

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

JOSÉ DOUGLAS BEZERRA DA SILVA

**CICLAGEM DE NUTRIENTES POR PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO EM
SISTEMAS INTENSIVO DE PRODUÇÃO DE SILAGEM**

RIO LARGO - AL

2022

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

JOSÉ DOUGLAS BEZERRA DA SILVA

**CICLAGEM DE NUTRIENTES POR PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO EM
SISTEMAS INTENSIVO DE PRODUÇÃO DE SILAGEM**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Campus de
Engenharias e Ciências Agrárias como
parte dos requisitos para obtenção do
título de Engenheiro Agrônomo.**

Prof. Orientador Dr. Mauro Wagner de Oliveira

RIO LARGO - AL

2022

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 - 1512

S586c Silva, José Douglas Bezerra da.

Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura de solo em sistemas intensivo de produção de silagem. / José Douglas Bezerra da Silva. – 2022.

30f.: il.

Orientador: Mauro Wagner de Oliveira.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Graduação em Agronomia, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2023.

Inclui bibliografia

1. Alimentação de Ruminantes. 2. Gerenciamento da Produção. 3. Semeadura Direta.
4. Sistemas de Produção I. Título.

CDU: 636.2:631.457

Primeiramente a Deus, Que nos concedeu o dom da vida.

A minha mãe Rosa Maria dos Santos Silva, ao meu pai Manoel Bezerra da Silva, que foram meu alicerce nessa minha caminhada acadêmica durante esses 5 anos.

Aos meus irmãos que foram grandes incentivadores nos momentos mais difíceis durante todo esse período de estudos.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me dado a vida, saúde, discernimento e força para superar as dificuldades encontradas durante todo o período do curso.

De um modo geral a toda minha família que contribuiu diretamente para meu crescimento para conquistar meus ideais, sempre me dando forças e me apoiando nos meus estudos de forma motivadora.

A Universidade Federal de Alagoas por ter dado todas as condições adequadas para a realização deste curso.

A todos os professores do Centro de Ciências Agrárias, da UFAL, pela elevada qualidade do ensino oferecido.

Agradecimento em especial ao meu orientador Profº. Dr. Mauro Wagner de Oliveira, a quem sou muito grato pela sua disponibilidade e dedicação foram fundamentais para a conclusão deste projeto.

A todos os funcionários em geral do Campus de Engenharias Ciências Agrárias, pela sua dedicação com todo o corpo de estudantes.

A todos meus amigos que conquistei durante o período deste curso.

Agradeço a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para minha formação profissional, me encorajando e me apoiando nessa fase da minha vida.

RESUMO

No presente estudo avaliou-se o acúmulo de matéria seca e ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura de solo em sistemas intensivo de produção de milho, destinado à ensilagem. O estudo foi conduzido em um solo de textura média, no município de Mercês, Zona da Mata Mineira. No início de outubro, logo após as primeiras chuvas, foi instalado o estudo, constituído por cinco plantas de cobertura de solo, mas um tratamento testemunha (vegetação da área de pousio). Foram utilizadas como plantas de cobertura de solo: braquiária brizantha, braquiária ruziziensis, crotalária juncea, feijão de porco e mucuna-preta. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com cinco repetições. No início de fevereiro do ano subsequente à semeadura, foram avaliados os acúmulos de matéria seca e de nutrientes na parte aérea das plantas de cobertura e nas plantas da parcela pousio. Houve efeito significativo a 0,1% para plantas de cobertura do solo sobre o acúmulo de matéria seca e de nutrientes. Os valores médios para os acúmulos de matéria seca na biomassa aérea das plantas foram 19,88; 18,06; 16,38; 9,66; 8,96 e 4,26 t ha⁻¹, respectivamente, para braquiária brizantha, crotalária juncea, braquiária ruziziensis, feijão de porco, mucuna preta e vegetação da área de pousio. Em relação ao acúmulo de nutrientes na biomassa da parte aérea das plantas de cobertura, houve destaque para a crotalária juncea e para as braquiárias brizantha e ruziziensis. O maior acúmulo de nitrogênio foi observado na crotalária juncea, 343 kg ha⁻¹, seguido do feijão de porco: 269 kg ha⁻¹. Para as braquiárias brizantha e ruziziensis constatou-se acúmulo de N de 247 e 216 kg ha⁻¹, respectivamente. A braquiária brizantha foi a planta que mais acumulou fósforo e potássio, com valores médios de 39 e 362 kg ha⁻¹. Nas plantas da área de pousio foram constatados os menores valores de acúmulos de nutrientes. Para o N, P e K estes valores médios foram respectivamente de 42; 9,0 e 62 kg ha⁻¹. Assim, as plantas de cobertura de solo de maior potencial de formação de palhada e ciclagem de nutrientes foram as braquiárias, brizantha e ruziziensis, e a crotalária juncea.

Palavras chaves: Alimentação de ruminantes, Gerenciamento da produção, Semeadura direta, Sistemas de produção.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do município de Mercês – MG, local onde foi realizado o estudo.....	15
Figura 2 - Braquiária Brizantha - Uma das espécies de plantas utilizadas no estudo.....	16

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Resultados das análises químicas de amostras de solo nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade 16
- Tabela 2** - Quadrados médios das análises de variância e coeficiente de variação (C.V.) para as concentrações de nitrogênio (Conc. N), fósforo (Conc. P), potássio (Conc. K), cálcio (Conc. Ca), magnésio (Conc. Mg) e enxofre (Conc. S) em toda a parte aérea das plantas de cobertura de solo e da vegetação da área de pousio. 18
- Tabela 3** - Concentrações de nitrogênio (Conc. N), fósforo (Conc. P), potássio (Conc. K), cálcio (Conc. Ca), magnésio (Conc. Mg) e enxofre (Conc. S) em toda a parte aérea das plantas de cobertura: braquiária brizantha (B. briz.), braquiária ruziziensis (B. ruziz.), crotalaria juncea (Crotalaria), feijão de porco (F. porco), mucuna-preta (M. preta) da vegetação da área de pousio (Pousio)..... 19
- Tabela 4** - Quadrados médios das análises de variância e coeficiente de variação (C.V.) para os acúmulos de matéria seca (Ac. MS), nitrogênio (Ac. N), fósforo (Ac. P), potássio (Ac. K), cálcio (Ac. Ca), magnésio (Ac. Mg) e enxofre (Ac. S) em toda a parte aérea das plantas de cobertura de solo e da vegetação da área de pousio.20
- Tabela 5** - Acúmulo de matéria seca (Ac. MS), acúmulo de nitrogênio (Ac. N), fósforo (Ac. P), potássio (Ac. P), cálcio (Ac. Ca), magnésio (Ac. Mg) e enxofre (Ac. S) em toda a parte aérea das plantas de cobertura: braquiária brizantha (B. briz.), braquiária ruziziensis (B. ruziz.), crotalaria juncea (Crotalaria), feijão de porco (F. porco), mucuna-preta (M. preta) da vegetação da área de pousio (Pousio). 21

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1 O sistema de semeadura direta.....	10
2.2 Plantas de cobertura do solo, acúmulo de matéria seca e ciclagem de nutrientes	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1 Concentração de nutrientes na parte aérea das plantas de cobertura e na vegetação da área de pousio	18
4.2 Acúmulo de matéria seca e de nutrientes na parte aérea das plantas de cobertura de solo.....	20
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27

1- INTRODUÇÃO

Nas propriedades rurais dedicadas à produção leiteira, com média a alta produtividade animal, a silagem de milho tem sido o volumoso mais utilizado para a alimentação animal. Nas últimas décadas várias tecnologias foram desenvolvidas por centro de pesquisas, universidades e empresas particulares, visando aumentar a produtividade das lavouras de milho, diminuir o custo de produção, reciclar resíduos da atividade leiteira, melhorar a qualidade da silagem e preservar o meio ambiente (OLIVEIRA et al., 2017b).

Em áreas de produção intensiva de milho destinado à ensilagem, após a colheita da forragem, permanece no solo muito pouco do material vegetal da parte aérea da cultura. Nessas áreas, além do solo ficar desprotegido, o trânsito intenso de máquinas também contribui para a degradação das propriedades físicas do terreno, principalmente o selamento da camada superficial e o aumento da densidade do solo (OLIVEIRA et al., 2017a; OLIVEIRA et al., 2021b). Em diversas lavouras destinadas a produção de silagem, o milho é semeado sem revolvimento do solo e a cobertura morta do terreno com palhada é um dos fatores responsáveis pelo sucesso na semeadura direta, principalmente na emergência das plântulas e nas fases iniciais de desenvolvimento do milho. A cobertura morta atua como reguladora da temperatura do solo, diminui a erosão e o selamento da camada superficial do terreno, aumentando a infiltração da água da chuva e a disponibilidade hídrica, facilitando, dessa forma, a emergência das plântulas de milho, resultando em lavouras mais uniformes e de maior potencial produtivo (BRAZ, 2003; PITTELKOW et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2021b).

Diversas plantas têm sido utilizadas como cobertura de solo, sobressaindo as gramíneas quanto à produtividade de biomassa, enquanto as leguminosas se destacam quanto à fixação biológica do nitrogênio do ar atmosférico. Entre as gramíneas usadas como plantas de cobertura morta do solo, as mais comuns têm sido as braquiárias, o milheto, o capim mombaça e o sorgo forrageiro. Entre as leguminosas mais usadas estão a crotalária juncea, o feijão guandu, o feijão de porco e as mucunas cinza e preta (OLIVEIRA et al., 2021a; OLIVEIRA et al., 2021b; SANTOS et al., 2021).

Ante ao exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar, na primavera-verão, o acúmulo de matéria seca e ciclagem de nutrientes por cinco plantas de cobertura de solo, mais um tratamento testemunha (vegetação da área de pousio), em um sistema intensivo de produção de milho, destinado à ensilagem.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Nos últimos anos aumentou muito no Brasil o número de propriedades que usam intensamente tecnologias para a produção de leite, diminuindo, em contrapartida, as propriedades com exploração extrativista. Nas propriedades leiteiras de média a alta produtividade animal o milho tem sido a planta forrageira mais utilizada para a ensilagem, porque é uma planta de fácil cultivo; sendo a lavoura totalmente mecanizada, da semeadura à colheita, aliada às qualidades bromatológicas da planta, fazendo com que a silagem de milho seja um dos melhores volumosos para a alimentação de vacas leiteiras (OLIVEIRA et al., 2017b).

A disponibilidade hídrica e luminosa, o tipo de híbrido de milho utilizado (simples, duplo ou triplo), semeadura em época adequada, a ausência de impedimentos químicos e físicos ao aprofundamento do sistema radicular do milho no solo, o fornecimento de nutrientes em quantidades suficientes para uma boa nutrição da plantas, e o controle de plantas daninhas e de pragas, são alguns dos fatores que têm grande influência na produtividade da lavoura e na qualidade bromatológica da forragem e, conseqüentemente, na qualidade da silagem (RAIJ, 2011; COSTA et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2017b).

Nas lavouras de milho que se empregaram boas práticas culturais, a produção de forragem tem variado de 55 a 65 t de matéria natural por hectare, cerca de 18 e 22 t de matéria seca por hectare. A colheita dessa biomassa para sua posterior ensilagem remove grande quantidade de nutrientes, que deverão ser repostos pela adubação química, composto orgânico, dejetos dos próprios bovinos ou adubação verde. Em estudos conduzidos na Zona da Mata Mineira, por Oliveira et al (2017b) verificou-se que os acúmulos de N, P, K, Ca, Mg e S na biomassa aérea de híbridos de alto potencial produtivo foi, respectivamente, da ordem de 300, 30, 250, 60, 45 e 25 kg ha⁻¹.

2.1 O sistema de semeadura direta

Tem-se utilizado diversas tecnologias para aumentar a produtividade das lavouras de milho, tornar mais eficiente o uso dos insumos, e também preservar os recursos naturais, especialmente os solos e as nascentes de água. Dentre essas tecnologias, pode-se citar a semeadura direta ou, como é comumente citado “o plantio direto”. Um dos fatores que contribui para o sucesso no sistema de semeadura direta é a quantidade e qualidade dos resíduos produzidos pelas plantas de cobertura, e a persistência deles sobre o solo. Em áreas de produção

intensiva de milho destinado à ensilagem, após a colheita da forragem, o solo fica praticamente descoberto, com muito pouco material vegetal recobrindo o terreno. Nestas áreas, além do solo ficar desprotegido, o trânsito intenso de máquinas também contribui para a degradação das propriedades físicas do terreno, principalmente o selamento da camada superficial e o aumento da densidade do solo (COSTA et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2017b; SANTOS et al., 2021).

Nas lavouras de milho implantadas sem revolvimento do solo, a presença de material vegetal recobrindo o terreno, geralmente designada de cobertura morta, é fundamental para o sucesso na semeadura direta, principalmente na emergência das plântulas e nas fases iniciais de desenvolvimento do milho. A cobertura morta atua como reguladora da temperatura do solo, diminui a erosão e o selamento da camada superficial do terreno, aumentando a infiltração da água da chuva e a disponibilidade hídrica, facilitando, desta forma, a emergência das plântulas de milho, resultando em lavouras mais uniformes e de maior potencial produtivo e com menor custo por tonelada de matéria seca produzida (BRAZ, 2003; PITTELKOW et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2021b).

2.2 Plantas de cobertura do solo, acúmulo de matéria seca e ciclagem de nutrientes

As braquiárias, especialmente as *brizantha*, *decumbens* e *ruziziensis*; o milheto; o capim Mombaça e o sorgo forrageiro, têm sido as gramíneas mais utilizadas como cobertura de solo, especialmente por sua produtividade de biomassa, sistema radicular vigoroso e profundo, que ajudam na estabilização dos agregados do solo e também recicla nutrientes de camadas mais profundas, disponibilizando-os, após a mineralização, para as culturas de interesse econômico. Essas gramíneas são plantas C4 com alta eficiência fotossintética, adaptadas às temperaturas elevadas e alta radiação solar (BRAZ, 2003; PITTELKOW et al., 2012; COSTA et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2021b).

Há relatos na literatura de grandes taxas de acúmulos de biomassa na parte aérea das gramíneas utilizadas como plantas de cobertura de solo. Braz (2003), em estudos conduzidos em Santo Antônio de Goiás, cita valores de 23,6 t de matéria seca aos 107 dias após a emergência da braquiária *brizantha*, com taxas variando de 0,40 a 0,60 t de matéria seca por hectare por dia. Oliveira et al. (2021b) avaliaram as taxas de acúmulo de matéria seca pela braquiária *brizantha*, usada como planta de cobertura de solo, e verificaram que para as amostragens realizadas aos 60, 70 e 90 dias após a emergência (D.A.E.) os acúmulos médios de matéria seca na parte aérea da braquiária variaram de 0,22 a 0,25 t por hectare por dia. A altura média da braquiária *brizantha* aos 90 D.A.E. variou de 1,16 a 1,37 m, com 100% de

recobrimento do solo.

As braquiárias também reciclam grandes quantidades de nutrientes, especialmente de potássio. Pittelkow et al. (2012) relatam acúmulo de potássio de 350 kg por hectare na parte aérea da braquiária *ruziziensis*, em pesquisa conduzida em Sorriso - MT, em um Latossolo Vermelho Eutrófico, de textura argilosa. No estudo realizado por Oliveira et al. (2021b), na Zona da Mata Mineira, constataram-se acúmulos médios de N, P, K, Ca, Mg e S na biomassa aérea da braquiária *brizantha*, respectivamente, de 305, 31, 385, 50, 33 e 25 kg ha⁻¹, valores próximos ou superiores aos relatados por Oliveira et al. (2017b) para o acúmulo desses nutrientes na biomassa aérea de híbridos de alto potencial produtivo.

Algumas leguminosas, como a crotalária *juncea*, são plantas de crescimento rápido e grande acúmulo de matéria seca na parte aérea, mas o principal destaque para as leguminosas é a fixação biológica do nitrogênio do ar atmosférico (PERIN et al., 2004; DUARTE JÚNIOR, COELHO, 2008; RAST et al., 2010; TEODORO et al., 2011). Outras leguminosas como as mucunas cinza e preta, que têm o hábito trepador, auxiliam no controle de plantas daninhas com grande eficiência (WUTKE, ARÉVALO, 2006). Contudo, algumas delas, a exemplo da crotalária *juncea*, são extremamente sensíveis ao nictoperíodo, florescendo precocemente quando cultivadas sob noites longas crescentes (AMABILE et al., 2000; LIMA et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2021a).

Em estudos relatados por Oliveira et al. (2021a) foi avaliado o potencial produtivo de seis adubos verdes: crotalária *juncea*, feijão guandu, feijão de porco, mucuna cinza, mucuna preta e vegetação espontânea. Foram constatados maiores acúmulos de matéria seca e ciclagem de nutrientes pela crotalária *juncea*, comparativamente aos demais adubos verdes. Na média dos dois anos de estudo, a crotalária *juncea* acumulou na parte aérea cerca de 15 t de matéria seca por hectare, estatisticamente superior aos demais. O feijão guandu foi o segundo adubo verde com maior acúmulo de matéria seca, em média 10,5 t ha⁻¹. O feijão de porco e as mucunas cinza e preta acumularam próximo de 8 t ha⁻¹, não diferindo entre si. Para a vegetação espontânea (pousio) constatou-se acúmulo médio de matéria seca próximo de 5 t por hectare. As áreas dos estudos citados anteriormente tinham vegetação predominante de braquiária *decumbens* e braquiária *plantagínea* (capim marmelada). Os solos destas áreas são de fertilidade construída, com saturação por bases oscilando em torno de 60%, tendo teores médios de fósforo e de potássio.

Para a crotalária *juncea*, quando as semeaduras são realizadas do início de outubro a início de novembro, os acúmulos de nitrogênio na biomassa da parte aérea da crotalária oscilam em torno de 300 kg ha⁻¹ (OLIVEIRA et al., 2021a), coincidindo com os valores relatados por

Amabile et al. (2000); Perin et al. (2004) e Duarte Júnior e Coelho (2008). Do total do nitrogênio acumulado na biomassa da parte aérea da crotalária, cerca de 60% a 70% originaram-se das associações simbióticas das raízes da leguminosa com as bactérias fixadoras de N_2 do ar atmosférico, resultando em aporte de quantidades expressivas deste nutriente ao sistema solo-planta (PERIN et al., 2004), dessa forma, contribuindo para maior sustentabilidade da cultura subsequente (MASCARENHAS et al., 1994; OLIVEIRA et al., 1998; LIMA et al., 2010).

A crotalária juncea é uma planta muito sensível aos baixos teores de cálcio e magnésio no solo e a alta saturação por alumínio. Oliveira et al. (2021a) citam um estudo em campo, instalado num Latossolo vermelho amarelo, anteriormente utilizado para pesquisas com adubação da cana-de-açúcar. Nesse estudo, foram analisados os solos na camada de 0 a 20 cm e, nas parcelas sem uso de adubação e de corretivos de acidez nas rebrotas (Testemunha), verificaram valores médios de 18,1% para saturação por bases; 0,96 cmolc dm^{-3} para o Al^{3+} ; saturação por alumínio de 56,4%, fósforo e potássio, respectivamente de 1,3 e 14 mg dm^{-3} . Nas parcelas com uso de adubação potássica, fosfatada e de corretivos de acidez nas rebrotas, verificaram valores médios de 55,8% para saturação por bases; ausência de alumínio, fósforo e potássio, respectivamente de 8,0 e 52 mg dm^{-3} . A crotalária juncea foi semeada no início de outubro e colhida quando as sementes estavam na fase de grãos farináceos duros. O acúmulo de matéria seca nas parcelas testemunhas foi em média de 5,6 t por hectare, por outro lado, nas parcelas com uso de adubação potássica, fosfatada e de corretivos de acidez nas rebrotas verificou-se valor médio de 14,2 t por hectare.

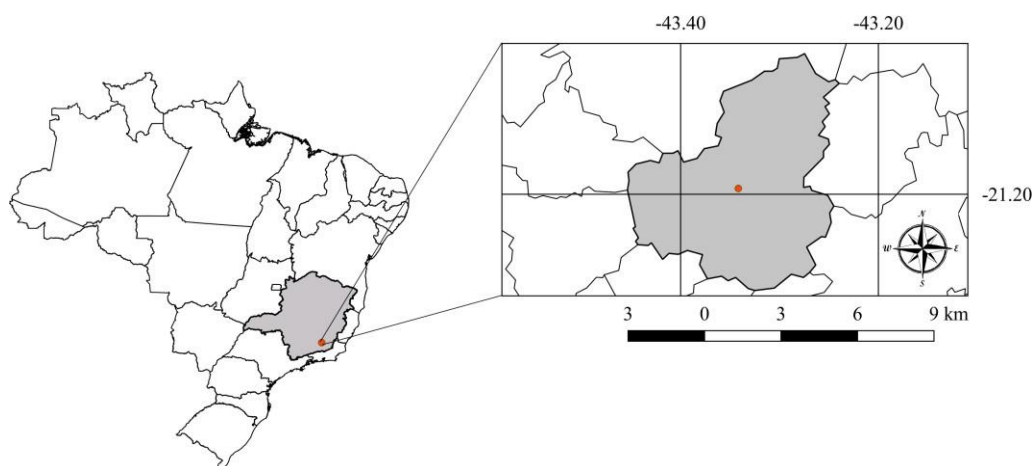
Nas pesquisas conduzidos por Ernani et al. (2001) e Meda (2003), também foi observada grande sensibilidade da crotalária juncea ao alumínio. Ernani et al. (2001) conduziram trabalho em casa de vegetação, usando um Latossolo bruno, com saturação por alumínio de 38,8% e saturação por bases de 24,5%. No tratamento que recebeu a aplicação de calcário em dose equivalente a 5,0 t por hectare, a saturação por bases elevou-se para 57%, neutralizando totalmente o alumínio. Comparativamente à testemunha, o acúmulo de matéria seca da crotalária juncea no tratamento que recebeu calcário aumentou em cerca de 150%. Meda (2003) avaliou a tolerância de leguminosas ao alumínio e classificou o lab-lab, as mucunas preta, cinza e anã como muito tolerantes e o feijão guandu foi considerado como planta tolerante. Como plantas moderadamente intermediária são citadas as crotalárias mucronata, spectabilis e ochroleuca. As crotalárias juncea e breviflora foram as mais sensíveis à toxidez do alumínio. Assim, pensando tanto na produtividade da crotalária juncea quanto na cultura de milho de alta produtividade, devem ser aplicadas doses de calcário para a elevação da saturação por bases para 60%, o que repercutirá em completa neutralização do alumínio trocável (OLIVEIRA et

al., 2007) e maior acúmulo de matéria seca e fixação biológica do N_2 do ar atmosférico (OLIVEIRA et al., 2021a).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em uma propriedade rural que utiliza intensamente a produção de forragens para alimentação de vacas leiteiras. A propriedade está localizada no município de Mercês (Latitude 21°11'39"S e Longitude 43°20'29"W), Zona da Mata de Minas Gerais, Brasil (Figura 1). O clima da área de estudo é conforme a classificação de Koppen, tropical de altitude com chuvas durante o verão e temperatura média anual de 18 °C, com variações entre 24 °C (média das máximas) e 13,8 °C (média das mínimas). A precipitação média anual é cerca de 1.200 mm, com um excedente hídrico de outubro a abril. O relevo varia de plano a suavemente ondulado. O solo utilizado foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, de textura média.

Figura 1 - Localização do município de Mercês – MG, local onde foi realizado o estudo.



Em setembro, foram coletadas amostras de solo na camada de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm para avaliar a necessidade de aplicação de calcário e de gesso. Devido ao histórico de uso da área, principalmente às aplicações anteriores de calcário dolomítico e de gesso, o solo estava com 63% de saturação por bases na camada de 0 a 20 cm e a baixa saturação por alumínio na camada de 20 a 40 cm (Tabela 1), não necessitando de corretivos de acidez ou de gessagem, conforme recomendação de Oliveira et al. (2007), Raij (2011) e Oliveira et al. (2021a).

No início de outubro, logo após as primeiras chuvas, foi instalado o estudo, constituído por cinco plantas de cobertura de solo, mas um tratamento testemunha (vegetação da área de pousio). Foram utilizadas como plantas de cobertura de solo: braquiária brizantha, braquiária ruziziensis, crotalária juncea, feijão de porco e mucuna-preta.

Figura 2- Braquiária Brizantha - Uma das espécies de plantas utilizadas no estudo.



Fonte: EMBRAPA

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com cinco repetições, sendo as parcelas constituídas de cinco sulcos de cinco metros de comprimento, espaçados de 0,50 metro.

Tabela 1 - Resultados das análises químicas de amostras de solo nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade.

Identif.	pH	P	K	Na	Al ³⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m
camada	H ₂ O	 mg dm ⁻³ ---.			.----- cmol _c dm ⁻³ ----- --.								
0 a 20 cm	5,8	10,0	47	0,0	0,00	2,69	2,88	1,61	4,61	4,61	7,30	63,15	0,00
20 a 40 cm	5,3	6,0	18	0,0	0,20	3,58	1,94	1,14	3,13	3,33	6,71	46,62	6,01

pH em H₂O (Relação 1:2,5). P, K, Extrator Mehlich. Ca, Mg e Al: Extrator KCl. H⁺ + Al³⁺: Extrator Acetato de Cálcio.

Fonte: Autor (2022)

As densidades de semeadura foram de 15 kg de sementes puras viáveis por hectare para as braquiárias, e 25, 100 e 70 kg ha⁻¹, respectivamente, para a crotalaria juncea, feijão de porco e mucuna-preta. As sementes dos adubos verdes não foram inoculadas uma vez que trabalhos conduzidos por Chada; De-Polli (1988), Barretto; Fernandes (2001) e por Oliveira et al. (2011) em propriedades rurais, em Usinas Açucareiras e no CECA/UFAL mostraram que a inoculação das sementes de leguminosas com bactérias fixadoras do nitrogênio do ar atmosférico não aumentou o aporte de nitrogênio no sistema solo-planta.

Durante o crescimento das plantas de cobertura do solo houve apenas controle químico de formigas cortadeiras. No início de fevereiro do ano subsequente à semeadura, foram

avaliados os acúmulos de matéria seca na parte aérea das plantas de cobertura do solo e na vegetação da área de pousio. As plantas foram cortadas rente ao solo, sendo posteriormente pesadas, e uma subamostra de cada parcela foi passada em picadeira de forragem. Subsubamostras dessas plantas foram secas em estufa de ventilação forçada a 65°C até peso constante. Essas subsubamostras foram passadas em moinho de aço inoxidável e analisadas quanto aos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, seguindo procedimentos descritos por Malavolta et al. (1997) e Silva; Queiroz (2002). Os teores de nitrogênio foram obtidos pelo método de Kjeldahl, o potássio por fotometria de chama e o fósforo por espectrocolorimetria. O cálcio e o magnésio foram determinados por meio da espectrofotometria de absorção atômica e o enxofre por turbidimetria.

A partir dos valores das amostragens e das análises químicas, foram calculados os acúmulos de matéria seca e de nutrientes na biomassa aérea das plantas de cobertura de solo e da vegetação espontânea. Os resultados de concentração de nutrientes na parte aérea e do acúmulo de matéria seca e de nutrientes foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (FERREIRA, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente serão apresentados e discutidos os resultados referentes a concentração de nutrientes na parte aérea das plantas de cobertura e na vegetação da área de pousio.

4.1 Concentração de nutrientes na parte aérea das plantas de cobertura e na vegetação da área de pousio.

Na tabela 2 está apresentada a análise de variância para a concentração de nutrientes na parte aérea das plantas de cobertura e na vegetação da área de pousio. Houve efeito significativo de plantas, a 0,1%, para a concentração de todos os nutrientes analisados. Os maiores coeficientes de variação foram observados para as concentrações de nitrogênio e de magnésio. Vários fatores podem influenciar na concentração de nitrogênio, um elemento cuja absorção e metabolismo é fortemente influenciado por outros, a exemplo do fósforo e do cloro (MALAVOLTA et al., 1997; OLIVEIRA et al., 2021a), mas, além desse fator, possivelmente havia alta variabilidade na área quanto aos teores de matéria orgânica ou mesmo nitrato. A variabilidade da fertilidade do solo, do estado nutricional e da produtividade da lavoura de cana-de-açúcar foram avaliados por Oliveira et al. (2018), em canavial manejado homogeneamente. Na fase de crescimento máximo da cana-planta e por ocasião da sua colheita realizaram avaliações visuais da uniformidade do canavial, visando implementar o estudo no ciclo de primeira rebrota. No ciclo de primeira rebrota foram realizadas dez amostragens, georreferenciadas, do solo, das folhas + 3 e da produtividade no centro do talhão de cerca de 5 hectares. Para a matéria orgânica do solo o coeficiente de variação foi de 31,93%, com valores variando de 8,0 a 28,0 g por dm³ de solo, sendo a média igual a 19,8 g por dm⁻³.

Tabela 2 - Quadrados médios das análises de variância e coeficiente de variação (C.V.) para as concentrações de nitrogênio (Conc. N), fósforo (Conc. P), potássio (Conc. K), cálcio (Conc. Ca), magnésio (Conc. Mg) e enxofre (Conc. S) em toda a parte aérea das plantas de cobertura de solo e da vegetação da área de pousio.

Fonte de Variação	GL	----- Quadrados médios -----					
		Conc. N	Conc. P	Conc. K	Conc. Ca	Conc. Mg	Conc. S
		g kg ⁻¹					
Planta	5	295,74***	0,411***	24,74***	24,01***	0,439***	0,905***
Bloco	4	1,23	0,025	0,851	0,269	0,003	0,071
Resíduo	20	3,43	0,014	0,751	0,077	0,065	0,019
Média Geral		18,27	1,98	14,31	4,81	2,43	1,50
C.V. (%)		10,15	6,05	6,06	5,79	10,50	9,36

***, significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Autor (2022)

Ainda em relação às avaliações realizadas por Oliveira et al. (2018), constatou-se que mesmo o canavial sendo manejado homogeneamente e estando a rebrota visualmente uniforme, foram observadas grandes variações na fertilidade do solo, no estado nutricional e na produtividade. Neste estudo, a variação do teor de Mg no solo também foi alta: 34,95%, com valores mínimos, médios e máximos, respectivamente de 0,80; 1,16 e 2,20 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Montezano et al. (2006), comentam que a variabilidade espacial de algumas propriedades do solo, expressa pelo coeficiente de variação, pode ser inferior a 10%, enquanto para outras, supera a 1.000%. Warrick e Nielsen (1980) classificaram a variabilidade em três níveis: baixa, com coeficiente de variação (C.V.) menor que 12%, de 12 a 52 a variabilidade seria média, e, acima de 52%, considerada alta.

Na tabela 3 estão apresentados os valores médios de concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em toda a parte aérea das plantas de cobertura de solo e da vegetação da área de pousio. As maiores concentrações de nitrogênio foram observadas nas leguminosas: feijão de porco e mucuna-preta, seguidas da crotalária juncea, com valores, respectivamente de 28,04; 26,77 e 19,12 g de N por kg de matéria seca.

Tabela 3 - Concentrações de nitrogênio (Conc. N), fósforo (Conc. P), potássio (Conc. K), cálcio (Conc. Ca), magnésio (Conc. Mg) e enxofre (Conc. S) em toda a parte aérea das plantas de cobertura: braquiária brizantha (B. briz.), braquiária ruziziensis (B. ruziz.), crotalária juncea (Crotalaria), feijão de porco (F. porco), mucuna-preta (M. preta) da vegetação da área de pousio (Pousio).

Planta de cobertura	Conc. N	Conc. P	Conc. K	Conc. Ca	Conc. Mg	Conc. S
	g kg^{-1}					
Pousio	10,04 a	2,11 c	14,62 c	3,88 b	2,17 a	1,61 c
M. preta	26,77 d	2,26 d	11,50 a	7,90 d	2,35 a	1,95 d
F. porco	28,04 d	2,28 d	14,83 c	7,30 c	2,80 b	1,90 d
B. ruziz.	13,22 b	1,60 a	12,97 b	3,19 a	2,24 a	1,21 b
Crotalaria	19,12 c	1,68 a	13,83 c	3,65 b	2,82 b	1,52 c
B. briz.	12,42 b	1,94 b	18,11 d	2,96 a	2,22 a	0,83 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scoot-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Autor (2022)

Valores de concentração de N na biomassa aérea do feijão de porco, próximo a 28,0 g kg^{-1} , foram relatados por Fernandes et al. (2014). Lima et al. (2010), em estudo conduzido em Pariquera-Açu, SP, na primavera-verão, relatam concentrações de nitrogênio de 29, 31, 37 e 16 gramas por kg de matéria seca da parte aérea, respectivamente, para a crotalária juncea, mucuna-preta, feijão de porco e vegetação da área de pousios. No estudo de Lima et al. (2010) o coeficiente de variação para os teores de nitrogênio, na biomassa da parte aérea das plantas foi de 8,6%, um pouco menor que os obtidos no presente trabalho (Tabela 2). Costa et al. (2014),

em trabalhos conduzidos em Selvíria - MS, citam concentrações de nitrogênio 11,2 e 13,0 g kg⁻¹, respectivamente para as braquiárias brizantha e ruziziensis, valores muito próximos aos obtidos no presente estudo. As maiores concentrações de fósforo foram observadas na biomassa da mucuna-preta e do feijão de porco, com valores próximos a 2,3 g kg⁻¹. Para as concentrações de potássio, destacou-se a braquiária brizantha, com valores médios de 18,11 g kg⁻¹. Costa et al. (2014) citam ainda valores de concentração de potássio de 13,0 g kg⁻¹ para a braquiária ruziziensis, praticamente a mesma concentração obtida para essa planta de cobertura, no presente estudo.

4.2 Acúmulo de matéria seca e de nutrientes na parte aérea das plantas de cobertura de solo

A composição química das plantas de cobertura, especialmente os teores de nitrogênio, a relação nitrogênio:carbono (relação C:N), os teores de lignina, celulose, hemicelulose e polifenóis, associados aos fatores ambientais como a temperatura, umidade e aeração, são variáveis que interferem na mineralização da massa vegetal (OLIVEIRA et al., 2021a). Em situações em que se objetivam que as plantas de cobertura do solo sejam fonte rápida de nutrientes para a cultura sucessora, a mineralização mais acelerada é desejável. Entretanto, na maioria das áreas de semeadura direta de milho preconiza-se um tempo maior de permanência da palhada sobre o solo e, neste caso, mais importante que a concentração de nutrientes é a massa de matéria e de nutrientes reciclados ou acúmulos na parte aérea das plantas (OLIVEIRA et al., 2021b). Na tabela 4 está apresentada a análise de variância para o acúmulo de matéria seca e de nutrientes na parte aérea das plantas de cobertura de solo e para vegetação da área de pousio.

Tabela 4 - Quadrados médios das análises de variância e coeficiente de variação (C.V.) para os acúmulos de matéria seca (Ac. MS), nitrogênio (Ac. N), fósforo (Ac. P), potássio (Ac. K), cálcio (Ac. Ca), magnésio (Ac. Mg) e enxofre (Ac. S) em toda a parte aérea das plantas de cobertura de solo e da vegetação da área de pousio.

Fonte de Variação	Quadrados médios						
	Ac. MS	Ac. N	Ac. P	Ac. K	Ac. Ca	Ac. Mg	Ac. S
	kg ha ⁻¹						
Planta	189.530***	50.051***	513***	59.973***	2.108***	1.207***	219***
Bloco	301,0	595,86	18,08	564,78	78,79	22,95	5,18
Resíduo	177,3	253,22	9,34	507,22	30,49	14,41	4,93
Média Geral	12.880	226,03	24,5	188,6	55,75	31,52	17,71
C.V. (%)	10,33	7,04	12,48	11,94	9,91	12,04	12,54

***: significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Autor (2022)

Novamente, à semelhança da concentração de nutrientes, houve efeito significativo de plantas, a 0,1%, para o acúmulo de matéria seca e de nutrientes na parte aérea das plantas. Coeficientes de variação acima de 10% foram observados para os acúmulos de matéria seca, fósforo, potássio, magnésio e enxofre. Considerando os valores médios de acúmulo de matéria seca e de nutrientes citados na tabela 04 verifica-se grande acúmulo de biomassa e ciclagem de nutrientes. Na tabela 05 são apresentados os valores médios de acúmulo de matéria seca e de nutrientes em cada planta de cobertura de solo utilizada no estudo.

Tabela 05 – Acúmulo de matéria seca (Ac. MS), acúmulo de nitrogênio (Ac. N), fósforo (Ac. P), potássio (Ac. K), cálcio (Ac. Ca), magnésio (Ac. Mg) e enxofre (Ac. S) em toda a parte aérea das plantas de cobertura: braquiária brizantha (B. briz.), braquiária ruziziensis (B. ruziz.), crotalaria juncea (Crotalaria), feijão de porco (F. porco), mucuna-preta (M. preta) da vegetação da área de pousio (Pousio).

Planta de cobertura	Ac. MS	Ac. N	Ac. P	Ac. K	Ac. Ca	Ac. Mg	Ac. S
	t ha ⁻¹	kg ha ⁻¹					
Pousio	4,26 a	42,4 a	9,0 a	61,6 a	16,4 a	9,2 a	6,8 a
M. preta	8,96 b	238,0 c	20,2 b	103,0 b	70,8 c	21,0 b	17,5 b
F. porco	9,66 b	269,2 e	22,0 b	142,8 c	70,3 c	26,8 c	18,2 b
B. ruziz.	16,38 c	216,0 b	26,4 c	212,2 d	52,2 b	36,6 d	19,8 b
Crotalaria	18,06 c	343,4 f	30,4 c	250,2 e	65,6 c	51,0 f	27,4 c
B. briz.	19,98 d	247,2 d	39,0 d	362,0 f	59,2 b	44,6 e	16,6 b

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scoot-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Autor (2022)

Observa-se pela análise da tabela 05 que houve grande variação quanto ao acúmulo de matéria seca na parte aérea das plantas de cobertura do solo, oscilando de 4,26 t ha⁻¹ na vegetação da área de pousio, constituída principalmente por capim marmelada (braquiária plantagínea) com baixa densidade de plantas, a 19,98 t ha⁻¹ nas parcelas com a braquiária brizantha. A braquiária ruziziensis e a crotalaria juncea constituíram as plantas do segundo agrupamento com maior acúmulo de matéria seca. Oliveira et al. (2021b), também em estudos conduzidos na Zona da Mata Mineira, observaram grande acúmulo de matéria seca na parte aérea da braquiária brizantha, alcançado 20 t de matéria seca por hectare aos 90 dias após a emergência (D.A.E.). Ainda segundo Oliveira et al. (2021a), para as amostragens realizadas aos 60, 70 e 90 D.A.E. constataram-se acúmulos médios de matéria seca na parte aérea da braquiária variando de 0,22 a 0,25 t por hectare por dia. No estudo conduzido por Portes et al. (2000) em Goiânia e por Braz (2003), em Santo Antônio de Goiás também foram observados que as maiores taxas de acúmulo de matéria seca ocorreram a partir de 60 D.A.E.

Altas taxas de acúmulo de matéria seca na parte aérea das braquiárias brizantha e decumbens foram relatadas por Santos et al. (2021), em estudos conduzidos em Coruripe – AL. As avaliações foram realizadas aos 30, 45, 60, 90 e 105 DA.E. Nas três primeiras épocas

analisadas, a braquiária decumbens acumulou maior quantidade de matéria seca que a braquiária brizantha, nos caules + pecíolos e, na biomassa aérea de toda planta. Somente para o acúmulo de matéria seca nas folhas houve semelhança entre as braquiárias nas avaliações realizadas aos 45 e aos 60 D. A. E. A braquiária decumbens teve acúmulo de matéria seca em toda a parte aérea, de 54; 25 e 22% maior que a braquiária brizantha, respectivamente aos 30, 45 e 60 dias. Contudo, o acúmulo médio de matéria seca pela braquiária brizantha os 105 D.A.E. foi de 22,74 t por hectare, superando a produção da braquiária decumbens em 126,3%, uma vez que a produção da braquiária decumbens foi de 18,00 t de matéria seca por hectare.

Conforme citado anteriormente, a taxa de crescimento e o acúmulo de matéria seca na parte aérea das plantas de cobertura são influenciados por diversos fatores, destacando-se a disponibilidade hídrica e de nutrientes no solo, temperatura, luminosidade, potencial produtivo da planta e período considerado (ERNANI et al., 2001; MEDA, 2003; OLIVEIRA et al., 2021a). No presente estudo, a braquiária brizantha superou o acúmulo de matéria seca da braquiária ruziziensis, mas há relatos na literatura de igual acúmulo de matéria seca pela ruziziensis, comparativamente à brizantha. Um desses relatos é o de Costa et al. (2014), nos trabalhos conduzidos em Selvíria - MS, nos quais foram observados valores médios de acúmulo de matéria seca de 9,45 e 10,67 t ha⁻¹, respectivamente, para a ruziziensis e para a brizantha.

Outro estudo interessante, relacionado a braquiária ruziziensis é o de Oliveira et al. (2017a) que avaliaram a produção e a composição química da braquiária ruziziensis cultivada após a ensilagem do milho de primeira safra, em substituição a uma possível nova semeadura do milho. Os autores verificaram que o valor médio de acúmulo da biomassa na parte aérea da braquiária ruziziensis, foi de 11,84 t de matéria seca por hectare, com coeficiente de variação de 11,34%, mesmo como as restrições hídricas e térmicas do período de segunda safra, uma vez que a precipitação pluvial de fevereiro a junho, época de crescimento da braquiária ruziziensis, foi de 282 mm, sendo que as chuvas de março e abril totalizaram aproximadamente 60% do total. Assim, os resultados de Costa et al. (2014), Oliveira et al. (2021b) e Santos et al. (2021), citados anteriormente, reforçam a necessidade de estudos locais para a avaliação do potencial produtivo das plantas de cobertura de solo.

A crotalária juncea foi outra planta de cobertura de solo que se destacou no presente estudo, quanto ao acúmulo de matéria seca na parte aérea, com valor médio de 18,06 t por hectare. Quando semeada no início da primavera, a crotalária juncea acumula matéria seca na parte aérea, variando de 14 a 21 t por hectare (MASCARENHAS et al., 1994; LIMA et al., 2010; TEODORO et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2021a). Entretanto, a crotalária juncea é uma

planta muito sensível ao nictoperíodo (SANTOS, CAMPELLO, 2003), ao alumínio tóxico do solo, sendo exigente em fertilidade do solo, devendo-se corrigir a acidez do solo antes do seu cultivo (ERNANI et al., 2001; MEDA, 2003; RAST et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2021a).

Nas avaliações realizadas por Oliveira et al. (2021a), compararam-se o acúmulo de matéria seca e de nutrientes na crotalária juncea cultivada em solos com mediana fertilidade com os de baixa fertilidade do solo. O valor médio de acúmulo de matéria seca na parte aérea da crotalária juncea, nas parcelas com solo de mediana fertilidade, foi de 14,5 t por hectare, sendo de apenas 5,7 t por hectare nas parcelas com solo de baixa fertilidade. Assim, no solo de mediana fertilidade, o acúmulo de matéria seca na parte aérea da crotalária juncea equivaleu-se a 254% do obtido no solo de baixa fertilidade. Nos solos de mediana fertilidade, tanto a ausência de alumínio trocável quanto a disponibilidade de fósforo e de cátions básicos contribuíram para o maior acúmulo de matéria seca na parte aérea da crotalária juncea, reforçando as citações de Ernani et al. (2001) e Meda et al. (2003), que classificaram a crotalária juncea como uma das leguminosas mais sensíveis ao alumínio trocável.

No terceiro grupo de plantas com maior acúmulo de matéria seca na parte aérea ficaram o feijão de porco e a mucuna-preta, com produtividade média de 9,3 t por hectare, superando a vegetação da área de pousio em cerca de 220%. Em um dos estudos citados por Oliveira et al. (2021a), foi avaliado o potencial produtivo de seis adubos verdes: crotalária juncea, feijão guandu, feijão de porco, mucuna cinza, mucuna preta e vegetação espontânea. Foram constatados maiores acúmulos de matéria seca e ciclagem de nutrientes pela crotalária juncea, comparativamente aos demais adubos verdes. Na média dos dois anos de estudo, a crotalária juncea acumulou na parte aérea cerca de 15 t de matéria seca por hectare, estatisticamente superior aos demais. Esses resultados reforçam as observações de Oliveira et al. (1998), que relataram maior produção de biomassa seca da crotalária juncea, comparativamente a outros adubos verdes. O feijão guandu foi o segundo adubo verde com maior acúmulo de matéria seca, em média 10,5 t ha⁻¹. O feijão de porco e as mucunas cinza e preta acumularam próximo a 8 t ha⁻¹, não diferindo entre si. Para a vegetação da área de pousio constatou-se acúmulo médio de matéria seca próximo a 5 t por hectare.

Em relação ao acúmulo de nitrogênio, o feijão de porco foi a segunda planta de cobertura de solo que mais acumulou nitrogênio, sendo superado apenas pela crotalária juncea, que teve acúmulo médio da ordem de 350 kg por hectare, valores próximos ao citado por Oliveira et al. (2021a). Para a braquiária ruziziensis, mucuna-preta e braquiária brizantha, os acúmulos de nitrogênio na biomassa da parte aérea variaram de 216 a 247 kg por hectare, superando a vegetação da área de pousio em cerca de 200 kg por hectare (Tabela 05).

O acúmulo de nitrogênio na parte aérea das braquiárias, possivelmente é, em grande parte, ciclagem de nitrogênio do solo, talvez até de camadas mais profundas. Porém, para as leguminosas a fixação biológica do nitrogênio do ar atmosférico é responsável por grande parte no nitrogênio acumulado na planta. Oliveira et al. (2021a) citam que, para as semeaduras realizadas de início de outubro a início de novembro, os acúmulos de nitrogênio na biomassa da parte aérea da crotalária juncea oscilaram em torno de 300 kg ha⁻¹, confirmando as observações de Amabile et al. (2000), Perin et al. (2004) e Duarte Júnior; Coelho (2008). Do total do nitrogênio acumulado na biomassa da parte aérea da crotalária, cerca de 60% a 70% originaram-se das associações simbióticas das raízes da leguminosa com as bactérias fixadoras de N₂ do ar atmosférico, resultando em aporte de quantidades expressivas deste nutriente ao sistema solo - planta (PERIN et al., 2004), dessa forma, contribuindo para maior sustentabilidade da cultura subsequente (MASCARENHAS et al, 1994; OLIVEIRA et al., 1998; LIMA et al., 2010). Para efeito comparativo, cita-se o sulfato de amônio, um dos fertilizantes nitrogenados mais utilizados: em 100 kg desse fertilizante tem-se 20 kg de N, assim, para se obter 200 kg de N haveria necessidade de utilizar-se 1.000 kg de sulfato de amônio.

O acúmulo médio de fósforo na biomassa aérea das plantas, variou de 9,0 a 39,0 kg ha⁻¹, destacando-se em primeiro lugar a braquiária brizantha, seguida da crotalária juncea e da braquiária ruziziensis. Comparativamente à vegetação da área de pousio, a inclusão de leguminosas ou das braquiárias, como plantas de cobertura de solo, resultou em aumentos de 220 a 430% na ciclagem do fósforo. Altos percentuais de ciclagem de potássio, comparativamente à vegetação da área de pousio, também foram observados para a braquiária brizantha, crotalária juncea e braquiária ruziziensis. As braquiárias tem sido plantas de alta ciclagem de potássio, conforme relatado por Portes et al. (2000), Braz (2003), Pittelkow et al. (2012) e Oliveira et al. (2021b). Santos et al. (2021), em estudo conduzido em solo com teor de potássio de 98 mg dm⁻³, citam acúmulo de K pela braquiária decumbens de 250 kg ha⁻¹, aos 60 dias após a emergência, alcançando 630 kg ha⁻¹ aos 105 dias. Oliveira et al. (2021b), em pesquisa realizada em solo de fertilidade média, constatarem acúmulo de potássio na biomassa aérea da braquiária brizantha que variaram de 385 a 468 kg ha⁻¹, sendo o valor médio de 418 kg de potássio por hectare.

Para os acúmulos de cálcio, magnésio e enxofre, não teve nenhuma planta que se destacou isoladamente para todos esses três elementos. O feijão de porco e a mucuna-preta foram as plantas que mais acumularam cálcio, com valores médios de 70 kg por hectare. Para o magnésio, houve destaque para a crotalária juncea, que também foi a planta que mais

acumulou enxofre. Comparativamente à vegetação da área de pousio, as braquiárias e as leguminosas aumentaram a ciclagem de nutrientes em, no mínimo, 300% para o cálcio, 220% para o magnésio e 240% para o enxofre. Oliveira et al. (2017b) citam que, em lavouras do híbrido de milho BM3066, observou-se produção média de forragem de 59,5 t de matéria natural, cerca de 20 t de matéria seca, por hectare. Nessas lavouras, os acúmulos médios de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre foram, respectivamente, 245; 36; 195; 31; 25 e 24 kg ha⁻¹. Oliveira et al. (2021b) afirmam que, diferentemente dos demais elementos, o potássio tem alta taxa de liberação da palhada ou das coberturas mortas, contudo, somente em situação de dificuldade financeira para o produtor rural deve-se descontar na adubação o potássio reciclado pelas plantas de cobertura do solo, reforçando que a adubação de restituição ou a adubação com base na expectativa de produtividade, tem proporcionado excelentes resultados financeiros e agronômicos na produção de milho para silagem.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições edafoclimáticas em que foi conduzido o presente estudo, com base em resultados de apenas um ano agrícola, constatou-se destaque para a braquiária brizantha, crotalária juncea e braquiária ruziziensis quanto ao acúmulo de matéria seca na parte aérea das plantas.

Para o acúmulo de nitrogênio houve destaque para a crotalária juncea, seguida do feijão de porco, com valores que superaram 260 kg ha^{-1} , lembrando que grande parte desse nitrogênio se origina da fixação biológica do nitrogênio do ar atmosférico.

A braquiária brizantha foi a planta que mais acumulou fósforo e potássio, com valores médios de 39 e 362 kg ha^{-1} . Nas plantas da área de pousio foram constatados os menores valores de acúmulos de nutrientes.

Comparativamente à vegetação da área de pousio, as braquiárias e as leguminosas aumentaram a ciclagem de nutrientes em, no mínimo, 500% para o nitrogênio, 220% para o fósforo, 160% para o potássio, 300% para o cálcio, 220% para o magnésio e 240% para o enxofre.

As plantas de cobertura de solo de maior potencial de formação de palhada e ciclagem de nutrientes foram as braquiárias brizantha e ruziziensis, e a crotalária juncea.

Há necessidade de estudos de longo prazo para quantificar os efeitos da inclusão das plantas de cobertura de solo, como cultura exclusiva de primavera-verão, nos sistemas intensivos de produção de silagem de milho na Zona da Mata Mineira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L. & CARVALHO, A. M. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p. 47-54, 2000.
- BARRETTO, A.C. & FERNANDES, M.F. **Recomendações técnicas para uso da adubação verde em solos de Tabuleiros Costeiros**. Aracaju: EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, 2001. 24p.
- BRAZ, A. J. B. P. **Fitomassa e decomposição de espécies de cobertura do solo e seus efeitos na resposta do feijoeiro e do trigo ao nitrogênio**. 2003. 72p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- CHADA S.S, DE-POLLI, H. Nodulação de leguminosas tropicais promissoras para a adubação verde em solo deficiente em fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.23, p.1197-1202. 1988.
- COSTA, N. R. et al. Acúmulo de nutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em função do manejo de corte e produção do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 9:166-73, 2014.
- DUARTE JÚNIOR, J. B. & COELHO, F. C. Adubos verdes e seus efeitos no rendimento da cana-de-açúcar em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.67, p. 723-732, 2008.
- ERNANI, P.R.; BAYER, C. & FONTOURA, S. M. V. Influência da calagem no rendimento de matéria seca de plantas de cobertura e adubação verde, m casa de vegetação. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 25, p.897-904, 2001.
- FERNANDES, S. S. L. et al. Desempenho de adubos verdes num sistema de produção sob bases ecológicas em Itaquiraí, Mato Grosso do Sul. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, p. 1-12, 2014.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011.
- LIMA, J. D. et al. Arranjo espacial, densidade e época de semeadura no acúmulo de matéria seca e nutrientes de três adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, n. 4, p. 531-540. 2010.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C. & OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 211p.
- MASCARENHAS, H. A. A. et al. Efeito residual de leguminosa sobre rendimento físico e econômico da cana-planta, **Instituto Agrônomo**. Boletim Técnico n.32. Campinas, 1994. 15 p.

MEDA, A. R. **Tolerância à toxidez do alumínio por leguminosas tropicais utilizadas em adubação verde**. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2003. 109 p.

MONTEZANO, Z. F.; CORAZZA, E. J. & MURAOKA, T Variabilidade de nutrientes em plantas de milho cultivado em talhão manejado homogeneamente. **Bragantia**, v.67, p. 969-976, 2008.

OLIVEIRA, M.W. et al. Acúmulo de matéria seca por adubos verdes semeados em diferentes épocas. In: **ENCONTRO CIENTÍFICO DOS PÓS-GRADUANDOS DO CENA/USP**. 1998. Resumos. Piracicaba, CENA/USP. p.59.

OLIVEIRA M.W. et al. Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar. **Informe Agropecuário**, n.28, p.30-43. 2007.

OLIVEIRA, M.W. et al. Acúmulo de matéria seca de nitrogênio por crotalária juncea, crotalária spectabilis e feijão de porco, inoculados com rhizobium. In: **XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia**. 2011. Maceió. Anais do... XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia. 2011. CD ROM.

OLIVEIRA, G. C. B. et al. Produção e composição química da braquiária ruziziensis cultivada após a colheita do milho de primeira safra. In: **VI Simpósio Nacional de Bovinocultura de Leite**. p.253-256. Universidade Federal de Viçosa, 2017a.

OLIVEIRA M. W. et al. Production of forage by corn hybrid BM 3066 in function of magnesium doses. In: **V International Symposium on forage quality and conservation**. Piracicaba, ESALQ/USP, 2017b. CD Room.

OLIVEIRA, M. W. et al. Variabilidade da fertilidade do solo, do estado nutricional e da produtividade em canavial manejado homogeneamente e visualmente uniforme. In: **Agronomia, elo da cadeia produtiva**. Vol. 2. ALFARO, TROJAM, Organizadores. Ponta Grossa -PR. Atena Editora, p.293-309. 2018.

OLIVEIRA M. W. et al. Adubação verde com crotalária juncea em áreas de implantação ou reforma de canaviais, em pequenas propriedades rurais. In: **Extensão Rural: práticas e pesquisas para o fortalecimento da agricultura familiar**. v.2. Editora Científica Digital. Guarujá - SP. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.org/articles/201102246.pdf>. 2021a.

OLIVEIRA, M.W. et al. Análise do crescimento da braquiária brizantha, usada como planta de cobertura do solo e recicladora de nutrientes. In: **Congresso Internacional das Ciências Agrárias (COINTER PDVAgro 2021)**. 2021b.

PERIN, A. et al. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.39, p. 35-40, 2004.

PITTELKOW, F. K. et al. Produção de biomassa e acúmulo de nutrientes em plantas de cobertura sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Revista Agrarian**, v.5, n.17, p.212 -222, 2012.

PORTES, T. A. et al. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 35, p. 1349-1358, 2000.

RAIJ, B. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.

RAST et al. Early growth of crotalaria (*Crotalaria juncea*), tithonia (*Tithonia diversifolia*), and maize (*Zea mays*) as affected by soil fertility and phosphorus fertilizer under pot and field conditions. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 41, p.1655–1664, 2010.

SANTOS, D. F. et al. Acúmulo e partição da matéria seca nas braquiárias brizantha e decumbens, na região de Coruripe, AL. In: **Congresso Internacional da Agroindústria (CIAGRO 2021)**.

SANTOS, V. S. & CAMPELO JÚNIOR, J. H. Influência dos elementos meteorológicos na produção de adubos verdes, em diferentes épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.1, p. 91-98. 2003.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV. 2002. 235 p.

TEODORO, R. B. et al. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no cerrado do Alto do Vale do Jequitinhonha. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v. 35, p.635-643, 2011.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D., ed. **Applications of soil physics**. New York, Academic Press, 1980. 350p.

WUTKE E.B, ARÉVALO R.A. Adubação verde com leguminosas no rendimento da cana-de-açúcar e no manejo de plantas infestantes. **Instituto Agrônomo de Campinas**, Campinas, 2006. Boletim técnico n.198, p.28.