

A finalidade das plantas de cobertura é proteger o solo dos processos erosivos e da lixiviação de nutrientes, mas esta não é sua única utilidade, pois muitas também são utilizadas para pastagem, produção de grãos e sementes, silagem, feno e como fonte de palha para o sistema de plantio direto. Tão significativa quanto a parte aérea das plantas de cobertura são as raízes destas. Ainda que se saiba o quão importante elas são na formação do perfil do solo, ainda não são bem definidos os efeitos das raízes na produtividade agrícola (LAMAS, 2018).

Através da introdução de plantas de cobertura, que se destacam pela elevada capacidade de produção de biomassa, e da manutenção dos resíduos culturais no solo é possível promover um maior teor de matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, condições físicas e a estrutura dos agregados do solo.

A capacidade de descompactar o solo, bem como de absorver nutrientes e participar da atividade microbiana, são todas influenciadas significativamente pelas raízes das plantas de cobertura, afetando também positivamente no aumento da aeração do solo. Raízes agressivas e ramificadas são capazes de absorver nutrientes das porções mais profundas do solo e, após sua decomposição, gerar poros

essenciais para a disponibilidade hídrica e fluxo de massa de nutrientes (SANTOS et al., 2014).

Calegari e Costa (2009) defendem que a presença de resíduos vegetais reduz a amplitude térmica do solo, criando condições mais favoráveis ao desenvolvimento das culturas. Este fator é crucial devido aos efeitos que a temperatura do solo tem sobre a atividade biológica, a germinação das sementes, o crescimento das raízes, a dinâmica do suprimento de água do solo e a absorção de íons. Uma adição constante de resíduos à superfície tem um impacto significativo na melhoria da estrutura do solo graças ao aumento da agregados deste. Além disso, o sombreamento ou efeito alelopático dos resíduos vegetais favorece o controle de inúmeras plantas invasoras.

Além de proteger o solo, uma das principais funções das plantas de cobertura do solo é a reciclagem de nutrientes, principalmente nitrogênio, ou, no caso das leguminosas, a fixação simbiótica de N^2. (HEINZMANN,1985; AITA et al., 2001). Embora possa haver uma quantidade significativa de nitrogênio na parte aérea das plantas de cobertura, a quantidade real de nitrogênio que será utilizada pela cultura em sucessão dependerá do sincronismo entre a decomposição da biomassa e a demanda da cultura. A taxa de liberação do nitrogênio é inversamente proporcional à relação C/N (AMADO et al., 2000).

As leguminosas por imobilizarem o N provindos da fixação biológica nos seus tecidos, apresentam baixa relação C/N (<20:1), , e rápida taxa de decomposição enquanto as gramíneas apresentam alta relação C/N (>30:1) e lenta taxa de decomposição (COSTA et al., 2015).

Muitas estratégias e estruturas fisiológicas estão presentes nas plantas de cobertura para absorver o P do solo. Como o P é um nutriente pouco móvel, ele necessita de um processo para ser absorvido pelas plantas, então, a disponibilidade desse P para as plantas aumentará à medida que o sistema radicular das plantas de cobertura se desenvolve (SOUZA et al., 2006).

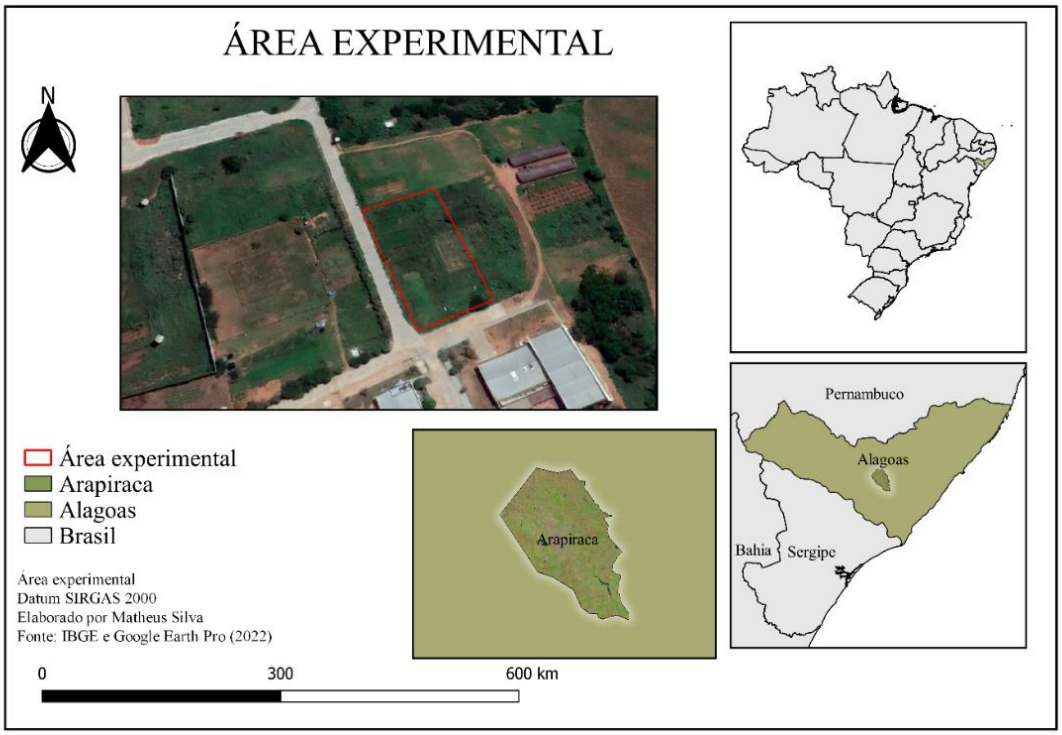
A utilização de plantas de cobertura fornece uma série de benefícios práticos, incluindo uma diminuição na prevalência de ervas daninhas e uma redução no uso de fertilizantes à base de nitrogênio. Como resultado, os custos gerais de fertilizantes e herbicidas são reduzidos e a produtividade da lavoura é aumentada, aumentando a receita (SIEDLECKI, 2017).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi desenvolvido de abril a junho dos anos agrícolas 2021 e 2022 em condições de campo na área experimental da Universidade Federal de Alagoas, *Campus* Arapiraca (9°42'00"S, 36°41'12"W), e altitude de 321 m acima do nível do mar (Figura 1).

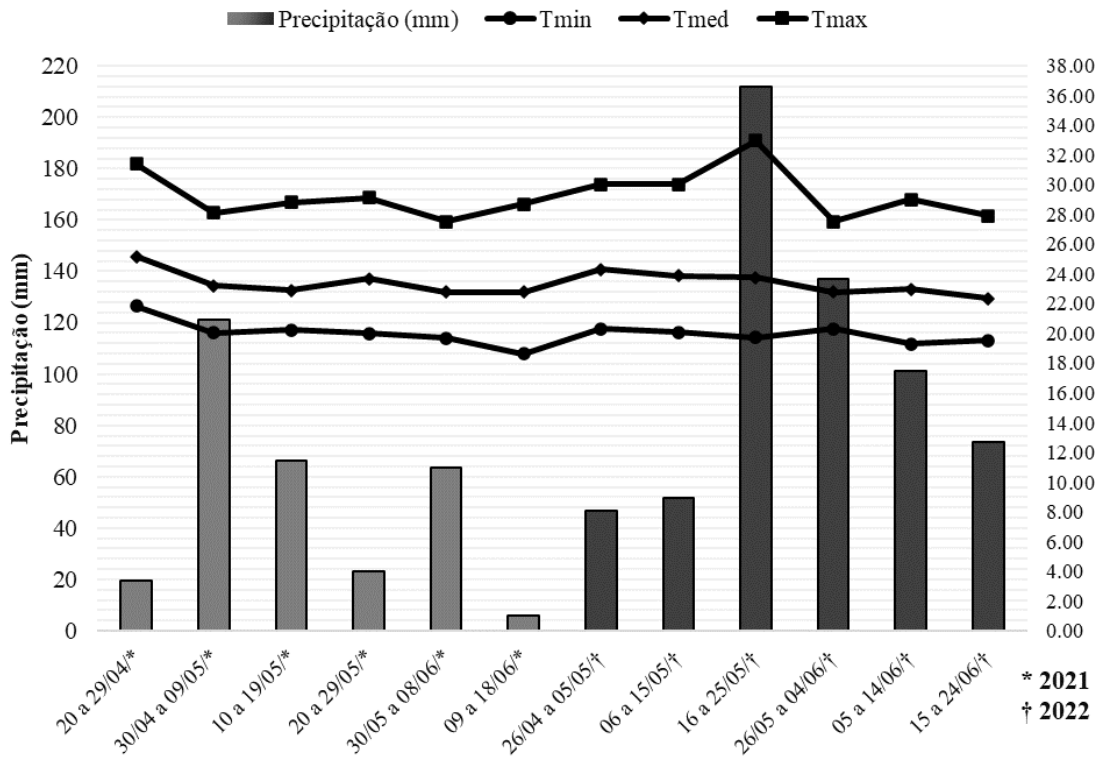
Figura 1 - Localização da área experimental



Fonte: Batista (2022).

O clima da região de acordo com a classificação de Köppen como do tipo ‘As’ tropical com chuvas de inverno (abril-agosto) e seca de verão (setembro-março). Os dados de temperatura e precipitação pluviométrica durante o período experimental estão apresentados na Figura 2. O solo da área experimental é classificado como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (SANTOS et al., 2018).

Figura 2 - Precipitação e temperatura média (T_{med}), máxima (T_{max}) e mínima (T_{min}) para o período de abril a julho de 2021 e abril a julho de 2022



Fonte: Estação Meteorológica, Campus Arapiraca – UFAL (2022).

As características químicas de fertilidade do solo da área antes da instalação do experimento nas profundidades de 0–10 e 10–20 cm estão listadas na Tabela 1.

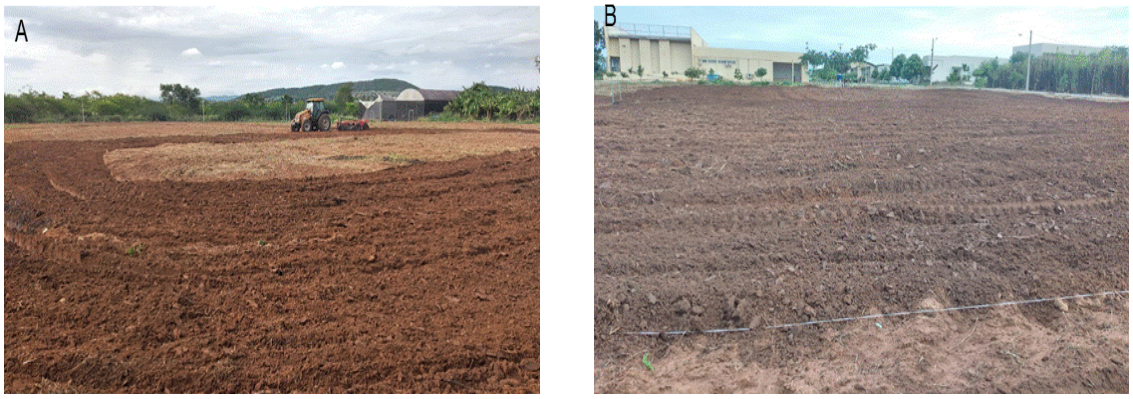
Tabela 1 - Atributos químicos das camadas 0-10 e 10-20 cm do solo da área experimental antes da instalação do experimento

Atributos	Camada (cm)	
	0-10	10-20
pH (H_2O)	6,5	6,4
Matéria orgânica do solo (g dm^{-3})	21,5	11,2
$P_{Mehlich-1}$ (mg dm^{-3})	19,5	16,5
Na^+ ($cmol_c\ dm^{-3}$)	0,14	0,09
K^+ ($cmol_c\ dm^{-3}$)	0,27	0,19
Ca^{2+} ($cmol_c\ dm^{-3}$)	1,8	1,8
Mg^{2+} ($cmol_c\ dm^{-3}$)	1,35	1,05
Al^{3+} ($cmol_c\ dm^{-3}$)	0	0
H + Al ($cmol_c\ dm^{-3}$)	1,8	2,2
Soma de base ($cmol_c\ dm^{-3}$)	3,56	3,14
CTC pH 7 ($cmol_c\ dm^{-3}$)	5,36	5,33
Saturação de base (%)	66,6	58,4
Fe (mg dm^{-3})	87,6	106,9
Cu (mg dm^{-3})	1,03	1,18
Zn (mg dm^{-3})	2,05	1,23
Mn (mg dm^{-3})	34,47	27,37
	0-20	
Areia (g kg^{-1})	720	
Silte (g kg^{-1})	124	
Argila (g kg^{-1})	156	

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

No ano de 2021, cerca de 30 dias antes da implantação do experimento foi feita a correção do solo com a aplicação de 1 t ha^{-1} de calcário com base em resultados de análise de solo. Em seguida foi realizado o preparo do solo, incorporando-se o corretivo na camada de 0-20 cm com conjunto trator-grade aradora (Figura 3).

Figura 3 - Vista geral da segunda etapa de preparo do solo incorporando o corretivo (A) e após a incorporação (B)



Fonte: GPESA (2022).

3.2 DELINEAMENTO ESTATÍSTICO

O delineamento estatístico adotado foi em blocos ao acaso, no esquema de parcela subdividida, com seis repetições. A parcela principal foi constituída pelas fontes de fósforo: fosfato solúvel, fosfato natural reativo e um controle (sem fósforo). A subparcela foi representada pelas plantas de coberturas: CJ (*Crotalária juncea*), CS (C*rotalária spectabilis*), guandu (*Cajanus cajan*), labe-labe (*Dolichos lablab*), FP (*Canavalia ensiformis*), milheto (*Pennisetum glaucum*) e um tratamento controle (sem cobertura). A parcela foi constituída por 8 x 35 m de comprimento, totalizando 280 m^2 e a subparcela por 8 x 5 m, totalizando 40 m^2.

3.3 IMPLATAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Nos dias 20 de abril de 2021 e 26 de abril de 2022, as plantas de cobertura foram semeadas manualmente em linhas espaçadas de 25 cm para o milheto e 50 cm para as demais espécies. Foram distribuídas de 25-30, 30-35, 18-20,10-12, 4-5 e 53-62 sementes por metro para a CJ, CS, guandu, labe-labe, FP e milheto, respectivamente.

No ano de 2021, cerca de 15 dias após a emergência das plantas de cobertura foram aplicados a lanço ou em área total sem incorporação 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 das fontes superfosfato simples e fosfato natural reativo, com base nos teores totais para a fonte reativa e solúvel em CNA (citrato neutro de amônio) + H_2O para a fonte solúvel

(Tabela 2). O controle de ervas daninhas no período foi realizado por meio de capina manual com enxada.

Tabela 2 - Concentração de fósforo total e solúvel nas fontes utilizadas no experimento

Fonte	Fósforo (P_2O_5)				Cálcio	Enxofre
	Total	Sol. CNA+H_2O	Sol. H_2O	Sol. AC 2% (1:100)		
	----------%----------					
Superfosfato simples	-	19	16	-	16	10
Fosfato natural reativo	29	-	-	9	36	-

Sol. = solúvel, CNA = citrato neutro de amônio, AC = ácido cítrico.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

3.4 AVALIAÇÕES REALIZADAS

As plantas de cobertura foram colhidas 60 dias após a semeadura (DAS), cortando-se rente ao solo todas as plantas contidas em 1 m² para cada tratamento utilizando um quadrado de pvc vazado de 1 x 1 m. (Figura 4)

A massa verde da parte aérea (MVPA) colhida foi mensurada e foram retiradas.

Figura 4 - Quadrado de pvc para determinação da área de coleta

Fonte: GPESA (2022).

.

subamostras e levadas para secagem em estufa de circulação de ar a 60°C até massa constante, para a determinação da massa seca da parte aérea (MSPA). A partir dos dados obtidos da massa verde e seca foi estimada a produtividade em toneladas por hectare.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) por meio do teste F ($p<0,05$) e, quando significativo, foi utilizado o teste de Scott-Knott ($p<0,05$) para comparar as médias. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados por meio do software estatístico R, versão 4.1.2.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância são apresentados na tabela 3. Houve efeito significativo apenas das plantas de cobertura para as variáveis avaliadas para os dois anos agrícolas.

A ausência de diferença significativa para as fontes de P, possivelmente está associada à quantidade inicial de fósforo no solo ter sido considerada média segundo Alvarez et al. (1999). Essa quantidade inicial pode não ter sido um fator limitante para a produção de biomassa das plantas estudadas. Este resultado corrobora pesquisa feita por Rojas (2015), analisando diferentes fontes de fósforo na produção de matéria seca das plantas de cobertura: guandu, CJ e milheto.

Tabela 3 - Análise de variância (ANOVA) para massa verde da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA) da parte aérea das plantas de cobertura cultivadas no município de Arapiraca entre 2021 e 2022

ANOVA	G.L.	Significância do teste F	
		MVPA	MSPA
		---------- 2021 ----------	
Fontes de P (F)	2	0,3845^{NS}	0,4260^{NS}
Bloco	2	0,2768^{NS}	0,4390^{NS}
Resíduo (a)	4		
Espécies (E)	5	<2e-16 *	<2e-16 *
F*E	10	0,4739^{NS}	0,8418^{NS}
Resíduo (b)	84		
CV 1 (%)		55,25	54,14
CV 2 (%)		37,7	39,46
		---------- 2022 ----------	
Fontes de P (F)	2	0,6201^{NS}	0,1644^{NS}
Bloco	2	0,4246^{NS}	0,4814^{NS}
Resíduo (a)	4		
Espécies (E)	5	<2e-16 *	<2e-16 *
F*E	10	0,1768^{NS}	0,5220^{NS}
Resíduo (b)	84		
CV 1 (%)		41,1	23,24
CV 2 (%)		29,27	31,88

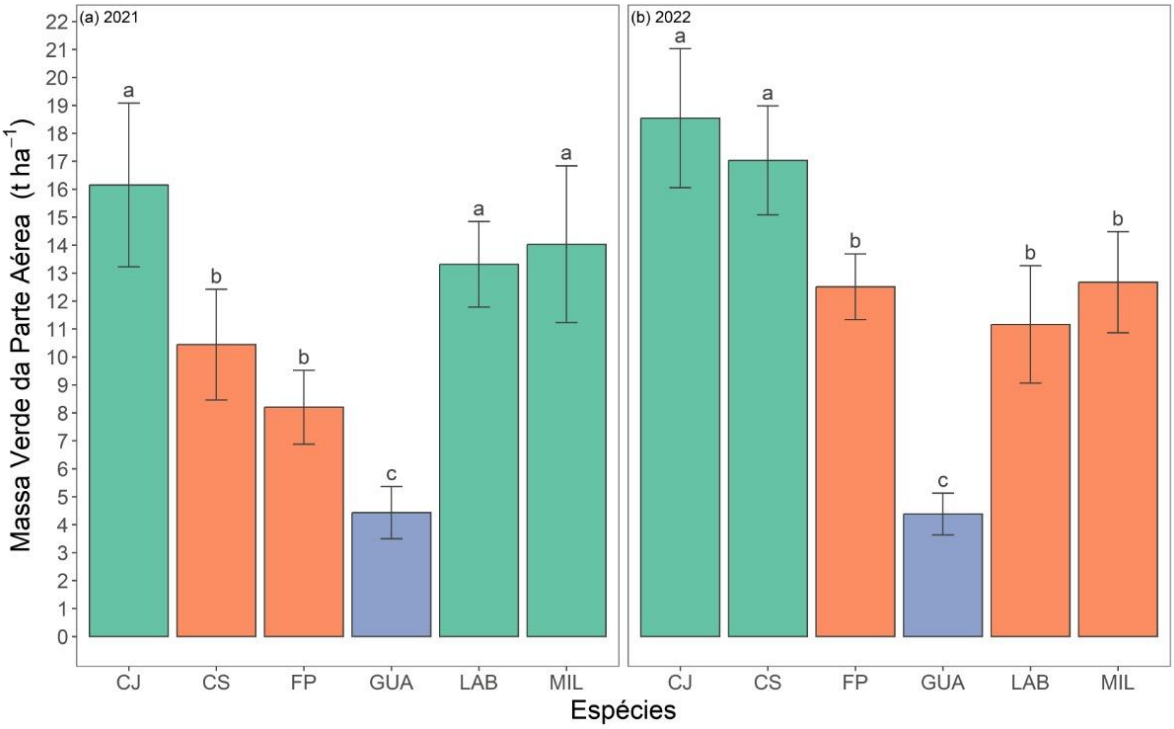
NS= não significativo; *significativo; respectivamente pelo Teste F (P<0,05).

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

A produtividade da MVPA para as plantas de cobertura em 2021 variou de 4,4 a 16,1 t ha-1 (Figura 3). A maior produção de massa verde foi obtida pela CJ, milheto e labe-labe. Estas espécies produziram acima de 13 t ha-1 de massa verde. Por outro lado, o guandu atingiu a menor produtividade de MVPA, 4,4 t ha-1. A CS e o FP apresentaram rendimento de massa verde intermediária entre 10,4 e 8,2 t ha-1. A produtividade da CJ, milheto e labe-labe foram superiores em 3,7, 3,2 e 3 vezes, respectivamente ao rendimento do Guandu (Figura 3).

A produtividade das plantas de cobertura em 2022 é apresentada na Figura 3b, sobre a qual obtivera rendimentos da MVPA variando de 4,3 a 18,5 t ha^{-1}. CJ e CS alcançaram a maior produção em massa verde, produzindo acima de 17 t ha^{-1}. O milheto, o FP, e o labe-labe apresentaram um comportamento de rendimentos semelhantes entre si, produzindo entre, 11,1 e 12,6 t ha^{-1}. Observou-se que o guandu foi a que produziu menos biomassa entre as espécies estudadas, com rendimento de 4,4 t ha^{-1}. A MVPA da CJ e CS foi superior, em relação ao guandu, em 4,3 e 3,9 vezes, nesta ordem.

Figura 5 - Produtividade da MVPA das plantas de cobertura entre 2021 (a) e 2022 (b)



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Cavalcante et al. (2012) e Santos et al. (2020) determinaram o máximo crescimento vegetativo em plantas de cobertura no agreste alagoano e observaram que a espécie CJ apresentou um ciclo de crescimento mais curto em relação as demais, com 65 e 60 DAF (dias até a floração) juntamente com a CS com 78 e 70 DAF para os respectivos trabalhos. Esses dados demonstram os altos níveis de MVPA das plantas das espécies CJ e CS que foram coletadas em 2022.

Do mesmo modo pode ser observado com plantas da espécie Guandu com um máximo crescimento vegetativo aos 129 e 122 DAF, que em ambos os anos de estudo (2021 e 2022) obteve o menor rendimento na produtividade. O fator que possibilita tais resultados pode estar atrelado ao tempo de desenvolvimento vegetativo da espécie que é mais longo e ao seu lento desenvolvimento inicial em relação as demais. Desta forma, após considerar os 60 DAS, teriam ainda cerca de 60 dias para o guandu atingir seu pleno florescimento e alcançar seu máximo acúmulo de biomassa.

Na cidade de Jataí – GO, Carneiro et al. (2008) descreveram o milheto com um máximo crescimento aos 53 DAF. Na cidade de Lavras - MG, Carvalho et al. (2013) descreveram o milheto com 75 DAF. Tendo em vista que o milheto obteve resultados expressivos nas pesquisas, essa variação de 22 dias pode servir como um intervalo de confiança para os 60 DAS, uma vez que na região do experimento as características edafoclimáticas são diferentes das regiões anteriormente citadas.

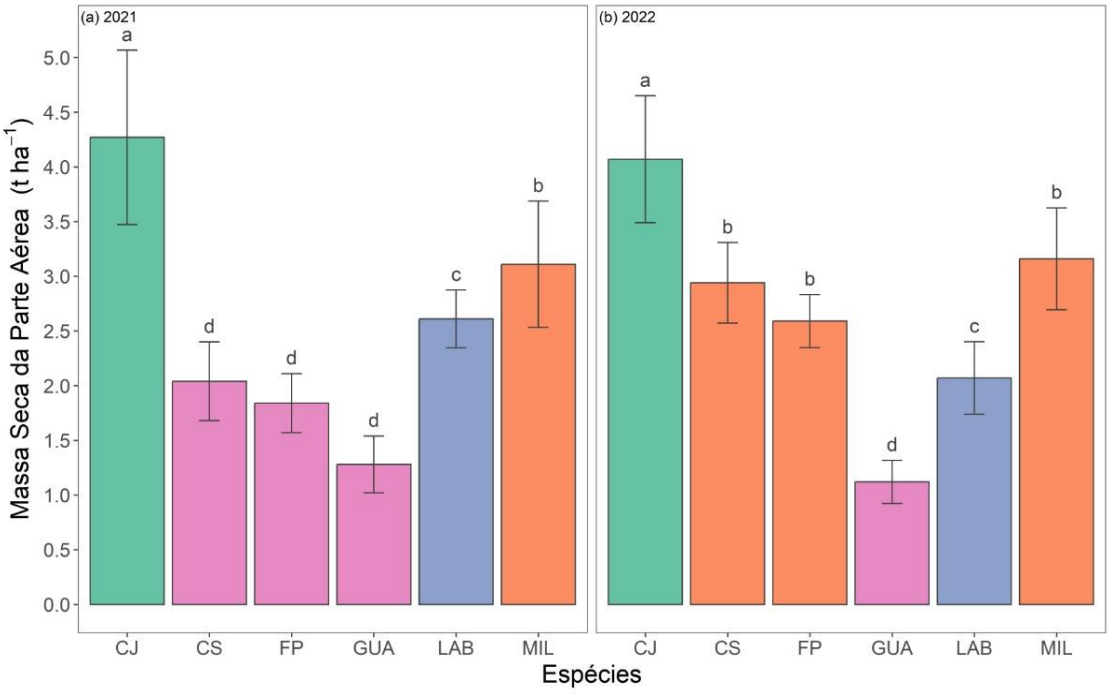
A maioria das espécies tiveram aumento na produtividade de MVPA de 2021 para 2022, com exceção do guandu, que teve a mesma produção ao longo dos dois anos. O labe-labe e o milheto, por outro lado, apresentaram quedas com reduções de 16,9 e 10%, respectivamente, o que pode ser consequência da ausência de resistência ao encharcamento do solo devido ao elevado índice pluviométrico. Bonfim-Silva et al. (2011), trabalhando com o crescimento e produção de milheto em disponibilidades hídricas do solo, observaram uma maior produção de biomassa quando submetido a 60% da capacidade máxima de retenção de água no solo, demonstrando que essa cultura é sensível a condição tanto de estresse quanto a condições de alagamento, o que justifica a sua diminuição na produtividade de MVPA no ano de 2022, quando houve um grande volume de chuvas em um curto período. As demais plantas de cobertura tiveram aumentos de 38,8, 34,4 e 13% para CS, FP e CJ, respectivamente.

O aumento da produtividade da MVPA das espécies CS pode ser explicado pelo uso de indicadores pluviométricos. Assim, a precipitação ao longo dos 60 DAS em 2021 foi de 299,21 mm enquanto no ano de 2022, a precipitação foi de 623 mm, superando em 2 vezes a precipitação do ano anterior. Isso mostra uma quantidade significativa de precipitação durante o período em que as plantas estavam no campo.

Para avaliar a eficiência de uma planta como adubação verde, deve-se observar a quantidade de biomassa produzida e o teor de nutrientes absorvidos por ela. Quanto maior a biomassa, maior cobertura do solo e, consequentemente, maior teor de matéria orgânica, proporcionando benefícios como aumento da infiltração e armazenamento de água, drenagem , aeração e influência direta na resistência mecânica do solo (SUZUKI & ALVES, 2006).

A Figura 4a mostra a produtividade da MSPA para as plantas cobertas em 2021, quando obtiveram rendimentos variando de 1,3 a 4,2 t ha^{-1}. A espécie com maior produtividade foi a CJ, que obteve média de 4,2 t ha^{-1}. O milheto apresentou resultados inferiores aos da CJ (3,1 t ha-1), mas superiores ao labe-labe (2,6 t ha^{-1}), CS (2 t ha^{-1}) e FP (1,8 t ha^{-1}). O guandu apresentou a menor produtividade de MSPA com 1,3 t ha^{-1}, mas ainda assim se comportou de forma estatisticamente semelhante

Figura 6 - Produtividade da MSPA das plantas de cobertura entre 2021 (a) e 2022 (b)



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

às duas espécies anteriores (CS e FP). A produtividade de MSPA para CJ foi 3,2 vezes maior que a do guandu.

No ano de 2022, a produtividade de MSPA das plantas produziu rendimentos variando de 1,1 a 4,0 t ha^{-1}. A exemplo do ano anterior, o mesmo se repetiu com a CJ tendo a maior produtividade, finalizando com 4 t ha^{-1}. Com valores respectivos de produção de 3,1, 2,9 e 2,6 t ha^{-1}, o milheto, FP e CS não apresentaram divergência entre si. O labe-labe apresentou 2,1 t ha^{-1}. O Guandu com produtividade de 1,1 t ha^{-1} foi a espécie de menor produtividade de MSPA. Quando comparada ao guandu, a produtividade da CJ foi 3,6 vezes maior. Os dados podem ser vistos na Figura 4b.

Examinando a produção do MSPA de 2021 a 2022 ao verificar cada espécie, pode-se observar que ocorreu um aumento expressivo de 31 e 30 % nas espécies CS e FP, respectivamente. A CJ, labe-labe e guandu apresentaram quedas com reduções de 4,8, 19,2 e 15,4%, respectivamente. Para o milheto a produtividade foi a mesma nos dois anos do estudados.

Em experimento semelhante desenvolvimento no agreste Alagoano, LEITE, (2022) observou que as menores médias de produção de matéria seca foram vistas nas espécies labe-labe e guandu, resultado que corrobora com o encontrado na produtividade de MSPA do ano de 2022 do presente trabalho (figura 4b).

Bulisani et al. (1992) trabalhando com a massa seca do feijão-de-porco, guandu e CJ observaram um maior rendimento da parte aérea na CJ. Em pesquisa feita na cidade de Arapiraca, Alagoas, por Santos et al. (2020), estudando o acúmulo de massa seca de plantas de cobertura, relataram que a CJ apresentou o maior acúmulo de MSPA entre as espécies analisadas, com produtividade de 5,1 t ha^{-1}, no período de 60 DAS, resultado superior ao do presente trabalho. Segundo Barreto (2001), a CJ é uma planta de crescimento rápido que pode ser colhida entre 70 e 90 dias após o plantio, o que justifica seu desempenho na presente análise.

O acúmulo final da massa seca do guandu em relação ao CJ pode ser explicado pelo seu curto período na área de cultivo, que durou apenas 60 dias, não atingindo o florescimento. Dentre as espécies estudadas, o guandu possui o ciclo mais longo, tornando-se uma espécie que requer mais tempo na área de cultivo. Nesse sentido, é necessário analisar a eficiência de produção de biomassa até seu pleno florescimento e a absorção de nutrientes das plantas de cobertura para avaliar sua utilidade (CAVALCANTE, 2012).

Em estudo feito por Santos et al. (2020), foi visto que aos 60 DAS, a CJ acumulou 50% da produção total, enquanto o guandu representava apenas 20%. Nos 45 dias posteriores (60 a 105 DAS), o guandu acumulou 8,4 t ha^{-1} de matéria seca (80% do total) enquanto a CJ acumulou 4,9 t ha^{-1} de matéria seca (50 % do total).

Por meio de equações, Santos et al. (2020) calcularam a produção de massa seca das plantas de cobertura e obtiveram aos 60 DAS rendimentos de cerca de 5,1 t ha^{-1} para CJ, 1,8 t ha^{-1} para CS, 1,9 t ha^{-1} para FP, 1,8 t ha^{-1} para labe-labe, e 1,4 t ha^{-1} para o guandu. A CJ, FP, guandu e labe-labe estiveram todos de acordo com o estudo dentro da faixa de confiança. Os demais dados produtivos das plantas de cobertura foram inferiores ao trabalho acima citado.

Os resultados deste estudo fornecem informações valiosas para produtores e pesquisadores sobre as características produtivas das plantas de cobertura que serão depositadas à superfície do solo ao final da rotação de culturas em sistema de plantio direto.

5 CONCLUSÕES

Não hove diferença das fontes de fósforo na produtividade das plantas estudadas.

A CJ, labe-labe e milheto apresentaram a maior produtividade de MVPA em 2021, enquanto em 2022, a CJ alcançou a maior produtividade.

O guandu apresentou as menores produtividades para MVPA em 2021 e 2022.

A CJ apresentou a maior produtividade de MSPA nos dois anos de estudos.

As espécies CS, FP e guandu alcançaram as menores produtividades de MSPA em 2021. O Guandu foi a espécie com menor desempenho de MSPA em 2022.

REFERÊNCIAS

AITA, C.; BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; GONÇALVES, C.N.; DA ROS, C.O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.157-165, 2001. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/BZQcV9WcnqJVK53MbzRL3ZF/abstract/?lang=pt#:~:text=arvense%20(L.),pousio%20invernal%20(plantas%20invasoras). Acesso em: 27 abr. 2022.

ALMEIDA, J.A.; TORRENT, J.; BARRÓN, V. Cor de solo, formas de fósforo e adsorção de fosfatos em Latossolos desenvolvidos de basalto do extremo sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.985-1002, 2003. Disponível em: https://abre.ai/fPxE. Acesso em: 11 nov. 2022.

ALVARENGA, Ramon Costa; CABEZAS, Waldo Alejandro Lara; CRUZ, José Carlos; SANTANA, Derli Prudente. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, jan. 2001. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/485005/plantas-de-cobertura-de-solo-para-sistema-plantio-direto. Acesso em: 11 nov. 2022.

ALVAREZ, V. H. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DAS ANÁLISES DE SOLOS. In: **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais.** Viçosa, MG, 1999. p. 31-36.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de coberturas do solo, sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.241-248, 2002. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/tKDcydr6PVW6MVJf3j8p4Bs/abstract/?lang=pt. Acesso em: 11 nov. 2022.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S.B. Leguminosas e adubação mineral como fonte de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.179-189, 2000. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/zVJ3QqYmhdFQxBNPqtQbfVH/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 11 nov. 2022.

BAHL, G.S.; PASRICHA, N.S. Effciency of P utilization by pigeonpea and wheat grown in a rotation**. Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 51, n. 3, p. 225-229, 1998. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1023/A:1009764503975. Acesso em: 11 nov. 2022.

BALBINOT JUNIOR, A. A. *et al*. Estratégias de uso do solo no inverno e seu efeito no milho cultivado em sucessão. **R. Bras. Agrociência**, Pelotas, v.17, n.1-4, jan-mar, 2011. Disponível em: https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/download/2036/1873. Acesso em: 27 abr. 2022.

BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. Recomendações técnicas para o uso da adubação verde em solos de tabuleiros Costeiros. **Embrapa Tabuleiros Costeiros-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2001. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/510596/recomendacoes-tecnicas-para-o-uso-da-adubacao-verde-em-solos-de-tabuleiros-costeiros. Acesso em: 11 nov. 2022.

BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; CABRAL, E. A.; KROTH, B. E.; REZENDE D. Desenvolvimento Inicial de Gramíneas Submetidas ao Estresse Hídrico**. Revista Caatinga**, Mossoró, v.24, n.2, p180-186, abr.-jun., 2011. Disponível em: https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/1871. Acesso em: 27 abr. 2022.

BULISANI, A., M. B. B. da Costa, S. MIYASAKA, A. CALEGARI, L. P. WILDER, T. J. C. AMADO A. MONDARDO. Adubação verde nos Estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. p. 57-206. In M. B. B. da Costa (Coord.). **Adubação verde no Sul do Brasil**. Rio de Janeiro. 1992.

CALEGARI, Ademir; COSTA, Antonio. Manutenção da cobertura melhora atributos do solo. 9. ed. Paraná: **Visão Agrícola**, 2009.

CARNEIRO, M. A. C.; CORDEIRO, M. A. S.; ASSIS, P. C. R.; MORAES, E. S.; PERREIRA, H. S.; PAULINO, H. B.; SOUZA, E. D. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. **Bragantia**, v.67, p.455-462, 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/j/brag/a/n9RR4SdtPHJqYT3xFKPpdLx/?lang=pt. Acesso em: 11 nov. 2022.

CARVALHO, W. P.; CARVALHO, G. J.; NETO, D. D. O. A.; TEIXEIRA, L. G. V. Desempenho agronômico de plantas de cobertura usadas na proteção do solo no período de pousio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v. 48, p. 157-166, 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pab/a/nTS8GfxFWn3Sr5VrpCspS9f/?format=pdf&lang=pt#:~:text=na%20prote%C3%A7%C3%A3o%20do%20solo%20no%20per%C3%ADodo%20de%20pousio,-Wellington%20Pereira%20de&text=As%20esp%C3%A9cies%20avaliadas%20foram%3A%20crotal%C3%A1ria,em%20cultivo%20solteiro%20e%20consorciado. Acesso em: 18 set. 2022.

CAVALCANTE, V. S.; SANTOS, V. R.; SANTOS NETO, A. L.; SANTOS, M. A. L.; SANTOS, C. G.; COSTA, L. C. Biomassa e extração de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 521–528. 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/pGhK3mhztpz3wv9fjhW99gg/?lang=pt. Acesso em: 11 nov. 2022.

CAVALCANTE, V. S., BARBOSA, J. T. V., COSTA, L. C., SANTOS, V. R. & SANTOS, M. J. N. (2015). Produção de adubos verdes e a utilização dos resíduos no cultivo da cebolinha. **Revista Brasileira de Agroecologia**, 10(1), 24-31.

Disponível em: https://revistas.aba-agroecologia.org.br/rbagroecologia/article/view/16784. Acesso em: 11 nov. 2022.

CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; HERBES, M.G.; POLLETO, N.; SILVEIRA, M.J. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v.32, p.49-54, 2002. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cr/a/qC3ybTbj8QKbc4T76BTzxsh/abstract/?lang=pt. Acesso em: 18 set. 2022.

COSTA, N. R. et al. Atributos do Solo e Acúmulo de Carbono na Integração Lavoura-Pecuária em Sistema Plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 3, 2015. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/N4CH5D7w5xxv4gH5S9gzXdR/abstract/?lang=pt. Acesso em: 27 abr. 2022.

DICK, W.A. Continous application of no-tillage to Ohio Soils. **Agron. J.,** Madison, v. 83, p. 65-73, 1991. Disponível em: https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/agronj1991.00021962008300010017x. Acesso em: 18 set. 2022.

DONEDA, A. **Plantas de cobertura de solo consorciadas e em cultivo solteiro: decomposição e fornecimento de nitrogênio ao milho**. Santa Maria, RS, Brasil. 2010.

DONEDA, Alexandre; AITA, Celso; GIACOMINI, Sandro José; MIOLA, Ezequiel Cesar Carvalho; GIACOMINI, Diego Antonio; SCHIRMANN, Jaquieli; GONZATTO, Rogério. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 6, p. 1714-1723, dez. 2012. FapUNIFESP. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/QPF8jdNnNzVkgCw6xJfbMvw/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 18 set. 2022.

EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE (Mato Grosso do Sul). Sustentabilidade, sim Dourados: Embrapa, 2001.

GOEDERT, W. J.; SOUSA, D. M. G. Uso eficiente de fertilizantes fosfatados. *In*: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1984, Brasília. **Anais**[...] Brasília: EMBRAPA, 1984. p. 255- 290.

GOEDERT, W. J.; SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Fósforo. *In:* GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos cerrados**: tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo: Nobel, 1986. p. 129-166.

GOIS, M. G. J. L. Plantas de cobertura e fontes de fósforo solúvel e reativa na produção de milho em sistema de não revolvimento do solo. 60p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Alagoas**.** Arapiraca, 2022. Disponível em: https://ud10.arapiraca.ufal.br/repositorio/publicacoes/4257. Acesso em: 27 abr. 2022.

HAVLIN, J.L. et al. **Soil fertility and fertilizers**: an introduction to nutrient management. 8th. edition. New York: Pearson, 2013. 528p.

HECKENMÜLLER, Markus et al. **Global availability of phosphorus and its implications for global food supply: an economic overview**. Kiel working paper, 2014.

HEINZMANN, F.X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de N pelas culturas de verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, p.1021-1030, 1985. Disponível em: https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/16176. Acesso em: 18 set. 2022.

LAMAS, Fernando Mendes. Plantas de cobertura: O que é isto? **Jornal Dia de Campo,** Embrapa, DF, 2018. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/28512796/artigo---plantas-de-cobertura-o-que-e-isto: Acesso em: 05/01/2023.

LEITE, R. R. L. Produção de biomassa e extração de nutrientes pela parte aérea de plantas de cobertura. TCC (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal de Alagoas. Arapiraca, 2022. Disponível em: https://ud10.arapiraca.ufal.br/repositorio/publicacoes/4139. Acesso em: 25 nov. 2022.

MAGALHÃES, Vandebilto Sarmento. Leguminosas para utilização em sistema plantio direto na cultura do milho nos tabuleiros costeiros do estado de Alagoas. Dissertação (Mestrado em Agronomia : Produção Vegetal) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2004. Disponível em: https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/205/1/Leguminosas%20para%20utiliza%C3%A7%C3%A3o%20em%20sistema%20plantio%20direto%20na%20cultura%20do%20milho%20nos%20tabuleiros%20costeiros%20do%20estado%20de%20Alagoas.pdf Acesso em: 18 set. 2022.

MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola: adubos e adubação. 3. ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1981. 596 p.

MELO, Márllos Peres de. **Efeito de fontes e doses de fósforo em gramíneas forrageiras**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Gurupi, 2016. 112f.

MUZZILI, O. Princípios e perspectivas de expansão. In: Fundação **Instituto Agronômico do Paraná.** Londrina, Paraná, plantio direto no Paraná, circular n.23, 243p. Iapar, 1981.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, J.T. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa: UFV, DPS, 1999. 399 p.

PAVINATO, Paulo Sergio et al. Effects of cover crops and phosphorus sources on maize yield, phosphorus uptake, and phosphorus use efficiency. **Agronomy Journal**, v. 109, n. 3, p. 1039-1047, 2017. Disponível em:

https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2134/agronj2016.06.0323. Acesso em: 27 abr. 2022.

PIETERS, A. J. Green Manuring, Principles and Practice. **Agronomist in Charge of Clover Investigations, Bureau of Plant Industry U. S.** Department of Agriculture. Disponível em: https://soilandhealth.org/wp-content/uploads/01aglibrary/010160.Pieters.pdf. Acesso em: 23 jan. 2023.

PROCHNOW, L. I.; ALCARDE, J. C.; CHIEN, S. H. Eficiência agronômica dos fosfatos totalmente acidulados. *In:* SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2003, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Potafos/Anda, 2003.

RAJAN, S. S. S. et. Al., Phosphate rocks for direct application to soils. **Advances in Agronomy**, New York, v. 57, p. 77-159, 1996. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065211308609232. Acesso em: 18 set. 2022.

GARCIA, José Carlos Rojas. Plantas de cobertura e fontes fosfatadas - efeito na colonização micorrízica e nas frações de fósforo no solo. 2015. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-16062015-163915/pt-br.php. Acesso em: 18 jul. 2022.

SANTOS, H. G. et al. Argissolos Vermelhos. **Agência Embrapa de Informação Tecnologica**. EMBRAPA. Brasília-DF, 2014.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; CUNHA, T. J. F**. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: EMBRAPA, 2018. 356 p.

SANTOS, V. R.; COSTA, L. C.; ROCHA, A. M. S.; SANTOS, C. G.; SANTOS, M. A. L.; RABÊLO, E. S. F.; PRADO, R. de M. Biomass accumulation, extraction and nutrient use efficiency by cover crops. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 10, 2020.

SIEDLECKI, Rafael. Desempenho de milho safrinha consorciado com diferentes plantas de cobertura. 2017. 44 f. TCC (Graduação de Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2017.

SUZUKI, L. E. A. S.; ALVES, M. C. Fitomassa de plantas de cobertura em diferentes sucessões de culturas e sistemas de cultivo. **Bragantia**, v.65, p.121-127, 2006. Disponível em: https://www.scielo.br/j/brag/a/TFhZgzB9wKgz457HWtKrYVM/?lang=pt. Acesso em: 27 abr. 2022.

TELES, A. P. B. et al. Do cover crops change the lability of phosphorus in a clayey subtropical soil under different phosphate fertilizers? **Soil Use and Management**, v.

33, n. 1, p. 34-44, 2017. Disponível em: https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201700208381. Acesso em: 18 set. 2022.