

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, INDICADORES E SISTEMAS DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEIS



Pedro Henrique Abreu Moura
Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro
(Organizadores)

Atena
Editora
Ano 2021

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, INDICADORES E SISTEMAS DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEIS



Pedro Henrique Abreu Moura
Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro
(Organizadores)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia

Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfnas

Ciências agrárias, indicadores e sistemas de produção sustentáveis 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaiddy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Pedro Henrique Abreu Moura
Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Ciências agrárias, indicadores e sistemas de produção sustentáveis 2 / Organizadores Pedro Henrique Abreu Moura, Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-701-4

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.014212911>

1. Ciências agrárias. I. Moura, Pedro Henrique Abreu (Organizador). II. Monteiro, Vanessa da Fontoura Custódio. III. Título.

CDD 630

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

A agricultura faz parte da área do conhecimento denominada de Ciências Agrárias. Importante para garantir o crescimento e manutenção da vida humana no planeta, a agricultura precisa ser realizada de forma responsável, considerando os princípios da sustentabilidade.

Esta obra, intitulada “Ciências agrárias, indicadores e sistemas de produção sustentáveis 2”, apresenta-se em três volumes que trazem uma diversidade de artigos sobre agricultura produzidos por pesquisadores brasileiros e de outros países.

Neste segundo volume, estão agrupados os trabalhos que abordam temáticas sobre culturas hortícolas, grandes culturas como cana-de-açúcar e soja, pastagens e outros temas correlacionados a produção agrícola.

Agradecemos aos autores dos capítulos pela escolha da Atena Editora. Desejamos a todos uma ótima leitura e convidamos para apreciarem também os outros volumes desta obra.

Pedro Henrique Abreu Moura
Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

HORTICULTURA DO MARANHÃO PORTUGUÊS NOS SÉCULOS XVII E XIX: CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA DOCUMENTAL A PARTIR DAS OBRAS DOS MISSIONÁRIOS CRISTÓVÃO DE LISBOA E FRANCISCO DE NOSSA SENHORA DOS PRAZERES

Jairo Fernando Pereira Linhares

Maria Ivanilde de Araujo Rodrigues


Angela de Cassia Costa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0142129111>

CAPÍTULO 2..... 15

A EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM DIREÇÃO AO CERRADO NO ESTADO DE GOIÁS – BRASIL

João Baptista Chieppe Junior


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0142129112>

CAPÍTULO 3..... 26

REDUCCIÓN DE COSTES DE MANTENIMIENTO MEDIANTE ANÁLISIS DE FIABILIDAD EN ACTIVOS DEL SECTOR AZUCARERO

Jose Miguel Salavert Fernández

Rubén Darío Ramos Ciprián

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0142129113>

CAPÍTULO 4..... 41


MUDANÇAS NAS DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES E AL NO SOLO, RELAÇÕES CLIMÁTICAS E CONSEQUÊNCIAS NA PRODUTIVIDADE DE CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Dagles Ferreira Lopes

João Pedro de Barros Reicao Cordido

Josimar Nogueira Batista

Luciana Aparecida Rodrigues

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0142129114>


CAPÍTULO 5..... 53

AS TECNOLOGIAS DE PLANTIO DA CANA-DE-AÇÚCAR E USO DE HERBICIDAS NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS

Fabrcio Simone Zera

Leticia Serpa dos Santos

Alice Deléo Rodrigues


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0142129115>

CAPÍTULO 6..... 66

MEJORA DEL MANTENIMIENTO EN EL PROCESADO DE CAÑA DE AZÚCAR MEDIANTE LA DOCUMENTACIÓN. CASO DE ESTUDIO EN REPÚBLICA DOMINICANA

Rubén Darío Ramos Ciprián


Jose Miguel Salavert Fernández

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0142129116>

CAPÍTULO 7..... 80

ÍNDICE SPAD PARA MONITORAMENTO DA ATIVIDADE FOTOSSINTÉTICA DA BRAQUIÁRIA SUBMETIDA AO ESTRESSE HÍDRICO


Natália Fernandes Rodrigues
Germana de Oliveira Carvalho
Silvio Roberto de Lucena Tavares
Guilherme Kangussu Donagemma
Eliane de Paula Clemente

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0142129117>

CAPÍTULO 8..... 87

TOLERÂNCIA AO ESTRESSE HÍDRICO DE *BRACHIARIA BRIZANTHA* SOB EFEITO DE FERTILIZANTES A BASE DE ESCÓRIAS DE SIDERURGIA


Germana de Oliveira Carvalho
Natália Fernandes Rodrigues
Silvio Roberto de Lucena Tavares
Guilherme Kangussu Donagemma
Eliane de Paula Clemente

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0142129118>

CAPÍTULO 9..... 92

PRODUÇÃO DE MASSA SECA, VOLUME RADICULAR E EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE FÓSFORO EM *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e Massai (*Panicum maximum* x *P. infestum*)


Elizeu Luiz Brachtvogel
Andre Luis Sodré Fernandes
Luis Lessi dos Reis

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0142129119>

CAPÍTULO 10..... 109

DOSES DE ÁCIDO HÚMICO SOBRE O DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CEBOLA

Regina Maria Quintão Lana
Mara Lúcia Martins Magela
Luciana Nunes Gontijo
José Magno Queiroz Luz
Reginaldo de Camargo
Lírian França Oliveira


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01421291110>

CAPÍTULO 11..... 118

SELEÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO NA ORQUÍDEA *Cymbidium* sp.

Lílian Estrela Borges Baldotto

Júlia Brandão Gontijo
Gracielle Vidal Silva Andrade
Marihus Altoé Baldotto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01421291111>

CAPÍTULO 12..... 132

ANÁLISE DA PERDA DE BANANA NOS ESTABELECIMENTOS COMERCIALIZADORES DO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO - SP


Teresa Cristina Castilho Gorayeb
Maria Vitória Cecchetti Gottardi Costa
Adriano Luis Simonato
Nelson Renato Lima
Renato Coelho Uliana
Thamiris Antiqueira Cardoso

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01421291112>

CAPÍTULO 13..... 145

AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE CANOLA NAS CONDIÇÕES DE PONTA PORÃ – MS

Darian Ian Bresolin Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01421291113>

CAPÍTULO 14..... 148

INFLUÊNCIA DO HIDROCONDICIONAMENTO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA


Graciela Beatris Lopes
Thayná Cristina Stofel Andrade
Camila Gianlupi
Tathiana Elisa Masetto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01421291114>

CAPÍTULO 15..... 157

ESCALADA DA SOJA GM E DO GLIFOSATO, NO BRASIL, ENTRE 2011 E 2018


Cleiva Schaurich Mativi
Pierre Girardi
Sofia Inés Niveiros

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01421291115>

CAPÍTULO 16..... 171

CRESCIMENTO, BIOMASSA, EXTRAÇÃO E EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE NUTRIENTES POR PLANTAS DE COBERTURA


Valdevan Rosendo dos Santos
Leonardo Correia Costa
Antonio Márcio Souza Rocha
Cícero Gomes dos Santos
Márcio Aurélio Lins dos Santos
Flávio Henrique Silveira Rabêlo
Renato de Mello Prado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01421291116>

CAPÍTULO 17..... 194

QUANTITATIVE ANALYSIS OF PERFORMANCE AND STABILITY OF A LONG AND THIN GRAIN RICE GENOTYPE FOR RICE-GROWING REGION OF MICHOACAN, MEXICO

Juan Carlos Álvarez Hernández

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01421291117>


CAPÍTULO 18..... 209

ANÁLISE DE SOLO EM PROPRIEDADES DA REGIÃO SERRANA E DO PLANALTO MÉDIO DO RIO GRANDE DO SUL

Vanessa Battistella

Lucas André Riggo Piton


Luana Dalacorte

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01421291118>

CAPÍTULO 19..... 217

OLIVEIRA, A ANTIGA ARTE DE NÃO MORRER DE FOME NEM DE SEDE: ESTUDOS NO BAIXO ALENTEJO

Maria Isabel Ferreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01421291119>

SOBRE OS ORGANIZADORES 225

ÍNDICE REMISSIVO..... 226

CAPÍTULO 16

CRESCIMENTO, BIOMASSA, EXTRAÇÃO E EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE NUTRIENTES POR PLANTAS DE COBERTURA

Data de aceite: 01/11/2021

Valdevan Rosendo dos Santos

Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, Brasil

Leonardo Correia Costa

Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, Brasil

Antonio Márcio Souza Rocha

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus Jaboticabal, Brasil

Cícero Gomes dos Santos

Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, Brasil

Márcio Aurélio Lins dos Santos

Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, Brasil

Flávio Henrique Silveira Rabêlo

Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Renato de Mello Prado

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus Jaboticabal, Brasil

Artigo publicado em inglês no periódico Research, Society and Development, v. 9, n. 10, e9969109433, 2020 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i10.9433>

RESUMO: Alta produção de biomassa de certas espécies de plantas de cobertura deve-se a sua

alta capacidade de absorção e eficiência no uso de nutrientes. Seu potencial para produção de biomassa é importante para a obtenção de plantas produtivas utilizando informações nutricionais, especialmente em ambientes com restrição de nutrientes. O objetivo foi avaliar o acúmulo de biomassa, a extração e a eficiência no uso de nutrientes por plantas de cobertura em solo de baixa fertilidade. Os tratamentos foram dispostos em quatro blocos ao acaso, compostos por sete plantas de cobertura: crotalária juncea, crotalária spectabilis, guandu forrageiro, guandu arbóreo, labe labe, feijão de porco e mucuna preta. Para avaliar o acúmulo de massa seca, a taxa de crescimento da cultura e o índice de área foliar, foram utilizadas seis plantas em diferentes épocas: 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias após a semeadura. As plantas de cobertura diferiram quanto ao ciclo vegetativo, acúmulo de massa seca, rendimento, extração e eficiência de uso de nutrientes, com melhor desempenho apresentado pelo feijão guandu arbóreo. As plantas de cobertura são boas recicladoras de nutrientes, principalmente nitrogênio, potássio e cálcio e têm potencial para uso nos sistemas de cultivo da região Nordeste do Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Adubação verde; Ciclagem de nutriente; Fitomassa.

GROWTH, BIOMASS, EXTRACTION AND NUTRIENT USE EFFICIENCY BY COVER CROPS

ABSTRACT: The high biomass production of certain cover crops species is due to their high absorption capacity and nutrients use efficiency.

Its potential for biomass production it is important to obtain productive plants using nutritional information especially in environments with low nutrient apport. The objective was to evaluate the biomass accumulation, extraction and nutrient use efficiency by cover crops growing in a soil of low fertility. The treatments were arranged in four randomized blocks, composed of seven cover crops: sunn hemp, spectabilis, pigeon pea forage, pigeon pea arbore, lab lab, jack bean and mucuna. To evaluate dry mass accumulation, crop growth rate and leaf area index, six plants were used in different times: 30, 45, 60, 75, 90 and 105 days after sowing. The cover crops differed in vegetative cycle, dry mass accumulation, yield, extraction and nutrient use efficiency, with better performance presented by pigeon pea arbore. The cover crops are good recyclers of nutrients, particularly nitrogen, potassium and calcium and have potential for use in the cultivation systems in the Northeast of Brazil.

KEYWORDS: Green manure; Nutrient cycling; Phytomass.

1 | INTRODUÇÃO

A transformação da vegetação natural em agricultura intensiva de monocultivo, baseada no alto aporte de fertilizantes industriais foi responsável pelo crescente aumento na produção de alimento. No entanto, gerou consequências como a diminuição da matéria orgânica e da fertilidade do solo, perdas de solo por erosão, redução da biodiversidade, contaminação dos rios, aumento de gases do efeito estufa e alteração nos microrganismos do solo (Matson et al., 1997; Bouwman et al., 2017; Coskun et al., 2017), colocando em risco a sustentabilidade desse sistema e comprometendo o suporte dos serviços ecossistêmicos (Foley et al., 2005; Blanco-Canqui et al., 2015). Além disso, existe pousio no período de entressafra, o que encarece os custos de produção e acelera o processo de degradação do solo, com perdas de matéria orgânica e nutrientes (Calegari et al., 2008; Muoni et al., 2020).

Alternativas que possam diminuir a movimentação do solo e aumentar a intensidade de cultivo, a diversidade e a entrada de resíduos no sistema melhorará a qualidade do solo e a resiliência dos agroecossistemas (Ghimire et al., 2019; Beniaich et al., 2020).

A integração de plantas de cobertura leguminosas ou não nos sistemas de cultivos conservacionista pode melhorar a qualidade ao diminuir a degradação do solo e incrementar a fixação biológica e consequentemente o rendimento das culturas em rotação (Baligar e Fageria, 2007; Hallama et al., 2019; Wittwer e van der Heijden, 2020). As leguminosas são mais utilizadas, devido a sua eficiente fixação biológica, aumentando o aporte de N disponível no solo (Alvarenga et al., 1995; Nyawade et al., 2020).

As principais característica a serem avaliadas em uma planta de cobertura devem ser a sua precocidade e o seu potencial de produção de biomassa (Alvarenga et al., 2001; Ruis et al., 2019) que depende de fatores genéticos e das condições edafo-climáticas.

Tem sido observada uma relação positiva entre a produção de biomassa da parte aérea das plantas de cobertura e diminuição da lixiviação do N e incremento do acúmulo de

N na parte aérea (Finney, White e Kaye, 2016; Wittwer e van der Heijden, 2020), ciclagem de nutrientes (Borkert et al., 2003; Venkateswarlu et al., 2007; Carvalho et al., 2015) e da infiltração de água no solo (Baligar, Fageria e He, 2001; Muoni et al., 2020).

O uso de espécies adequadas favorece melhor manejo nos sistemas de cultivos (Teodoro et al., 2011). A seleção de espécies com maior eficiência nutricional favorece o crescimento das plantas (Prado, 2008). Portanto, é importante a identificação de espécies de leguminosas produtivas, utilizando informações nutricionais especialmente em ambientes com baixo aporte de nutrientes disponíveis.

A nossa hipótese é que a alta produção de biomassa de determinada espécie de leguminosa se deve a sua alta capacidade de absorção e de eficiência de uso de nutrientes. Sendo aceita essa hipótese iremos obter espécies mais produtivas aumentando a sustentabilidade nos sistemas de produção em muitas regiões do mundo que predomina solos de fertilidade limitada.

Com esta pesquisa, objetivou-se avaliar o ciclo vegetativo, acúmulo de biomassa, extração e a eficiência de utilização de nutrientes por plantas de cobertura cultivadas em um Argissolo de baixa fertilidade.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi desenvolvido no período de maio a setembro de 2011 em uma área sob pousio havia cerca de 10 anos, localizada na área experimental da Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, Alagoas, Brasil (9°41'57"S, 36°41'10"W), altitude de 321 m acima do nível médio do mar. O clima da região é classificado pelo critério de classificação de Köppen como do tipo 'As' tropical com chuvas de inverno (abril-agosto) e seca de verão (setembro-março) e precipitação pluvial média de 854,27 mm ano⁻¹ (Xavier e Dornellas, 2005). Os dados da precipitação pluvial e da temperatura do ar durante o período experimental estão apresentados na figura 1.

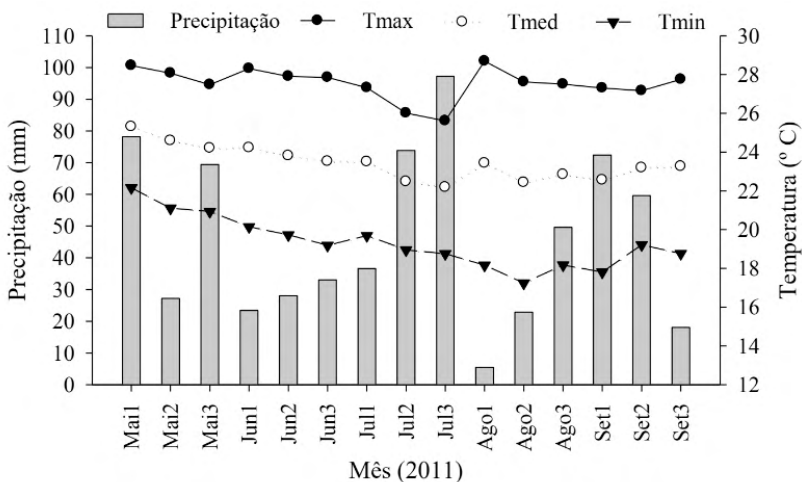


Figura 1. Precipitação pluvial e temperatura máxima (Tmax), média (Tmed) e mínima (Tmin) do ar decenal para o período de maio a setembro de 2011

O solo da área foi classificado como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (Embrapa, 2018), com os atributos químicos e granulometria da camada 0-20 cm apresentados na tabela 1.

Propriedades Químicas	Valores
pH (H ₂ O)	5.7
Matéria orgânica do solo (g dm ⁻³)	15.0
P _{Mehlich-1} (mg dm ⁻³)	13.0
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0.2
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1.4
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1.4
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0.2
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	4.0
Soma da base (cmol _c dm ⁻³)	3.0
Capacidade de troca de cátion (cmol _c dm ⁻³)	7.0
Saturação de base (%)	42.8
Fe (mg dm ⁻³)	44.5
Cu (mg dm ⁻³)	0.9
Zn (mg dm ⁻³)	2.4
Mn (mg dm ⁻³)	32.0
Areia total (g kg ⁻¹)	838
Silte (g kg ⁻¹)	18
Argila (g kg ⁻¹)	144

Tabela 1. Atributos químicos e granulometria do solo da área experimental

2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento adotado foi em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídas por sete espécies de leguminosas utilizadas como plantas de cobertura: *Crotalaria juncea* - IAC-KR1 (*C. juncea*), *Crotalaria spectabilis* - Comum (*C. spectabilis*), *Cajanus cajan* (L.) Millsp) - IAPAR 43 (G. anão), *Cajanus cajan* - Caqui (G. arbóreo), *Dolichos lablab* - Rongai (Labe labe), *Canavalia ensiformis* - Comum (F. porco) e *Mucuna aterrima* - Comum (M. preta). A parcela foi constituída por 8 linhas de 8 m de comprimento, com espaçamento de 0,5 m entre linhas, totalizando 32 m². Foram distribuídas de 25-30, 30-35, 18-20, 18-20, 10-12, 4-5 e 3-4 sementes por metro linear para a *C. juncea*, *C. spectabilis*, G. anão, G. arbóreo, Labe labe, F. porco e M. preta, respectivamente.

O preparo do solo foi feito de forma convencional com duas gradagens e o controle de ervas daninha foi realizado por meio de capinas manuais. Na tentativa de melhor simular o modelo de agricultura da região não foi feita nenhuma aplicação de corretivos, fertilizante ou de defensivos agrícolas, para o controle de pragas e doenças das plantas.

2.3 Avaliações realizadas

O número de dias até o florescimento (DAF) foi obtido, contando-se a quantidade de dias desde a semeadura até a colheita das plantas no estágio fenológico de floração plena (50% ou mais das plantas com flores abertas).

Para avaliar o crescimento foram determinados o acúmulo de massa seca, a taxa de crescimento absoluto e o índice de área foliar (IAF, m² m⁻²) em função do tempo. Seis plantas de cada espécie foram cortadas ao nível do solo para a mensuração da massa seca e da área foliar. Essas avaliações foram realizadas em seis épocas: 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias após a semeadura.

A mensuração da massa seca foi realizada após a secagem de cada amostra em estufa de circulação de ar a 60 °C até atingir massa constante. A área das folhas foi determinada utilizando-se um aparelho medidor e integrador de área foliar LICOR® LI 3100 AREA METER. Com os dados de massa seca foram definidas as taxas de crescimento absoluto (TCA, kg ha⁻¹ dia⁻¹) por meio da fórmula:

$$TCA \left(\frac{M2 - M1}{T2 - T1} \right)$$

onde M1 e M2 representam a massa seca em t ha⁻¹ de duas amostras sucessivas em seus respectivos intervalos de tempo T1 e T2. O índice de área foliar (IAF, m² m⁻²) foi obtido pela razão entre a área foliar total (AFT) em m², das plantas contidas em um hectare, dividido pela área de solo (AS) correspondente (10.000 m²):

$$IAF = \left(\frac{AFT}{AS} \right)$$

A produtividade de massa seca por hectare foi estimada quando mais da metade das plantas atingiram pleno florescimento, a partir do corte da planta no nível do solo, contidas em 1 m² de área nas linhas centrais de cada parcela.

O material colhido foi colocado em estufa de circulação de ar a 60 °C até atingir massa constante. Após a secagem, a massa seca foi mensurada e em seguida foi moída em moinho de facas tipo Willey e acondicionadas em recipientes plásticos para posterior análise laboratorial.

A digestão e a determinação das concentrações de nutrientes no tecido das leguminosas foram realizadas de acordo com metodologia proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). As concentrações de N foram determinadas pela digestão sulfúrica seguida de destilação e titulação pelo método Kjeldahl; P, K, Ca, Mg e S foram extraídos pela digestão nítrico-perclórica. O Ca e o Mg foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, K por espectrofotometria de emissão de chama, S por turbidimetria e o P pelo método colorimétrico amarelo de fosfomolibdovanadato.

As quantidades de nutrientes extraídas por hectare foram calculadas pela multiplicação da massa seca pela concentração do nutriente no tecido vegetal de cada espécie. A eficiência de utilização dos nutrientes (EUN) foi obtida com base na metodologia proposta por Baligar, Fageria e He (2001):

$$EUN = \left(\frac{MS}{NE} \right)$$

Onde MS representa a massa seca em t ha⁻¹ e NE é a quantidade do nutriente extraído pela para aérea em kg ha⁻¹.

2.4 Procedimentos estatísticos

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0.05$) e quando significativos, as médias dos dados qualitativos foram comparadas pelo teste Tukey ($p < 0.05$). Para os dados quantitativos foi realizada a análise de regressão. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software estatístico Statistical Analyses System, versão 9.2 (SAS, 2009).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Fase vegetativa

A duração do ciclo vegetativo foi variável entre as espécies, sendo de 60 dias para a *C. juncea* e de 122 para o *G. arbóreo* (Figura 2). A *C. spectabilis*, *F. porco*, *G. anão*, *Labe labe*, *M. preta* e *G. arbóreo* apresentaram ciclo vegetativo equivalente a 1.3, 1.4, 1.5, 1.5, 1.7 e 2.0 vezes a mais, respectivamente do que o ciclo da *C. juncea*. Essas diferenças representam 18, 23, 29, 29, 40 e 62 dias a mais para a *C. spectabilis*, *F. porco*, *G. anão*, *Labe labe*, *M. preta* e *G. arbóreo*, respectivamente em relação a espécie que apresentou o

menor ciclo vegetativo.

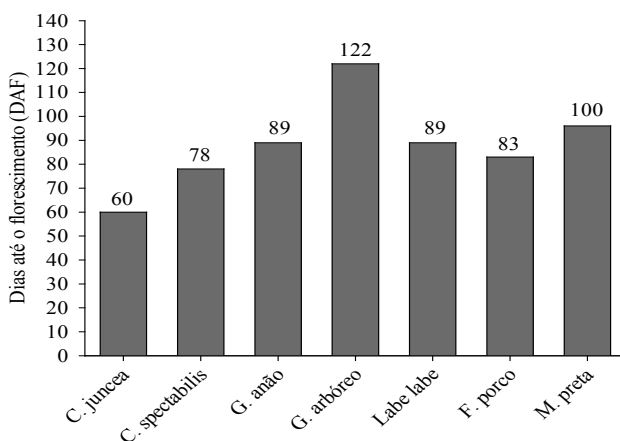


Figura 2. Dias até o florescimento (DAF) de plantas de cobertura

O ciclo vegetativo das espécies obtidos nesta pesquisa são similares aos encontrados por Cavalcante et al. (2012), os quais observaram 65, 78, 92, 92, 100, 100 e 129 dias para as espécies C. juncea, C. spectabilis, G. anão, F. porco, Labe labe, M. preta e G. arbóreo, respectivamente, cultivadas no ano agrícola de 2009 na mesma área. Resultados similares aos observados nessa pesquisa foram reportados por Carvalho et al. (2003) para as espécies atingirem a floração plena na região do recôncavo baiano, a qual apresenta uma condição climática mais parecida com as da região onde a presente pesquisa foi realizada, com floração plena de 65, 85, 100 e 120 para a C. juncea, C. spectabilis, G. arbóreo e M. preta, respectivamente.

Em experimentos conduzidos na região dos Cerrados, Alvarenga et al. (1995) observaram ciclos mais longos com 111, 181, 159, 90 e 145 dias para C. juncea, G. arbóreo, Labe labe, F. porco e M. preta, respectivamente atingirem a floração plena enquanto Teodoro et al. (2011) reportaram DAF de 88, 92, 119, 163, 97 e 156 dias para C. juncea, C. spectabilis, G. anão, Labe labe, F. porco e M. preta, respectivamente na mesma macro região. Pereira et al. (2017) observaram que a quantidade de dias até a colheita foi de 120 para a C. juncea, 100 para G. anão, 92 para F. porco e 159 para M. preta da semeadura até o período reprodutivo entre o florescimento e o estágio de grão leitoso, no Rio Grande do Sul.

Sakala, Kumwenda e Saka (2003) também observaram que a C. juncea foi a espécie de leguminosas que levou menos tempo para atingir o estágio de pleno florescimento, o qual variou de 64 a 85 dias, em diferentes localidades de Malawi. A variação no ciclo vegetativo está associada com fatores genéticos, qualidade do solo, fatores climáticos como

precipitação, temperatura, graus dias e fotoperíodo, habilidade de aquisição e utilização de nutrientes de cada espécie e condições de manejo (Wanga, Shenb e Liao, 2010; Ram et al., 2011; Nascente, Dambiro e Constantino, 2017; Sennhenn et al., 2017; Ruis et al., 2019), sendo importante o conhecimento do desempenho agrônômico das espécies a partir de pesquisas nas diferentes regiões onde serão utilizadas.

O G. arbóreo e a M. preta apresentaram ciclos mais longos, o que pode inviabilizar a introdução destas espécies em sistemas de cultivo com rotação e sucessão de culturas, podendo ser crucial em áreas cultivadas com hortaliças folhosas como a alface, coentro e cebolinha, as quais apresentam em média 30 dias para cada ciclo de cultivo na região. O uso dessas espécies implicaria na permanência por um período maior de tempo na área de cultivo, o que muitas vezes não é interessante para o agricultor, em decorrência da menor otimização da área (Teodoro et al., 2011).

Nessa condição, o uso da C. juncea como adubação verde seria mais vantajoso em relação a utilização da M. preta e do G. arbóreo em função do DAF das últimas apresentarem 40 e 62 dias, respectivamente, a mais que a C. juncea, o que diminuiria em um a dois ciclos de cultivo das folhosas para cada rotação ou sucessão hortaliças-planta de cobertura na região. Tem sido destacado a importância do uso de espécies de ciclo curto e que produzam quantidades satisfatórias de massa seca e nitrogênio para uso como plantas de cobertura em sistemas de rotação de culturas (Alvarenga et al., 2001; Fageria, 2007), com destaque para a C. juncea (Carvalho et al., 2003; Sakala, Kumwenda e Saka, 2003; Teodoro et al., 2011; Cavalcante et al., 2012; Padovan et al., 2014). Os resultados para os DAFs apresentados pelas espécies avaliadas nesta pesquisa permitem aos agricultores escolherem a espécie que melhor se adeque aos objetivos e condições edafoclimáticas e de manejo da região.

3.2 Crescimento e acúmulo de massa seca

O acúmulo de massa seca da parte aérea diferiu entre as espécies de plantas de cobertura, ajustando-se ao modelo de regressão linear para o G. anão, C. spectabilis, F. porco e M. preta e quadrático para a C. juncea, G. arbóreo e Labe labe (Figura 3A). As espécies apresentaram resposta similar, com baixo acúmulo de massa seca até os 60 dias após a semeadura (DAS), alcançando cerca de 1.4 a 2.1 t ha⁻¹, exceto para a C. juncea, que se destacou das demais e acumulou 5.1 t ha⁻¹ no mesmo período. O G. anão foi a espécie que apresentou o menor acúmulo de massa seca no final do período de avaliação, 4.3 t ha⁻¹, seguido pela C. spectabilis, 4.9, F. porco e M. preta, ambos com 5.3 t ha⁻¹, o equivalente, respectivamente a 41, 47 e 50% da massa do G. arbóreo e 43, 49 e 53% da massa acumulada pela C. juncea. O G. anão é uma leguminosa de crescimento inicial lento com acúmulo de massa seca, considerado baixo durante os dois primeiros meses (Calvo, Foloni e Brancalhão, 2010). Sheldrake e Narayana (1979), observaram que o quando de ciclo precoce (similar ao G. anão) acumulou cerca da metade da massa seca

acumulada pelas espécies de gandu de ciclo intermediário (mais próximo ao G. arbóreo), comportamento similar aos observados para essas espécies no presente estudo. Calvo, Foloni e Brancalião (2010), observaram que o G. anão acumulou apenas 1.4 t ha⁻¹ aos 60 DAS e atingiu 3.3 t ha⁻¹ aos 90 DAS, valores similares aos encontrados na presente pesquisa.

O acúmulo final de massa seca do G. arbóreo, 10,5 t ha⁻¹ e da C. juncea, 10 t ha⁻¹ foram similares; no entanto, aos 60 DAS a C. juncea já havia acumulado 51% e o G. arbóreo apenas 20% do total da massa seca produzida. Nos 45 dias finais (60 a 105 DAS), o G. arbóreo acumulou 8.4 t ha⁻¹ de massa seca (80% do total acumulado) e a C. juncea acumulou 4.9 t ha⁻¹ de massa seca (50% do total acumulado). G. Arbóreo por ser de ciclo mais tardio, o período de 105 dias de avaliação não atingiu o seu potencial máximo de crescimento (Sheldrake e Narayana, 1979; Alvarenga et al., 1995). O G. anão, por apresentar taxas baixas de crescimento (Figura 3B) e ser de ciclo precoce em relação ao G. arbóreo (Figura 2) produz menor aporte de biomassa (Figura 3A e Tabela 2) cultivado solteiro e pode ser sombreado quando em consórcio com gramínea de crescimento inicial rápido pela competição, sendo essas características constituindo uma desvantagem (Sheldrake e Narayana, 1979; Calvo, Foloni e Brancalião, 2010).

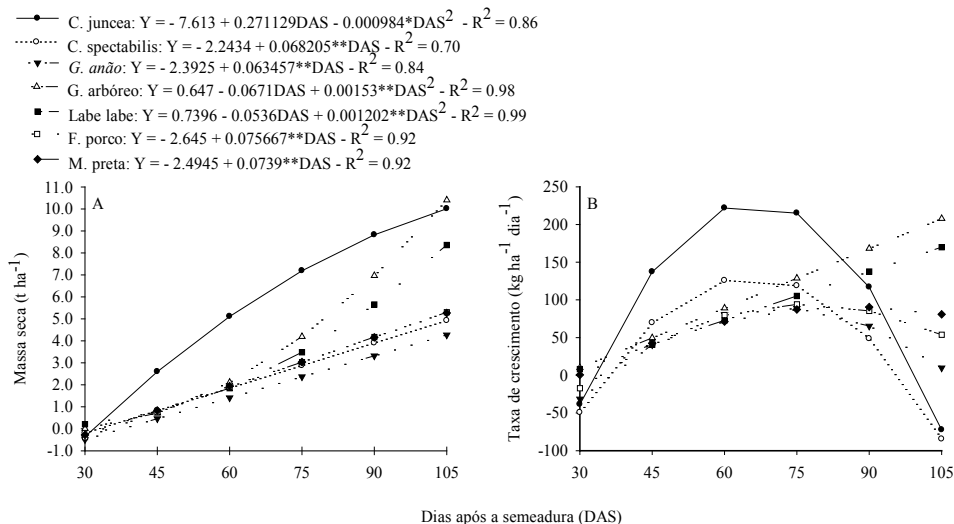


Figura 3. Acúmulo de massa seca da parte aérea (A) e taxas de crescimento absoluto (B) da parte aérea de plantas de cobertura

A C. juncea alcançaria 8.8 t ha⁻¹ se manejada aos 90 DAS (Figura 3 A) face às 4.6 t ha⁻¹ quando foi manejada, no florescimento (Tabela 2) aos 60 DAS (Figura 2). Isso significa que deixaria de ser acrescentado ao sistema solo uma quantidade de massa seca superior a 4 t ha⁻¹, caso o corte fosse realizado aos 90 DAS, rendimento superior em cerca de 2

t ha⁻¹ a mais do que a segunda espécie com maior acúmulo de massa seca no mesmo período (G. arbóreo) e mais do dobro da massa acumulada pela M. preta, F. porco, C. spectabilis e G. anão. Esse acréscimo de resíduo adicionado ao solo pode trazer melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas, proteção contra erosão e incremento na ciclagem de nutrientes (Padovan et al., 2014; Kumar, Rana e Nain, 2019; Beniaich et al., 2020).

A C. juncea é uma espécie de crescimento inicial rápido enquanto o G. arbóreo é de crescimento lento na fase inicial, fazendo com que para se alcançar grandes quantidades de biomassa necessite de maior quantidade de dias (Figura 2) (Sheldrake e Narayana; 1979; Alvarenga et al., 1995; Ram et al., 2011). O F. porco alcançaria um rendimento de 5.3 t ha⁻¹ aos 105 dias, estando compatível com as 4.6 e 7.6 t ha⁻¹ reportado por Padovan et al. (2011) aos 112 e 117 DAS para as regiões de Dourados e Itaquira, respectivamente, no Mato Grosso do Sul.

As taxas de crescimento foram baixas até os 30 DAS para todas as espécies (Figura 3B). Aos 45 DAS a C. juncea atingiu taxas superiores a 137 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de massa seca e atingiu taxas máximas superiores a 220 kg ha⁻¹ dia⁻¹ aos 60 DAS, começando declinar lentamente até os 75 DAS e de forma mais acentuada até o final do período avaliado, o que pode ser atribuído a senescência e a queda das folhas (Sakala, Kumwenda e Saka, 2003; Carvalho et al., 2015). A espécie apresentou taxa de crescimento superior a duas vezes as da C. spectabilis e cerca de 3 vezes às taxas das demais espécies no período de 60 DAS, o que confirma o seu rápido crescimento inicial e acúmulo de massa em menor intervalo de tempo (Carvalho et al., 2003; Sakala, Kumwenda e Saka, 2003; Teodoro et al., 2011; Padovan et al., 2014).

As taxas de crescimento das espécies G. anão, F. porco e M. preta foram semelhantes até os 75 DAS, quando atingiram taxas máximas de produção de matéria seca, com cerca de 90 kg ha⁻¹ dia⁻¹. Houve um declínio a partir desta época, sendo mais intenso para o G. anão, espécie que apresentou o menor acúmulo de massa seca (Figura 3 A) e o menor rendimento no florescimento, ocasião da colheita (Tabela 2). O G. arbóreo e Labe labe apresentaram taxas lineares durante todo o período avaliado, com taxas constantes e diferentes em cada período de avaliação. As taxas observadas no intervalo de 75 a 90 DAS foi de cerca de 130 kg ha⁻¹ dia⁻¹ para o G. arbóreo e de 105 kg ha⁻¹ dia⁻¹ para o Labe labe, atingindo taxas superiores a 200 e 170 kg ha⁻¹ dia⁻¹ no final do período de avaliação (90-105 DAS) para o G. arbóreo e Labe labe, respectivamente. Sheldrake e Narayana (1979) observaram que as taxas de crescimento do quandu de ciclo precoce e intermediário foram baixas nos dois primeiros meses, não ultrapassando 17 kg ha⁻¹ dia⁻¹. As taxas máximas ocorreram no terceiro mês para o cultivar precoce, com cerca de 70 kg ha⁻¹ dia⁻¹ e no quarto mês para os de ciclo intermediário, com 171 kg ha⁻¹ dia⁻¹, resultados compatíveis com os observados nessa pesquisa.

O G. anão, F. porco e M. preta foram semelhantes e apresentaram as menores taxas

de crescimento durante o período avaliado, com máximas inferiores a $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, declinando a partir dos 75 DAS para o G. anão e aos 90 DAS para o F. porco e a M. preta. O maior declínio foi observado para o G. anão.

As taxas de crescimento da *C. spectabilis* apresentaram comportamentos similares às da *C. juncea* mas com valores menores, atingindo taxas máximas superiores a $125 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ dos 45 aos 60 DAS, declinando lentamente dos 60 aos 75 DAS, acentuando-se em seguida até o final do período de avaliação (Figura 3 B).

O IAF foi crescente para as espécies G. anão, G. arbóreo, Labe labe, F. porco e M. preta (Figura 4). Para a *C. juncea* e *C. spectabilis* o IAF foi crescente até os 75 DAS quando alcançou IAF máximo de 3 e 2.6, respectivamente, declinando em seguida até 2.4 e $1.8 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, na avaliação final. O IAF apresentado pelas espécies refletiu nas taxas de crescimento e acúmulo de massa seca (Figura 3), produção de biomassa (Tabela 2) e/ou o ciclo da sementeira até o florescimento (Figura 2).

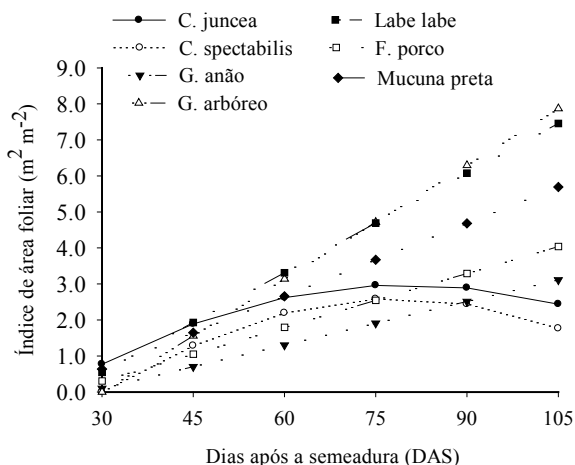


Figura 4. índice de área foliar de plantas de cobertura

Aos 45 DAS apenas o G. anão apresentou IAF inferior a $1 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ e só alcançou IAF superior a 3 aos 105 DAS enquanto o G. arbóreo e Labe labe conseguiram aos 60 DAS, M. preta aos 75 e F. porco aos 90 DAS.

Altos valores de IAF nem sempre conseguem manter níveis altos de produção de massa seca em virtude do auto-sombreamento reduzir as taxas fotossintéticas médias por toda área foliar (Nóbrega et al., 2001), o que pode ter ocorrido para o Labe labe, o qual apresentou IAF crescente a taxa constante de 1.4, alcançando índice de 6.1 aos 90 dias (Figura 4) e produziu apenas 3.4 t ha^{-1} de massa seca total da parte aérea no florescimento (Tabela 2), ocorrido aos 89 DAS (Figura 2). No entanto, o fato da cobertura do Labe labe poder permanecer efetivo para a subsequente estação deve ter impacto positivo na

cobertura e proteção do solo contra o escoamento superficial e a erosão (Nyawade et al., 2020).

IAF de 1.3 a 1.7 para cultivares de guandu anão precoce e 3.6 para cultivares de ciclo intermediário foram encontrados por Sheldrake e Narayana (1979) em Vertssolo em período com menor umidade e alcançaram 12.7 em Alfissolo em função da melhor nodulação, drenagem e aeração deste proporcionada por este.

3.3 Rendimento, extração e eficiência de uso de nutriente

O rendimento da massa seca da parte aérea na floração plena variou de 3.4 t ha⁻¹ para o G. anão e Labe labe a 8.3 t ha⁻¹ para o G. arbóreo (Tabela 2), o qual diferiu das demais espécies (p < 0.05). O percentual de massa seca das outras espécies em relação ao G. arbóreo foi de 41% para o G. anão e Labe labe, 43% para a C. spectabilis, 53% para o F. porco, 55% para a C. juncea e de 61% para a M. preta. A M. preta produziu 5.1 t ha⁻¹ e foi superior ao G. anão e ao Labe labe (p < 0.05) e não diferiu da C. juncea, C. spectabilis e do F. porco, espécies com rendimento de massa seca estatisticamente igual às duas espécies com menor rendimento (G. anão e Labe labe).

Espécie	Massa seca	Extração					
		N	P	K	Ca	Mg	S
	t ha ⁻¹	-----kg ha ⁻¹ -----					
C. juncea	4.6 bc [†]	84.1 bc	9.1 abc	61.2 abc	29.2 ab	10.2 bc	4.2 bc
C. spectabilis	3.6 bc	86.3 bc	8.4 bc	68.5 ab	30.5 ab	8.0 bcd	6.9 a
G. anão	3.4 c	78.6 bc	6.6 cd	33.3 d	18.1 b	5.4 d	3.6 c
G. arbóreo	8.3 a	133.9 a	12.4 a	79.5 a	32.6 a	13.2 a	6.8 a
Labe labe	3.4 c	59.3 c	5.1 d	35.7 cd	28.3 ab	6.7 d	5.0 abc
F. porco	4.4 bc	113.6 ab	8.7 bc	47.2 bcd	39.8 a	10.9 ab	5.5 abc
M. preta	5.1 b	109.9 ab	11.4 ab	63.2 ab	31.4 a	7.9 cd	5.6 ab
dms _{0.05}	1.72	36.3	3.3	27.2	2.7	2.9	1.98
		Eficiência					
		-----kg kg ⁻¹ -----					
C. juncea		55.3 abc	508.0 b	76.5 ab	159.8 bc	452.5 c	1096 ab
C. spectabilis		42.0 d	435.3 b	53.0 b	119.8 c	465.0 bc	520.0 e
G. anão		43.8 cd	525.5 b	103.0 a	190.0 b	626.3 ab	956.8 bc
G. arbóreo		61.5 a	674.0 a	105.5 a	263.5 a	627.5 ab	1230.0 a
Labe labe		58.0 ab	672.5 a	95.3 a	121.3 c	516.5 abc	687.0 de

F. porco	38.8 d	506.0 b	94.0 a	110.3 c	400.5 c	807.5 cd
M. preta	47.8 bcd	449.3 b	83.8 ab	166.0 bc	657.3 a	938.3 bc
dms _{0.05}	11.9	94.7	31.7	65.6	171.6	180.8

¹Médias seguidas pela mesma letra, na coluna não difere estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0.05$). dms = diferença mínima significativa.

Tabela 2. Rendimento de massa seca, extração e eficiência de uso de macronutrientes de plantas de cobertura

Os resultados de produção de massa seca da presente pesquisa são semelhantes aos obtidos por Cavalcante et al. (2012), os quais observaram que o G. arbóreo apresentou rendimento de 8.7 t ha⁻¹, sendo similar ao G. anão (4.0 t ha⁻¹) e a M. preta (4.2 t ha⁻¹) e foi superior em 3.5 vezes para a C. spectabilis, 2.9 para a C. juncea e F. porco e 2.7 vezes maior que a massa seca da parte aérea do Labe labe em experimento cultivado na mesma área do presente estudo, no ano agrícola de 2009. Alvarenga et al. (1995) também verificaram superioridade do guandu arbóreo sobre as demais leguminosas estudadas. Carvalho et al. (2015), observaram rendimento de matéria seca de 2.3, 3.5 e 3.9 t ha⁻¹ para a crotalária juncea, guandu anão e mucuna preta, respectivamente, um pouco abaixo dos observados neste trabalho para a juncea e mucuna preta em função da semeadura ter ocorrido no final o período chuvoso.

A M. preta apresenta bom potencial de uso como planta de cobertura para a região da pesquisa, produzindo acima de 5 t ha⁻¹ em área de pousio e atingiu 8.5 t ha⁻¹ em área de fertilidade construída (Cavalcante et al., 2015). Sua principal desvantagem é o seu ciclo vegetativo longo, atingindo os 100 dias na região. A maior biomassa da parte aérea produzida por essa espécie e a sua rápida velocidade de cobertura do solo foi responsável pelo aumento da infiltração de água no solo e da agregação das partículas de solo (Muoni et al., 2020).

No entanto, Fávero et al. (2000) reportaram rendimentos de 7.6, 3.7, 6.6 e 5.1 t ha⁻¹ de massa seca para o F. porco, Labe labe, M. preta e guandu, respectivamente sem adubação em solos com melhor fertilidade do que o do presente estudo. Efeito da fertilidade do solo na elevação da capacidade de plantas de cobertura em aumentarem a produção de massa seca tem sido relatado. Koné et al. (2008), reportaram que a capacidade de plantas de cobertura em melhorar a qualidade do solo será mais rapidamente alcançada quando o carbono, nitrogênio total e conteúdo de fósforo estiverem em quantidades adequadas.

A fertilidade do solo adequada promove maior produção de biomassa, aumentando a quantidade de matéria orgânica, a atividade microbiana, a ciclagem de nutrientes no solo e melhora o suporte dos serviços ecológicos nos ecossistemas (Blanco-Canqui et al., 2015; Finney, White e Kaye, 2016). No entanto, quando as plantas crescem em condições de baixa fertilidade como é o caso de área de pousio de longo prazo, precisam alocar mais biomassa para as raízes para manter a capacidade de absorção de nutrientes, diminuindo

a massa seca produzida pela parte aérea (Tian e Kang, 1998). O guandu anão produziu 3.3 t ha⁻¹ de matéria seca quando colhido aos 90 dias após a semeadura em período final da estação chuvosa (Calvo, Foloni e Brancalião, 2010). Esse rendimento é idêntico ao obtido nesta pesquisa (Tabela 2), para o mesmo período de tempo (Figura 2) em condições de cultivo no início da estação chuvosa da região e tende a diminuir a medida que a semeadura é realizada mais tardiamente (Sheldrake e Narayana, 1979; Amabile et al., 2000; Costa et al., 2019). Por outro lado, a espécie consegue produzir acima de 5 t ha⁻¹ em áreas com boa fertilidade do solo e condições climáticas adequadas (Fávero et al., 2000; Borkert et al., 2003; Cavalcante et al., 2015).

Calvo, Foloni e Brancalião (2010) reportaram que o guandu anão tem baixa aptidão para a produção de palhada no ambiente do Brasil Central, o que corrobora os dados obtidos por este estudo e por Cavalcante et al. (2012) e Costa et al. (2019) na região Agreste de Alagoas em condições de pousio.

O baixo rendimento obtido pelo G. anão em relação ao G. arbóreo pode ser explicado pelo seu menor porte e relativamente curto ciclo vegetativo (Figura 2) e menores taxas de crescimento (Figura 3 B). O fato do G. arbóreo florescer aos 122 dias fez com que este aproveitasse dias com mais horas de fotoperíodo e explorasse por mais tempo água e nutrientes do solo (Alvarenga et al., 1995) enquanto o G. anão floresceu mais cedo e em períodos de céu nublado e com menores temperaturas (Figura 1) (Sheldrake e Narayana, 1979; Rowden et al., 1981).

O Labe labe foi uma das espécies que apresentou o menor rendimento juntamente com o G. anão, 3.4 t ha⁻¹ (Tabela 2), confirmando o baixo rendimento obtido no mesmo local deste experimento (1º ano), 3.2 t ha⁻¹ por Cavalcante et al. (2012) e atingiu apenas 4.7 t ha⁻¹ quando cultivado em área corrigida e com boa fertilidade (Cavalcante et al., 2015). Essa tendência também foi relatada para a região Sudeste do País em relação a outras espécies de plantas de cobertura, com o Labe labe obtendo abaixo de 3.8 t ha⁻¹ (Favero et al., 2000; Bertin, Andrioli e Centurion, 2005). Esse rendimento representa 50 a 60% das 6 t ha⁻¹ preconizadas por Alvarenga et al. (2001) para proporcionar boa cobertura do solo. De acordo com Hallama et al. (2019), o efeito de plantas de cobertura varia no nível de espécie e destacaram que na família das leguminosas o Labe labe junto com a M. preta foram responsáveis pelo maior incremento no rendimento da cultura em sucessão.

Quanto maior o aporte de biomassa maior será a quantidade de nutrientes extraídas que poderá ser disponibilizada para a cultura seguinte (Hamalla et al., 2019; Wittwer e van der Heijden, 2020). Estudando espécies de plantas de cobertura durante seis anos em três locais Borkert et al. (2003), observaram rendimento médio de 6.2 e 5.1 t ha⁻¹ para o G. anão e M. preta, respectivamente. Em 41% do número de amostras coletadas o G. anão teve rendimento de até 4 t ha⁻¹ e apenas 5% das amostras tiveram rendimento de massa seca superior a 10 t ha⁻¹. Para a M. preta em 45% das amostras tiveram rendimento de até 5 t ha⁻¹. A quantidade média de N, P, K, Ca e Mg foi de 30.1, 2.4, 14.2, 8.2 e 2.6 kg t para o G.

anão e de 34.4, 3.4, 16.8, 11.8 e 2.9 kg t⁻¹ de massa seca para a M. preta, respectivamente (Borkert et al., 2003).

Apesar de apenas o G. arbóreo apresentar rendimento de massa seca superior ao considerado adequado por Alvarenga et al. (2001), para os quais 6 t ha⁻¹ seria a quantidade mínima de resíduo adequada para boa cobertura do solo e proteção contra os agentes erosivos, as demais espécies apresentam potencial pois o rendimento de massa seca depende de vários fatores como espécie, condições edafo-climáticas e de manejo (Venkateswarlu et al., 2007; Ruis et al., 2019).

A produção de massa seca mínima de 3.4 t ha⁻¹, em área de pousio foi importante porque em solo com adequada fertilidade foi observado rendimento de até 8.5 t ha⁻¹ na região Agreste de Alagoas (Cavalcante et al., 2015) e mesmo porque a incorporação média de apenas 1.2 t ha⁻¹ durante 10 anos resultou no aumento do carbono orgânico do solo e da biomassa, na disponibilidade de nutrientes e no rendimento da cultura principal (Venkateswarlu et al. (2007) e deve ser potencializada em ambientes de produção mais conservacionista do solo (Calegari et al., 2008; Ghimire et al., 2019).

Houve diferenças significativas para a extração de nutrientes pela parte aérea das plantas de cobertura ($p < 0.05$). As espécies extraíram quantidades de N superiores a 59 kg ha⁻¹ e de forma geral acompanhou a produção de massa seca (Tabela 2). O G. arbóreo extraiu a maior quantidade e foi superior as quantidades extraídas pelo Labe labe, C. juncea, C. spectabilis e G. anão e não diferiu do F. porco e M. preta. O F. porco e a M. preta foram superiores ao Labe labe e similar a C. juncea, C. spectabilis e G. anão, as quais não diferiram do Labe labe ($p < 0.05$). As quantidades de N extraídas são compatíveis com as encontradas por Carvalho et al. (2015) na floração de plantas de cobertura, os quais observaram extração de 91, 72 e 94 kg ha⁻¹ de N para a C. juncea, G. anão e M. preta, respectivamente.

Os 133.9 kg ha⁻¹ de N extraídos pelo G. arbóreo é 126% superior a quantidade de N acumulada pela parte aérea do Labe labe (Tabela 1). As quantidades extraídas representam de 132 a 298 kg ha⁻¹ de uréia, quantidades igual ou superior à recomendada para o milho na região. Alvarenga et al. (1995) observaram que o G. arbóreo extraiu quantidades de N, P e K superiores à C. juncea e C. paulina, Labe labe, F. porco, M. preta, feijão caupi e feijão bravo do Ceará.

Favero et al. (2000) obtiveram extração de 206, 109, 196 e 137 kg ha⁻¹ de N para o F. porco, Labe labe, M. preta e guandu, respectivamente em cultivo sem adição de fertilizantes. Exceto para o guandu, essas quantidades representam duas vezes as quantidades obtidas para as mesmas espécies nessa pesquisa, o que deve ser atribuído a melhor fertilidade do solo onde a pesquisa foi desenvolvida (Koné et al., 2008).

A quantidade de P extraídas variou de 5.1 a 12.4 kg ha⁻¹ e similarmente ao observado para o N, o G. arbóreo extraiu quantidades de P superiores ao Labe labe G. anão, C. spectabilis e F. porco e foi similar a M. preta e C. juncea. A M. preta foi superior ao Labe

labe e ao G. anão. O Labe labe extraiu a menor quantidade de P e foi estatisticamente igual ao G. anão. No geral, a quantidade de P extraída foi inferior às observadas por Cavalcante et al. (2012), os quais observaram variação de 8.5 a 18.2 kg ha⁻¹ e em área de fertilidade alta essas quantidades variaram de 19 a 32 kg ha⁻¹ (Cavalcante et al., 2015), ambos na região Agreste de Alagoas. As diferenças estão relacionadas com a menor concentração de P nos tecidos das plantas e/ou a maior quantidade de biomassa no caso da área de fertilidade alta, uma vez o conteúdo (kg ha⁻¹) é o resultado da multiplicação da concentração pela massa seca produzida.

Tem sido relatada a habilidade de plantas de cobertura em mobilizar P de menor labilidade e incorporar na biomassa da parte aérea. Os possíveis mecanismos são alterações no sistema radicular, pH da rizosfera, liberação de ácidos orgânicos e atividade de fosfatase (Horst et al., 2001; Wang e Lambers, 2020). No entanto, Hallama et al. (2019) reportaram que a biomassa produzida por plantas de cobertura parece ser o principal fator para aumentar o rendimento da cultura em sucessão por meio da transferência do P de seus resíduos e melhorar o potencial para modificação e interação na rizosfera com microrganismos mobilizadores de fosfato.

O K extraído pela parte aérea das plantas variou de 33 a 80 kg ha⁻¹ e o G. arbóreo extraiu a maior quantidade seguido pela C. spectabilis, M. preta e C. juncea. O G. anão extraiu a menor quantidade de K e não diferiu do Labe labe e F. porco. A extração de cátions como o K pelas plantas de cobertura é muito importante, principalmente em solos arenosos e em regiões de boa precipitação, onde o elemento está sujeito a lixiviação (Abdollahi e Munkholm, 2014) e deve ter efeito positivo em consórcio ou rotação com culturas acumuladoras de K como é o caso da mandioca, cultura de importância econômica e social para a região (Teodoro et al., 2011).

A maior extração de Ca foi apresentada pelo F. porco, 39.8 kg ha⁻¹ e junto com o G. arbóreo e M. preta foram superiores ao G. anão, 18.1 kg ha⁻¹ e não diferiram da C. spectabilis, C. juncea e Labe labe ($p < 0.05$). O G. arbóreo, extraiu 13.2 kg ha⁻¹ de Mg e foi superior às outras espécies, exceto para o F. porco. O G. anão e o Labe labe extraíram as menores quantidades de Mg, não diferindo da C. spectabilis e M. preta. As quantidades de Ca e Mg extraídas são inferiores às observadas por Teodoro et al. (2011) para as mesmas espécies no Cerrado, o que pode ser atribuído ao efeito da calagem e pelo maior aporte de biomassa das espécies, exceto o G. anão; eles não avaliaram o G. arbóreo.

Para o S, o destaque foi a C. spectabilis e o G. arbóreo, que extraíram 6.9 e 6.8 kg ha⁻¹, respectivamente e foram superiores ao G. anão e a C. juncea e não diferiram das demais espécies. As quantidades de S extraídas foram inferiores às obtidas por Cavalcante et al. (2012) para as mesmas espécies no 1º ano de cultivo nas mesmas parcelas, exceto C. juncea, C. spectabilis e Labe labe. Quando comparado com as mesmas espécies em área de fertilidade construída, as diferenças foram ainda maior, com destaque para a C. spectabilis, F. porco e M. preta (Cavalcante et al., 2015), as quais foram 38, 132 e 119%

superiores, respectivamente.

As quantidades de macronutrientes, extraídas pelo G. arbóreo, foram cerca de duas vezes superiores às das espécies que extraíram as menores quantidades. De forma geral, a extração de nutrientes acompanhou a produção de massa seca. O G. arbóreo, que foi a espécie com maior produção de massa seca extraiu as maiores quantidades de macronutrientes enquanto o G. anão e o Labe labe, os quais tiveram as menores produção de massa seca extraíram quantidades menores de nutrientes. Essa mesma tendência foi reportada por Alvarenga et al. (1995), Fageria, Baligar e Li (2014) e Teixeira et al. (2014).

A ordem de extração de nutrientes nessa pesquisa foi $N > K > Ca > Mg > P > S$ similar a encontrada por Fageria, Baligar e Li (2014), os quais encontraram extração de nutrientes na ordem $N > Ca > Mg > P$ em todas as espécies de plantas de cobertura; eles não avaliaram K e S e por Xavier, Oliveira e Silva (2017), os quais verificaram a ordem $N > K > Ca > Mg > P > S$.

O G. arbóreo destaca-se, dentre as leguminosas avaliadas como a mais promissora em termos de produção de massa seca e ciclagem de nutrientes e é recomendada para uso como planta de cobertura pela sua tolerância a seca, altas temperaturas, pragas e doença e eficiência de utilização de nutrientes em solos de baixa fertilidade (Baligar e Fageria (2007). Seu sistema radicular extensivo e profundo permite acessar água e nutrientes minerais, não alcançados por espécies que apresentam sistema radicular menos profundo (Sheldrake e Narayana, 1979; Alvarenga et al., 1995; Baligar e Fageria, 2007).

A utilização de plantas de cobertura de solo para adubação verde em sistemas de rotação de culturas tem a capacidade de depositar quantidades expressivas de massa seca, que é importante para a proteção do solo contra agentes erosivos, manutenção da temperatura, umidade e preservação da diversidade biológica do solo (Pereira et al., 2017). Além disso, a ciclagem e o acúmulo de nutrientes na parte aérea podem reduzir a utilização de fertilizantes inorgânicos aplicados na cultura subsequente e contribuir para a preservação do agroecossistema (Calegari et al., 2008; Qaswar et al., 2019; Kumar, Rana e Nain, 2019).

A eficiência de uso, que relaciona a massa seca produzida por unidade de nutriente acumulado na parte aérea variou com a espécie de planta de cobertura para todos os nutrientes (Tabela 2). Para o N, o G. arbóreo apresentou a maior eficiência, produzindo 61.5 kg de massa seca para cada kg do nutriente acumulado na parte aérea e foi superior às demais espécies, exceto Labe labe e C. juncea, que produziram acima de 55 kg de massa seca para cada unidade de N extraída. As demais espécies ficaram entre 38 e 44 kg de massa por unidade de N na parte aérea. O G. arbóreo e o Labe labe apresentaram a maior eficiência, com mais de 670 kg de massa produzida para cada kg de P acumulado na parte aérea e diferiram das demais espécies ($p < 0.05$), as quais tiveram uma eficiência variando de 435 a 525 kg de massa por kg de P.

Em relação ao K o G. anão, G. arbóreo, Labe labe e F. porco apresentaram maior

eficiência seguidos pela *M. preta* e *C. juncea*. A *C. spectabilis* teve a menor eficiência, não diferindo da *M. preta* e da *C. juncea*. A eficiência do *G. anão* e *G. arbóreo* foram cerca de duas vezes maior que a apresentada pela *C. spectabilis*. A eficiência para o Ca foi marcada pelo *G. arbóreo*, com 263.5 kg de massa por unidade de Ca na parte aérea, o qual diferiu de todas às espécies ($p < 0.05$) seguido pelo *G. anão*, que não diferiu da *C. juncea* e da *M. preta*.

A *M. preta* foi superior ao *F. porco*, *C. spectabilis* e *C. juncea* para a eficiência de Mg, com 657.3 kg de massa para cada unidade (Tabela 1) não diferindo do *G. arbóreo*, *G. anão* e *Labe labe* ($p < 0.05$). A maior quantidade de matéria seca por kg de nutriente na parte aérea foi obtida para o S, com o *G. arbóreo* alcançando 1230 kg kg⁻¹, superando as demais espécies, exceto a *C. juncea* que obteve 1096 kg de massa seca para cada kg⁻¹ de S acumulados na parte aérea da espécie. O *G. arbóreo* teve uma eficiência 2.4 vezes maior que a espécie com menor eficiência (*C. spectabilis*), a qual obteve 520 kg de massa seca para cada kg de S imobilizado na parte aérea (Tabela 2).

As quantidades de massa seca produzida por unidade de nutriente extraída pela parte aérea das plantas de cobertura foram superiores às obtidas por Fageria, Baligar e Li (2014), os quais observaram que a eficiência seguiu a ordem $P > Mg > Ca > N$, similar a apresentada nessa pesquisa: $S > P > Mg > Ca > K > N$; eles não avaliaram S e K.

A eficiência de uso de nutrientes é particularmente importante para nutrientes de baixa disponibilidade como o P. Espécies de plantas que apresentam alta eficiência de utilização para P são produtivas quando crescem em solo com limitado suprimento do nutriente (Baligar e Fageria (2007), o que pode ter acontecido principalmente para o *G. arbóreo* em função da sua habilidade em solubilizar e utilizar fosfato ligado a ferro e alumínio (Ae et al., 1990). Essas formas de P são predominantes nos solos mais intemperizados das regiões tropicais e o uso de espécies mais eficientes, poderia aumentar a eficiência de aproveitamento do P do solo e disponibilizá-lo para a cultura em sucessão (Bahl e Pasricha, 1998; Hallama et al., 2019).

A variação na eficiência de uso de nutriente depende do controle genético e fisiológico, mas pode ser modificado pela interação da planta com variáveis ambientais (Baligar, Fageria e He, 2001). A variabilidade na produção de massa seca e extração de nutrientes pelas espécies deve está associada com os diferentes hábitos de crescimento, com o número de dias até o florescimento e com quantidade de massa seca da parte aérea produzida pela espécie de planta de cobertura, pela partição de N dentro da planta e pelas condições edafo-climáticas locais (Fageria; Baligar e Li, 2014; Nascente, Dambiro e Constantino, 2017; Ruis et al., 2019).

O estudo permitiu aceitar a hipótese de que a maior produção de biomassa do *G. arbóreo* esteve associada a maior absorção ou extração e também a maior eficiência de utilização dos nutrientes. Os resultados obtidos permitem propor o cultivo do *G. arbóreo* como planta de cobertura em sistemas de produção conservacionista em solos de baixa

fertilidade, aumentando a sustentabilidade destes cultivos.

4 | CONCLUSÕES

O ciclo vegetativo das plantas de cobertura variou de dois a quatro meses. O menor ciclo vegetativo da *C. juncea* favorece a sua inserção em consórcio ou rotação de cultura nos sistemas de cultivos da região Agreste de Alagoas. O G. arbóreo apresentou o maior ciclo vegetativo e maior produção de biomassa, extração e uso eficiência de nutrientes. O acúmulo de massa seca foi de até 5.3 t ha⁻¹ para o G. anão, *C. spectabilis*, F. porco e M. preta, 8.5 t ha⁻¹ para o Labe labe e 10 t ha para a *C. juncea* e G. arbóreo. A *C. juncea* pode acumular quantidade de biomassa superior a 8 t ha⁻¹ se cortada aos 90 dias após a semeadura. As plantas de cobertura são boas recicladoras de nutrientes, particularmente nitrogênio, potássio e cálcio e apresentam potencial de uso nos sistemas de cultivo da região.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem de forma especial, a empresa Pirai Sementes, pelo fornecimento de sementes das plantas de cobertura utilizadas nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Abdollahi, L. & Munkholm, L. J. (2014). Tillage system and cover crop effects on soil quality: I. chemical, mechanical, and biological properties. *Soil Science Society of America Journal*, 78 (1), 262-270.
- Ae, N., Arihara, J., Okada, K, Yoshihara, T. & Johansen, C. (1990). Phosphorus uptake by pigeon pea and its role in cropping systems of the Indian subcontinent. *Science*, 248 (4954), 477-480.
- Alvarenga, R. C., Cabezas, W. A. L., Cruz, J. C. & Santana, D. P. (2001). Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. *Informe Agropecuário*, 22, 25-36.
- Alvarenga, R. C., Costa, L. M., Moura Filho, W. & Regazzi, A. J. (1995). Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 30 (2), 175-185.
- Amabile, R. F., Fancelli, A. L. & Carvalho, A. M. (2000). Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos Cerrados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35 (1), 47-54.
- Bahl, G. S. & Pasricha, N. S. (1998). Efficiency of P utilization by pigeonpea and wheat grown in a rotation. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 51 (3), 225-229.
- Baligar, V. C. & Fageria, N. K. (2007). Agronomy and physiology of tropical cover crops. *Journal of Plant Nutrition*, 30 (8), 1287-1339.

Baligar, V. C., Fageria, N. K. & He, Z. L. (2001). Nutrient use efficiency in plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 32 (7-8), 921-950.

Beniaich, A., Silva, M. L. N., Guimarães, D. V., Bispo, D. F. A., Avanzi, J. C., Curi, N., Pio, R. & Dondeyne, S. (2020). Assessment of soil erosion in olive orchards (*Olea europaea* L.) under cover crops management systems in the tropical region of Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 44, e0190088.

Blanco-Canqui, H., Shaver, T. M., Lindquist, J. L., Shapiro, C. A., Elmore, R. W., Francis, C. A. & Hergert, G. W. (2015). Cover crops and ecosystem services: insights from studies in temperate soils. *Agronomy Journal*, 107 (6), 2449-2474.

Bertin, E. G., Andrioli, I. & Centurion, J. F. (2005). Plantas de cobertura em pré-safra ao milho em plantio direto. *Acta Scientiarum Agronomy*, 27 (3), 379-386.

Borkert, C. M., Gaudêncio, C. A., Pereira, J. E., Pereira, L. R. & Oliveira Junior, A. (2003). Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38 (1), 143-153.

Bouwman, A. F., Beusen, A. H. W., Lassaletta, L., van Apeldoorn, D. F., van Grinsven, H. J. M., Zhang, J. & van Ittersum, M. K. (2017). Lessons from temporal and spatial patterns in global use of N and P fertilizer on cropland. *Scientific Reports*, 7, 40366.

Calegari, A., Hargrove, W. L., Rheinheimer, D. S., Ralisch, R., Tessier, D., Tourdonnet, S & Guimarães, M. F. (2008). Impact of long-term no-tillage and cropping system management on soil organic carbon in an oxisol: a model for sustainability. *Agronomy Journal*, 100, 1013-1019.

Calvo, C. L., FOLONI, J. S. S. & Brancalhão, S. R. (2010). Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milheto e sorgo em três épocas de corte. *Bragantia*, 69 (1), 77-86.

Carvalho, A. M., Coser, T. R., Rein, T. A., Dantas, R. A., Silva, R. R. & Souza, K. W. (2015). Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica e seu efeito na produtividade do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50 (7), 551-561.

Carvalho, S. R. L., Rezende, J. O., Fernandes, J. C. & Pereira, A. P. (2003). Cinética do crescimento de leguminosas e gramíneas com alto poder relativo de penetração de raízes em solo coeso dos tabuleiros costeiros do recôncavo baiano. *Magistra*, 15 (2), 1-12.

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.

Cavalcante, V. S., Santos, V. R., Santos Neto, A. L., Santos, M. A. L., Santos, C. G. & Costa, L. C. (2012). Biomassa e extração de nutrientes por plantas de cobertura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16 (5), 521-528.

Costa, L. C., Rocha, A. M. S., Silva, P. J. M., Martins, D. D., Santos, C. G. & Santos, V. R. (2019). *Revista Ambientale*, 11 (1), 102-111.

Coskun, D., Britto, D. T., Shi, W., Kronzucker, H. J. (2017). Nitrogen transformations in modern agriculture and the role of biological nitrification inhibition. *Nature Plants*, 3,1-10.

Embrapa (Brasil). (2011). *Manual de métodos de análise de Solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa.

Embrapa (Brasil). (2018). *Sistema Brasileiro de Classificação do Solo*. 5. ed. Brasília: Embrapa.

Fageria, N. K. (2007). Green manuring in crop production. *Journal of Plant Nutrition*, 30 (5), 691-719.

Fageria, N. K., Baligar, V. C. & Li, Y. C. (2014). Nutrient uptake and use efficiency by tropical legume cover crops at varying pH of an oxisol. *Journal of Plant Nutrition*, 37 (2), 294-311.

Fávero, C., Jucksch, I., Costa, L. M., Alvarenga, R. C. & Neves, J. C. L. (2000). Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24 (1), 171-177.

Finney D. M., White C. M. & Kaye, J. P. (2016). Biomass production and carbon/nitrogen ratio influence ecosystem services from cover crop mixtures. *Agronomy Journal*, 108 (1), 39-52.

Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R. et al. (2005). Global consequences of land use. *Science*, 309 (5734), 570-574.

Ghimire, R., Ghimire, B., Mesbah, A. O., Sainju, U. M. & Idowu, O. J. (2019). Soil health response of cover crops in winter wheat–fallow system. *Agronomy Journal*, 111 (4), 2108-2115.

Hallama, M., Pekrun, C., Lambers, H. & Kandeler, E. (2019). Hidden miners - the roles of cover crops and soil microorganisms in phosphorus cycling through agroecosystems. *Plant and Soil*, 434 (1-2), 7-45.

Horst, W. J., Kamh, M., Jibrin, J. M. & Chude, V. O. (2001). Agronomic measures for increasing P availability to crops. *Plant and Soil*, 237 (2), 211-223.

Koné, A. W., Jérôme, E. T., Angui, P. K. T., Bernhard-Reversat, F., Loranger-Merciris, G., Brunet, D. & Brédoumi, S. T. K. (2008). Is soil quality improvement by legume cover crops a function of the initial soil chemical characteristics? *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 82 (1), 89-105.

Kumar, T. K., Rana, D. S. & Nain, L. (2019). Legume residue and N management for improving productivity and N economy and soil fertility in wheat (*Triticum aestivum*)-based cropping systems. *National Academy Science Letters*, 42 (4), 297-307.

Malavolta, E., Vitti, G. C. & Oliveira, S. A. (1997). *Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba-SP: Potafos.

Matson, P. A., Parton, W. J., Power, A. G. & Swift, M. J. (1997). Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science*, 277 (5325), 504-509.

Muoni, T., Koomson, E., Öborn, I., Marohn, C., Watson, C. A., Bergkvist, G., Barne, A., Cadisch, G., Duncan, A. (2020). Reducing soil erosion in smallholder farming systems in east Africa through the introduction of different crop types. *Experimental Agriculture*, 56 (2), 183-195.

Murphy, J. & Riley, J. P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, 27, 31-36.

Nascente, A. S., Dambiro, J. & Constantino, C. (2017). Effects of grain-producing cover crops on rice grain yield in Cabo Delgado, Mozambique. *Revista Ceres*, 64 (6), 607-615.

Nóbrega, J. Q., Rao, T. V. R., Beltrão, N. E. M. & Fideles Filho, J. (2001). Análise de crescimento do feijoeiro submetido a quatro níveis de umidade do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 5 (3), 437-443.

Nyawade, S. O., Karanja, N. N., Gachene, C. K. K., Gitari, H. I., Schulte-Geldermann, E. & Parker, M. (2020). Optimizing soil nitrogen balance in a potato cropping system through legume intercropping. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 117 (1), 43-59.

Padovan, M. P., Carneiro, L. F., Moitinho, M. R., Felisberto, G., Carneiro, D. N. M. & Motta, I. S. (2014). Dinâmica de acúmulo de massa e nutrientes pela *Crotalaria juncea* para fins de adubação verde e o estágio adequado para seu manejo. *Cadernos de Agroecologia*, 9 (4):1-12.

Padovan, M. P., Motta, I. S., Carneiro, L. F., Moitinho, M. R. & Fernandes, S. S. L. (2011). Acúmulo de fitomassa e nutrientes e estágio mais adequado de manejo do feijão-de-porco para fins de adubação verde. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 6 (3), 182-190.

Pereira, A. P., Schoffel, A., Koefender, J., Camera, J. N., Golle, D. P. & Horn, R. C. (2017). Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura de verão. *Revista de Ciências Agrárias*, 40 (4), 799-807.

Prado, R. M. (2008). *Nutrição de plantas*. São Paulo: Editora Unesp.

Qaswar, M., Huang, J., Ahmed, W., Liu, S., Li, D., Zhang, L., Liu, L., Xu, Y., Han, T., Du, J., Gao, J. & Zhang, H. (2019). Substitution of inorganic nitrogen fertilizer with green manure (GM) increased yield stability by improving C input and nitrogen recovery efficiency in rice based cropping system. *Agronomy*, 9 (10), 609.

Ram, H., Singh, G., Sekhon, H. S. & Khanna, V. (2011). Effect of sowing time on the performance of pigeonpea genotypes. *Journal of Food Legumes*, 24 (3), 207-210.

Rowden, R., Gardiner, D., Whiteman, P. C. & Wallis, E. S. (1981). Effects of planting density on growth, light interception and yield of a photoperiod insensitive pigeon pea (*Cajanus cajan*). *Field Crops Research*, 4, 201-213.

Ruis, S. J., Blanco-Canqui, H., Creech, C. F., Koehler-Cole, K., Elmore, R. W. & Francis, C. A. (2019). Cover crop biomass production in temperate agroecozones. *Agronomy journal*, 111 (4), 1535-1551.

SAS Institute incorporation. (2009). *The SAS system for Windows*, versão 9.2.

Sakala, W. D., Kumwenda, J. D. T. & Saka, A. R. (2003). The potential of green manures to increase soil fertility and maize yields in Malawi. *Biological Agriculture & Horticulture*, 21 (2), 121-130.

Sennhenn, A., Odhiambo, J. J. O., Maass, B. L. & Whitbread, A. M. (2017). Considering effects of temperature and photoperiod on growth and development of *Lablab purpureus* (L.) sweet in the search of short-season accessions for smallholder farming systems. *Experimental Agriculture*, 53 (3), 375-395.

Sheldrake, A. R. & Narayana, A. (1979). Growth, development and nutrient uptake in pigeonpeas (*Cajanus cajan*). *The Journal of Agricultural Science*, 92 (3), 513-526.

Teixeira, R. A., Soares, T. G., Fernandes, A. R. & Braz, A. M. S. (2014). Grasses and legumes as cover crop in no-tillage system in northeastern Pará Brazil. *Acta Amazonica*, 44 (4), 411-418.

Teodoro, R. B., Oliveira, F. L., Silva, D. M. N., Fávero, C. & Quaresma, M. A. L. (2011). Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no cerrado do alto Vale do Jequitinhonha. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35 (2), 635-643.

Tian, G. & Kang, B. T. (1998). Effects of soil fertility and fertilizer application on biomass and chemical compositions of leguminous cover crops. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 51 (3), 231-238.

Venkateswarlu, B., Srinivasarao, C. H., Ramesh, G., Venkateswarlu, S. & Katyal, J. C. (2007). Effects of long-term legume cover crop incorporation on soil organic carbon, microbial biomass, nutrient build-up and grain yields of sorghum/sunflower under rain-fed conditions. *Soil Use and Management*, 23, 100-107.

Wanga, X., Shenb, J. & Liao, H. (2010). Acquisition or utilization, which is more critical for enhancing phosphorus efficiency in modern crops? *Plant Science*, 179 (4), 302-306.

Wang, Y. & Lambers, H. (2020). Root-released organic anions in response to low phosphorus availability: recent progress, challenges and future perspectives. *Plant and Soil*, 447 (1-2), 135-156.

Wittwer, R. A. & van der Heijden, M. G. A. (2020). Cover crops as a tool to reduce reliance on intensive tillage and nitrogen fertilization in conventional arable cropping systems. *Field Crops Research*, 249, 107736.

Xavier, R. A., Dornellas, P. C. (2005). Análise do comportamento das chuvas no município de Arapiraca, região Agreste de Alagoas. *Geografia*, 14 (2), 49-64.

Xavier, F. A. S., Oliveira, J. I. A. & Silva, M.R. (2017). Decomposition and nutrient release dynamics of shoot phytomass of cover crops in the Recôncavo Baiano. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 41, e0160103.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Absorção 43, 55, 59, 60, 62, 81, 85, 90, 91, 92, 93, 95, 99, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 112, 117, 123, 148, 150, 151, 152, 155, 171, 173, 176, 183, 188, 217, 218, 219, 220, 221, 222

Aclimatização 118, 119, 120, 122, 124, 126, 127, 128

Adução verde 171, 178, 187, 191, 192, 193

Agropecuária 17, 18, 64, 65, 86, 128, 129, 156, 168, 169, 189, 190, 216, 225

Agrotóxicos 64, 157, 159, 161, 162, 163, 167, 168, 169, 170

Análises 41, 44, 48, 51, 64, 82, 86, 89, 95, 122, 123, 126, 137, 176, 209, 210, 212, 215

B

Bactérias 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 130, 131

Bactérias diazotróficas 118, 119, 120, 123, 125, 126, 127, 128

Banana 6, 127, 132, 133, 134, 136, 137, 141, 142

Brasil 3, 4, 6, 8, 9, 10, 15, 16, 18, 19, 20, 22, 25, 46, 52, 56, 57, 58, 61, 63, 86, 88, 93, 106, 109, 110, 111, 117, 120, 122, 123, 128, 132, 134, 142, 145, 146, 147, 148, 149, 151, 155, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 167, 168, 169, 171, 173, 184, 191, 210, 211

C

Campo 8, 28, 31, 44, 67, 69, 78, 80, 82, 83, 87, 89, 94, 106, 117, 148, 149, 151, 152, 153, 154, 155, 207, 208, 209, 210, 219, 225

Cana-de-açúcar 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 86, 159, 162, 163, 164, 167

Caña de azúcar 26, 27, 28, 29, 66, 67, 68, 69, 70

Canola 145, 146, 147, 159

Cerrado 15, 16, 17, 18, 21, 24, 25, 91, 107, 124, 127, 149, 168, 186, 193

Ciclagem de nutriente 171

Colheita 21, 23, 46, 48, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 61, 65, 109, 112, 141, 146, 149, 150, 175, 177, 180

Corretivo do solo 87

Crescimento 16, 17, 18, 21, 22, 23, 52, 56, 58, 59, 60, 81, 85, 87, 93, 97, 98, 99, 100, 103, 105, 106, 108, 109, 111, 112, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 150, 157, 158, 162, 166, 171, 173, 175, 178, 179, 180, 181, 184, 188, 190, 191, 192, 219

Cultivares 44, 53, 55, 60, 61, 106, 145, 146, 168, 182

D

Déficit hídrico 60, 80, 81, 86, 87, 88, 90, 91

Desperdício 132, 133, 135, 136, 141, 143

E

Estresse hídrico 80, 81, 83, 85, 86, 87, 88, 90, 91

Etnobotânica histórica 1, 9

F

Fertilidade 18, 24, 41, 42, 43, 44, 48, 49, 51, 52, 93, 105, 108, 110, 171, 172, 173, 183, 184, 185, 186, 187, 189, 209, 210, 216

Fitomassa 171, 190, 192

G

Genetic materials 194

Genotypes 192, 194, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 206

Gramínea 81, 82, 85, 87, 88, 91, 97, 98, 100, 102, 105, 179

H

Horticultura 1, 2, 6, 8, 117, 142, 214, 224

L

Levantamento 8, 16, 19, 21, 24, 25, 41, 44, 59, 63, 132, 137

M

Manejo 41, 42, 43, 44, 47, 48, 50, 53, 54, 55, 60, 64, 65, 66, 88, 93, 94, 105, 110, 111, 141, 145, 146, 149, 160, 167, 173, 178, 185, 190, 192, 208, 210, 216, 225

Matocompetição 53, 55

Meio ambiente 15, 106, 119, 121, 126, 157, 161, 169

Monitoramento 80

Mudas 43, 53, 54, 55, 59, 60, 63, 64, 65, 118, 119, 120, 124, 126, 127, 153

N

Nutrição 52, 86, 104, 105, 106, 107, 109, 110, 143, 192

P

Pastagens 15, 17, 88, 91, 93, 94, 105, 107, 108

Pasto 87, 108

Pesquisa documental 1, 3

Plantas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 43, 44, 47, 52, 53, 54, 55, 57, 60, 61, 62, 63, 64,

65, 80, 81, 82, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 96, 99, 100, 103, 104, 105, 106, 107, 109, 110, 111, 113, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 146, 160, 166, 171, 172, 173, 175, 176, 177, 178, 179, 181, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 218, 221, 222

Plantas utilitárias 1, 3, 8

Producción 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 67, 68, 69, 70, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 206, 207, 208

Produtividade 17, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 49, 51, 53, 54, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 65, 88, 93, 105, 107, 109, 110, 111, 112, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 145, 150, 155, 159, 161, 167, 168, 176, 190, 211, 222

Produtor 16, 22, 56, 57, 58, 59, 63, 80, 134, 142, 148, 149, 153, 166, 209, 210, 211, 212, 215

R

Recomendação 52, 82, 93, 209, 210, 215, 216

Rice 91, 191, 192, 194, 195, 196, 197, 198, 204, 205, 206, 207, 208

S

Seletividade 53, 61, 62, 64

Sementes 4, 43, 61, 94, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 158, 159, 160, 175, 189

Silicato 87, 88

Soja 15, 16, 17, 24, 56, 58, 59, 108, 146, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 214

Solo 18, 23, 26, 37, 38, 41, 42, 43, 44, 48, 49, 50, 51, 52, 55, 57, 59, 62, 67, 72, 78, 81, 82, 86, 87, 88, 89, 91, 93, 94, 99, 101, 104, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 117, 124, 125, 127, 128, 147, 161, 167, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 179, 180, 182, 183, 184, 185, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 219, 220, 221, 222

SPAD 80, 81, 82, 83, 84, 85

Substâncias húmicas 109, 110, 112, 113, 116, 117

Supermercado 133, 138, 139

Sustentabilidade 25, 56, 126, 133, 143, 172, 173, 189, 210

T

Tolerância 53, 55, 61, 62, 87, 88, 91, 187

Transgênicos 157, 161

Transporte 4, 9, 40, 55, 57, 62, 67, 88, 92, 95, 102, 103, 104, 105, 108, 133

V

Vigor 60, 148, 149, 150, 151, 153, 154, 155, 156

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, INDICADORES E SISTEMAS DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEIS



-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

 **Atena**
Editora
Ano 2021

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, INDICADORES E SISTEMAS DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEIS



-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

**Atena**
Editora
Ano 2021