

## Produção de biomassa por leguminosas para a adubação verde em Santarém, Pará, Brasil

*Biomass production by legumes for green manure in Santarém, Pará, Brazil*

Neisiany Rebelo Pimentel (ORCID 0000-0001-6559-7862), Daniela Pauletto (ORCID 0000-0003-1855-6077), Diego Lima Aguiar (ORCID 0000-0003-1415-787X)

Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Pará, Brasil. \*Autor para correspondência: danielapuletto@hotmail.com

Submissão: 22/03/2024 | Aceite: 09/05/2024

### RESUMO

A prática de adubação verde, que envolve o cultivo de espécies vegetais com características benéficas para o solo, destaca-se como uma estratégia eficaz para a melhoria da fertilidade do solo. O presente estudo teve como objetivo avaliar a produção de biomassa de três espécies indicadas para utilização como adubação verde (crotalária - *Crotalaria juncea*; mucuna preta - *Mucuna aterrima*; estilosa - *Stylosanthes macrocephala*). O trabalho foi realizado em Santarém, Pará através de um delineamento inteiramente casualizado, seis repetições e instalação do experimento em propriedade rural familiar. A coleta de dados foi realizada 90 dias após a semeadura e incluiu a medição da altura das plantas, massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR), massa seca total (MST), comprimento das raízes e diâmetro do colo da raiz. Observou-se que a crotalária se destacou em relação às demais espécies, apresentando a maior produção de biomassa fresca ( $1,43 \pm 1,2$  t ha<sup>-1</sup>) e seca (0,46 t ha<sup>-1</sup> e 0,21 t ha<sup>-1</sup>) na parte aérea da planta. A mucuna preta se destacou para o comprimento de raiz com média de 33,2 cm. Esses resultados são de grande relevância para a agricultura sustentável, pois a adubação verde desempenha um papel fundamental na promoção da saúde do solo, na conservação dos recursos naturais e no aumento da produtividade agrícola. O cultivo de espécies como crotalária e mucuna preta poderá proporcionar benefícios significativos para os cultivos.

**PALAVRAS-CHAVE:** agricultura sustentável; agroecologia; ciclagem de nutrientes; fixação biológica de nitrogênio.

### ABSTRACT

The practice of green manuring, involving the cultivation of plant species with beneficial characteristics for the soil, stands out as an effective strategy for improving soil fertility. The objective of the present study was to evaluate the biomass production of three species recommended for use as green manure (sun hemp - *Crotalaria juncea*; black velvet bean - *Mucuna aterrima*; stylo - *Stylosanthes macrocephala*). The research was carried out in Santarém, Pará, using a randomised block design with six replications. Data collection was carried out 90 days after planting and included measurements of plant height, fresh aerial part mass (FAPM), dry aerial part mass (DAPM), dry root mass (DRM), total dry mass (TDM), root length and stem diameter at the root collar. It was observed that sunny hemp stood out among the species with the highest production of fresh ( $1.43 \pm 1.2$  t ha<sup>-1</sup>) and dry biomass (0.46 t ha<sup>-1</sup> and 0.21 t ha<sup>-1</sup>) in the aerial part of the plant. Black velvet bean was remarkable for its root length with an average of 33.2 cm. These results are highly relevant to sustainable agriculture, as green manuring plays a crucial role in promoting soil health, conserving natural resources and increasing agricultural productivity. The cultivation of species such as sun hemp and black velvet bean could provide significant benefits to crops.

**KEYWORDS:** Sustainable agriculture; agroecology; nutrient cycling; biological nitrogen fixation.

## INTRODUÇÃO

Com a produção agrícola em larga escala, os processos de degradação dos solos brasileiros ocorrem de forma mais acelerada, tornando-se necessário buscar alternativas que promovam o manejo adequado do solo (ALVES 2021). Nesse contexto, a adição de matéria orgânica ao solo é de fundamental importância, constituindo-se como uma alternativa para mitigar a degradação dos solos (CHERUBIN et al. 2023).

Dentre as práticas supracitadas, destaca-se a adubação verde, uma técnica de manejo que influencia

positivamente a fertilidade do solo. Esta técnica consiste na semeadura de espécies vegetais com características específicas que garantam benefícios após o manejo do corte, sendo reconhecida como uma opção viável na busca pela sustentabilidade na produção vegetal (ALCÂNTARA et al. 2000, LEITE et al. 2017, SILVA et al. 2014).

A adubação verde baseia-se na adição de biomassa vegetal fresca, com ou sem sua incorporação, com o intuito de recuperar a fertilidade e a produtividade do solo (RAMPIM et al. 2020). A deposição de plantas utilizadas como adubos aumenta a porosidade do solo, a capacidade de infiltração e retenção de água, devido ao acréscimo de matéria orgânica e ao desenvolvimento adequado das raízes (SOUZA 2012, HENDGES et al. 2015).

As espécies de plantas da família Fabaceae, também conhecidas como leguminosas, são as mais utilizadas na adubação verde devido à sua rusticidade, alta produção de matéria seca, sistema radicular profundo e capacidade de formar associações simbióticas com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico (ALCÂNTARA et al. 2000). Além disso, essas espécies são capazes de reduzir as emissões de carbono atmosférico, contribuindo para a redução dos gases do efeito estufa (DOS SANTOS BRANCO & PRATES JÚNIOR 2022).

A crotalária (*Crotalaria juncea*), a mucuna preta (*Mucuna aterrima*) e o estilosante (*Stylosanthes macrocephala*), escolhidas no presente estudo, sobressaem-se como espécies promissoras para a prática da adubação por serem plantas rústicas com rápido crescimento e adaptadas a condições de baixa fertilidade e elevadas temperaturas (AGUIAR JÚNIOR et al. 2011, TEODORO et al. 2011).

A ciclagem de nutrientes é importante, pois, com a chuva, ocorre perda de nutrientes, e a ciclagem mantém a fertilidade do solo. Considerando a relevância na reestruturação de solos com atividades extensivas e degradantes, bem como a importância na utilização de espécies adubadeiras nesse processo, este trabalho teve como objetivo avaliar a produção de biomassa de espécies utilizadas como adubos verdes. Espera-se, assim, contribuir com melhores práticas de plantio e manejo do solo na região amazônica.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para avaliar a produção de biomassa selecionou-se três espécies de adubos verdes (Tabela 1). A escolha destas espécies se deu em função de suas características de crescimento e desenvolvimento que são conhecidas como rápido crescimento, rusticidade e decomposição acelerada (OLIVEIRA et al. 2016).

Tabela 1. Principais características (nome vernacular, nome científico, usos, família, hábito e ciclo de vida) das espécies utilizadas no experimento de produção de biomassa, da família Fabaceae, em Santarém, Pará.

Table 1. Main characteristics (vernacular name, scientific name, uses, family, habit and life cycle) of the species used in the biomass production experiment, from the Fabaceae family, in Santarém, Pará.

Nome vernacular	Nome científico	Características e usos	Hábito	Ciclo
Crotalária	<i>Crotalaria juncea</i> L.	Melhoria da fertilidade dos solos Fibras podem ser aproveitadas na produção de celulose	Arbusto Ereto	Anual
Mucuna preta	<i>Mucuna aterrima</i>	Planta rústica Tolerante à toxidez por alumínio Favorece o controle de nematóides	Trepador	Anual ou bianual
Estilosante	<i>Stylosanthes macrocephala</i>	Fixação biológica de nitrogênio Resistente a seca Resistência a doença como antracnose Alternativa para recuperação de áreas degradadas	Herbáceo	Anual

Fonte: Adaptado de TEODORO et al. (2011).

O experimento foi desenvolvido no quilombo Bom Jardim situado as margens do lago do Maicá aproximadamente 29 km da cidade de Santarém/PA (Figura 1). O município apresenta clima do tipo Am, segundo a classificação climática de Köppen, com precipitação anual de 1.900 a 2.200 milímetros (mm) por ano e temperaturas médias anuais de 25 a 27 °C (ALVARES et al. 2013). A região apresenta umidade

relativa média do ar de 85%, com duas estações bem definidas, sendo que a estação seca se estende geralmente entre os meses de julho a novembro e a estação chuvosa entre os meses de dezembro a junho (INMET 2023).

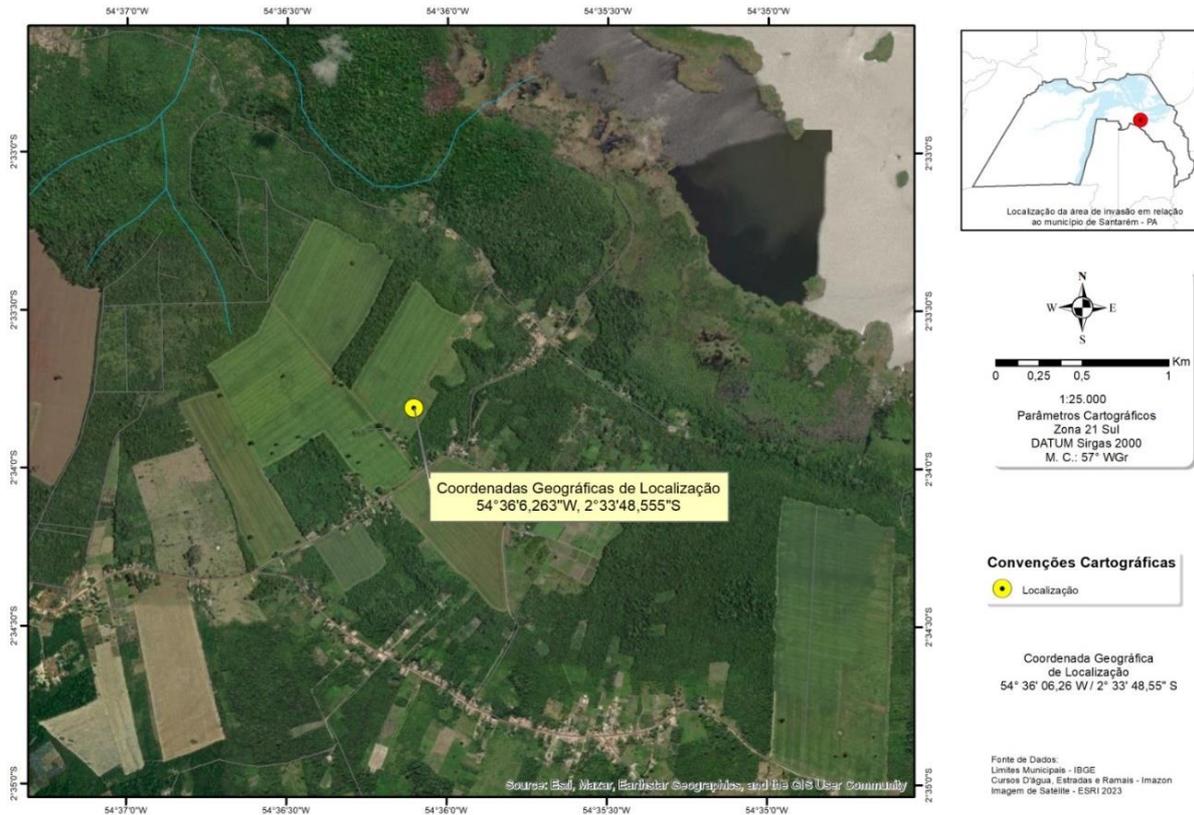


Figura 1. Localização da área experimental, na comunidade Bom Jardim, no município de Santarém, Pará.  
Figure 1. Location of the experimental area, in the Bom Jardim community, in the municipality of Santarém, Pará.

A área selecionada para o experimento foi utilizada na atividade pecuária por 10 anos com criação bovina, em manejo extensivo com cerca de uma unidade animal por hectare, com o uso de pastagem do tipo forrageira *Brachiaria ruziziensis*. Para a instalação do experimento, realizou-se o preparo do solo de forma mecanizada, por meio do uso de grade aradora com 14 discos de 28 polegadas, com três operações no mês de fevereiro de 2021. O solo na área é descrito como Argissolo Amarelo Distrófico típico A moderado, com textura média argilosa (DOS SANTOS et al. 2002). Devido à limitação de recursos do projeto de pesquisa não foram realizadas coletas de solo da área de pesquisa para um maior detalhamento de atributos físicos e químicos do solo.

A semeadura foi realizada 15 dias após a limpeza da área, em fevereiro de 2021, por meio da abertura de covas com enxadas e introdução das sementes no solo, com espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,5 m entre plantas.

A disposição experimental adotada foi um delineamento inteiramente casualizado com seis repetições para cada tratamento. As faixas destinadas ao cultivo de espécies utilizadas para adubação verde, medindo quatro metros de largura por 57 metros de comprimento, foram estabelecidas intercaladas às linhas de cumaru (*Dipteryx odorata*). A semeadura do cumaru também ocorreu em fevereiro de 2021 com a introdução de 240 mudas distribuídas em 12 linhas simples, arranjadas em um intervalo de seis metros entre si e três metros entre plantas.

A coleta de dados foi realizada 90 dias após a semeadura, quando as plantas de mucuna preta estavam em floração e frutificação, as plantas de crotalária em floração e as plantas de estilosante em estágio vegetativo. Para a coleta de dados, foram estabelecidas de maneira aleatória, seis parcelas de 3 m x 3 m (9 m<sup>2</sup>) para cada espécie. Adotou-se este procedimento porque o crescimento se mostrou visualmente desuniforme para as espécies inseridas. Este fenômeno pode ter ocorrido devido à alteração no uso do

solo, de pastagem para cultivos perenes. A utilização de maquinário pesado durante o processo de revolvimento resultou na formação de blocos de solo (torrões), que não foram adequadamente uniformizados devido à falta de uma grade niveladora no preparo do solo.

Em cada parcela, durante o trabalho de campo, procedeu-se à avaliação de duas variáveis: altura média das plantas (com auxílio de trena métrica) e pesagem de toda a massa fresca da parte aérea (MFPA). Para isso, as plantas foram cortadas manualmente com o uso de facão, e posteriormente pesadas em uma balança instalada no experimento.

Para o procedimento de laboratório, foram coletadas três amostras de cada espécie, totalizando quinze plantas. Utilizou-se a planta inteira para quantificar a massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST). As amostras foram acondicionadas em sacos de papel e, subsequentemente, colocadas em uma estufa submetida a uma temperatura constante de 70 °C, até a obtenção de massa constante. Para retirada da planta de modo a não danificar ou quebrar a raiz foram utilizadas ferramentas de corte (enxada e facão) para remover o solo em volta da planta. Este processo se mostrou acessível, visto que a coleta foi realizada no período chuvoso e que o solo havia sido gradeado antes do plantio, facilitando a retirada da planta inteira do solo.

Para determinar o comprimento das raízes das plantas, foi utilizada uma régua graduada em centímetros, medindo do ápice do colo da raiz até a extremidade inferior da raiz principal. Também foi medido o diâmetro do colo com um paquímetro digital.

Aplicou-se o teste de normalidade *Lilliefors* com análise subsequente de associação linear pelo coeficiente de Pearson. Para a comparação entre as variáveis nos diferentes tratamentos, utilizou-se a análise de variância (ANOVA) e o teste de *Tukey*, com nível de significância de 5%, com o auxílio do software Bioestat (AYRES et al. 2007).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados demonstram que houve diferenças estatisticamente significativas na altura das plantas das três espécies estudadas (Tabela 2). A crotalária apresentou o melhor desempenho em relação à altura, com uma média de 1,01 m. Por outro lado, a mucuna preta apresentou uma média de 0,4 m, enquanto o estilosante alcançou uma média de 0,28 m.

Tabela 2. Estatística descritiva para a variável altura para as espécies crotalária, mucuna preta e estilosante cultivadas em Santarém, Pará.

Table 2. Descriptive statistics for the height variable of *Crotalaria*, black mucuna, and stylo plants cultivated in Santarém, Pará.

Espécie/altura	Crotalária	Mucuna preta	Estilosante
Mínima (cm)	54,5	35,43	23,7
Máximo (cm)	140,8	44	33,2
Média Aritmética (cm)	101,0 a	40,0 b	28,0 b
Desvio Padrão (cm)	36,1	35,5	33,9
Coeficiente de Variação (%)	35,5	8,9	12,3

Letras iguais na mesma linha indicam que não houve diferença estatística entre médias ao nível de 5%.

Estudos realizados por TEODORO et al. (2011) e OLIVEIRA et al. (2016) apontaram para a altura da crotalária valores de 1,23 m e 1,92 m, respectivamente, resultados que se assemelham aos obtidos neste trabalho, onde a espécie apresentou uma média de 1,01 m.

A Tabela 3 apresenta os resultados referentes às seguintes variáveis: MFPA, MSPA, MSR e MST, expressas em toneladas por hectare (t ha<sup>-1</sup>). O teste de média indica que não houve diferença estatística para essas variáveis. A estilosante foi inferior apenas à crotalária na maioria dos atributos.

Os resultados evidenciam diferenças estatisticamente significativas nas médias de massa seca e massa fresca entre os tratamentos, com um nível de significância de 5% (p-valor = 0,0229 e 0,0191, respectivamente). O teste de *Tukey* revelou que, em relação à massa fresca, tanto a crotalária quanto a mucuna preta obtiveram os melhores resultados, sem apresentar diferença estatisticamente significativa

entre si (Tabela 3). Por outro lado, o estilosante registrou a menor média em relação às outras espécies.

Tabela 3. Média e desvio padrão da produção de massa fresca e seca da parte aérea, radicular e total de três espécies leguminosas cultivadas em Santarém, Pará.

Table 3. Mean and standard deviation of fresh and dry mass production of the aerial, root, and total parts of three leguminous species cultivated in Santarém, Pará.

Espécies	MFPA	MSPA	MSR	MST
	t ha <sup>-1</sup>			
Crotalária	1,43 a ± 1,2	0,46 a ± 0,38	0,17 a ± 0,07	0,64 a ± 0,44
Mucuna preta	0,90 ab ± 0,38	0,21 ab ± 0,09	0,02 b ± 0,01	0,23 ab ± 0,10
Estilosante	0,06 b ± 0,03	0,04 b ± 0,03	0,02 b ± 0,01	0,05 b ± 0,03

Médias seguidas pelas mesmas letras, dentro de cada coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Para massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST).

Estes resultados são importantes pois a adição de adubos verdes ao solo pode beneficiar cultivos e alterar as condições de solo. Esta prática permite a persistência da palhada sobre a superfície do solo minimizando a erosão, assim como o aumento da agregação, infiltração e armazenamento de água e a resistência do solo à erosão (WILDNER 2014).

Observa-se que a crotalária obteve a maior média de MFPA, com  $1,43 \pm 1,2$  t ha<sup>-1</sup>, seguida pela mucuna preta com  $0,90 \pm 0,38$  t ha<sup>-1</sup> e o estilosante com  $0,06 \pm 0,05$  t ha<sup>-1</sup>. Esses valores indicam que a crotalária apresentou um rendimento significativamente superior em termos de massa fresca em comparação com as outras espécies.

Da mesma forma, ao considerar a MSPA, a crotalária também se destaca, com uma média de  $0,46 \pm 0,38$  t ha<sup>-1</sup>, seguida pela mucuna preta com  $0,21 \pm 0,09$  t ha<sup>-1</sup> e o estilosante com  $0,04 \pm 0,03$  t ha<sup>-1</sup>. Novamente, esses resultados mostram que a crotalária apresentou uma maior produção de massa seca de parte aérea em relação às outras espécies.

No entanto, quando se trata da MSR, os valores são mais uniformes entre as espécies. A crotalária registrou uma média de  $0,17 \pm 0,07$  t ha<sup>-1</sup>, seguida pela mucuna preta e o estilosante que apresentaram médias de  $0,02 \pm 0,01$  t ha<sup>-1</sup> cada. Esses resultados sugerem que a produção de massa seca de raízes apresentou diferença entre as espécies avaliadas. Trabalho de PONCIANO (2022), indicou que em condições de pouca precipitação foi observada uma maior retenção de água para a crotalária. Provavelmente, devido a essa característica, o desempenho da crotalária seja superior.

Por fim, ao considerar a MST, que inclui a massa seca de parte aérea e raízes, a crotalária novamente se destacou, com uma média de  $0,64 \pm 0,44$  (t ha<sup>-1</sup>). A mucuna preta registrou uma média de  $0,23 \pm 0,10$  t ha<sup>-1</sup>, enquanto o estilosante apresentou a menor média, com  $0,05 \pm 0,03$  t ha<sup>-1</sup>.

Os valores alcançados por essas espécies foram inferiores aos encontrados por WILDNER (2014) ao estudarem as mesmas espécies, onde a crotalária e a mucuna preta apresentaram valores de 2,2 e 4,5 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Da mesma forma dados encontrados por COSTA et al. (2019) mostraram valores de 19,4 (crotalária) e 13,6 t ha<sup>-1</sup> (mucuna preta) de massa fresca, valores superiores em comparação aos obtidos neste trabalho.

Quanto à massa seca, as espécies apresentaram comportamento semelhante ao da massa fresca, com a crotalária e a mucuna preta apresentando os maiores valores ( $0,46$  e  $0,21$  t ha<sup>-1</sup>, respectivamente), sendo iguais entre si. Neste estudo, os valores médios de produção de biomassa pelos adubos verdes foram inferiores aos encontrados por outros autores. WUTKE et al. (2014) relataram que a produção de massa seca variou de 6 a 8 t/h. No trabalho de LIMA et al. (2012), para crotalária e mucuna preta, foram obtidas massas secas de 18,1 e 9,9 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

A produção de massa seca pela espécie de crotalária deve-se à estrutura morfológica do caule lenhoso, que, de acordo com o estágio de desenvolvimento da planta, apresenta um elevado teor de água, resultando em um aumento na quantidade de massa fresca da planta, além de um grande desenvolvimento das plantas (BETTIOL et al. 2015).

É importante ressaltar que os teores de água podem ter influência nos processos de crescimento, desenvolvimento e resistência das plantas (SOUZA et al. 2014). Espécies com maiores teores de água podem ter maior capacidade de armazenar água, o que pode ser benéfico em condições de estresse hídrico

(COSTA et al. 2015). Por outro lado, espécies com menores teores de água podem apresentar maior resistência à seca, mas também podem ter uma menor capacidade de se recuperar após períodos prolongados de falta de água (DA COSTA et al. 2021).

Em relação ao comprimento da raiz a mucuna preta apresentou a maior média, com 33,2 cm, seguida pela crotalária com 25,3 cm e a estilosante com 15,1 cm (Figura 2). Esses valores indicam que a mucuna preta teve um crescimento de raiz maior em comparação com as outras duas espécies. Esta relevância é destacada pelo estudo de FOLONI et al. (2006), o qual evidenciou que esta espécie demonstrou maior tolerância à compactação do solo em comparação à crotalária, que se revelou relativamente mais susceptível.

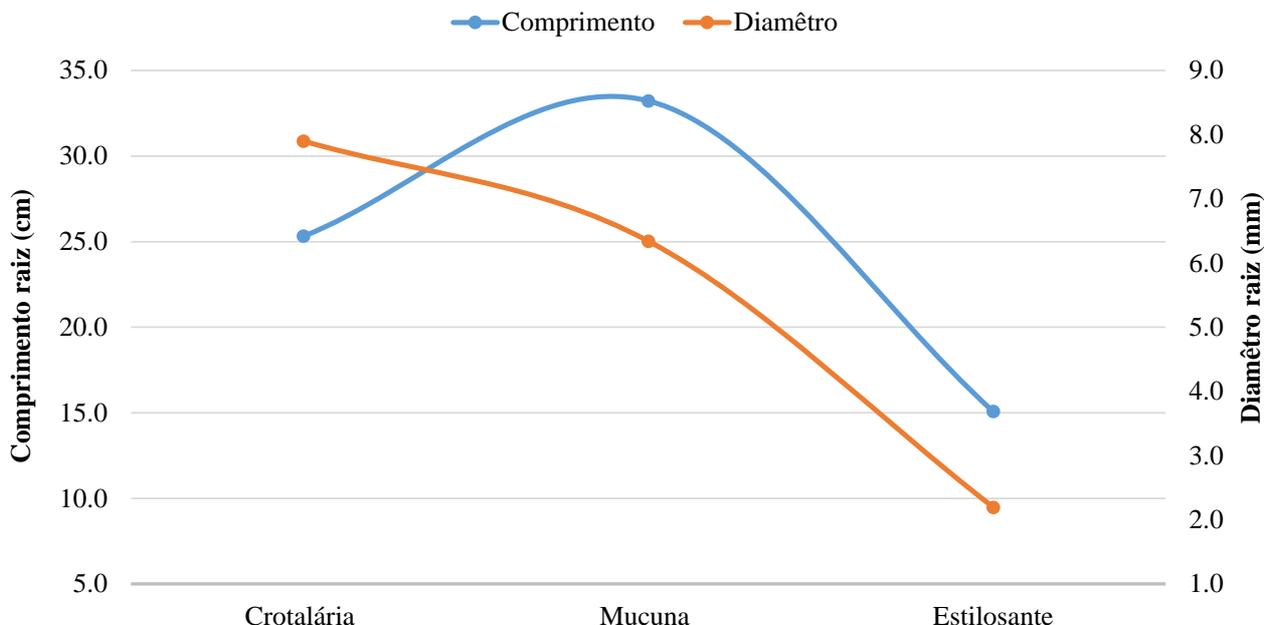


Figura 2. Média do comprimento e diâmetro do colo da raiz das espécies crotalária, mucuna preta e estilosante na produção de biomassa em Santarém, Pará.

Figure 2. Average length and diameter of the root neck of crotalaria, mucuna preta and stylosante species in biomass production in Santarém, Pará.

As leguminosas com raízes mais profundas desempenham um papel importante na melhoria das propriedades físicas do solo (SILVA et al. 2017). Essas plantas têm a capacidade de soltar o solo, aumentar sua porosidade e permeabilidade, além de favorecer a formação de canais, facilitando o crescimento de espécies em sucessão (BONFIM-SILVA et al. 2012).

Os dados obtidos neste estudo para a espécie crotalária foram inferiores aos encontrados por QUEIROZ NETO et al. (2019), os quais relataram um comprimento radicular de 29,7 cm, indicando que essa leguminosa é capaz de explorar um grande volume de solo. Já em relação ao diâmetro das raízes, a crotalária apresentou a maior média, com 7,9 mm, seguida pela mucuna preta com 6,3 mm e a estilosante com 2,2 mm.

Para a mucuna preta, que mostrou raízes maiores neste estudo, espera-se que tenha a capacidade aumentar a porosidade e permeabilidade do solo (SOUZA et al. 2014). Essa característica também proporciona diversos benefícios, como a melhoria na infiltração de água, a redução do risco de erosão e a contribuição para o manejo eficiente de água no sistema (WILDNER 2014). Assim, essa habilidade de penetração profunda das raízes permite que a mucuna preta utilize de forma mais eficiente os recursos disponíveis, como água e nutrientes, contribuindo para uma melhor utilização desses elementos pelo sistema radicular.

Não foram identificadas correlações significativas entre diâmetro e comprimento da raiz para as três espécies em estudo ( $r = 0,23$  a  $0,32$ ;  $p = 0,14$  a  $0,38$ ), ainda que na literatura FOLONI et al. (2006) reporte correlação positiva destas variáveis para a crotalária em solo compactado.

Além disso, ao considerar o diâmetro da raiz, verificou-se que a crotalária apresentou a maior média,

seguida pela mucuna preta e a estilósante. Esses resultados indicam que a crotalária teve raízes mais espessas em comparação com as outras duas espécies.

## CONCLUSÃO

A avaliação da produção de biomassa de espécies utilizadas como adubação verde em Santarém, Pará, revela que a crotalária e a mucuna preta são as espécies mais promissoras. A crotalária destacou-se em relação às demais espécies, apresentando a maior produção de biomassa fresca e seca na parte aérea da planta. Além disso, a mucuna preta se destacou no que diz respeito ao comprimento e massa seca das raízes, o que sugere uma capacidade maior de explorar o solo em busca de água e nutrientes.

Esses resultados são de grande relevância para a agricultura sustentável, pois a adubação verde desempenha um papel fundamental na promoção da saúde do solo, na conservação dos recursos naturais e no aumento da produtividade agrícola. O cultivo de espécies como crotalária e mucuna preta poderá trazer benefícios significativos para os cultivos.

## AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA pelo Programa de Fomento à Pesquisa para Trabalhos de Conclusão de Curso de Bacharelado em Agronomia (AGROTCC).

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR JÚNIOR RA et al. 2011. Relação entre produção de biomassa e biometria de *Gliricidia* (*Gliricidia sepium* (Jacq.)). *Cadernos de Agroecologia* 6: 1-5.
- ALCÂNTARA FA et al. 2000. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 35: 277-288.
- ALVARES CA et al. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische zeitschrift*. 22: 711-728.
- ALVES RE. 2021. A relação entre agricultura, degradação do solo e tempestades de areia. *Revista Ayika* 1: 50-66.
- AYRES M et al. 2007. Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Instituto Mamirauá 364.
- BETTIOL JVT et al. 2015. Plantas de cobertura, utilizando *Urochloa ruziziensis* solteira e em consórcio com leguminosas e seus efeitos sobre a produtividade de sementes do feijoeiro. *Uniciências* 19: 3-10.
- BONFIM-SILVA EM et al. 2012. Establishment of Xaraés and Marandu grasses under levels of soil compaction. *Engenharia Agrícola* 32: 727-735.
- CHERUBIN MR et al. 2023. Matéria orgânica do solo em áreas de pastagens no Brasil. Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical. Brasília: Embrapa. p.601-625.
- COSTA LC et al. 2019. Produção de biomassa por leguminosas em diferentes épocas de semeadura na região Agreste de Alagoas. *Revista Ambientale* 11: 102-111.
- COSTA N et al. 2015. Acúmulo de nutrientes e tempo de decomposição da palhada de espécies forrageiras em função de épocas de semeadura. *Bioscience Journal* 31: 818-829.
- DA COSTA JS et al. 2021. Condições químicas e físicas do solo da unidade de adubos verdes da fazenda água limpa- Universidade de Brasília. In: Anais do VIII ECOPET-Encontro Centro-Oeste dos Grupos PET.
- DOS SANTOS BRANCO J & PRATES JÚNIOR P. 2022. Fixação biológica de nitrogênio na produção sustentável de forragem. *Revista Eduetec* 3: 101-114.
- DOS SANTOS PL et al. 2002. Mapa de reconhecimento dos solos do Planalto de Santarém, Estado do Pará. Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/105520/1/Doc-115-mapa.pdf>
- FOLONI JSS et al. 2006. Crescimento aéreo e radicular da soja e de plantas de cobertura em camadas compactadas de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 30: 49-57.
- HENDGES JAR. et al. 2015. Efeito da adubação verde nas propriedades químicas de um neossolo quatzarênico distrófico. *Global Science and Technology* 8: 9-18.
- INMET. 2023. Instituto Nacional de Meteorologia. Normas climatológicas. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: 18 jun. 2023.
- LEITE MFA et al. 2017. Organic nitrogen rearranges both structure and activity of the soil-borne microbial seedbank. *Scientific Reports* 7: 42634.
- LIMA JD et al. 2012. Produção de biomassa e composição química de adubos verdes cultivados no Vale do Ribeira. *Bioscience Journal* 28: 709-717.
- OLIVEIRA MW et al. 2016. Época de semeadura altera o crescimento e a produção de biomassa da *Crotalaria juncea*. In: Anais do I Congresso Internacional das Ciências Agrárias. Recife: COINTER.
- PONCIANO VFG et al. 2022. Retenção da água no solo sob diferentes adubos verdes como cobertura vegetal em neossolo lítólico distrófico. *Revista Ciência Agrícola* 20: 1-10.
- QUEIROZ NETO AP et al. 2019. Características agrônômicas de crotalária ochroleuca. Informe Econômico. Teresina:

UFPI. 39p.

- RAMPIM L et al. 2020. Influence of mechanical management and green manure on physical attributes of Oxisol. *Research, Society and Development* 9: e173953258.
- SILVA EC et al. 2014. Adubação verde como fonte de nutrientes às culturas. In: LIMA FILHO OF et al. Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática. Brasília: EMBRAPA.
- SILVA MP et al. 2017. Plantas de cobertura e qualidade química e física de Latossolo Vermelho distrófico sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 12: 60-67.
- SOUZA LAG. 2012. Guia da biodiversidade de fabaceae do Alto Rio Negro. Alto Rio Negro: INPA.
- SOUZA LS et al. 2014. Adubação verde na física do solo. In: LIMA FILHO OF et al. Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática. Brasília: EMBRAPA.
- TEODORO RB et al. 2011. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no Cerrado do Alto Vale do Jequitinhonha. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 35: 635-640.
- WILDNER LP. 2014. Adubação verde: conceitos e modalidades de cultivo. In: FILHO OFL et al. (Ed.). Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: Fundamentos e Prática. Brasília: EMBRAPA. p.219-244.
- WUTKE EB et al. 2014. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO OF et al. Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática. Brasília: EMBRAPA.