



Substratos orgânicos e seus efeitos na biomassa, teor de N e características fisiológicas de mudas de *Buchenavia tomentosa*

Cristiane Ramos VIEIRA *¹, Maicon Marinho Vieira ARAUJO ¹

¹ Universidade de Cuiabá, Cuiabá, MT, Brasil.
*E-mail: cristianer.vieira@kroton.com.br

Submetido em: 21/01/2023; Aceito em: 07/03/2024; Publicado em: 12/03/2024.

RESUMO: A utilização da *Buchenavia tomentosa* (tarumarana) na recomposição florestal requer informações sobre as melhores condições para a sua produção de mudas. Diante disso, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência de diferentes materiais orgânicos ou combinações desses materiais, e seus efeitos na biomassa seca, teores de N e nas características fisiológicas de mudas de tarumarana. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com 10 tratamentos: T0 – 100% substrato comercial (SC); T1 – 50% SC + 50% esterco de aves (EA); T2 – 50% SC + 50% esterco equino (EE); T3 – 50% SC + 50% esterco bovino (EB); T4 – 50% EE + 25% EB + 25% SC; T5 – 50% EB + 25% EE + 25% SC; T6 – 50% EA + 25% EB + 25% SC; T7 – 50% EE + 25% EA + 25% SC; T8 – 50% EB + 25% EA + 25% SC; T9 – 50% EA + 25% EE + 25% SC. Verificou-se as maiores produções de massa em 50% SC + 50% EE (T2) e; 50% EB + 25% EA + 25% SC (T8) e seis repetições. As mudas conduzidas no substrato T8 apresentaram maior taxa fotossintética, condutância estomática, concentração de CO₂ e taxa transpiratória, que teve como consequência, a maior produção de massa das plantas.

Palavras-chave: tarumarana; resíduos orgânicos; produção de mudas.

Organic substrates and their effects on biomass, N content and physiological characteristics of *Buchenavia tomentosa* seedlings

ABSTRACT: Using *Buchenavia tomentosa* (tarumarana) in forest restoration requires information on the best conditions for seedling production. Therefore, the present work aimed to evaluate the influence of different organic materials or combinations of these materials, and their effects on dry biomass, N content and physiological characteristics of tarumarana seedlings. The experiment was carried out in a completely randomized design with 10 treatments: T0 - 100% CS; T1 - 50% CS + 50% poultry manure (PM); T2 - 50% CS + 50% equine manure (EM); T3 - 50% CS + 50% bovine manure (BM); T4 - 50% EM + 25% BM + 25% CS; T5 - 50% BM + 25% EM + 25% CS; T6 - 50% PM + 25% BM + 25% CS; T7 - 50% EM + 25% PM + 25% CS; T8 - 50% BM + 25% PM + 25% CS; T9 - 50% PM + 25% EM + 25% CS. The highest mass productions were found in 50% CS + 50% EM (T2) and; 50% BM + 25% PM + 25% CS (T8) and six repetitions. The seedlings conducted in the T8 substrate showed a higher photosynthetic rate, stomatal conductance, CO₂ concentration and transpiratory rate, which have as a consequence, the highest mass production of plants.

Keywords: tarumarana; organic residues; seedlings production.

1. INTRODUÇÃO

As áreas que possuem vegetação típica do Cerrado brasileiro vêm passando por sucessivos processos de desmatamento, seja para abertura de novas áreas agrícolas, para a pecuária, ou pela retirada ilegal de madeira. Como relatado pela CNN Brasil (2024), segundo dados publicados em seu site, a devastação do Cerrado subiu 43% entre 2022 e 2023, o que correspondeu a 7.828 km² de área. Um dos problemas derivados desse desmatamento é a retirada de indivíduos arbóreos com potencial econômico e necessários para a manutenção das espécies da fauna local. Dentre esses indivíduos está a *Buchenavia tomentosa* Eichler, conhecida popularmente como tarumarana ou mirindiba, uma espécie florestal pertencente à família Combretaceae.

Essa espécie ocorre naturalmente no Cerrado, nas fitofisionomias cerradão e mata latifoliada semidecídua.

Apresenta potencial apícola e é recomendada para a restauração florestal em áreas degradadas, devido à grande procura dos seus frutos pela fauna regional (AZEVEDO et al., 2015). Portanto, há necessidade de estimular a produção de mudas dessa espécie para que se promova a reposição desses indivíduos e, dessa forma, contribuir para a recuperação da biodiversidade das áreas desmatadas.

Para que se realize essa recuperação, há que se plantar mudas de qualidade. De acordo com Dias et al. (2016), o êxito de um plantio depende, entre outros fatores, da qualidade das mudas, a qual afeta diretamente o crescimento e desenvolvimento das árvores. Um desses fatores é o substrato, por isso, a necessidade de conhecer qual o melhor tipo ou melhor combinação de substratos que possam ser utilizados e de como esses influenciam em características

como a produção de massa seca e na fisiologia das plantas. Dentro do processo de produção de mudas, a composição do substrato é um fator que influencia a sua qualidade, porque é responsável por fornecer suporte físico ao sistema radicular e condições para suprir adequadamente a demanda hídrica e nutricional da muda (SIQUEIRA et al., 2018).

O substrato deve conter os nutrientes necessários para o crescimento das mudas, considerando a quantidade que, geralmente, é perdida via lixiviação, por ocasião da irrigação (NAVROSKI et al., 2016). Pensando nisso, muitos viveiros têm incorporado, ao processo produtivo, os resíduos orgânicos e/ou oriundos de indústrias. Além disso, segundo Araujo et al. (2017) os estudos com resíduos têm sido intensificados com o objetivo de promover o reaproveitamento dos nutrientes contidos nesses materiais, a redução do custo de produção das mudas, bem como a mitigação dos impactos ambientais negativos gerados pelo descarte in natura.

Os resíduos orgânicos, quando utilizados na composição de substratos, melhoram o nível de fertilidade e aumentam a capacidade de troca de cátions, afetando a qualidade das mudas (Knapik et al., 2005), a depender do conhecimento prévio de sua composição e quantidade aplicada. Porque podem melhorar os atributos físicos, químicos e biológicos dos substratos (DELARMELENA et al., 2014). Alguns desses resíduos orgânicos, como os esterco, são utilizados na produção de mudas por, conhecidamente, serem ricos em N, que é um dos elementos mais requeridos pelas mudas. Por isso, a necessidade de estudar os teores de N, nas mudas, após a utilização de resíduos orgânicos.

No entanto, a adição de esterco para a formação de substratos pode alterar a composição química do produto final e, dessa forma, promover mudanças fisiológicas nas plantas a serem produzidas, podendo estas serem benéficas ou não. Para entender mais sobre isso, essas alterações precisam ser estudadas. De acordo com Mondini et al. (2019), as alterações funcionais nas plantas pela aplicação de adubos podem ser investigadas por meio de ferramentas não destrutivas envolvidas direta ou indiretamente ao processo fotossintético. Isso se faz necessário, não só pela redução de custos, mas por, possivelmente, contribuir para a diminuição das mortes de mudas nos primeiros dias após o transplante, principalmente em períodos de seca.

Alguns pesquisadores têm demonstrado que o resíduo orgânico pode favorecer a produção de mudas de espécies florestais. Por exemplo, a eficiência dos esterco na produção de mudas de espécies florestais foi constatada por Sousa et al. (2016) ao estudarem substratos para a produção de mudas de *Enterolobium contortisiliquum*, recomendando o esterco bovino como um dos componentes do substrato para essa espécie. O esterco bovino também foi eficiente para a produção de mudas de *Ateleia glazioviana* (Gonçalves et al., 2014), *Chamaecrista desvauxii* (Delarmelina et al., 2015) e *Myracrodruon urundeuva* (KRATKA; CORREIA, 2015). Enquanto, Lima et al. (2017) recomendaram a utilização do esterco ovino para a produção de mudas de *Myracrodruon urundeuva*. Porém, pouco se observa a respeito de como esses substratos podem afetar a fisiologia da planta e, dessa forma, o seu crescimento.

Diante disso, o presente experimento foi realizado para avaliar a influência de diferentes materiais orgânicos ou combinações desses materiais, e seus efeitos na biomassa seca, teores de N e, nas características fisiológicas de mudas de tarumarana.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na casa de vegetação da Faculdade de Agronomia da Universidade de Cuiabá, situada no campus Beira Rio I, em Cuiabá – MT, nas coordenadas 15°37'28" S e 56°05'11" O. O clima predominante da região é o tropical de savana, segundo classificação de Köppen.

Os frutos de tarumarana foram coletados, ao chão, sob árvores matrizes, que foram escolhidas aleatoriamente, dentro da área pertencente à Universidade Federal de Mato Grosso, campus Cuiabá, nas coordenadas 15°36'36" S e 56°03'57" O (Figura 1). A coleta se deu, durante sete dias, de frutos não atacados por pragas. Após coleta, os frutos foram deixados em água por 48 horas para amolecimento da parte carnosa e facilitar sua retirada, mantendo, dessa forma, os pirênios (tegumento e embrião).



Figura 1. Localização das áreas de coleta dos frutos de tarumarana. A - áreas das coletas dos frutos; B - Rota entre a área de instalação do experimento e as áreas de coleta dos frutos.

Figure 1. Location of the tarumarana fruit collection areas. A - fruit collection areas; B - route between the experiment installation area and the fruit collection areas.

Os pirênios foram deixados em água, por um tempo e, aqueles que ficaram sobrenadantes foram descartados, já os viáveis, foram submetidos à superação da dormência com a utilização da escarificação com nitrato de potássio a 0,4% por duas horas (uma metodologia utilizada em outro experimento realizado no mesmo período e que proporcionou taxa de germinação acima de 90%). Após escarificação, os pirênios foram colocados para germinar em tubetes com capacidade para 260 cm³. Transcorridos 25 dias da escarificação, começaram as emergências das plântulas e, após 30 dias, as mudas já estavam aptas ao transplante para os tratamentos testados no experimento.

Para o preparo dos substratos testados, foram utilizados quatro tipos de materiais, o substrato comercial e os esterco

de aves, o bovino e o equino. O substrato comercial utilizado foi o Basaplant® que, segundo o fornecedor é composto por casca de pinus, fibra de coco, turfa fibrosa, vermiculita, NPK e micronutrientes. O esterco de aves também foi adquirido de forma comercial e já estava curtido. De acordo com o fabricante, esse produto possui as seguintes garantias: nitrogênio total – 1%; pH – 5,5; CTC – 20 cmol_c dm⁻³; carbono orgânico total – 40%; sendo considerando um fertilizante orgânico simples, e classe “A”. Os esterco bovino e equino foram coletados em local de criação desses animais e depois mantidos para curtimento por 30 dias, sem passagem por processo de esterilização.

Os tratamentos preparados foram constituídos de combinações de substrato comercial, esterco bovino, esterco equino e esterco de aves, conforme a disponibilidade de cada material no viveiro e algumas literaturas publicadas de estudos com produção de mudas de espécies florestais em substrato enriquecido com material orgânico, nas seguintes proporções: T0 – 100% substrato comercial; T1 – 50% substrato comercial + 50% esterco de aves; T2 – 50% substrato comercial + 50% esterco equino; T3 – 50% substrato comercial + 50% esterco bovino; T4 – 50% esterco equino + 25% esterco bovino + 25% substrato comercial; T5 – 50% esterco bovino + 25% esterco equino + 25% substrato comercial; T6 – 50% esterco de aves + 25% esterco bovino + 25% substrato comercial; T7 – 50% esterco equino + 25% esterco de aves + 25% substrato comercial; T8 – 50% esterco bovino + 25% esterco de aves + 25% substrato comercial; T9 – 50% esterco de aves + 25% esterco equino + 25% substrato comercial. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com 10 tratamentos e seis repetições. Uma amostra de cada tratamento foi retirada para caracterização química, segundo Teixeira et al. (2017) (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química dos substratos utilizados.
Table 1. Chemical characterization of the used substrates.

Trat	pH	H+Al	Al	Ca+Mg	Ca	P
	CaCl ₂		cmol _c dm ⁻³			mg dm ⁻³
T0	5,9	5,0	0,3	15,3	5,2	84,9
T1	7,2	3,5	0,0	16,9	6,0	349,6
T2	6,3	2,5	0,1	9,4	5,2	195,5
T3	6,8	2,7	0,1	14,4	5,0	152,7
T4	7,0	3,2	0,0	13,1	5,6	244,4
T5	7,1	2,4	0,0	9,3	5,9	244,4
T6	7,3	3,2	0,0	7,0	5,1	349,7
T7	7,0	2,5	0,0	14,1	6,4	314,6
T8	7,3	2,5	0,0	6,5	5,9	349,7
T9	7,1	2,9	0,0	13,0	11,0	349,7

Trat	K	SB	T	t	V	m
	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³			%
T0	96,3	15,55	20,55	17,85	76	1,9
T1	315,7	17,71	21,21	17,71	83	0
T2	123,1	9,71	12,21	9,72	79	1,0
T3	133,8	14,74	17,44	14,75	84	0,7
T4	171,2	13,54	16,74	13,54	81	0
T5	251,5	9,94	12,34	9,94	81	0
T6	428,0	8,09	11,29	8,09	72	0
T7	235,4	14,70	17,20	14,70	85	0
T8	272,9	7,20	9,70	7,20	74	0
T9	315,7	13,81	16,71	13,81	83	0

pH em CaCl₂ – relação 1:2,5; H+Al – em acetato de cálcio; Al, Ca e Mg – em KCl 1N; P e K – em Mehlich; SB – soma de bases; T – capacidade de troca de cátions a pH 7,0; t – CTC efetiva; V% – saturação por bases, em %; m% – saturação por Al, em %.

Os substratos foram colocados em sacolas plásticas de 30x40 cm, com capacidade para um quilo, e nas quais as mudas de tarumarana foram transplantadas e mantidas durante o período do experimento, que foi de 60 dias. Aos 60 dias após o transplante (DAT), as características fisiológicas das plantas foram avaliadas, em seguida, houve a análise de biomassa e de concentração de N foliar.

As características fisiológicas foram avaliadas em três plantas ainda vivas, de cada tratamento, sendo: a taxa fotossintética líquida (A, em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), a taxa transpiratória (E, em $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), a condutância estomática (gs, em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e a concentração intercelular de CO₂ (Ci, em $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). A eficiência intrínseca no uso de água (EIUA, em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) foi obtida pela relação A/g_s. Essas características foram medidas com o auxílio de um sistema portátil de medição de fotossíntese, modelo LI-6400 XP (LI-COR, Lincoln, NE, EUA). Para as medições, o aparelho foi ajustado para a temperatura de 28°C, umidade relativa de 60% e densidade de fluxo fotossinteticamente ativo de 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Foram realizadas na primeira ou segunda folha totalmente expandida, a partir do ápice caulinar (geralmente a quarta ou quinta folha), exposta à radiação solar e sem comprometimento fitossanitário. E, ocorreram no período diurno, entre 07:00 e 11:00 h (horário local), registrando-se os valores apenas após a estabilidade da gs.

Para a análise da biomassa, as mudas foram seccionadas em parte aérea (MSPA, em gramas - g) e parte radicular (MSPR, em gramas - g), levadas à estufa de circulação forçada de ar a 65°C até peso constante, em seguida, pesadas em balança semi-analítica. Posteriormente, as folhas foram moídas, em moinho tipo Willey e o material resultante foi submetido à digestão sulfúrica, conforme Malavolta et al. (1994), para análises das concentrações de N foliar (em g kg⁻¹).

Os dados foram interpretados por meio da análise de variância e a comparação de médias foi realizada pelo método de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro utilizando o programa estatístico SISVAR.

3. RESULTADOS

3.1. Produção de massa seca e teor de N em mudas de tarumarana

As diferentes combinações entre substratos comercial e orgânicos, proporcionaram diferenças na produção de massa seca e no teor de N nas folhas das mudas de tarumarana (Tabela 2).

No caso da produção de massa seca da parte aérea, as maiores médias foram em mudas nos tratamentos: T2 - 50% de substrato comercial + 50% de substrato equino (média de 4,13 g); e T8 - 50% esterco bovino + 25% esterco de aves + 25% substrato comercial (média de 4,04 g). Sendo que, em T2, a produção foi 83,3% e, em T8, 82,9%, superior ao observado para as mudas em T0.

Para a produção de massa seca da parte radicular, as combinações com materiais orgânicos foram melhores nas proporções de: T1 - 50% substrato comercial + 50% esterco de aves (média de 0,81 g) e; T5 - 50% esterco bovino + 25% esterco equino + 25% substrato comercial (média de 0,73 g). Nesse caso, as mudas em T1 apresentaram produção que foi 63% maior que a observada em T0 e; em T5 essa produção foi 58,9%.

Quanto ao N, os maiores teores de N foram observados em T7 (50% esterco equino + 25% esterco de aves + 25% substrato comercial), com 17,59 g kg⁻¹ de N, não havendo diferença estatística para os tratamentos T3 e T5.

Tabela 2. Massa seca da parte aérea (MSPA, em g), massa seca da parte radicular (MSPR, em g) e teor de N nas folhas de mudas de tarumarana.

Table 2. Shoot dry mass (MSPA, in g), root part dry mass (MSPR, in g) and N content in leaves of tarumarana seedlings.

Trat.	MSPA	MSPR	Teor de N
T0	0,69 c	0,30 b	4,53 e
T1	3,46 ab	0,81 a	13,91 bc
T2	4,13 a	0,70 ab	9,75 d
T3	2,03 bc	0,30 b	14,79 abc
T4	3,16 ab	0,55 ab	12,88 c
T5	3,27 ab	0,73 a	16,61 ab
T6	2,65 ab	0,52 ab	12,55 cd
T7	3,07 ab	0,51 ab	17,59 a
T8	4,04 a	0,59 ab	14,51 bc
T9	3,28 ab	0,67 ab	14,49 bc
CV (%)	26,15	37,76	12,20

T0 – 100% substrato comercial; T1 – 50% substrato comercial + 50% esterco de aves; T2 – 50% substrato comercial + 50% esterco equino; T3 – 50% substrato comercial + 50% esterco bovino; T4 – 50% esterco equino + 25% esterco bovino + 25% substrato comercial; T5 – 50% esterco bovino + 25% esterco equino + 25% substrato comercial; T6 – 50% esterco de aves + 25 esterco bovino + 25% substrato comercial; T7 – 50% esterco equino + 25% esterco de aves + 25% substrato comercial; T8 – 50% esterco bovino + 25% esterco de aves + 25% substrato comercial; T9 – 50% esterco de aves + 25% esterco equino + 25% substrato comercial. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

3.2. Características fisiológicas das mudas de tarumarana após crescimento em diferentes combinações de substratos

Verifica-se que, a composição do substrato interferiu nas características fisiológicas estudadas para as mudas de tarumarana (Tabela 3), o que pode ter contribuído para os efeitos observados na sua produção de massa seca, aumentando ou reduzindo a capacidade da planta quanto a essa produção. Apesar de se observar um CV (coeficiente de variação acima de 30% para os dados de taxa transpiratória, E, e de eficiência intrínseca no uso de água, EIUA).

Tabela 3. Taxa fotossintética líquida (A, em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (gs, em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração intercelular de CO_2 (Ci, em $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa transpiratória (E, em $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e eficiência intrínseca no uso de água (EIUA, em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), em mudas de tarumarana

Table 3. Net photosynthetic rate (A, in $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), stomatal conductance (gs, in $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), intercellular CO_2 concentration (Ci, in $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiration rate (E, in $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) and intrinsic water use efficiency (EIUA, in $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) in tarumarana seedlings

Trat.	A	gs	Ci	E	EIUA
T0	6,29 c	0,08 b	221,30 c	1,83 cd	73,49 de
T1	3,82 e	0,03 d	203,76 e	0,76 e	114,57 ab
T2	5,97 cd	0,07 bc	245,57 b	2,16 bc	82,17 cd
T3	10,44 a	0,16 a	257,98 a	2,51 b	64,81 de
T4	5,30 d	0,04 d	209,23 d	0,98 e	122,17 a
T5	8,72 b	0,08 b	222,58 c	1,53 d	107,03 ab
T6	6,46 c	0,09 b	259,14 a	1,56 d	74,23 cd
T7	6,73 c	0,06 cd	243,07 b	1,75 d	117,59 ab
T8	9,97 ab	0,18 a	254,23 a	3,29 a	56,58 e
T9	7,27 c	0,09 b	241,67 b	1,87 cd	92,75 cb
CV (%)	14,30	21,09	27,87	31,01	33,06

T0 – 100% substrato comercial; T1 – 50% substrato comercial + 50% esterco de aves; T2 – 50% substrato comercial + 50% esterco equino; T3 – 50% substrato comercial + 50% esterco bovino; T4 – 50% esterco equino + 25% esterco bovino + 25% substrato comercial; T5 – 50% esterco bovino + 25% esterco equino + 25% substrato comercial; T6 – 50% esterco de aves + 25 esterco bovino + 25% substrato comercial; T7 – 50% esterco equino + 25% esterco de aves + 25% substrato comercial; T8 – 50% esterco bovino + 25% esterco de aves + 25% substrato comercial; T9 – 50% esterco de aves

+ 25% esterco equino + 25% substrato comercial. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A taxa fotossintética líquida foi maior em mudas submetidas a T3 (50% substrato comercial + 50% esterco bovino). As mudas neste tratamento se destacaram, ainda, em relação à condutância estomática e concentração intercelular de CO_2 .

No entanto, as mudas em T8 (50% esterco bovino + 25% esterco de aves + 25% substrato comercial) também se destacaram, tanto em relação às características fisiológicas anteriormente comentadas, quanto na taxa transpiratória.

Em contrapartida, as mudas em T1 (50% substrato comercial + 50% esterco bovino) apresentaram as menores médias quanto à taxa fotossintética líquida, condutância estomática, concentração intercelular de CO_2 e menor taxa transpiratória.

As mudas de tarumarana, em T4 (50% esterco equino + 25% esterco bovino + 25% substrato comercial) apresentaram a maior eficiência intrínseca no uso da água, porém, uma das menores médias para a taxa fotossintética.

4. DISCUSSÃO

4.1. Produção de massa seca e teor de N em mudas de tarumarana

As menores médias para a produção de massa seca, tanto na parte aérea quanto na parte radicular, foram observadas em plantas submetidas ao tratamento com 100% de substrato comercial. Delarmelina et al. (2015) também observaram mudas de menor qualidade quando o substrato foi composto apenas pelo produto comercial, para a *Chamaecrista desvauxii*.

Dessa forma, pode-se entender que, um substrato formado apenas a partir de substrato comercial, apesar de ser indicado para a produção de mudas de espécies florestais, não possui as características necessárias para o crescimento e desenvolvimento de todas as espécies florestais, a citar aqui, a tarumarana. Podendo-se mencionar, ainda, dentre essas características, os teores de N (Tabela 2), que foram inferiores no tratamento com 100% de substrato comercial. O que indica que as condições nutricionais do substrato, em se tratando de disponibilidade de N, podem não ter sido favoráveis para a espécie em questão até a fase de coleta das folhas para análises.

Em contrapartida, as maiores médias para a produção de massa seca, tanto na parte aérea, quanto na parte radicular, foram observadas em mudas submetidas aos tratamentos formados por combinações entre substrato comercial e material orgânico. Sendo que, em T2 -50% de substrato comercial + 50% de substrato equino (média de 4,13 g), a produção foi 83,3% e; em T8 (50% esterco bovino + 25% esterco de aves + 25% substrato comercial (média de 4,04 g)), 82,9%, superior ao observado para as mudas no tratamento testemunha. Demonstrando a importância de melhorar as condições de substrato comercial para a produção de mudas de tarumarana e que, a adição de esterco pode ser uma opção. Segundo Cruz et al. (2004) um maior peso de matéria seca de folhas é interessante para um melhor desenvolvimento das mudas, pois representa maior capacidade fotossintética e maior vigor.

No que se refere aos dados de massa seca da parte radicular, ressalta-se que, os tratamentos que proporcionaram a maior produção de massa na parte aérea, não foram os que proporcionaram as maiores produções na massa radicular. Porém, T2 e T8 também apresentaram massa seca radicular

superior à das mudas em T0. O mesmo pode-se comentar a respeito da massa seca em T1 e em T5 (que se destacaram para a massa radicular), que também apresentaram massa seca das folhas com médias superiores à de T0. Isso é importante para a planta porque, a maior produção e formação do sistema radicular se faz importante porque estão atrelados ao processo de absorção de água e de nutrientes, que serão redistribuídos para toda a planta para o seu crescimento total. Stahl et al. (2013) consideraram, ainda, a geometria desse sistema, enfatizando que ela também contribui para o crescimento da planta e a aquisição de nutrientes.

Alguns trabalhos comprovam que a combinação entre materiais é o mais indicado para a formação de substratos mais favoráveis ao desenvolvimento das plantas. Faria et al. (2016), por exemplo, recomendaram a utilização de substrato contendo 25% de substrato comercial + 35% de cama de frango + 40% de terra de subsolo para a produção de mudas de *Mimosa setosa*. Enquanto, Delarmelina et al. (2015) recomendaram a combinação de 25% de substrato comercial + 35% de esterco bovino + 40% de terra de subsolo, para a produção de mudas de *C. desvauxii*.

Portanto, pode-se inferir que, o substrato comercial isoladamente, como substrato, não é favorável para o crescimento das mudas de tarumarana, porém, ao combiná-lo com materiais como esterco equino, esterco de aves ou esterco bovino, as suas condições podem ser melhoradas quimicamente e, dessa forma, contribuir de forma mais eficaz para o crescimento das mudas dessa espécie.

No entanto, os maiores valores para os teores de N nas folhas não estiveram, necessariamente, relacionados com as maiores produções de massa seca na parte aérea das mudas de tarumarana. Porém, teores adequados foram observados em tratamentos que se destacaram quanto a essas características. Malavolta et al. (1994) indicam a faixa de 12 a 35 g kg⁻¹ de N como adequada para o crescimento de espécies florestais. Sendo assim, apenas o T0 (100% substrato comercial) e o T2 (50% de substrato comercial + 50% de substrato equino), apresentaram teores de N inferiores ao recomendado. No entanto, o teor em T2, de 9 g kg⁻¹ de N, não limitou o desenvolvimento da planta, já que nesse tratamento se observou uma das maiores médias para a produção de massa seca aérea e, além disso, não se observou sintoma de deficiência.

Sendo assim, os teores proporcionados pelos tratamentos, exceto em T0, parecem ser suficientes para a produção de massa seca aérea. Porém, ao final de 60 dias, todos os tratamentos em que foram utilizadas combinações de materiais apresentaram mudas com mais de 9 g kg⁻¹ de N nas folhas, o que auxilia a explicar por que esses se destacaram na produção de massa seca da espécie. Dessa forma, esses resultados confirmam porque que, em T0 (100% substrato comercial), verificaram-se as menores produções de massa para as mudas.

4.2. Características fisiológicas das mudas de tarumarana

A taxa fotossintética líquida foi maior em mudas submetidas a T3 (50% substrato comercial + 50% esterco bovino), esse tratamento também se destacou quanto à condutância estomática e concentração intercelular de CO₂. Isso se refletiu em uma das maiores produções de massa seca. O que demonstra que, esse aumento na taxa fotossintética não necessariamente se refletirá em maior crescimento e/ou

produção de massa seca da muda, porém, melhorará as condições para o crescimento da planta.

As mudas em T8 (50% esterco bovino + 25% esterco de aves + 25% substrato comercial) também se destacaram quanto às características fisiológicas anteriormente comentadas, além de ter apresentado a maior taxa transpiratória. O que, provavelmente, influenciou para que as mudas apresentassem maior produção de massa seca, porque, uma vez que elas permanecem com seus estômatos abertos por mais tempo, isso aumenta a taxa de CO₂ absorvido, com isso aumenta-se a taxa fotossintética. Consequentemente, isso se refletiu em maior produção de massa seca. Segundo Kirschbaum (2011), 30% de aumento na taxa fotossintética pode resultar em aumento de 10% no crescimento das plantas. Nesse caso, contribuiu para o incremento em massa seca.

Lima et al. (2010) explicam que, o comportamento estomático determina a demanda transpirativa a que as folhas estão potencialmente sujeitas, controlando sua perda de H₂O para o ambiente, na forma de vapor de água. Em situações em que o substrato consegue reter água suficiente, conseguindo disponibilizá-la para a planta, não permitindo déficits hídricos, ela pode apresentar altas taxas transpiratórias de modo que, à medida que a água do solo se torna escassa, como processo adaptativo, ela pode reduzir sua taxa transpiratória para diminuir a perda de água e economizar a disponível no solo (SILVA et al., 2015). Para as condições do substrato em T8, possivelmente, a adição de resíduo orgânico, favoreceu as características físicas, melhorando retenção de umidade, deixando as plantas em uma situação ótima de disponibilidade hídrica.

Comumente, o incremento nos valores de concentração de CO₂ é acompanhado de acréscimos na condutância estomática. Se as concentrações de CO₂ intercelulares são muito baixas, o influxo deste componente nas células do mesófilo é restringido; assim, a planta utiliza o CO₂ proveniente da respiração para manter um nível mínimo de taxa fotossintética, tornando-a limitada (TAIZ; ZEIGER, 2013). O que influenciaria e se traduziria em um menor crescimento da planta.

De acordo com Mendes et al. (2013) o aumento da condutância estomática e taxa transpiratória e, por fim, da taxa fotossintética, em consequência da abertura estomática, são as primeiras respostas para aumentar a perda da água pelas plantas. Porém, isso foi favorável para as mudas em T8, porque, apesar de ter aumentado a taxa transpiratória, também favoreceu o desenvolvimento das mudas.

O fechamento estomático e a consequente redução do fluxo normal de CO₂ em direção ao sítio de carboxilação constituem um dos principais responsáveis pela redução da fotossíntese, sendo a água um dos fatores responsáveis pelo processo que regula a abertura ou fechamento dos estômatos (BOSCO et al., 2009). Para Taiz; Zeiger (2013), a produtividade de uma planta pode ser analisada como o produto da energia solar interceptada e do CO₂ fixado, traduzindo-se a importância da concentração interna desse gás no tecido foliar. Dessa forma, a adubação e o sistema de produção utilizado possuem estreita relação com variações nas trocas gasosas.

As mudas de tarumarana, em T4 (50% esterco equino + 25% esterco bovino + 25% substrato comercial) apresentaram a maior eficiência intrínseca no uso da água, porém, uma das menores médias para a taxa fotossintética.

De modo que, essa eficiência pode ter aumentado em função da redução na abertura dos estômatos, o que se percebe nos resultados observados. Essa situação teve, como consequência, uma das menores produções de massa seca nesse tratamento.

De acordo com Ferraz et al. (2012) as plantas quando estão sob algum tipo de estresse reduzem a condutância estomática e a transpiração e aumentam a eficiência do uso da água. Nessas condições, a taxa de fotossíntese também acaba sendo reduzida. Nesse caso, esse aumento na eficiência do uso da água não está relacionado com a falta de irrigação, já que esta foi a mesma para todas as plantas, em todos os tratamentos testados. Porém, pode estar relacionada com a adição de esterco que, em alguns casos, formou, na superfície do substrato, uma parte mais adensada, que impedia o deslocamento rápido da água para a parte mais abaixo do substrato, onde as raízes se concentravam.

5. CONCLUSÕES

A adição de resíduos orgânicos como os esterco influenciou na produção de massa seca das mudas de tarumarana, principalmente nos substratos compostos por: 50% substrato comercial + 50% esterco equino (T2) e; 50% esterco bovino + 25% esterco de aves + 25% substrato comercial (T8). Sendo este tratamento, T8, o que mais favoreceu as características fisiológicas das mudas de tarumarana, aumentando a taxa fotossintética, a condutância estomática, a concentração de CO₂ e a taxa transpiratória.

6. REFERÊNCIAS

- ARAUJO, E. F.; AGUIAR, A. S.; ARAUCO, A. M. S.; GONÇALVES, E. O.; ALMEIDA, K. N. S. Crescimento e qualidade de mudas de paricá produzidas em substratos à base de resíduos orgânicos. **Nativa**, v. 5, n. 1, p. 16-3, 2017. <https://doi.org/10.31413/nativa.v5i1.3701>
- AZEVEDO, M. I. R.; PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. Efeitos de substratos, luz e temperatura na germinação de sementes de *Buchenavia tomentosa* Eichler (merindiba) em condições de laboratório. **Agri-environmental Sciences**, v. 1, n. 1, p. 11-22, 2015.
- BOSCO, M. R. O.; OLIVEIRA, A. B.; HERNANDEZ, F. F.; LACERDA, C. F. Efeito do NaCl sobre o crescimento, fotossíntese e relações hídricas de plantas de berinjala. **Revista Ceres**, v. 56, p. 296-302, 2009.
- CNN Brasil. **Desmatamento cai pela metade na Amazônia em 2023, mas sobre 43% no Cerrado**. 2024. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/desmatamento-cai-pela-metade-na-amazonia-em-2023-mas-sobre-43-no-cerrado-2/>>. Acesso em: 03 mar. 2024.
- CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; GOMES, K. C. O.; GUERRERO, C. R. A. Efeito de diferentes níveis de saturação por bases no desenvolvimento e qualidade de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standley). **Scientia Forestalis**, n. 66, p. 100-107, 2004.
- DELARMELINA, W. M.; CALDEIRA, M. V. W.; FARIA, J. C. T.; GONÇALVES, E. O.; ROCHA, R. L. F. Diferentes substratos para a produção de mudas de *Sesbania virgata*. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 2, p. 224-33, 2014. <https://doi.org/10.4322/floram.2014.027>
- DELARMELINA, W. M.; CALDEIRA, M. V. W.; FARIA, J. C. T.; LACERDA, L. C. Uso de resíduo orgânico em substrato para produção de *Chamaecrista desvauxii* (Collad.) Killip var. *latistipula* (Benth.). **Revista Cerne**, v. 21, n. 3, p. 429-37, 2015. <https://doi.org/10.1590/01047760201521031439>
- DIAS, I. M.; BARRETO, I. D. C.; FERREIRA, R. A. Efeito de dosagens de fertilizante fosfatado na determinação de volume ótimo de produção de mudas de espécies florestais nativas. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 4, p. 471-75, 2016. <https://doi.org/10.18188/sap.v15i4.13191>
- FARIA, J. C. T.; CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; ROCHA, R. L. F. Substratos alternativos na produção de mudas de *Mimosa setosa* Benth. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 4, p. 75-86, 2016. <https://doi.org/10.5902/1980509824996>
- FERRAZ, R. L. S.; MELO, A. S.; SUASSUNA, J. F.; BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; NUNES JÚNIOR, E. S. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, p. 181-88, 2012. <https://doi.org/10.5216/pat.v42i2.16140>
- GONÇALVES, E. O.; PETRI, G. M.; CALDEIRA, M. V. W.; DALMASO, T. T.; SILVA, A. G. Crescimento de mudas de *Ateleia glazioviana* em substratos contendo diferentes materiais orgânicos. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 3, p. 339-48, 2014. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.029213>
- KIRSCHBAUM, M. U. F. Does enhanced photosynthesis enhance growth? Lessons learned from CO₂ enrichment studies. **Plant Physiology**, v. 155, n. 1, p. 117-24, 2011. <https://doi.org/10.1104/pp.110.166819>
- KNAPIK, J. G.; ALMEIDA, L. S.; FERRARI, M. P.; OLIVEIRA, E. B.; NOGUEIRA, A. C. Crescimento inicial de *Mimosa scabrella* Benth., *Schinus terebinthifolius* Raddi e *Allophylus edulis* (St. Hil.) Radl. sob diferentes regimes de adubação. **Boletim Pesquisa Florestal**, n. 51, p. 33-44, 2005. <https://doi.org/10.4336/2012.pfb.51.33>
- KRATKA, P. C.; CORREIA, C. R. M. A. Crescimento inicial de aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) em diferentes substratos. **Revista Árvore**, v. 39, n. 3, p. 551-59, 2015. <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000300016>
- LIMA, M. A.; BEZERRA, M. A.; GOMES FILHO, E.; PINTO, C. M.; ENÉAS FILHO, J. Trocas gasosas em folhas de sol e sombreadas de cajueiro anão em diferentes regimes hídricos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, p. 654-663, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902010000400020>
- LIMA, L. K. S.; MOURA, M. C. F.; SANTOS, C. C.; NASCIMENTO, K. P. C.; DUTRA, A. S. Produção de mudas de aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) em resíduos orgânicos. **Revista Ceres**, v. 64, n. 1, p. 01-11, 2017. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201764010001>
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.
- MENDES, H. S. J.; PAULA, N. F.; SCARPINATTI, E. A.; PAULA, R. C. Respostas fisiológicas de genótipos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* à disponibilidade hídrica e adubação potássica. **Cerne**, v. 19, n. 4, p. 603-11, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602013000400010>

- MONDINI, D. P. S.; SANTIAGO, E. F.; DANIEL, O.; SILVA, J. V.; FRANCISCO, N. S. Características fisiológicas de mudas de *Eucalyptus* sp. sob diferentes concentrações de potássio. **Revista Agrarian**, v. 12, n. 43, p. 40-47, 2019. <https://doi.org/10.30612/agrarian.v12i43.4065>
- SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L. M. B.; MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 946-952, 2015. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n10p946-952>
- SIQUEIRA, D. P.; CARVALHO, G. C. M. W.; BARROSO, D. G.; MARCIANO, C. R. Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para produção de mudas de *Lafoensia ghyptocarpa*. **Floresta**, v. 48, n. 2, p. 277-284, 2018. <https://doi.org/10.5380/uf.v48i2.55795>
- SOUSA, H. S.; SILVA, H. S.; GONÇALVES, D. S.; SOUZA, P. A.; SANTOS, A. F. Substratos no desenvolvimento de *Enterolobium contortisiliquum*. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 14, n. 2, p. 1093-100, 2016.
- STAHL, J.; ERNANI, P. R.; GATIBONI, L. C.; CHAVES, D. M.; NEVES, C. U. Produção de massa seca e eficiência nutricional de clones de *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus benthamii* em função da adição de doses de fósforo ao solo. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 2, p. 287-295, 2013. <https://doi.org/10.5902/198050989275>.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.
- TEXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solos**. Brasília: Embrapa, 2017. 577p.

Agradecimentos: À Faculdade de Agronomia e à Universidade de Cuiabá, por permitir a utilização do viveiro.

Contribuição dos autores: C.R.V.: Conceituação, metodologia, administração, supervisão, redação (esboço original), redação (revisão e edição). M.M.V.A.: Supervisão, metodologia, coleta de dados, validação. Todos os autores leram e concordam com a versão publicada do manuscrito.

Financiamento: O estudo não contou com financiamento.

Disponibilização de dados: **Contribuição dos autores:** Os dados do estudo poderão ser obtidos mediante solicitação ao autor correspondente via e-mail.

Conflito de interesses: Os autores declaram não haver conflito de interesses. As entidades de apoio não tiveram qualquer papel na concepção do estudo; na coleta, análise ou interpretação de dados; na redação do manuscrito ou na decisão de publicação dos resultados.