

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ELISSON TEIXEIRA DA SILVA

**PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E CICLAGEM DE NUTRIENTES POR ADUBOS  
VERDES CULTIVADOS EM RIO LARGO - AL**

Rio Largo  
2022

ELISSON TEIXEIRA DA SILVA

PRODUÇÃO DE MATERIA SECA E CICLAGEM DE NUTRIENTES POR ADUBOS  
VERDES CULTIVADOS EM RIO LARGO – AL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Campus de Engenharias e Ciências Agrárias - CECA da Universidade Federal de Alagoas – UFAL como requisito para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Wagner de Oliveira

Rio Largo  
2022

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

S586p Silva, Elisson Teixeira da.

Produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes por adubos verdes cultivados em Rio Largo - AL. / Elisson Teixeira 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, 2022.

Inclui bibliografia

1. Sustentabilidade. 2. Fixação biológica do nitrogênio. 3. Sistema de produção. 4. nutrição mineral. I. Título.

CDU: 631.8

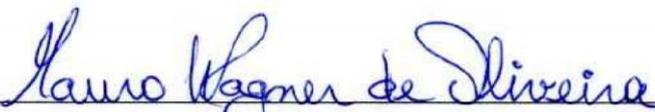
## Folha de Aprovação

AUTOR: ELISSON TEIXEIRA DA SILVA

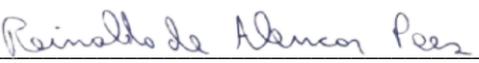
PRODUÇÃO DE MATERIA SECA E CICLAGEM DE NUTRIENTES POR ADUBOS  
VERDES CULTIVADOS EM RIO LARGO – AL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Campus de Engenharias e Ciências Agrárias - CECA da Universidade Federal de Alagoas – UFAL como requisito para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo e aprovado em 24 de março de 2022.

### Banca Examinadora:

  
Prof. Dr. Mauro Wagner de Oliveira (Orientador)

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Terezinha Bezerra Albino Oliveira

  
Prof. Dr. Reinaldo de Alencar Paes

*Ao meu filho que se tornou minha principal  
força motivacional para viver e ao Professor  
Dr. Mauro Wagner que me inspirou com sua  
dedicação a agronomia e sua história de vida.  
**Dedico.***

## **Agradecimentos**

*Aos meus pais, que sempre me mostraram a importância dos estudos e conseguiram me garantir o acesso à educação mesmo com muita dificuldade.*

*À Professora Dr. Ana Paula do Nascimento Prata que me possibilitou o primeiro contato com a pesquisa científica.*

*Ao meu orientador Professor Dr. Mauro Wagner de Oliveira, pelo incentivo, confiança e ensinamentos.*

*Agradeço as oportunidades cedidas pela Universidade Federal de Alagoas, onde adquiri conhecimento profissional e científico.*

*À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA pelas grandes oportunidades de práticas profissionais e convívio com grandes pesquisadores das ciências agrárias.*

*À Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Corpoica que em parceria com a EMBRAPA me possibilitou experiências de pesquisa com cientistas colombianos.*

*Aos meus amigos que conquistei durante minha graduação pelo apoio e momentos de descontração.*

*À professora Dra. Lígia que me apresentou a irrigação, área que tenho muita afinidade e paixão.*

## RESUMO

A adubação verde consiste no cultivo de plantas que, após atingir seu pleno desenvolvimento vegetativo, serão cortadas ou acamadas, deixando-as sobre a superfície ou incorporada ao solo para manter ou aumentar a matéria orgânica do terreno, visando melhorar suas condições físicas, químicas e biológicas. O objetivo deste trabalho de conclusão de curso foi avaliar, no ambiente edafoclimático de Rio Largo - AL, o acúmulo de matéria seca e a ciclagem de nutrientes dos adubos verdes: crotalária *juncea*, crotalária *spectabilis*, feijão-de-porco, mucuna preta e um tratamento de pousio com vegetação espontânea. O estudo foi conduzido no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL). Foram inicialmente coletadas amostras de solo, das camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm, e de posse dos resultados aplicaram-se 5,0 t de calcário dolomítico e 1,5 t de gesso, visando elevar a saturação por bases para 60% e diminuir a saturação por alumínio. O solo foi arado, gradeado e sulcado no espaçamento de 0,5 m. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com cinco repetições, sendo as parcelas constituídas de cinco sulcos de cinco metros de comprimento. Na fase de florescimento pleno de cada tratamento, as plantas foram cortadas rente ao solo e pesadas. Uma subamostra de cada parcela foi picada, seca em estufa de ventilação forçada a 65°C até peso constante, passadas em moinho de aço inoxidável e determinado os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre. A partir dos valores amostrados e das análises químicas determinou-se os acúmulos de matéria seca e de nutrientes na biomassa aérea dos tratamentos. Os resultados de concentração de nutrientes na parte aérea e acúmulo de matéria seca foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Observou-se menor concentração de nitrogênio na vegetação da área de pousio e maior na crotalária *spectabilis* variando de 12,3 a 34,0 g kg<sup>-1</sup> e crotalária *juncea*, feijão-de-porco e mucuna preta tiveram concentrações estatisticamente iguais, com valor médio de 30,25 g kg<sup>-1</sup>. 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<sup>-1</sup>, o segundo crotalária *juncea* e crotalária *spectabilis*, com valor médio de 2,50 g kg<sup>-1</sup>. Para a concentração de potássio tiveram três agrupamentos: no primeiro foram incluídos o feijão-de-porco e mucuna preta, com concentração média de 11,60 g kg<sup>-1</sup>. No segundo agrupamento ficaram a vegetação da área de pousio e crotalária *juncea*. No terceiro grupo a crotalária *spectabilis* com concentração média de 16,82 g kg<sup>-1</sup>. O menor acúmulo de matéria seca foi observado na vegetação da área de pousio: 3,83 t ha<sup>-1</sup> e os maiores, na mucuna preta e no feijão-de-porco, com média de 8,18 t ha<sup>-1</sup>. Com maior acúmulo de matéria seca, a mucuna preta e feijão-de-porco foram as plantas que mais acumularam N, P e K, com valores médios: 245, 16, 95 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade, fixação biológica do nitrogênio, sistema de produção, nutrição mineral.

## ABSTRACT

Green manure consists of the cultivation of plants that, after reaching their full vegetative development, will be cut or layered, leaving them on the surface or incorporated into the soil, to maintain or increase the organic matter of the land, in order to improve its physical, chemical conditions. and biological. The objective of this course conclusion work was to evaluate, in the edaphoclimatic environment of Rio Largo - AL, the accumulation of dry matter and the nutrient cycling of green manures: *crotalaria juncea*, *crotalaria spectabilis*, feijão-de-porco, *mucuna preta* and a fallow treatment with spontaneous vegetation. The study was conducted at the Campus of Engineering and Agricultural Sciences of the Federal University of Alagoas (CECA/UFAL). Soil samples were initially collected from layers 0 to 20 and 20 to 40 cm, and with the results, 5,0 t of dolomitic limestone and 1,5 t of gypsum were applied, aiming to raise the base saturation to 60 % and decrease aluminum saturation. The soil was plowed, harrowed and furrowed at a spacing of 0,5 m. The experimental design was randomized blocks, with five replications, and the plots consisted of five five-meter-long furrows. In the full flowering phase of each treatment, the plants were cut close to the ground and weighed. A subsample from each plot was chopped, dried in a forced ventilation oven at 65°C until constant weight, passed through a stainless steel mill and determined for nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sulfur contents. From the values sampled and the chemical analysis, the accumulation of dry matter and nutrients in the aerial biomass of the treatments was determined. The results of nutrient concentration in shoots and dry matter accumulation were submitted to analysis of variance and the means were compared by the Scott-Knott test at 5% probability. A lower concentration of nitrogen was observed in the vegetation of the fallow area and a higher concentration in *crotalaria spectabilis* ranging from 12.3 to 34.0 g kg<sup>-1</sup> and *crotalaria juncea*, feijão-de-porco and *mucuna preta* had statistically equal concentrations, with mean value of 30.25 g kg<sup>-1</sup>. For phosphorus concentration, green manures were classified into two groups. The first group consisted of feijão-de-porco, fallow area vegetation and *mucuna preta*, with an average value of 2.00 g kg<sup>-1</sup>, in the second *crotalaria juncea* and *crotalaria spectabilis*, with an average value of 2.50 g kg<sup>-1</sup>. For potassium concentration, there were three groups: the first included feijão-de-porco and *mucuna preta*, with an average concentration of 11.60 g kg<sup>-1</sup>. In the second group were the vegetation of the fallow area and *crotalaria juncea*. In the third group, *crotalaria spectabilis* with an average concentration of 16.82 g kg<sup>-1</sup>. The lowest accumulation of dry matter was observed in the vegetation of the fallow area: 3.83 t ha<sup>-1</sup> and the highest in *mucuna preta* and feijão-de-porco, with an average of 8.18 t ha<sup>-1</sup>. With the highest accumulation of dry matter, *mucuna preta* and feijão-de-porco were the plants that most accumulated N, P and K, with mean values: 245, 16, 95 kg ha<sup>-1</sup>, respectively.

**Keywords:** Sustainability, biological nitrogen fixation, production system, mineral nutrition.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 01** - 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..... 18
- Tabela 02** - Quadrados médios das análises de variância e coeficiente de variação (C.V.) das concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea das plantas..... 20
- Tabela 03** - Valores médios da concentração de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea dos adubos verdes e na vegetação da área de pousio. .... 21
- Tabela 04** - 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 pousio..... 22
- Tabela 05** - 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. .... 23

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	11
2.1. ALGUMAS CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS ADUBOS VERDES UTILIZADOS EM ALAGOAS E SERGIPE.....	12
<b>2.1.1. Crotalária juncea (<i>Crotalaria juncea</i> L.)</b> .....	12
<b>2.1.2. Crotalária spectabilis (<i>Crotalaria spectabilis</i> Roth)</b> .....	13
<b>2.1.3. Feijão-de-porco (<i>Canavalia ensiformis</i> L. DC.)</b> .....	13
<b>2.1.4. Mucuna preta (<i>Stizolobium aterrimum</i>)</b> .....	14
2.2. FATORES EDAFOCLIMÁTICOS E O CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES POR ADUBOS VERDES .....	14
2.3. INOCULAÇÃO DAS SEMENTES DE ADUBOS VERDES .....	16
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	18
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	20
4.1. CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NA PARTE AÉREA DOS ADUBOS VERDES.....	20
4.2. ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E DE NUTRIENTES NA PARTE AÉREA DOS ADUBOS VERDES .....	22
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	28

## 1. 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 conteúdo de matéria orgânica do terreno, visando melhorar suas condições físicas, químicas e biológicas, favorecendo o crescimento e 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 N<sub>2</sub> atmosférico e também por apresentarem sistema radicular vigoroso e ramificado, características que auxiliam na reciclagem de nutrientes das camadas mais profundas do solo (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 (OLIVEIRA et al., 1998; WUTKE; ARÉVALO, 2006; OLIVEIRA et al., 2011b; 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).

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Nos últimos anos tem havido na agropecuária brasileira grande preocupação com o meio ambiente, especialmente com a conservação do solo e dos recursos naturais, com a ciclagem de nutrientes e com a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (OLIVEIRA et al., 2021a). Em Alagoas, grande parte da agropecuária está na região dos tabuleiros costeiros e no agreste. Os solos dos tabuleiros costeiros apresentam, em sua maioria, baixa capacidade de retenção de água e de nutrientes, em função de características como baixo teor de matéria orgânica, argila de baixa atividade e proporções consideráveis de areia na composição textural. A prática da adubação verde pode ser uma das alternativas para amenizar esses problemas, uma vez que tem sido sugerida para manter ou até mesmo elevar os teores de matéria orgânica dos solos (BARRETO; FERNANDES, 1999; AMABILE et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2016).

A matéria orgânica influencia nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, pois aumenta a disponibilidade de nitrogênio, fósforo e enxofre através do processo de mineralização; eleva a capacidade de troca de cátions, estrutura do solo contribuindo para a agregação, reduzindo assim a suscetibilidade à erosão e aumentando a capacidade de retenção de água, favorecendo desta forma o crescimento das raízes das plantas e, conseqüentemente, de todo o vegetal (RAIJ, 2011; TEODORO et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2021a). Na semeadura direta, a cobertura morta do terreno com restos culturais ou palhada é condição imprescindível para o sucesso na implantação e condução das lavouras, principalmente na emergência das plântulas e nas fases iniciais de desenvolvimento do milho (OLIVEIRA et al., 2021c).

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, resultando em lavouras mais uniformes e de maior potencial produtivo. Outro aspecto a ser considerado é o fornecimento de substrato orgânico e mineral para os microrganismos do solo, assim, a adubação verde e as plantas de cobertura do solo contribuem também para a melhoria da qualidade biológica do terreno. Diversas plantas têm sido utilizadas como cobertura de solo, sobressaindo as gramíneas quanto a produtividade de biomassa, enquanto as leguminosas se destacam quanto a fixação biológica do nitrogênio do ar atmosférico (LEAL, 2006; WUTKE; ARÉVALO, 2006; DUARTE JÚNIOR; COELHO, 2008; OLIVEIRA et al., 2021a).

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 (OLIVEIRA et al., 2021c). As leguminosas mais usadas na adubação verde são as crotalárias (*juncea* e *spectabilis*),

o feijão de porco, o feijão guandu, a mucuna cinza e a mucuna preta. O crescimento destas plantas depende de fatores edafoclimáticos e, dentre os fatores climáticos, o comprimento da noite exerce grande influência, pois quando a semeadura ocorre sob noites longas crescentes há redução na fase vegetativa, conseqüentemente ocorre menor acúmulo de matéria seca e de nutrientes (BARRETTO; FERNANDES, 1999; AMABILE et al., 2000; LIMA et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2021a).

Em Alagoas, Pernambuco e Sergipe, a semeadura dessas leguminosas ocorre no início do período chuvoso: abril - início de maio, sob noites longas crescentes e, portanto, o potencial produtivo dessas plantas pode ser menor que o verificado em locais nos quais a semeadura é realizada sob noites longas decrescentes, como o noroeste da Bahia e o centro-sul do Brasil (BARRETTO; FERNANDES, 2001; OLIVEIRA et al., 2011). No centro-sul do Brasil o período de semeadura das leguminosas, especialmente nas áreas de reforma do canavial, ocorre sob noites longas decrescentes e, nestas condições, têm-se observado grande acúmulo de matéria seca e de nutrientes na biomassa da parte aérea das leguminosas (AMABILE et al., 2000; PERIN et al. 2004; DUARTE JÚNIOR; COELHO, 2008; OLIVEIRA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2021a).

## 2.1. ALGUMAS CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS ADUBOS VERDES UTILIZADOS EM ALAGOAS E SERGIPE

Tomando-se como referência as citações de Barreto e Fernandes (1999 e 2001) as leguminosas podem ser classificadas, quanto a produtividade de matéria seca da parte aérea, em três grupos: 1) Grupo de maior produtividade (feijão guandu fava larga, labe-labe e feijão-de-porco); 2) Grupo de produtividade intermediária (crotalária ochroleuca, mucuna preta, crotalária juncea e crotalária spectabilis); e, 3) Grupo de menor produtividade (mucuna rajada, calopogônio, guandu anão, amendoim, crotalária breviflora e feijão-de-corda).

A seguir serão descritas algumas características da crotalária juncea, crotalária spectabilis, feijão de porco e mucuna preta, as leguminosas mais citadas nos estudos de adubação verde.

### 2.1.1. Crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.)

Leguminosa anual, de caule ereto semi-lenhoso, ramificado na parte superior. Planta de clima tropical e subtropical, arbustiva, cujo porte varia de 2 m a 3 m de altura, é de rápido

crescimento inicial, o que lhe confere maior competitividade com as invasoras, apresentando também um expressivo efeito supressor e alelopático sobre estas. É muito sensível ao comprimento da noite (nictoperíodo), florescendo precocemente quando semeada sob noites crescentes. Seu rápido crescimento inicial possibilita tombamento ou incorporação ao solo muito precocemente, em torno de 70 a 90 dias após o plantio. Tem apresentado bom comportamento nos solos argilosos e arenosos, sendo muito responsiva à melhoria da fertilidade do solo, especialmente à saturação por bases e ao fósforo. Pode ser utilizada para silagem e produz grande quantidade de sementes, o que compensa grandemente a perda ocasionada pelo ataque da lagarta-das-vagens (BARRETTO; FERNANDES, 2001; PERIN et al., 2004; WUTKE; ARÉVALO, 2006; OLIVEIRA et al., 2011b; OLIVEIRA et al., 2021b).

### **2.1.2. Crotalária spectabilis (*Crotalaria spectabilis* Roth)**

Leguminosa anual, de crescimento inicialmente lento. Possui raiz pivotante profunda, podendo romper camadas compactadas. É uma planta subarborescente, de porte mediano (0,60 m a 1,50 m) e ramificada. É de clima tropical e subtropical, apresentando bom comportamento nos diferentes tipos de textura de solo, inclusive nos solos relativamente pobres em fósforo. É bastante efetiva no impedimento da multiplicação das populações de nematóides. É a espécie mais tóxica de crotalária, se ingerida pelos animais na falta de outras forrageiras. Possui a substância monocrotalina, de efeito hepatotóxico. Apresenta limitações na produção de sementes devido ao ataque de lagarta-das-vagens e à reduzida taxa de polinização cruzada (BARRETTO; FERNANDES, 2001).

### **2.1.3. Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* L. DC.)**

Leguminosa muito rústica, anual ou bianual, resistente a altas temperaturas e à seca. Barretto e Fernandes (2001) relatam que nos tabuleiros costeiros de Sergipe foi observado ciclo anual longo, com 180 dias, florescendo aos 140 dias. Se adapta muito bem ao consórcio com milho, principalmente em agricultura familiar. Neste caso, a semeadura do feijão de porco deve ser realizada nas entrelinhas do milho, por ocasião da adubação nitrogenada no milho. Tem bom desenvolvimento em praticamente a todos os tipos de solos, com variadas texturas, inclusive naqueles pobres em fósforo. Promove uma boa cobertura do solo, com efeito alelopático às invasoras, atuando eficientemente no controle da tiririca (*Cyperus* sp.). Seus grãos apresentam elevada toxidez para os animais (BARRETTO; FERNANDES, 2001;

WUTKE; ARÉVALO, 2006; OLIVEIRA et al., 2021a). Barretto e Fernandes (2001) citam que nos tabuleiros costeiros tem ocorrido o ataque de um crisomelídeo de coloração vermelha, em geral na fase inicial de crescimento, provocando redução da área foliar.

#### **2.1.4. Mucuna preta (*Stizolobium aterrimum*)**

Leguminosa anual, robusta, de crescimento indeterminado, com hábito rasteiro. Planta de clima tropical e subtropical, é resistente a temperaturas elevadas, à seca, ao sombreamento e ligeiramente resistente ao encharcamento temporário do solo. Rústica, apresenta bom desenvolvimento em solos ácidos, de baixa fertilidade. À semelhança do feijão de porco, se adapta muito bem ao consórcio com milho, principalmente em agricultura familiar, devendo-se também se realizar a semeadura nas entrelinhas do milho, por ocasião da adubação nitrogenada no milho. Auxilia no controle de nematoides e plantas espontâneas, sendo um excelente método de controle cultural. É possível utilizar a forragem de mucuna (solteira ou consorciada com milho) na alimentação animal, quer em pastejo direto, quer na forma de silagem ou feno. Pode-se também aproveitar os grãos, vagens e hastes secas trituradas (BARRETTO; FERNANDES, 2001; WUTKE; ARÉVALO, 2006; OLIVEIRA et al., 2021a).

## **2.2. FATORES EDAFOCLIMÁTICOS E O CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES POR ADUBOS VERDES**

A quantidade de biomassa acumulada na parte aérea dos adubos verdes e também a massa de nutrientes ciclada por essas plantas é dependente de vários fatores, havendo grande interação entre eles, mas, de modo geral, os que mais influenciam são: condições climáticas como nictoperíodo, disponibilidade hídrica, radiação solar, temperaturas diurnas e noturnas; época de semeadura (primavera ou verão), práticas culturais e fertilidade do solo (MASCARENHAS et al., 1994; BARRETTO; FERNANDES, 2001; OLIVEIRA et al., 2007).

Em solos ácidos, a deficiência de fósforo e de cátions básicos, associada aos altos teores de alumínio, têm sido prejudiciais ao crescimento do sistema radicular e, conseqüentemente, de toda a planta (MEDA, 2003; OLIVEIRA et al. 2003). Em concentrações micromolares, monômeros e complexos do alumínio presentes na solução do solo ( $Al^{+3}$ ,  $Al(OH)^{2+}$  e  $Al(OH)_2^{+}$ ) podem causar distúrbios na fisiologia das plantas (OLIVEIRA et al., 2021a). Vários estudos têm mostrado os efeitos maléficos do alumínio na disponibilidade de nutrientes no solo, na expansão celular (raiz e parte aérea), na cinética de absorção de nutrientes, na peroxidação dos

lipídeos da membrana plasmática e das endomembranas, na translocação de nutrientes, na respiração e na fotossíntese (ERNANI et al., 2001; MEDA, 2003; OLIVEIRA et al., 2021).

Deve-se ter em mente que todas as ações implementadas para melhorar a fertilidade do solo e a nutrição dos adubos verdes irão influenciar positivamente no crescimento da cultura subsequente, geralmente a cultura de interesse comercial (ERNANI et al., 2001; MEDA, 2003; OLIVEIRA et al., 2007). Há necessidade de se conhecer a capacidade de fornecimento de nutrientes pelo solo para, se necessário, complementá-la com adubações e, se constatada a presença de elementos em níveis tóxicos, reduzir sua concentração pela calagem e gessagem. Normalmente, avaliam-se a disponibilidade de nutrientes e a presença de elementos em níveis tóxicos no solo pela análise química da camada arável, sendo também de grande valia o histórico da área, sobretudo as adubações realizadas e, se houve ou não, ocorrência de sintomas de deficiência ou de toxidez nos cultivos anteriores (OLIVEIRA et al., 2007; RAIJ, 2011b; OLIVEIRA et al., 2019).

Usualmente, coletam-se amostras de solo das camadas de 0 a 20 e de 20 a 40 cm de profundidade. Os resultados da análise da camada de 0 a 20 cm têm sido utilizados para calcular a adubação e a calagem e, os da camada de 20 a 40 cm, para os cálculos da necessidade de gessagem (RAIJ, 2011a; OLIVEIRA et al., 2020a). Em médias e grandes propriedades tem sido usual a coleta de amostras georreferenciadas. Oliveira et al. (2021a) recomendam que em pequenas propriedades rurais devem-se coletar as amostras de solo de forma sistemática, usando cavadeira e pá reta, pois, o uso da pá reta diminui a variabilidade dos índices de fertilidade do solo.

Os solos do Brasil, incluindo os da região nordeste, são, em sua grande maioria, naturalmente ácidos, apresentando baixa saturação por cátions básicos, como cálcio, magnésio e potássio. Por esses motivos, a calagem e a gessagem são importantes práticas usualmente recomendadas por diversos pesquisadores (ERNANI e ALMEIDA, 1986; KAMINSKI et al., 2002; RAIJ, 2011a). Vários materiais têm sido usados como corretivos da acidez de solos, sendo os mais empregados os calcários dolomíticos, porém, usam-se também silicatos de cálcio e magnésio, designados de escórias de siderurgias. Nessas escórias, o teor de óxido de magnésio oscila em torno de 8%, enquanto os calcários calcíticos possuem teores de MgO inferiores a 5%, os magnesianos entre 6 e 12% e os dolomíticos acima de 12% (OLIVEIRA et al., 2007; RAIJ, 2011a).

A eficiência desses produtos na correção da acidez do solo depende, dentre outros fatores, da sua granulometria, da distribuição uniforme no campo e da disponibilidade hídrica do solo (OLIVEIRA et al., 2007; RAIJ, 2011a; OLIVEIRA et al., 2018a). O método de análise

de solo que utiliza o acetato de cálcio para a determinação do  $H^+ + Al^{+3}$  é muito usado em Alagoas e no Brasil. Esse extrator subestima demasiadamente a quantidade de  $H^+ + Al^{+3}$ , resultando em subestimativa da capacidade de troca catiônica a pH 7,0 e, conseqüentemente, da dose de calcário a ser aplicada (ERNANI e ALMEIDA, 1986; KAMINSKI et al. 2002; OLIVEIRA et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2018a). Por esses motivos, Oliveira et al. (2021a) têm recomendado elevar de 1,5 a 2,0 vezes a quantidade de calcário a ser aplicado. Para a maioria das culturas tem-se recomendado elevar a saturação por bases (V) a 60%. Rajj (2011 b) cita vários estudos nos quais foram comparadas as doses recomendadas de calcário e gesso com as doses desses insumos para a produtividade máxima econômica. O resultado econômico, foi altamente lucrativo para todos os casos, quando se compara as doses recomendadas de calcário e gesso e as doses desses insumos para a produtividade máxima econômica, reforçando que as recomendações oficiais de calagem e gessagem estão subestimadas.

Em relação ao tipo de calcário, recomenda-se o dolomítico quando o teor de magnésio na camada de 0 a 20 cm for inferior a  $0,40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de solo (OLIVEIRA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2018a). No entanto, se o teor de magnésio na camada de 0 a 20 cm for maior que  $0,40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de solo, a orientação é para utilizar aquele corretivo que tenha o menor preço por tonelada de poder relativo de neutralização total (PRNT) na lavoura. Dessa forma, inclui-se um fator econômico na tomada de decisão quanto ao tipo de calcário a ser empregado. Quanto ao gesso, seu uso tem sido recomendado com base nos resultados da análise química da camada de 20 a 40 cm. O gesso tem sido aplicado quando os teores de cálcio são menores que  $0,40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de solo ou a saturação por alumínio (m%) é maior que 20%. A dose usualmente recomendada é de um terço da dose de calcário. Um exemplo: supondo-se que a quantidade de calcário a ser aplicada é de 4,5 t/hectare, então a dose de gesso será de 1,5 t/hectare. O calcário e o gesso são misturados para posterior aplicação ao solo. A aplicação de gesso levará à melhoria do ambiente radicular das camadas abaixo da arável, efeito que perdura por vários anos, por esse motivo não é necessária a reaplicação anual do gesso (OLIVEIRA et al., 2007; RAIJ, 2011b; OLIVEIRA et al., 2021a).

### 2.3. INOCULAÇÃO DAS SEMENTES DE ADUBOS VERDES

A inoculação das sementes de adubos verdes com bactérias fixadoras do nitrogênio do ar atmosférico poderia ser uma forma de aumentar a fixação biológica do  $N_2$  e o aporte de nitrogênio no sistema solo-planta. Entretanto, trabalhos conduzidos por Chada e De-Polli (1988), Barretto e Fernandes (2001) e por Oliveira et al. (2011b) em propriedades rurais, em

Usinas Açucareiras e no CECA/UFAL mostraram que a inoculação das sementes de crotalária juncea com bactérias fixadoras do nitrogênio do ar atmosférico não aumentou o aporte de nitrogênio no sistema solo-planta.

Ausência de efeito de inoculação também foi citada por Chada e De-Polli (1998) na EMBRAPA Agrobiologia, que constataram que os inoculantes utilizados não foram mais eficientes que as estirpes nativas, não havendo diferença no acúmulo de matéria seca e de nitrogênio entre os tratamentos que receberam ou não a inoculação. Barreto e Fernandes (2001), em avaliações realizadas nos tabuleiros costeiros com crotalária juncea e mais 12 adubos verdes, igualmente não notaram efeito da inoculação com rizóbios selecionados.

Em unidade de demonstração e difusão de tecnologia, em Mercês-MG, Oliveira et al. (2021a) utilizaram inoculantes de empresas governamentais e de empresas particulares e, novamente, foi constatada ausência da inoculação sobre o acúmulo de matéria seca e de nutrientes, especialmente sobre o nitrogênio. Uma das possíveis causas da ausência de resposta à inoculação poderia ser a elevada população nativa destas bactérias nos solos, conforme citado por Ribeiro Júnior e Ramos (2006) e Oliveira et al. (2021a). O fato de as leguminosas apresentarem alta nodulação com estirpes nativas não significa que aquelas bactérias tenham eficiência máxima, uma vez que muitas dessas estirpes têm alta capacidade competitiva, dificultando a introdução de outras estirpes via inoculação das sementes. Assim, Oliveira et al. (2011 e 2021a) são de opinião que, enquanto não se obtiverem estirpes mais eficientes e competitivas, a inoculação das sementes de adubos não repercutirá em aumento da fixação biológica do nitrogênio e, conseqüentemente, no acúmulo de nitrogênio pela planta.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA/UFAL), da Universidade Federal de Alagoas. 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 01) 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 Rajj (2011a e 2011b). Na sequência, o solo foi arado e gradeado.

**Tabela 01** - 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 <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m
camada	H <sub>2</sub> O	.---- mg dm <sup>-3</sup> ---.			.----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----.						.---- (%) -----.		
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 H<sub>2</sub>O (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.

Na primeira semana de maio, o solo foi sulcado, no espaçamento de 0,5 m, semeando-se, posteriormente, quatro adubos verdes: crotalaria juncea, crotalaria 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 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. Estas 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).

#### 4. 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.

##### 4.1. CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NA PARTE AÉREA DOS ADUBOS VERDES

Na tabela 02 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 a variabilidade 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, observou-se 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 02** - Quadrados médios das análises de variância e coeficiente de variação (C.V.) das concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea das plantas.

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

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

Na tabela 03 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<sup>-1</sup>. 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<sup>-1</sup>. 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<sup>-1</sup>. No segundo grupo estiveram a crotalária juncea e a crotalária spectabilis, com valor médio de 2,50 g kg<sup>-1</sup>. 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<sup>-1</sup>. 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<sup>-1</sup>.

**Tabela 03** - 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 <sup>-1</sup> )* -----		
	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%.

Em pesquisa conduzida por Oliveira et al. (2013), 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 obtiveram para crotalária juncea, crotalária spectabilis, feijão de porco e mucuna preta, concentrações médias de N de 18,28; 24,00; 25,81 e 21,50 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, portanto, inferiores ao 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).

#### 4.2. ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E DE NUTRIENTES NA PARTE AÉREA DOS ADUBOS VERDES

Na tabela 04 está apresentada a análise de variância referente ao acúmulo de matéria seca e de nutrientes na parte aérea das plantas. Houve efeito significativo de plantas, a 0,1% de probabilidade, tanto para o acúmulo de matéria seca quanto para o 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 02. 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 04** - 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 pousio.

Fonte de Variação	GL	----- Quadrados médios -----			
		Ac. MS	Ac. N	Ac. P	Ac. K
		----- kg ha <sup>-1</sup> -----			
<b>Plantas</b>	4	20.985.937***	34.634***	64,717***	1.547
<b>Bloco</b>	4	631.566	144	3,657	76,20
<b>Resíduo</b>	16	135.587	111	2,496	67,84
<b>Média Geral</b>		6.006	171	13,1	80,45
<b>C.V. (%)</b>		6,13	6,14	12,11	10,24

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

Na tabela 05 estão apresentados os valores médios dos acúmulos de matéria seca e dos nutrientes N, P e K. Para essas quatro variáveis também se constatou efeito significativo de plantas. Na vegetação da área de pousio foram observados os menores valores de acúmulo de matéria seca, cerca de 3,8 t ha<sup>-1</sup>, aproximadamente 45% do valor médio obtido para a mucuna

preta e o feijão de porco. 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 ha<sup>-1</sup>. Oliveira et al. (2013), em estudos conduzidos no CECA/UFAL, por dois anos, com as sementeiras realizadas no início de abril, verificaram resultados de acúmulo de matéria seca semelhantes ao do presente estudo. Os autores (OLIVEIRA et al., 2013) 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 sementeira, época da colheita do feijão-guandu fava larga, o mais produtivo e mais tardio.

**Tabela 05** - 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 <sup>-1</sup> -----			
<b>Área de pousio</b>	3.832 a	47 a	7,7 a	55 a
<b>Crotalária juncea</b>	4.587 b	139 b	11,5 b	70 b
<b>Crotalária spectabilis</b>	5.260 c	179 c	13,6 c	88 c
<b>Feijão de porco</b>	8.374 d	245 d	16,0 d	93 d
<b>Mucuna preta</b>	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%.

Ainda segundo Oliveira et al. (2013), para as crotalárias *juncea*, *ocroleuca* e *spectabilis*, de ciclos mais curtos (colhidas até 80 dias após a sementeira), 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 sementeiras 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<sup>-1</sup>, enquanto a média da quarta época foi de 255 cm e de 10,7 t ha<sup>-1</sup>. 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. (1998) 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; LEAL, 2006; LIMA et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2021). Oliveira et al. (2019) citam estudos conduzidos por dois anos, em Mercês, MG, zona da Mata Mineira, para avaliar o efeito de épocas de semeaduras sobre o florescimento da crotalária juncea. 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., 2019). 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 sementeiras 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, de cerca de 20, 35 e 40%. Atrasos na sementeira 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 foram observados 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 e 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 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<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 05). Esses valores são muito próximos aos relatados por Oliveira et al. (2013) em estudos conduzidos por dois anos, também no CECA/UFAL. Barretto e 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 e Fernandes (2001), no presente estudo os acúmulos de N, P e K para o feijão de porco foram 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 a mucuna preta, de 114 e 110; 9 e 11, e 47 e 63 kg por hectare. Esses acúmulos de N, P e K foram menores devido ao menor acúmulo de matéria seca na parte aérea do feijão de porco e na mucuna preta (4,4 e 5,1 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente), em Arapiraca. É provável que essas reduções deveram-se aos fatores climáticos, pois tanto o solo do CECA/UFAL quanto o de Arapiraca tinham fertilidades médias.

## 5. 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<sup>-1</sup>. 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<sup>-1</sup>.

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<sup>-1</sup>. O segundo grupo foi composto por crotalária juncea e crotalária spectabilis, com valor médio de 2,50 g kg<sup>-1</sup>.

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<sup>-1</sup>. 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<sup>-1</sup>.

Quanto ao acúmulo de matéria seca observou-se os menores valores na vegetação da área de pousio: 3,83 t ha<sup>-1</sup> e os maiores, na mucuna preta e no feijão de porco, com média de 8,18 t ha<sup>-1</sup>. 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<sup>-1</sup>, respectivamente.

A crotalária spectabilis, muito utilizada nas áreas de reforma de 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 de adubo verde sob noites longas decrescentes, em estudo, com irrigação, também conduzido no ambiente edafoclimático de Rio Largo - AL.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J. A. Comparação de métodos analíticos para avaliar a necessidade de calcário dos solos do Estado de Santa Catarina. **R. Bras. Ci. Solo**, v.10, p.143-150, 1986.
- 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.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011.

KAMINSKI, J. et al. Estimativa da acidez potencial em solos e sua implicação no cálculo da necessidade de calcário. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v. 26, p.1107-1113, 2002.

LEAL, M. A. A. **Produção eficiência agrônômica de compostos obtidos com a palhada de gramíneas e leguminosas para o cultivo de hortaliças orgânicas**. Tese – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2006. 113 p.

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 Agrônômico de Campinas**. 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.

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. Biomassa e nitrogênio na crotalária juncea e na brachiaria plantaginea em área de plantio de cana de ano e meio. **XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo (CBCS)**. Ribeirão Preto. Anais do Congresso. Botucatu / UNESP/SBCS, 2003. CD.

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>. 2018a

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.

OLIVEIRA, M. W. et al. Análise do crescimento da braquiária brizantha, usada como planta de cobertura do solo e recicladora de nutrientes. **VI Congresso Internacional das Ciências Agrárias – COINTER**. Recife – PE. Anais do VI Congresso. 2021c.

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

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

RIBEIRO JÚNIOR, W. Q, RAMOS M.L.G. Fixação biológica de nitrogênio em espécies para adubação verde. IN: **Cerrado: Adubação verde**. CARVALHO, A. M; AMABILE, R., EMBRAPA Cerrados, p. 171-209, 2006.

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.

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

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