
Produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes por adubos verdes cultivados em Rio Largo - AL

Dry matter production and nutrient cycling by green fertilizers cultivated in Rio Largo – AL

Mauro Wagner de Oliveira^{1*}, Elisson Teixeira da Silva¹, Terezinha Bezerra Albino Oliveira¹, Dalmo de Freitas Santos¹, Esly da Costa Soares¹, Túlio Menezes Tenório¹

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o acúmulo de matéria seca e a ciclagem de nutrientes pelos adubos verdes e um tratamento de pousio com vegetação espontânea. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com cinco repetições. As avaliações foram realizadas na fase de florescimento pleno de cada adubo verde. O menor acúmulo de matéria seca foi observado na vegetação da área de pousio: 3,83 t ha⁻¹ e os maiores, na mucuna preta e no feijão-de-porco, com média de 8,18 t ha⁻¹. Devido ao maior acúmulo de matéria seca, a mucuna preta e o feijão-de-porco foram as plantas que mais acumularam N, P, e K, com valores médios: 245, 16, 95 kg ha⁻¹, respectivamente.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Fixação biológica do nitrogênio; Sistema de produção; Nutrição mineral.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate dry matter accumulation and nutrient cycling by green manures and a fallow treatment with spontaneous vegetation. The experimental design was randomized blocks, with five replications. The evaluations were carried out in the phase of full flowering of each green manure. The lowest accumulation of dry matter was observed in the vegetation of the fallow area: 3.83 t ha⁻¹ and the highest in velvet bean and jack bean, with an average of 8.18 t ha⁻¹. Due to the greater accumulation of dry matter, velvet bean and jack bean were the plants that most accumulated N, P, and K, with mean values: 245, 16, 95 kg ha⁻¹, respectively.

Keywords: Sustainability; Biological nitrogen fixation; Production system; Mineral nutrition.

¹ Universidade Federal de Alagoas – Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
*E-mail: maurowoliveira@gmail.com

INTRODUÇÃO

A adubação verde consiste no cultivo de espécies vegetais, geralmente leguminosas, que após atingirem seu pleno desenvolvimento vegetativo serão cortadas ou acamadas, sendo sua massa vegetal deixada sobre a superfície ou incorporada ao solo, com a finalidade de manter ou aumentar o conteúdo de matéria orgânica do terreno, visando melhorar suas condições físicas, químicas e biológicas, favorecendo o crescimento e o rendimento das culturas econômicas em sucessão (BARRETO; FERNANDES, 2001; OLIVEIRA et al., 2011a). As leguminosas são as plantas mais utilizadas na adubação verde devido, principalmente, ao fato de incorporarem grandes quantidades de N ao solo, por meio de fixação biológica do N₂ atmosférico e, também, por apresentarem sistema radicular vigoroso e ramificado, características que auxiliam na reciclagem de nutrientes das camadas mais profundas do solo (PERIN et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2021a).

As leguminosas mais usadas na adubação verde são as crotalárias (*juncea* e *spectabilis*), o feijão de porco e as mucunas (cinza e preta). Na cultura da cana-de-açúcar adota-se com muita frequência a prática da adubação verde, sobretudo com leguminosas, por ocasião da reforma do canavial, após o quinto ou sexto corte e antes do plantio da cana de ano e meio. A crotalária *juncea* é uma das plantas mais usadas como adubo verde em áreas de reforma de canavial, principalmente devido ao seu rápido crescimento e grande acúmulo de matéria seca e nitrogênio (MASCARENHAS et al., 1994; WUTKE; ARÉVALO, 2006; OLIVEIRA et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2021a).

A quantidade de biomassa acumulada na parte aérea dos adubos verdes pelas crotalárias é dependente de vários fatores, mas, de um modo geral, os que mais interferem são as condições climáticas como nictoperíodo (comprimento da noite), disponibilidade hídrica, radiação solar, temperaturas diurnas e noturnas; época de semeadura (inverno, primavera ou verão); práticas culturais e fertilidade do solo (BARRETO; FERNANDES, 1999; OLIVEIRA et al., 2016). Oliveira et al. (2021a) citando estudos conduzidos no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA-UFAL), com a semeadura dos adubos verdes realizada em maio, portanto sob noites longas crescentes, relatam florescimento precoce das crotalárias, reduzindo muito o acúmulo de matéria seca na biomassa da parte aérea e a ciclagem de nutrientes, comparativamente à semeadura sob noites decrescentes.

O objetivo do presente estudo foi avaliar no ambiente edafoclimático de Rio Largo - AL, o acúmulo de matéria seca e a ciclagem de nutrientes pela crotalária juncea, crotalária spectabilis, feijão de porco e mucuna preta, incluindo-se também um tratamento de pousio (vegetação espontânea).

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA/UFAL), da Universidade Federal de Alagoas, localizada no nordeste do Brasil. Em março, antecedendo a implantação do estudo de avaliação do acúmulo de matéria seca e a ciclagem de nutrientes pelos adubos verdes, foram coletadas amostras de solos, das camadas de 0 a 20 e de 20 a 40 cm e, de posse dos resultados (Tabela 1), foram aplicadas 5,0 t de calcário dolomítico (PRNT de 90%) e 1,5 t de gesso, visando elevar a saturação por bases a 60% e diminuir a saturação por alumínio na camada de 20 a 40 cm, seguindo recomendação de Oliveira et al. (2007) e Raij (2011a e 2011b). Na sequência, o solo foi arado e gradeado.

Tabela 1 - Resultados analíticos de amostras do solo da área do estudo, no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA/UFAL) nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 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	5,1	10,0	47	0,0	0,60	5,69	0,88	0,31	1,31	1,91	7,00	18,72	31,41
20 a 40 cm	4,8	6,0	18	0,0	0,90	4,58	0,35	0,18	0,58	1,48	5,16	11,17	60,97

pH em H₂O (Relação 1:2,5). P, K, Fe, Zn, Mn e Cu: Extrator Mehlich. Ca, Mg e Al: Extrator KCl. H+Al: Extrator Acetato de Cálcio. Fonte: Oliveira et al. (2022)

Na primeira semana de maio, o solo foi sulcado, no espaçamento de 0,5 m, semeando-se, posteriormente, quatro adubos verdes: crotalária juncea, crotalária spectabilis, feijão de porco e mucuna preta. Constou ainda do estudo um tratamento de pousio (vegetação espontânea). O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com cinco repetições, sendo as parcelas constituídas de cinco sulcos de cinco metros de comprimento. Não foi aplicado adubo químico ou orgânico por ocasião da semeadura ou em cobertura. Também não houve inoculação das sementes dos adubos verdes com bactérias fixadoras do nitrogênio, uma vez que vários estudos têm mostrado que não há efeito desta inoculação no aumento do nitrogênio fixado simbioticamente (CHADA; DE POLLI, 1988; BARRETO; FERNANDES, 2001; OLIVEIRA et al., 2011b; OLIVEIRA

et al., 2021a). Houve necessidade de controle de formigas cortadeiras, tendo-se aplicado formicida em pó.

A crotalaria juncea foi cortada aos 74 dias após a emergência (D.A.E), na fase de grãos farináceos. Para os demais adubos verdes as épocas de corte foram aos 82 D.A.E para a crotalaria spectabilis e, 97 D.A.E para o feijão de porco, mucuna preta e vegetação da área de pousio. Em todas as épocas, cortaram-se as plantas rentes 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). Os teores de nitrogênio foram obtidos pelo método de Kjeldahl, o potássio por fotometria de chama e o fósforo por espectrocolorimetria.

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

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente serão apresentados e discutidos os resultados referentes a concentração de nutrientes na parte aérea dos adubos verdes e, posteriormente, os acúmulos de matéria seca e de nutrientes na biomassa aérea.

Concentração de nutrientes na parte aérea dos adubos verdes

Na tabela 2 está apresentada a análise de variância referente a concentração de nutrientes na matéria seca da parte aérea das plantas (adubos verdes ou vegetação da área de pousio). Houve efeito significativo de plantas, a 0,1% de probabilidade, tanto para a concentração de nitrogênio quanto para as concentrações de fósforo e de potássio. O coeficiente de variação para a concentração de nitrogênio foi pequeno, mas para as concentrações de fósforo e de potássio situou-se próximo a 10%, podendo-se inferir que havia média variabilidade experimental no estudo quanto aos teores de P e K apresentados na tabela 1. Oliveira et al. (2018) avaliaram as variabilidades da fertilidade do solo, do estado nutricional e da produtividade de canavial manejado homogeneamente. Mesmo o

canavial sendo manejado homogeneamente e estando a rebrota visualmente muito uniforme, foram constatadas grandes variações da fertilidade do solo, do estado nutricional e da produtividade.

Em relação à variabilidade da fertilidade do solo, Oliveira et al. (2018) observaram que o pH foi o atributo que menos variou, por outro lado, constatou-se coeficiente de variação igual ou superior a 50% para os teores de fósforo, potássio, zinco, ferro, manganês e cobre. Em relação ao presente estudo, a fixação biológica do nitrogênio pelos adubos verdes pode ser uma das causas da menor variabilidade desse nutriente, comparativamente ao fósforo e ao potássio.

Tabela 2 - Quadrados médios das análises de variância e coeficiente de variação (C.V.) das concentrações de nitrogênio (Conc. N), fósforo (Conc. P) e potássio (Conc. K) na parte aérea das plantas

Fonte de Variação	GL	----- Quadrados médios -----		
		Conc. N	Conc. P	Conc. K
		----- g kg ⁻¹ -----		
Plantas	4	372,4***	0,493***	27,06***
Bloco	4	3,31	0,021	1,145
Resíduo	16	2,67	0,050	1,573
Média Geral		27,42	2,21	13,92
C.V. (%)		5,96	10,16	9,01

***, significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F. Fonte: Oliveira et al. (2022)

Na tabela 3 estão apresentados os valores médios da concentração de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea das plantas. Para a concentração de nitrogênio obtiveram-se valores variando de 12,30 a 34,04 g kg⁻¹. A menor concentração foi constatada na vegetação da parte área de pousio e a maior na crotalária spectabilis. A crotalária juncea, o feijão de porco e a mucuna preta tiveram concentrações de N estatisticamente iguais, com valor médio de 30,25 g kg⁻¹.

Tabela 3 - Valores médios da concentração de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea dos adubos verdes e na vegetação da área de pousio.

Plantas	----- Concentração de nutriente (g kg ⁻¹)* -----		
	N	P	K
Área de pousio	12,30 a	1,99 a	14,35 b
Crotalária juncea	30, 39 b	2,50 b	15,27 b
Crotalária spectabilis	34,04 c	2,60 b	16,81 c
Feijão de porco	29,35 b	1,92 a	11,13 a
Mucuna preta	31,00 b	2,04 a	12,05 a

* Médias seguidas de mesma letra na coluna estão no mesmo agrupamento, pelo teste de Scott-Knott a 5%. Fonte: Oliveira et al. (2022)

Para a concentração de fósforo, os adubos verdes foram classificados em dois grupos. O primeiro grupo foi constituído pelo feijão de porco, vegetação da área de pousio e mucuna preta, com valor médio de 2,00 g kg⁻¹. No segundo grupo estiveram a crotalária juncea e a crotalária spectabilis, com valor médio de 2,50 g kg⁻¹. Para a concentração de potássio tiveram três agrupamentos: no primeiro foram incluídos o feijão de porco e a mucuna preta, com concentração média de 11,60 g kg⁻¹. No segundo agrupamento ficaram a vegetação da área de pousio e a crotalária juncea. A crotalária spectabilis constituiu o terceiro com concentração média de 16,82 g kg⁻¹.

Em pesquisa conduzida por Oliveira et al. (2011b), também no CECA/UFAL, obtiveram-se, no segundo ano de avaliação, valores semelhantes aos do presente trabalho. Santos et al. (2020), em avaliações realizadas em Arapiraca-AL, constataram para crotalária juncea, crotalária spectabilis, feijão de porco e mucuna preta, respectivamente, concentrações médias de N de 18,28; 24,00; 25,81 e 21,50 g kg⁻¹, portanto, inferiores às do presente trabalho.

Há grande influência das condições climáticas como nictoperíodo, disponibilidade hídrica, radiação solar, temperaturas diurnas e noturnas; época de semeadura, práticas culturais e fertilidade do solo na concentração de nutrientes na biomassa das plantas (AMABILE et al., 2000; LIMA et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2021a). Oliveira et al. (2021b), em pesquisa conduzida em Mercês, zona da mata mineira, com a crotalária juncea semeada sob noites longas decrescentes, relatam que esta planta é de alto potencial produtivo, mas muito sensível ao alumínio e aos baixos teores de fósforo e de cátions básicos na solução, uma vez que foi observada redução de 25% na concentração de nitrogênio, comparando as plantas do solo de média fertilidade (19,05 g de N por kg de matéria seca) com as do solo de baixa fertilidade (14,48 g de N por kg de matéria seca).

Acúmulo de matéria seca e de nutrientes na parte aérea dos adubos verdes

Na tabela 4 está apresentada a análise de variância referente aos acúmulos de matéria seca e de nutrientes na parte aérea das plantas. Houve efeito significativo de plantas, a 0,1% de probabilidade, para o acúmulo de matéria seca e para os de nitrogênio, fósforo e potássio. Tanto para o acúmulo de matéria seca quanto para o acúmulo de nitrogênio o coeficiente de variação foi pequeno, mas para os acúmulos de fósforo e de potássio situou-se acima de 10%, influenciados principalmente pela variabilidade dos teores de P e K na matéria seca, citados na tabela 2.

Novamente consta-se maior variabilidade espacial para o fósforo e para o potássio, à semelhança do citado por Oliveira et al. (2018). Por outro lado, a menor variabilidade nos teores de nitrogênio e no acúmulo de matéria seca resultaram em menor variabilidade nos valores de acúmulo de nitrogênio. Em solos com menor variabilidade espacial dos teores de nutrientes, Oliveira et al. (2021a) relatam que as variações nos teores de N, P e K de adubos verdes foram inferiores a 10%.

Tabela 4 - Quadrados médios das análises de variância e coeficiente de variação (C.V.) para os acúmulos de matéria seca (Ac. MS), acúmulo de nitrogênio (Ac. N), acúmulo de fósforo (Ac. P) e acúmulo de potássio (Ac. K) na parte aérea dos adubos verdes e da vegetação da área de

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios			
		Ac. MS	Ac. N	Ac. P	Ac. K
		kg ha ⁻¹			
Plantas	4	20.985,937***	34.634***	64,717***	1.547
Bloco	4	631.566	144	3,657	76,20
Resíduo	16	135.587	111	2,496	67,84
Média Geral		6.006	171	13,1	80,45
C.V. (%)		6,13	6,14	12,11	10,24

***, significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F. Fonte: Oliveira et al. (2022)

Na tabela 5 estão apresentados os valores médios dos acúmulos de matéria seca e dos nutrientes N, P e K. Para essas quatro variáveis também foram constatado efeito significativo de plantas. Na vegetação da área de pousio constataram-se os menores valores de acúmulo de matéria seca, cerca de 3,8 t ha⁻¹, aproximadamente 45% do valor médio obtido para a mucuna preta e para o feijão de porco.

Tabela 5 - Valores médios dos acúmulos de matéria seca e de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea dos adubos verdes e na vegetação da área de pousio

Plantas	Ac. MS	Ac. N	Ac. P	Ac. K
	kg ha ⁻¹			
Área de pousio	3.832 a	47 a	7,7 a	55 a
Crotalária juncea	4.587 b	139 b	11,5 b	70 b
Crotalária spectabilis	5.260 c	179 c	13,6 c	88 c
Feijão de porco	8.374 d	245 d	16,0 d	93 d
Mucuna preta	7.976 d	247 d	16,4 d	96 d

* Médias seguidas de mesma letra na coluna estão no mesmo agrupamento, pelo teste de Scott-Knott a 5%. Fonte: Oliveira et al. (2022)

Na crotalária juncea foi observado o segundo menor acúmulo médio de matéria seca, cerca de 4,6 t por hectare. Santos et al. (2020), em avaliações realizadas em Arapiraca – AL, relatam que a crotalária juncea também teve acúmulo de matéria seca 4,6 t por hectare, entretanto, a crotalária spectabilis e o feijão de porco tiveram acúmulos de matéria seca, respectivamente, de 3,6 e 4,4 t por hectare.

Em estudos conduzidos no CECA/UFAL, por Oliveira et al. (2011b), por dois anos, com as semeaduras realizadas no início de abril, verificaram resultados de acúmulo de matéria seca semelhantes aos do presente estudo. Os autores (OLIVEIRA et al., 2016) citam que o menor acúmulo de matéria seca na biomassa da parte aérea das plantas foi observado na vegetação natural, mesmo tendo-se colhido a vegetação natural 120 dias após a semeadura, época da colheita do feijão-guandu fava larga, o mais produtivo e mais tardio.

Ainda segundo Oliveira et al. (2011b), para as crotalárias juncea, ocreleuca e spectabilis, de ciclos mais curtos (colhidas até 80 dias após a semeadura), bem como para a vegetação natural, não foi observado efeito do ano de cultivo sobre os valores médios do acúmulo de matéria seca na biomassa da parte aérea. Entretanto, devido a melhor distribuição de chuvas ocorrida no segundo ano de estudo, que se estenderam até início de setembro, as mucunas preta e cinza, feijão-de-porco e feijão-guandu fava larga tiveram aumento significativo da biomassa da parte aérea da planta.

As condições climáticas, especialmente o comprimento da noite, têm grande influência na fisiologia e desenvolvimento das leguminosas, nesse contexto, Oliveira et al. (2016) implantaram um trabalho também no CECA/UFAL com o objetivo de estudar o crescimento e a produção de biomassa da crotalária juncea semeada em quatro épocas, na primavera, portanto, sob noites longas decrescentes. As semeaduras da crotalária foram realizadas em 02 de outubro, 16 de outubro, 02 de novembro, 17 de novembro. Devido ao período seco, as plantas foram irrigadas repondo-se de 70 a 80% da evaporação do tanque classe A.

Os resultados desse trabalho conduzido por Oliveira et al. (2016) mostraram que a crotalária juncea, semeada na primavera, tem grande potencial de acúmulo de matéria seca. O nictoperíodo influenciou no desenvolvimento da crotalária juncea, tendo-se verificado efeito significativo da época de semeadura sobre o índice de área foliar, altura de plantas e acúmulo de matéria seca na biomassa da parte aérea. O índice de área foliar das plantas originárias das semeaduras realizadas em 02 de outubro, 16 de outubro e 02 de novembro foram semelhantes e, cerca de 20%, maiores que o das plantas da semeadura de 17 de novembro. A redução do IAF na fase de crescimento das plantas repercutiu em menor desenvolvimento e acúmulo de matéria seca. A altura média de planta e o acúmulo médio de matéria seca na biomassa da parte aérea para as três primeiras épocas de semeadura foram, respectivamente, de 287 cm e 13, 5 t ha⁻¹, enquanto a média da quarta

época foi de 255 cm e de 10,7 t ha⁻¹. Estes autores concluíram que as semeaduras realizadas do início de outubro a início de novembro proporcionaram os maiores índices de área foliar, crescimento da planta e acúmulo de matéria seca.

O alto potencial produtivo da crotalária juncea, quando semeada sob noites longas decrescentes é conhecido a várias décadas. Alvarenga et al. (1995) relatam que a crotalária juncea apresentou maior rapidez e uniformidade na emergência, menor variação na densidade de plantas, maior resistência às condições adversas e maior produção de massa verde e seca do que a mucuna anã, a mucuna preta, o feijão guandu, o feijão de porco, a soja perene e as crotalárias paulina e spectabilis. Oliveira et al. (2011a) também comentam sobre o crescimento muito rápido da crotalária juncea, comparativamente a outros adubos verdes.

Considerando apenas a fisiologia da planta, o acúmulo de matéria seca por adubos verdes, de crescimento determinado, depende do tempo que essas plantas vegetaram antes de entrarem em florescimento. O efeito de épocas de semeadura no acúmulo de matéria seca e nutrientes pela crotalária juncea é também influenciado pelas interações da temperatura do ar, disponibilidade hídrica e de nutrientes no solo e, radiação solar, dentre outros (AMABILE et al., 2000; LIMA et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2021b).

O efeito de épocas de semeaduras sobre o florescimento da crotalária juncea foi estudado por Oliveira et al. (2021a), por dois anos, em Mercês, MG, zona da Mata Mineira. A crotalária foi semeada em seis épocas: início de outubro, meados de outubro, início de novembro, meados de novembro, início de dezembro, meados de dezembro. Praticamente não houve diferença entre o início do florescimento das plantas semeadas nas primeiras três épocas, contudo, para as semeaduras a partir de meados de novembro houve encurtamento do período juvenil, com reflexos negativos no acúmulo de matéria seca e de nitrogênio (OLIVEIRA et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2021a).

A altura das plantas com as semeaduras realizadas em início de outubro, meados de outubro, início de novembro, também não diferiram estatisticamente e, o valor médio foi de cerca de 3 metros. Além de maior acúmulo de matéria seca, plantas mais altas também sombrearam mais o solo, contribuindo para maior controle físico das plantas daninhas. Para as semeaduras realizadas em meados de novembro, início e meados de dezembro verificaram-se reduções percentuais médias no acúmulo de matéria seca, comparativamente ao início de outubro, respectivamente, de cerca de 20, 35 e 40% (OLIVEIRA et al., 2021a). Atrasos na semeadura e redução na altura de plantas, acúmulo

de matéria seca e de nutrientes também são relatados por Amabile et al. (2000); Oliveira et al. (2007) e Oliveira et al. (2011a).

Têm-se observado que, por volta de quarenta dias após a emergência, as plantas de crotalária juncea estão aptas a receber o estímulo para a indução floral, assim, para as sementeiras realizadas no CECA/UFAL, em maio, quando as plantas tiverem cerca de quarenta dias pós-emergência, as noites estarão próximas ou na máxima duração (solstício de inverno) resultando em florescimento precoce das plantas (BARRETO; FERNANDES, 2001; OLIVEIRA et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2021a). Lima et al. (2010), em estudos conduzidos em Pariquera-Açu, sul do estado de São Paulo, relatam que o florescimento de 50% da crotalária juncea ocorreu aos 116 dias após a sementeira, quando realizada em 15 de novembro, mas, para a sementeira em 02 de janeiro, aos 90 dias, as plantas estavam florescendo, encurtando, portanto, em 15 dias o período vegetativo das plantas.

Nos trabalhos conduzidos em São Vicente da Serra, MT, por Santos e Campelo Júnior (2003), também observou-se que o crescimento e o acúmulo de matéria seca pela crotalária juncea foram muito influenciados pelo nictoperíodo. À medida que as noites foram aumentando, verificou-se redução no número de dias para o florescimento. O período entre a emergência e o florescimento variou de 86 dias na sementeira em 05 de novembro e de 38 dias para a sementeira em 05 de maio. Foram obtidas equações relacionando o comprimento do dia com o acúmulo de matéria seca: $Y = 71,45 - 11,223x + 0,4388x^2$, $R^2 = 0,80$ e, o comprimento do dia com número de dias para a crotalária entrar em florescimento: $Y = 3441,2 - 535,18x + 21,035x^2$, $R^2 = 0,93$. Ainda segundo Santos; Campelo Júnior (2003) e Oliveira et al. (2021a), o nictoperíodo crítico para a crotalária juncea ser induzida ao florescimento é de 10 h e 30 minutos.

Devido ao maior acúmulo de matéria seca, a mucuna preta e o feijão de porco também foram as plantas que mais acumularam N, P e K, na parte aérea com valores médios de 245, 16, 95 kg ha⁻¹, respectivamente (Tabela 5). Esses valores são muito próximos aos relatados por Oliveira et al. (2011) em estudos conduzidos por dois anos, também no CECA/UFAL. Barretto; Fernandes (2001) em avaliação realizada por dois anos nos tabuleiros costeiros de Sergipe, citam acúmulos de N, P e K, respectivamente, para o feijão de porco e a mucuna preta, de 237 e 116, 15 e 10, e 75 e 54 kg por hectare. Assim, comparativamente aos resultados de Barretto; Fernandes (2001), no presente estudo os acúmulos de N, P e K para o feijão de porco são muito próximos; entretanto,

superaram os acúmulos de N, P, K da mucuna preta em 130%; 60% e 78%, reforçando a necessidade de avaliação local do potencial produtivo de adubos verdes.

Os valores de acúmulo de N, P e K citados por Santos et al. (2020), nas avaliações realizadas em Arapiraca, também foram menores que as do presente estudo, uma vez que esses autores verificaram acúmulos de N, P e K, respectivamente, para o feijão de porco e para a mucuna preta, de 114 e 110; 9 e 11, e 47 e 63 kg por hectare. Esses menores acúmulos de N, P e K deveu-se ao menor acúmulo de matéria seca na parte aérea do feijão de porco e na mucuna preta (4,4 e 5,1 t ha⁻¹, respectivamente), em Arapiraca. É provável que essas reduções ocorrem devido aos fatores climáticos, pois tanto o solo do CECA/UFAL quanto o de Arapiraca são fertilidades médias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições edafoclimáticas em que foi conduzido o presente estudo, observou-se grande variação na concentração de nutrientes na biomassa da parte aérea das plantas. Para o nitrogênio, os valores variaram de 12,3 a 34,0 g kg⁻¹. A menor concentração foi constatada na vegetação da área de pousio e a maior na crotalária spectabilis. A crotalária juncea, o feijão de porco e a mucuna preta tiveram concentrações de N estatisticamente iguais, com valor médio de 30,25 g kg⁻¹.

Em relação aos teores de fósforo na biomassa da parte aérea das plantas, os adubos verdes foram classificados em dois grupos. O primeiro grupo foi constituído por feijão de porco, vegetação da área de pousio e mucuna preta, com valor médio de 2,00 g kg⁻¹. O segundo grupo foi composto por crotalária juncea e crotalária spectabilis, com valor médio de 2,50 g kg⁻¹.

Para a concentração de potássio tiveram três agrupamentos: no primeiro foram incluídos o feijão de porco e a mucuna preta, com concentração média de 11,60 g kg⁻¹. No segundo agrupamento ficaram a vegetação da área de pousio e a crotalária juncea. A crotalária spectabilis constituiu o terceiro agrupamento com concentração média de 16,82 g kg⁻¹.

Quanto ao acúmulo de matéria seca observou-se os menores valores na vegetação da área de pousio: 3,83 t ha⁻¹ e os maiores, na mucuna preta e no feijão de porco, com média de 8,18 t ha⁻¹. Devido a esse maior acúmulo de matéria seca, a mucuna preta e o feijão de porco também foram as plantas que mais acumularam N, P e K, com valores médios de 245, 16, 95 kg ha⁻¹, respectivamente.

A crotalária spectabilis, muito utilizada nas áreas de reforma do canavial em Alagoas, teve comportamento intermediário quanto ao acúmulo de matéria seca e de nutrientes, superando a vegetação da área de pousio e a crotalária juncea, mas foi inferior ao feijão de porco e a mucuna preta.

A semeadura dos adubos verdes em abril, logo após as primeiras chuvas, induz algumas plantas ao florescimento precoce, e a mais sensível delas é a crotalária juncea. Esse florescimento precoce, em adubos verdes de crescimento determinado, resulta em menor crescimento das plantas e menor acúmulo de nutrientes. Para a semeadura sob noites crescentes a crotalária juncea foi o adubo de menor potencial produtivo, contrastando com altas produtividades obtidas com semeadura desse adubo verde sob noites longas decrescentes, em estudo, com irrigação, também conduzido no ambiente edafoclimático de Rio Largo - AL.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, R. C. et al. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, p. 175-185, 1995.

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.

BARRETTO, A.C.; FERNANDES, M.F. Produtividade de fitomassa de leguminosas para a adubação verde, em solo de tabuleiro costeiro. **Agrotrópica**, v.11, n.2, p.89-96, 1999.

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.

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.

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 de Campinas**. Boletim Técnico n.32. Campinas, 1994. 15 p.

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. Taxa de crescimento, acúmulo de nutrientes e atividade alelopática da crotalária juncea. In: **III Simpósio Brasileiro de Agricultura Sustentável. 2011**. Viçosa. Anais do III Simpósio Brasileiro de Agricultura Sustentável. 2011a. CD ROM.

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. 2011b. CD ROM.

OLIVEIRA, M. W. et al. Época de semeadura altera o crescimento e a produção de biomassa da crotalária juncea. **I Congresso Internacional das Ciências Agrárias – COINTER**. Recife – PE. Anais do I Congresso. 2016. CD.

OLIVEIRA M.W. et al. Mineral nutrition and fertilization of sugarcane. In: **Sugarcane – Technology and Research. 1ed**. Londres: INTECH - Open Science, 2018. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/sugarcane-technology-and-research/mineral-nutrition-and-fertilization-of-sugarcane>. 2018

OLIVEIRA, M. W. et al. Sugarcane Production Systems in Small Rural Properties. In: **Multifunctionality and Impacts of Organic and Conventional Agriculture 1ed**. Londres: INTECH - Open Science, 2019. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/multifunctionality-and-impacts-of-organic-and-conventional-agriculture/sugarcane-production-systems-in-small-rural-properties>

OLIVEIRA, M.W. et al. Adubação verde com crotalária juncea em áreas de implantação ou reforma de canaviais, em pequenas propriedades rurais. 2021. In: Oliveira, R. J. (Eds.). **Extensão Rural: práticas e pesquisas para o fortalecimento da agricultura familiar**. Guarujá: Editora Científica, 2021a. v. 2, cap. 3, p. 45-66.

OLIVEIRA, M. W. et al. Fertilidade do solo e acúmulo de nutrientes na crotalária juncea. **VI Congresso Internacional das Ciências Agrárias – COINTER**. Recife – PE. Anais do VI Congresso. 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.

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

RAIJ, B. Melhorando o ambiente radicular em subsuperfície. **Informações Agrônômicas**, n. 153, POTAFOS, Piracicaba. P.8-18, 2011b.

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.

SANTOS, V. S. et al. Biomass accumulation, extraction and nutrient use efficiency by cover crops. **Research, Society and Development**, v. 9, n.10, e9969109433, 2020.

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.

Recebido em: 25/05/2022

Aprovado em: 01/07/2022

Publicado em: 06/07/2022