



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

PEDRO HENRIQUE MESQUITA SUTTER DE ASSIS

**COMPOSTO EXAURIDO DE *Agaricus subrufescens* COMO SUBSTRATO NA
PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong**

Prof. Dr. JOSÉ CARLOS ARTHUR JUNIOR
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
ABRIL – 2022



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

PEDRO HENRIQUE MESQUITA SUTTER DE ASSIS

**COMPOSTO EXAURIDO DE *Agaricus subrufescens* COMO SUBSTRATO NA
PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. JOSÉ CARLOS ARTHUR JUNIOR
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
ABRIL – 2022

**COMPOSTO EXAURIDO DE *Agaricus subrufescens* COMO SUBSTRATO NA
PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong**

PEDRO HENRIQUE MESQUITA SUTTER DE ASSIS

APROVADA EM: 29/04/2022

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. JOSÉ CARLOS ARTHUR JUNIOR – UFRRJ
Orientador

1. Prof. Dr. PAULO SÉRGIO DOS SANTOS LELES – UFRRJ

Membro

Eng. Agr. LUCAS DA SILVA ALVES (FCAV/UNESP - JABOTICABAL)
Membro

Dedico ao meu filho Noah e a todos aqueles
que acreditam que o mundo pode ser um
lugar melhor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, pelo afeto e incentivo que sempre me deram. Sempre dedicados com o ensino de seus filhos, demonstrando que a educação é o melhor caminho. Sou grato por todo afeto, apoio e ensinamentos.

Aos meus irmãos Aline, Rodrigo, Annie, Duda e Caio, que me ensinaram lições valiosas sobre dividir e conviver. Companheiros, que sempre me incentivaram e estiveram presentes em minha vida.

Ao meu filho Noah, que sempre me fez ser mais forte para superar cada desafio. Seu sorriso é meu combustível.

A toda minha família, incluindo tias(os), primas(os) e agregadas(os). Em especial as minhas avós, Sônia, Yeda e dona Elza, por todo seu carinho e incentivo, que são exemplos de amor e união para toda nossa família.

A pessoa mais importante a traçar meu caminho neste período, Isabel Arjonas. Profissional e pessoa incrível, de quem partiu a ideia para esse trabalho e quem me mostrou o fantástico mundo dos fungos e suas possibilidades. Sua contribuição é imensurável. Te admiro e tenho orgulho de ser seu companheiro de vida.

Aos meus sogros, Roberto e Vanda, em especial a minha querida sogrinha, que sempre me apoiou nesta fase de aprendizado, me dando forças e palavras de incentivo.

Ao meu orientador, professor José Carlos Arthur Junior, por todos ensinamentos, orientações e discussões realizadas que foram fundamentais para a concepção deste trabalho. Me sinto grato e honrado por desenvolver este trabalho sob sua orientação. Em especial deixo um agradecimento para o professor Paulo Sérgio, por sua participação em minha banca de defesa e contribuições para a evolução deste trabalho.

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro por me possibilitar ingressar no curso em Engenharia Florestal. A todos discentes, docentes, amigos e colegas com quem tive prazer de conviver e aprender muito, que foram importantes para minha formação e o desenvolvimento desta pesquisa. Em especial as professoras Gilmara Palermo e Claudia Moster, por sua disposição em ensinar e me orientar em atividades e projetos, onde pude desenvolver habilidades fundamentais para minha formação, e que sinto orgulho de ter participado.

Ao Centro de Estudos em Cogumelos (CECOG) da UNESP e a todos seus membros. Em especial a Giulia Morceli, por disponibilizar o material essencial para realização desta, ao Lucas da Silva Alves (Chagas), pelo trabalho incrível a que se dedica, que contribuiu grandiosamente com sua experiência e conhecimentos nessa linha de pesquisa.

Um agradecimento especial aos técnicos Sebastião Côrrea da Costa, Lucas da Silva Martins e Jorge, tanto pelo auxílio nas atividades do viveiro, quanto pelos bons momentos e aprendizados.

Aos meus amigos de rural, Edézio Miranda, Augusto Guerra Jr., Amanda Nunes, Lucas Araújo, Vitão e tantos outros, com quem compartilhei estudos, trabalhos, desafios, ideias e conquistas. Estendo minha consideração pela amizade e contribuição.

A todos que diretamente e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

“Uma mente que se abre a uma nova ideia
nunca mais retorna ao tamanho original.”

Albert Einstein

RESUMO

Dentre os resíduos orgânicos de atividades agropecuárias que apresentam potencial para produção de mudas de espécies florestais, podemos destacar o composto exaurido de cogumelo, do inglês “*spent mushroom substrate*” (SMS), gerado após a produção de cogumelos. Se descartado *in natura* no solo ou em aterros sanitários, pode gerar problemas ambientais, porém, ao ser reutilizado, se torna um insumo barato e de fácil obtenção, podendo reduzir custos da atividade de produção de mudas em viveiros. O presente estudo teve por objetivo avaliar o crescimento de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong em substratos formulados por diferentes proporções de composto exaurido de *Agaricus subrufescens* (cogumelo-do-sol) e substrato comercial, em tubetes com capacidade volumétrica de 180 cm³. O experimento foi conduzido no viveiro florestal do Instituto de Florestas, localizado no município de Seropédica/RJ, pertencente a UFRRJ. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2, sendo 4 composições de substrato e 2 regimes de fertilização. Cada tratamento teve 05 repetições de 08 mudas, totalizando 320 mudas. A cada 20 dias foram mensuradas a altura e o diâmetro do coleto das mudas, e ao final de 129 dias foram selecionadas duas mudas representativas da média de cada repetição, totalizando 10 mudas por tratamento, para avaliação do acúmulo de matéria seca da parte aérea (MSPA), do sistema radicular (MSR), dos nódulos radiculares de FBN (MSN) e da matéria seca total (MST), além do índice de qualidade de Dickson. Os resultados dos parâmetros avaliados foram submetidos a análise de variância e ao teste de médias de Scott-Knott. Todos os parâmetros avaliados foram significativos de forma isolada para ambos os fatores, composto exaurido e fertilização, não havendo interação entre fatores. As mudas produzidas nos tratamentos com fertilização foram estatisticamente superiores em todos os parâmetros observados. Houve efeito positivo em todos os parâmetros, exceto para MSN, ao se utilizar SMS na composição do substrato, independente da proporção aplicada, em comparação ao substrato comercial. Para o parâmetro MSN, a utilização de 25 e 50% de SMS proporcionou resultados superiores ao substrato comercial e a utilização de 75% de SMS. A utilização de composto exaurido de *A. subrufescens*, em até 75%, na composição do substrato para produção de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* é recomendada e apresenta melhores resultados do que a utilização do substrato comercial. A suplementação nutricional por meio da fertilização mineral é necessária independente da composição do substrato utilizado.

Palavras-chave: substrato pós-cultivo de cogumelos, cogumelo do sol, resíduos, produção de mudas florestais, timbaúva

ABSTRACT

Among the organic wastes from agricultural activities that have potential for seedling production of forest species, we can highlight the spent mushroom substrate (SMS), generated after the production of mushrooms. If discarded in natura on the ground or in landfills, it can generate environmental problems; however, when reused, it becomes a cheap and easily obtained input, and can reduce costs of seedling production in nurseries. This study aimed to evaluate the growth of *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong seedlings in substrates formulated by different proportions of *Agaricus subrufescens* (sun mushroom) spent compost and commercial substrate, in tubes with a volumetric capacity of 180 cm³. The experiment was conducted in the forest nursery of the Forest Institute, located in Seropédica/RJ, belonging to UFRRJ. The experimental design was entirely randomized in a 4x2 factorial scheme, with four substrate compositions and two fertilization regimes. Each treatment had 5 repetitions of 8 seedlings, totaling 320 seedlings. Every 20 days the height and collar diameter of the seedlings were measured, and at the end of 129 days two seedlings representative of the average of each repetition were selected, totaling 10 seedlings per treatment, to evaluate the accumulation of dry matter of the aboveground part (MSPA), root system (MSR), root nodules of NFB (MSN) and total dry matter (MST), and the Dickson quality index. The results of the evaluated parameters were submitted to analysis of variance and Scott-Knott test of means. All parameters evaluated were significant in isolation for both factors, spent compost and fertilization, with no interaction between factors. The seedlings produced in the treatments with fertilization were statistically superior in all parameters observed. There was a positive effect in all parameters, except for MSN, when using SMS in the substrate composition, regardless of the proportion applied, compared to the commercial substrate. For the MSN parameter, the use of 25 and 50% of SMS provided better results than the commercial substrate and the use of 75% of SMS. The use of *A. subrufescens* spent compost, up to 75%, in the composition of the substrate for production of *Enterolobium contortisiliquum* seedlings is recommended and presents better results than the use of commercial substrate. Nutritional supplementation by fertilization is necessary regardless of the composition of the substrate used.

Keywords: spent mushroom substrate, sun mushroom, wastes, forest seedlings production, timbaúva

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1. Substratos na Produção de Mudanças Florestais	2
2.2. Fungicultura.....	3
2.2.1. <i>Agaricus subrufescens</i> (cogumelo-do-sol)	4
2.2.2. Composto exaurido de cogumelo (Spent Mushroom Substrate – SMS).....	5
2.3 A espécie escolhida	6
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1. Local de realização do experimento	10
3.2. Formulação das proporções de substrato para produção de mudas de <i>Enterolobium contortisiliquum</i>	10
3.3. Aquisição de sementes, tratamento pré-germinativo e produção de mudas.....	13
3.4. Avaliação dos parâmetros morfológicos das mudas de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> ..	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5. CONCLUSÃO	25
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

1. INTRODUÇÃO

A produção de mudas de espécies florestais nativas é uma atividade necessária para atender a demanda da restauração florestal, para recuperação de áreas degradadas, recomposição de áreas de proteção permanente, pagamento de serviços ambientais, entre outros. A qualidade das mudas, juntamente com os fatores ambientais e as técnicas silviculturais, são importantes para redução de custos e diminuição do tempo de formação de povoamentos florestais (LIMA FILHO et al., 2019). Entre as espécies amplamente utilizadas na recomposição florestal de ecossistemas, encontra-se a *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (timbaúva) (NÓBREGA et al., 2008; ARAÚJO; SOBRINHO, 2011; CHAER et al., 2011). A timbaúva, pertencente à família das Fabaceae, é classificada como espécie pioneira e de rápido crescimento inicial, apresentando ampla distribuição geográfica no território brasileiro (LORENZI, 2014).

Para produção de mudas em quantidade e qualidade, é necessária a escolha correta do tipo de recipiente, substrato e manejo durante a formação (SANTOS et al., 2000; TRAZZI et al., 2012; CALDEIRA et al., 2013; ABREU et al., 2015). A principal função do substrato é sustentar a muda e fornecer condições adequadas para o desenvolvimento e funcionamento do sistema radicular, assim como fornecer os nutrientes necessários ao crescimento da planta (WENDLING; GATTO, 2002). Sua escolha deve considerar fatores de ordem física, referentes a capacidade de retenção de umidade e agregação do substrato; os de ordem química, relacionados principalmente ao pH, qualidade e quantidade de nutrientes do material e salinidade; e também os de ordem econômica, ligados aos custos, disponibilidade, transporte, qualidade e facilidade de manuseio (WENDLING; GATTO, 2002).

Nos últimos anos, na tentativa de contornar os transtornos causados pela crescente geração de resíduos urbanos e agroindustriais, têm-se buscado estratégias para reutilização de materiais em atividades agrícolas e florestais, visto que, normalmente, resíduos orgânicos são ricos em nutrientes e produzidos em grande quantidade, e sua destinação é um problema para as empresas produtoras (QUINTANA; CARMO; MELO, 2009; CALDEIRA et al., 2012). Entre esses resíduos encontra-se o composto exaurido de cogumelos (*Spent Mushroom Substrate* - SMS), gerado pela fungicultura, que possui potencial de uso diverso (GRIMM; WÖSTEN, 2018). Destacando-se sua utilização para produção vegetal (PRASAD; LISIECKA; KLEIBER, 2022) ou de outros cogumelos (ZAKIL et al., 2022), para alimentação e saúde animal (SONG et al., 2007; NASEHI et al., 2017), para aumentar eficiência na produção de biocombustíveis (ALVES, 2022), para produção de biomateriais (JONES et al., 2017; ISLAM et al., 2017; APPELS et al., 2018), para manejo e controle de pragas e doenças em vegetais (SINGH et al. 2021), para extração de enzimas para indústria e biorremediação (SAHITHYA et al., 2022).

Os compostos exauridos de cogumelos, normalmente, apresentam altos teores de matéria orgânica, possuem quantidades apreciáveis de macro e micronutrientes, e podem melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas dos substratos (BEYER, 2015; RINKER, 2017; MENG et al., 2018; YANG et al., 2020; BECHER; BANACH-SZOTT; GODLEWSKA, 2021; LEONG et al., 2022). Sua utilização, em substituição a substratos adquiridos comercialmente e, geralmente, pouco férteis, pode proporcionar a formação de mudas de qualidade e com menor gasto, o que irá diminuir os custos dos reflorestamentos destinados a restauração florestal. No entanto, há escassez de estudos para essa aplicação do SMS.

Visando unir benefícios, este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento e a qualidade de mudas de *Enterolobium contortisiliquum*, em substratos formulados com

diferentes proporções de substrato comercial e composto exaurido (SMS) da produção comercial do cogumelo *Agaricus subrufescens* (cogumelo-do-sol).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Substratos na Produção de Mudanças Florestais

A produção de mudas de espécies florestais nativas é uma atividade necessária para atender a demanda dos reflorestamentos com objetivos de recuperação de áreas degradadas, recomposição de áreas de proteção permanente, pagamento de serviços ambientais, entre outros. São necessárias mudas em quantidade e qualidade, o que está intimamente relacionado à escolha correta do tipo de recipiente, substrato e manejo durante a formação (SANTOS et al., 2000; TRAZZI et al., 2012; CALDEIRA et al., 2013; ABREU et al., 2015).

De acordo com Gonçalves e Poggiani (1996), a boa formação de mudas destinadas à implantação de povoamentos florestais para a produção de madeira e de povoamentos mistos para fins de preservação ambientais e/ou, recuperação de áreas degradadas, está relacionada com o nível de eficiência dos substratos. A germinação de sementes, a iniciação do crescimento radicular e da parte aérea está associada à boa capacidade de aeração, drenagem, retenção e disponibilidade de água apresentada pelos substratos.

Para Kämpf e Fermino (2000), o substrato é um produto utilizado em substituição ao solo, para produção vegetal. De acordo com Wendling e Gatto (2002), a principal função do substrato é sustentar a muda e fornecer condições adequadas para o desenvolvimento e funcionamento do sistema radicular, assim como fornecer os nutrientes necessários ao crescimento da planta. Além disso é importante que seja isento de sementes de plantas invasoras, pragas e microrganismos patogênicos, além de apresentarem certo padrão, com características químicas e físicas pouco variáveis de um lote para o outro.

De acordo também com Kämpf e Fermino (2000), é importante considerar o tipo de planta que será cultivada e o tempo para o seu crescimento para escolha adequada do material a ser utilizado como substrato, levando em conta que o crescimento das raízes é limitado pelo recipiente. O substrato deve compensar o volume reduzido em que as plantas se encontram quando são produzidas em recipientes, portanto é de suma importância o conhecimento de suas características (ALMEIDA, 2005).

Para a escolha correta do substrato deve-se considerar também os fatores de ordem econômica, ligados aos custos, disponibilidade, transporte, qualidade e facilidade de manuseio; os de ordem química, relacionados principalmente ao pH, qualidade e quantidade de nutrientes do material e salinidade; e fatores de ordem física, referentes às características como textura e densidade, que interferem na aeração, capacidade de retenção de umidade e agregação do substrato (WENDLING; GATTO, 2002). Estas características variam de acordo com a composição do substrato, influenciando de forma positiva ou negativa a germinação de sementes, enraizamento de estacas e o crescimento das mudas (KÄMPF; FERMINO, 2000).

Segundo Scheer et al. (2010), muitas vezes a quantidade de nutrientes presentes em substratos comerciais não supre o que é demandado pela espécie vegetal, sendo necessário seu enriquecimento com fertilizantes. Apesar de serem amplamente utilizados, o aumento da demanda, produção e consumo de fertilizantes minerais trouxe grandes impactos ao meio ambiente (LUBKOWSKI, 2016). Sendo os principais responsáveis pela contaminação das águas subterrâneas e superficiais. E seu uso inadequado aumenta as perdas de N no ambiente, nas formas de amônia (NH_3), amônio (NH_4), óxidos de nitrogênio (NO_x), óxido nitroso (N_2O) e nitrato (NO_3) (MAHMUD et al., 2021).

A utilização substratos comerciais pouco férteis, que demandam maior utilização de fertilizantes minerais, traz além dos problemas ambientais, o encarecimento da atividade de produção de mudas em viveiros. De acordo com relatório da Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA), o Brasil depende muito das importações de fertilizantes para satisfazer suas necessidades, pois praticamente 70% dos fertilizantes utilizados no país são oriundos de importações (ANDA, 2018). Em 2016, o país chegou a ser o maior importador de fertilizantes do mundo (SILVA; FERNANDES, 2017). A agricultura brasileira, incluindo o setor florestal, é responsável por 7% do consumo global de fertilizantes, além disso, o país se encontra na quarta posição mundial no consumo de Nitrogênio, na terceira no consumo de Fósforo e ocupa o segundo lugar no consumo de Potássio (ANDA, 2018).

Simões, Silva e Silva (2012) ressaltam que é necessário que se direcionem esforços para a utilização de substratos que possibilitem o maior desenvolvimento e qualidade das mudas, em um menor período de tempo, possibilitando a redução de custos da produção.

Neste contexto, os resíduos orgânicos de atividades domésticas, industriais e agropecuárias, podem se tornar alternativas para a composição de substratos na produção de mudas (ALMEIDA et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2022). Dentre os diversos tipos de resíduos e estudos científicos para sua utilização na produção vegetal, destacam-se: lodo de esgoto ou biossólido (CABREIRA et al., 2017), composto e vermicomposto de lixo urbano e resíduos agropecuários (ALVES; PASSONI, 1997; CALDEIRA et al., 2005), resíduos do processamento mecânico da madeira (cascas de tronco, maravalhas e serragem) (MAEDA et al., 2006), esterco suíno, bovino, equino e de aves (SCHERER; BALDISSERA, 1994; KNAPIK; ANGELO, 2007; BERNI et al., 2016; SILVA JÚNIOR et al., 2018), resíduos da indústria canaveira como a vinhaça e a torta de filtro (BASSO et al., 2013; BARROS et al., 2014; FARINELLI et al., 2017), casca de arroz e casca de arroz carbonizada (FONSECA et al., 2017; BEZERRA et al., 2017), resíduo do algodão compostado (CALDEIRA et al., 2008) e substrato exaurido do cultivo de cogumelos (SMS – Spent Mushroom Substrate) (WANG; LOHR; COFFEY, 1984; ABREU, 2019).

O emprego de resíduos orgânicos na produção de mudas de espécies florestais pode ser uma alternativa para a utilização desses produtos que até então, seriam descartados *in natura* no solo ou em aterros sanitários, tornando-se um problema ambiental. Ao passo que, ao serem reutilizados se tornam insumos baratos, de fácil obtenção, podendo serem utilizados como fertilizantes e condicionadores de solo, reduzindo os custos do processo produtivo (VIEIRA, 2019). E segundo Kratz (2011) a utilização destes resíduos para a formulação de substratos é de fundamental importância, visto ao aumento da produção de mudas que deve seguir os padrões de sustentabilidade, ou seja, ecologicamente correta, economicamente viável e socialmente justa.

Dentre as diferentes alternativas de resíduos, o substrato exaurido de cogumelos, um importante resíduo da fungicultura, ganha destaque nos dias atuais.

2.2. Fungicultura

A fungicultura é o setor agroindustrial que se destina a produção de cogumelos. Nos últimos anos, a fungicultura tornou-se um ativo estratégico para conservação e manejo dos ecossistemas em vários países e também como recurso para diminuir o êxodo de áreas rurais, como é observado nas regiões periféricas do Mediterrâneo (Espanha oriental), em que os pequenos produtores vêm nos cogumelos comestíveis alternativa para renda (MARTÍNEZ-IBARRA; GÓMEZ-MARTÍN; ARMESTO-LOPEZ, 2019).

Apesar do baixo consumo de cogumelos no Brasil, nos últimos anos houve um aumento significativo do consumo anual de 80 para 160 gramas por pessoa, o que ainda é considerado baixo quando comparado aos europeus, que consomem em média, anualmente, 2 quilos por

pessoa; ou aos asiáticos com média de 8 quilos por pessoa, anualmente (ANPC, 2018). Segundo a Associação Nacional dos Produtores de Cogumelos (2018), esse aumento observado é devido ao crescimento de hábitos veganos e vegetarianos, bem como ao investimento em consumo *in natura* do produto. Além disso, existem perspectivas de aumento deste mercado de produção de cogumelos comestíveis no Brasil, já que existe um vácuo entre oferta e consumo – 57.600 toneladas (consumo) para cerca de 17 mil toneladas (produção ano⁻¹) – que é coberto pelos produtos importados (EMBRAPA, 2017).

2.2.1. *Agaricus subrufescens* (cogumelo-do-sol)

Entre as espécies produzidas, destaca-se a espécie *Agaricus subrufescens*, também classificada como *Agaricus blazei* Murril e *Agaricus brasiliensis* (WASSER et al. 2002). Espécie descoberta a princípio na América do Norte e depois na América do Sul (KERRIGAN, 2005; ARRILLAGA; PARRA, 2006; DAI et al., 2015) (Figura 1).



Figura 1: a) Produção de cogumelos da espécie *Agaricus subrufescens*; b) Colheita de cogumelos de *Agaricus subrufescens* (fotos: Giulia Morceli).

Conhecida popularmente como cogumelo-do-sol, esta espécie apresenta em sua composição moléculas de β -glucanas, blazeispirol, ergosterol, agaritine e lectin (XU et al., 2011), que possuem propriedades medicinais importantes frente a problemas de saúde como Síndrome X, hipocolesterolêmica, HDL, homeostase lipídica e obesidade (GROTHER et al., 2016). O corpo de frutificação fresco do cogumelo consiste de 85 a 87 % de água. A composição química em base seca é de 40 a 45 % de proteínas, 38 a 45 % de carboidratos, 6 a 8 % de fibras, 5 a 7 % de cinzas e 3 a 4 % de lipídios. O cogumelo é rico em vitaminas como: tiamina, riboflavina, niacina, vitamina K, tocoferol, e minerais como: potássio, cálcio, fósforo, magnésio, zinco, ferro, selênio e cádmio (MIZUNO, 2002).

O cogumelo-do-sol é principalmente comercializado na forma desidratada, sendo consumido, sobretudo, como um nutracêutico. Também é comercializado na forma de cogumelos em pó, tabletes, cápsulas, extratos e chás (WASSER et al., 2002).

Atividades biológicas foram descritas em experimentos com este cogumelo, sendo elas: atividade antitumoral (KAWAGISHI et al., 1989; OHNO et al., 2001); atividade antimutagênica (MENOLI et al., 2001); atividade antigenotóxica (MARTINS DE OLIVEIRA et al., 2002); atividade do sistema imune (KAWAMURA; KASAI, 2007; YUMINAMOCHI et al., 2007); atividade antibacteriana (BERNARDSHAW; JOHNSON; HETLAND, 2005); atividade antifúngica (GARCIA et al., 2019); atividade antidiabética (HSU et al., 2007); atividade antiviral (SORIMACHI et al., 2001); e atividade antioxidante (SILVA et al., 2009).

Para o cultivo comercial de cogumelos, é necessária a formulação de um substrato para nutrição e desenvolvimento do fungo. O cultivo comercial de cogumelo-do-sol teve início em 1990 e desde então, diversas fórmulas têm sido propostas na literatura para substratos destinados a seu cultivo. Dentre os cogumelos medicinais mais produzidos e estudados, *Agaricus subrufescens* é o único que utiliza de resíduos agrícolas, como bagaço de cana e palhas de gramíneas, na composição de seu substrato. Seu preparo ocorre pelo método de compostagem seguido da pasteurização, promovendo custos de investimento e produção reduzidos quando comparado com outras espécies, como *Ganoderma lucidum* e *Flammulina velutipes* que são degradadores primários, e necessitam de substratos esterilizados a base de madeira ou resíduos florestais (REZAEIAN; POURIANFAR, 2017; ATILA, 2020).

De acordo com Lima et al. (2020), o sistema de produção do cogumelo *Agaricus subrufescens* apresenta potencial econômico, uma vez que, considerando uma produção média anual de 12.500 kg de cogumelos *in natura*, a renda líquida é significativamente positiva, sendo o índice de lucratividade de 87,54 %, com lucro operacional de R\$ 637.779,87 ano⁻¹.

Após a produção e colheita dos cogumelos, resta uma grande quantidade de substrato mais o micélio do fungo cultivado. Segundo Finney et al. (2009), para cada 1 quilo de cogumelo produzido são gerados 5 quilos deste material residual. Mediante os indicativos de aumento da produção e consumo, não somente desta espécie de cogumelo comestível, é importante que sejam voltados os esforços para a destinação correta do material residual gerado após a colheita.

2.2.2. Composto exaurido de cogumelo (Spent Mushroom Substrate – SMS)

Alguns autores discordam em chamar este material de subproduto e preferem mencioná-lo como composto exaurido de cogumelo ou “Spent Mushroom Substrate – SMS”, devido a sua elevada utilidade no meio agrônomo e biológico (GERRITS, 1997). Apesar disso, sua destinação correta é um problema atual, sendo um desafio para os fungicultores por conta da elevada quantidade de SMS produzido nas fazendas de cogumelos (HANAFI et al., 2018).

Segundo Royse, Baars e Taan (2017), a produção anual de cogumelos é de cerca de 34 milhões de toneladas no mundo todo, resultando em 170 milhões de toneladas de SMS, sendo que 80% é descartado como lixo, tornando-se fonte de poluição, promovendo diversos problemas ambientais, devido à sua deposição de forma inadequada e acumulada.

A composição físico-química dos resíduos da produção de cogumelos é variável conforme a espécie de cogumelo, pois cada uma tem suas características de cultivo e excretam diferentes enzimas, tendo maior ou menor potencial de degradação dos nutrientes presentes no substrato em que são cultivados.

Em grande parte dos casos, este material é descartado *in natura*, no solo, sendo sujeito as intempéries do tempo, o que permite com que sais, nitratos e outros compostos sejam lixiviados desse material (RINKER, 2002). Chefetz et al. (2000) analisaram os processos de transformação da matéria orgânica que ocorrem quando há o descarte dessa forma. Os impactos ambientais do SMS foram estudados em alguns trabalhos: impactos em águas subterrâneas (MAYNARD, 1993; KAPLAN; STANDLEY; NEWBOLD, 1995; STEWART et al., 2000); impactos em corpos d'água e águas superficiais (REED; KEIL, 2000); impactos na qualidade do ar (BAZEMORE et al., 2000).

Porém, quando bem manejado, soluções sustentáveis podem ser geradas a partir do mesmo. Pesquisas já apontaram potencial de uso de SMS de diferentes espécies de cogumelos para diversas finalidades. Dentre elas, pode-se citar sua utilização na produção vegetal (PRASAD; LISIECKA; KLEIBER, 2022) ou de outros cogumelos (ZAKIL et al., 2022), para alimentação e saúde animal (SONG et al., 2007; NASEHI; TORBATINEJAD; ZEREHDARAN, 2017), para produção de biocombustível (PHAN; SABARATNAM, 2012; KAPU, et al., 2012; ZHU et al., 2013; ALVES, 2022), para produção de biomateriais (JONES et al., 2017; ISLAM et al., 2017; APPELS et al., 2018), para extração de enzimas para indústria e biorremediação de solos (PHAN; SABARATNAM, 2012), entre outros.

Sua utilização como condicionador de solo para produção vegetal foi verificada em diversos países (RINKER, 2017). Devido à sua elevada quantidade de macro e micronutrientes, alta capacidade de troca catiônica e pH próximo a neutralidade (MENG et al., 2018; BECHER; BANACH-SZOTT; GODLEWSKA, 2021; LEONG et al., 2022).

Ligado diretamente com a produção vegetal, pode-se destacar trabalhos de incorporação de SMS em substratos para a produção de mudas (MENG et al. (2018), usos como fertilizante orgânico ou condicionador de solo em culturas hortícolas (PAULA et al., 2017; ZIED et al., 2021), ornamentais (NGAN; RIDDECH, 2021), anuais (WANG et al., 2021) e perenes (MALINOWSKA; JANKOWSKI, 2020). Também seus usos no manejo e controle de pragas e doenças (HARENDER; KAPOOR; RAK, 1997; HUANG; HUANG, 2000; PARADA et al., 2012; NOBLE, et al., 2018), aumentando a resistência das plantas a seu ataque (ASHRAFI et al., 2015; NOBLE et al., 2018).

Yang et al. (2020) e Becher, Banach-Szott e Godlewska (2021) verificaram ao aplicar SMS para melhoria da fertilidade do solo, a promoção de crescimento e aumento de produtividade das plantas, por meio da construção e recuperação da matéria orgânica e da microbiota do solo. Velazhahan et al. (2020) reportaram a ocorrência de interações microbiológicas que beneficiam microrganismos promotores de hormônios vegetais.

Sendo assim, muitos autores indicam a utilização do SMS na produção vegetal, e sua utilização gera benefícios sob aspectos físicos do solo (fornecimento de matéria orgânica, estabilização dos agregados do solo, porosidade e retenção de água), químicos (mineralização de nutrientes) e biológicos do solo (atividade antimicrobiana contra fitopatógenos) (KWAK et al., 2015; MENG et al., 2018; BECHER; BANACH-SZOTT; GODLEWSKA, 2021; LEONG et al., 2022).

2.3 A espécie escolhida

Nas atividades de reflorestamentos para a recuperação de ecossistemas degradados, deve-se atentar à escolha das espécies vegetais a serem plantadas. São desejáveis espécies com capacidade de crescer rapidamente, proteger e enriquecer o solo, abrigar e alimentar a fauna, recompor a paisagem e estabelecer o regime de água no solo (DAVIDE, 1994).

Espécies florestais da família Fabaceae, conhecidas como leguminosas, são indicadas como espécies pioneiras e fundamentais para reflorestamentos de áreas degradadas, pois proporcionam maior eficiência do uso de água e dos nutrientes do solo pela fixação biológica de nitrogênio. Estas espécies possuem capacidade de estabelecer simbiose com bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares (FMA) de forma simultânea, o que representa uma vantagem em relação a aquisição de nitrogênio (FRANCO et al., 1995) e melhora sua capacidade de absorção fósforo e outros macro e micronutrientes em situações desfavoráveis (BAREA; AZCON-AGUILAR; ASCON, 1987; PACOVSKY, 1998). De acordo com Franco et al. (1995), outra característica favorável é a ação de suas raízes, de formato pivotante, que se desenvolvem no solo de forma agressiva, rompendo e desfragmentando camadas

compactadas, melhorando a agregação das partículas do solo devido à exsudação da raiz. Ainda segundo o autor, as leguminosas atuam como colonizadoras primárias, incorporando ao solo C e N na forma de matéria orgânica de baixa relação C/N, favorecendo e intensificando a atividade biológica no solo e os processos de ciclagem de nutrientes.

Portanto, estas espécies são importantes sob o ponto de vista ecológico e econômico, podendo dispensar total ou parcialmente os fertilizantes nitrogenados (SALVAGIOTTI et al., 2008; XAVIER et al., 2008), minimizar possíveis impactos ambientais decorrentes da utilização destes insumos e contribuir para viabilizar reflorestamentos, principalmente em áreas degradadas (SANTOS et al., 2001), onde o objetivo é o rápido estabelecimento de uma comunidade arbórea, aumentando a atividade biológica do solo e criando condições para o estabelecimento de outras espécies mais exigentes na sucessão florestal (FRANCO et al., 1995).

Entre as espécies de leguminosas arbóreas tropicais com capacidade para estabelecer simbiose eficiente com bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas em leguminosas (BFNNL), destaca-se a *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (MOREIRA; DE CARVALHO; SIQUEIRA, 2010; SOUSA et al., 2013; JESUS et al., 2014), conhecida popularmente como tamboril, orelha-de-macaco, timbaúva, entre outras denominações (LORENZI, 2014) (Figura 2).



Figura 2. Exemplar de *Enterolobium contortisiliquum* (foto: Germano Mota).

O termo *Enterolobium* vem do grego *énteron* = intestino e *lobium*, diminutivo de lobos = bainha, vagem. O fruto é uma vagem retorcida (Figura 3), como as circunvoluções intestinais; já o termo *contortisiliquum* significa “síliqua retorcida” (BURKART; REITZ, 1979). O nome popular timbaúva vem do tupi, timbó-yba (árvore de espuma), em alusão à espuma que produz o fruto (BRAGA, 1976).



Figura 3. Frutos de *Enterolobium contortisiliquum* (foto: cumaru-pe.com.br).

Carvalho (2003) descreveu botanicamente esta espécie da seguinte forma: “caducifólia, geralmente podendo atingir até 20 m de altura e 95 cm de DAP na região Nordeste ou até 40 m de altura e 300 cm de DAP, na região Centro-Sul do país; Seu tronco geralmente é reto ou pouco tortuoso, cilíndrico e livre de ramos na floresta, ou tortuoso, curto e grosso quando a árvore é isolada; fuste com até 15 m de comprimento; A ramificação é cimosa; copa ampla, em forma de guarda-chuva, com até 25 m de diâmetro quando a árvore é isolada, com folhagem densa verde-clara; A casca tem até 20 mm de espessura total; A casca externa é lisa, mas pontilhada por abundantes lenticelas grandes (1 cm) dispostas transversalmente na árvore jovem, ou persistente e escassamente fissurada na árvore velha, cinza-clara e pardo-acinzentada, com presença de protuberâncias peridérmicas; A casca interna é fibrosa e rosada; A espécie possui folhas compostas, bipinadas, alternas, com até 30 cm de comprimento e 3 a 7 pares de folíolos e no pecíolo comum (base e no ápice); As flores são hermafroditas, de coloração branca, com 6 a 8 mm e comprimento, em capítulo globoso, com 1 a 4 cm de comprimento, contendo 10 a 20 flores, pedunculados em racemos axilares menores do que as folhas” (Figura 4).

Os seus frutos são legumes bacóides (BARROSO et al., 1999), indeiscentes, pretos quando maduros (persistindo durante o inverno sobre a árvore desnuda), recurvados, carnosos, semilenhosos, possuindo forma característica que faz lembrar uma orelha humana (Figuras 3 e 4), superfície glabra, profundamente reentrante junto do pedicelo, com 3 a 9 cm de comprimento e 2 a 7 cm de largura, contendo 2 a 12 sementes, no Brasil (PAOLI, 1988) e 16 a 22 sementes, na Argentina (CASTIGLIONI, 1975).

Cada fruto pesa 8 a 15 g, as sementes são glabras, elipsóides a ovaladas, com tegumento liso e duro, marrom a castanho, brilhante, exalbuminosas, com pleurograma marcado (aberto em direção à região hilar) e lóbulo radicular proeminente, sem endosperma. Medem 10 a 15 mm de comprimento por 6 mm de diâmetro (CARVALHO, 2003, p. 886).



Figura 4. Folhas, inflorescências e frutos de *Enterolobium contortisiliquum* (foto: cumarupe.com.br).

As sementes (Figura 5) apresentam dormência tegumentar, ou seja, impermeabilidade do tegumento a água, o que interfere negativamente na germinação mesmo em condições ambientais consideradas adequadas (FOWLER; BIANCHETTI, 2000; FERREIRA; BORGHETTI, 2004; FLORIANO, 2004; DE SOUZA et al., 2015). Segundo Ferreira e Borghetti (2004), essa impermeabilidade pode ser causada pela deposição de camadas de suberina, ceras ou cutinas no tegumento. Portanto, para a produção de mudas de timbaúva, se faz necessária a aplicação de métodos de superação de dormência, tais como escarificação mecânica, escarificação química e embebição em água quente e/ou fria (FOWLER; BIANCHETTI, 2000).



Figura 5. Sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (foto: clickmudas.com.br).

Sobre sua ocorrência natural, segundo Carvalho (2003), *Enterolobium contortisiliquum* ocorre na latitude de 3°S no Ceará a 31°30'S no Rio Grande do Sul no Brasil, atingindo 36°S na Argentina. Segundo Lorenzi (2014), ocorre no Pará, Maranhão e Piauí até o Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul, nas florestas pluvial e semidecídua. É particularmente frequente na floresta latifoliada da bacia do Paraná. Lorenzi (2014) cita que é uma planta pioneira, dispersa em várias formações florestais. Porém, sua ocorrência natural na floresta primária é pouco comum e, quase sempre concentrada em solos úmidos. Em capoeiras e estágios mais adiantados da sucessão secundária sua frequência é maior.

Sua madeira é classificada como leve com densidade de 0,37 a 0,60 g/cm³, a 15% de umidade (SILVA; REICHMANN NETO, 1986; MAINIERI; CHIMELO, 1989; PAULA; ALVES, 1997). Segundo Lorenzi (2014), sua madeira é macia ao corte, possui grã direta para irregular, pouco resistente, medianamente durável, com alborno diferenciado. Ela é própria para a fabricação de barcos e de canoas de tronco inteiro, brinquedos, compensados, armações de móveis, miolo de portas, caixotaria em geral (LORENZI, 2014), pode substituir a madeira de cedro (*Cedrela fissilis*) em obras internas e é uma espécie adequada para a indústria de celulose e papel (CARVALHO, 2003, p. 890). Outras características relacionadas a possíveis usos são de seus frutos que contém saponina e sua copa ampla e frondosa quando cresce de forma isolada, proporcionando ótima sombra durante o verão (LORENZI, 2014).

Dentre as características que conferem a esta espécie amplas possibilidades de utilização, se destaca por seu crescimento inicial rápido (LORENZI, 2014), e também por sua tolerância a metais pesados (RANGEL et al., 2014). Segundo Carvalho (2003), a timbaúva tem grande importância em reflorestamentos para recuperação ambiental, pois, seus frutos são muito procurados por animais silvestres, como a paca (*Agouti paca*) e a cutia (*Dasyprocta azarae*), principais dispersores das sementes, atraindo esses animais para estas áreas em recuperação. Todas essas características a tornam uma espécie indicada para utilização em projetos de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas (CHAER et al., 2011).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local de realização do experimento

O experimento foi conduzido entre outubro de 2021 e março de 2022, no viveiro florestal “Luiz Fernando de Oliveira Capellão”, no Instituto de Florestas, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), localizado no município de Seropédica, RJ (latitude 22°45’S e longitude 43°41’W).

O clima da região é classificado, segundo Köppen, como Aw (BRASIL, 1980). Segundo Abreu et al., (2014), com base em dados coletados de 2002 a 2012 pela estação meteorológica da PESAGRO-RJ, a mais próxima do local do experimento, a precipitação média anual é de 1.248 mm, sem estação seca definida, e a temperatura média anual é de 23,7°C.

3.2. Formulação das proporções de substrato para produção de mudas de *Enterolobium contortisiliquum*

Foram testadas quatro composições de substrato, nas seguintes proporções: 100% de substrato comercial – T₀; 25% de SMS + 75% de substrato comercial – T₂₅; 50% de SMS + 50% de substrato comercial – T₅₀; e 75% de SMS + 25% de substrato comercial – T₇₅. As quatro composições foram testadas na presença e na ausência de fertilização (base + cobertura).

O delineamento experimental utilizado foi o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2, sendo 4 composições de substrato e 2 regimes de fertilização. Cada tratamento teve 05 repetições de 08 mudas, totalizando 320 mudas.

O substrato comercial foi o Mecplant[®] Florestal 3, que de acordo com o fabricante, é produzido a partir da casca de pinus bioestabilizada, indicado para a produção de mudas de pinus e espécies nativas a partir de sementes, sendo bastante utilizado nos recipientes do tipo tubete (ABREU et al., 2017). É classificado quanto à origem e tipo de matéria-prima utilizada na sua fabricação como “Classe F” (BRASIL, 2016). Segundo informações da embalagem,

possui: capacidade de retenção de água (CRA) de 60% em massa (p/p); capacidade de troca catiônica (CTC) de 200 mmol c/kg; e umidade máxima de 60% em massa p/p.

O SMS utilizado neste experimento foi derivado de trabalho desenvolvido por Giulia Morceli (2021), na Universidade Estadual Paulista (UNESP). O substrato comercial para a produção de cogumelos foi disponibilizado pela empresa Compobras[®], situada no município de Castro, no Estado do Paraná, o composto constitui-se de um preparado à base de bagaço de cana de açúcar, palha de trigo, esterco de galinha, ureia, calcário e gesso, seguindo a metodologia apresentada por Kopytowski Filho (2006). Posteriormente a inoculação do fungo, foi adicionada uma camada de cobertura a base de turfa de musgo sobre o composto colonizado. Após a produção do cogumelo *Agaricus subrufescens*, durante 81 dias, foi gerado o SMS (Figura 6), o qual foi seco ao ar livre (Figura 7) e peneirado previamente a sua utilização como componente de substrato.



Figura 6: a) Blocos de composto exaurido (SMS) da produção de *Agaricus subrufescens*. b) Detalhes dos blocos de composto exaurido SMS da produção de *Agaricus subrufescens* (fotos: Isabel Arjonas)



Figura 7. SMS em processo de secagem (foto: autor).

Foram retiradas amostras representativas do SMS para análise química dos teores totais de nutrientes, junto ao laboratório de Estudos das Relações Solo Planta (LSP) da UFRRJ (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química do composto exaurido de cogumelo (SMS) oriundo da produção do *Agaricus subrufescens*.

C _{Org.} *	N*	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	Co	Na	Ni	Cr	Pb	Cd
— % —		g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹							
30,5	2,2	8,5	20,5	56,7	6,7	338,1	262,2	292,6	19,4	2556	9,8	2,9	33,4	0,45

* Método de determinação: Dumas; Demais elementos: método USEPA 3050.

A mistura dos componentes dos substratos foi realizada manualmente, até a sua homogeneização. Para cada m³ do substrato, dos tratamentos fertilizados, foram fornecidos 150 g de N, 300 g P₂O₅ e, 100 g de K₂O, por meio do sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente (GONÇALVES et al., 2000). Além disso, a cada m³, para fornecimento de micronutrientes, foram adicionados 150 g de FTE Br12 (1,8% de B, 0,8% de Fe, 2,0% de Mn e 0,1% de Mo).

Em seguida, os tubetes de polipropileno com capacidade volumétrica de 180 cm³, utilizados como recipientes, foram colocados em bandejas tipo caixa (Figura 8) e preenchidos com as composições de substratos preparados. Inicialmente foram alocadas, quatro repetições por bandeja, ou seja, 32 tubetes espaçados em cada bandeja, que contém 54 células, correspondendo a 59,3% da capacidade da bandeja.



Figura 8:a) Tubete utilizado como recipiente para produção de mudas; b) Bandeja tipo caixa para tubetes (foto: autor).

3.3. Aquisição de sementes, tratamento pré-germinativo e produção de mudas

A espécie utilizada no experimento foi *Enterolobium contortisiliquum*, e as sementes foram coletadas em matrizes localizadas dentro do campus da UFRRJ/Seropédica. O método pré-germinativo utilizado para superar a dormência das sementes foi de choque térmico, devido a sua praticidade e baixo custo, com imersão das sementes em água quente por cinco minutos e em seguida, água gelada por mais três minutos, conforme recomendado por Cruz-Silva e Rosa (2011) (Figura 9).



Figura 9:a) Primeira etapa do tratamento pré germinativo: imersão das sementes em água fervente por cinco minutos ; b) Segunda etapa do tratamento pré germinativo: imersão das sementes em água fria por três minutos (fotos: autor).

A semeadura indireta foi realizada em duas caixas plásticas de 14 litros (sementeira), preenchidas com areia média peneirada em até dois terços de seu volume total da caixa. As sementes foram semeadas logo após aplicar o método pré-germinativo, cobertas com aproximadamente 1,0 cm de areia (Figura 10) e irrigadas pelo menos duas vezes ao dia, durante os primeiros 25 dias. Após esse período, foi realizado o transplante das plântulas germinadas com pelo menos dois pares de folhas para os tubetes com as composições de substratos preparadas.



Figura 10. Germinação das sementes de *Enterolobium contortisiliquum* em sementeira preenchida com areia (foto: autor).



Figura 11. Produção de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* em cobertura de tela de sombreamento durante os primeiros dias após transplante (foto: autor).

Durante os primeiros quinze dias após o transplante das mudas, foi utilizada tela de sombreamento de cor preta, para controle de insolação, com passagem de 50% de luz, posicionada a 1,5 m acima dos tubetes (Figura 11). Após esse período, foi retirada a tela para o crescimento das mudas a pleno sol. A irrigação foi realizada por sistema de microaspersão, de uma a três vezes ao dia, a depender das condições do clima (chuva, insolação e temperatura) e

da fase de crescimento das mudas, de modo que as plantas não apresentassem deficiência hídrica.

Para os tratamentos com regime de fertilização, a fertilização de cobertura foi realizada aplicando-se 10 ml por muda de uma solução nutritiva, composta por 200 g de N e 180 g de K_2O para 100 litros de água, também fornecidos por meio do sulfato de amônio e cloreto de potássio, com auxílio de seringa graduada (Figura 12). A primeira fertilização de cobertura ocorreu 15 dias após o transplante, repetindo-se a cada 15 dias para a fertilização nitrogenada, e a cada 30 dias para fertilização potássica.



Figura 12. Aplicação de solução nutritiva com auxílio de seringa graduada nas mudas com regime de fertilização (foto: autor).



Figura 13. Produção de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* à pleno sol com espaçamento de 24 mudas por bandeja (foto: autor).

Após cinquenta dias do transplante, devido ao crescimento da parte aérea das mudas, as repetições foram realocadas de forma a ficarem três repetições por bandeja, aumentando o

espaçamento entre as mudas para evitar competição por luz. Assim, foram alocadas 24 mudas por bandeja, representando 44,4% da capacidade da bandeja (Figura 13).

As imagens abaixo apresentam diferentes momentos do crescimento das mudas de *Enterolobium contortisiliquum* no decorrer do experimento (Figura 14).



Figura 14. Desenvolvimento das mudas de *Enterolobium contortisiliquum* em substrato: **a)** Aos 7 dias; **b)** Aos 45 dias; **c)** Aos 74 dias; **d)** Aos 97 dias após o transplante. Nas fotos **b)**; **c)**; e **d)** a esquerda estão os tratamentos sem fertilização e a direita os tratamentos sob regime de fertilização (fotos: autor).

3.4. Avaliação dos parâmetros morfológicos das mudas de *Enterolobium contortisiliquum*

As avaliações dos parâmetros morfológicos de todas as mudas de *Enterolobium contortisiliquum* foram efetuadas em intervalos de 20 dias, iniciando 15 dias após o transplante das plântulas. A altura da parte aérea (H) foi mensurada com auxílio de régua graduada (cm) (Figura 15) e o diâmetro do coleto (DC) com paquímetro digital (expresso em milímetros). Na primeira avaliação, foi mensurada somente a variável altura, por conta da fragilidade das mudas para mensuração de diâmetro do coleto. A partir da segunda avaliação, foram mensuradas altura e diâmetro do coleto das mudas.

Aos 129 dias foram selecionadas duas mudas representativas de cada repetição, totalizando 10 mudas por tratamento para a avaliação do acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), do sistema radicular (MSR), dos nódulos radiculares de FBN (MSN) e da matéria seca total (MST), através da soma de MSPA e MSR.



Figura 15. Medição de altura da parte aérea de muda de *Enterolobium contortisiliquum* (foto: autor)



Figura 16. a) Torrão formado por sistema radicular e substrato; b) Sistema radicular lavado e separado do substrato; c) Detalhes da presença de nódulos de FBN junto ao sistema radicular (fotos: autor).

As mudas foram seccionadas na região do colo, separando a parte aérea do sistema radicular, o qual foi lavado cuidadosamente com auxílio de peneira fina, para destorroamento e separação do substrato das raízes (Figura 16). Em seguida, a parte aérea e o sistema radicular foram colocados em sacos de papel, e secos em estufa de circulação de ar forçada à temperatura de 65°C durante 48 horas. Depois de secas, foram mensuradas as respectivas massas utilizando balança digital de precisão de três casas decimais.

Foi calculado o índice de qualidade de Dickson (IQD), conforme Dickson et al. (1960), por meio da fórmula:

$$IQD = \frac{MST}{\frac{H}{DC} + \frac{MSPA}{MSR}}$$

Em que:

MST = massa de matéria seca total, em g muda⁻¹;

H = altura da parte aérea, em cm;

DC = diâmetro do coleto, em mm;

MSPA = massa de matéria seca da parte aérea, em g muda⁻¹;

MSR = massa de matéria seca do sistema radicular, em g muda⁻¹.

Foram aplicados os testes de normalidade de resíduos (Shapiro-Wilk) e de homogeneidade de variância (Bartlett Test). Ao atender estes pressupostos, os mesmos foram submetidos a análise de variância e ao teste de médias de Scott-Knott à 95% de probabilidade. Para avaliar o crescimento das mudas ao longo do tempo, foram realizadas análises de regressão linear.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As equações e gráficos de crescimento em altura (H) e diâmetro do coleto (DC) ao longo do tempo demonstram que as mudas continuam em pleno desenvolvimento, ou seja, não houve estabilização (Figura 17).

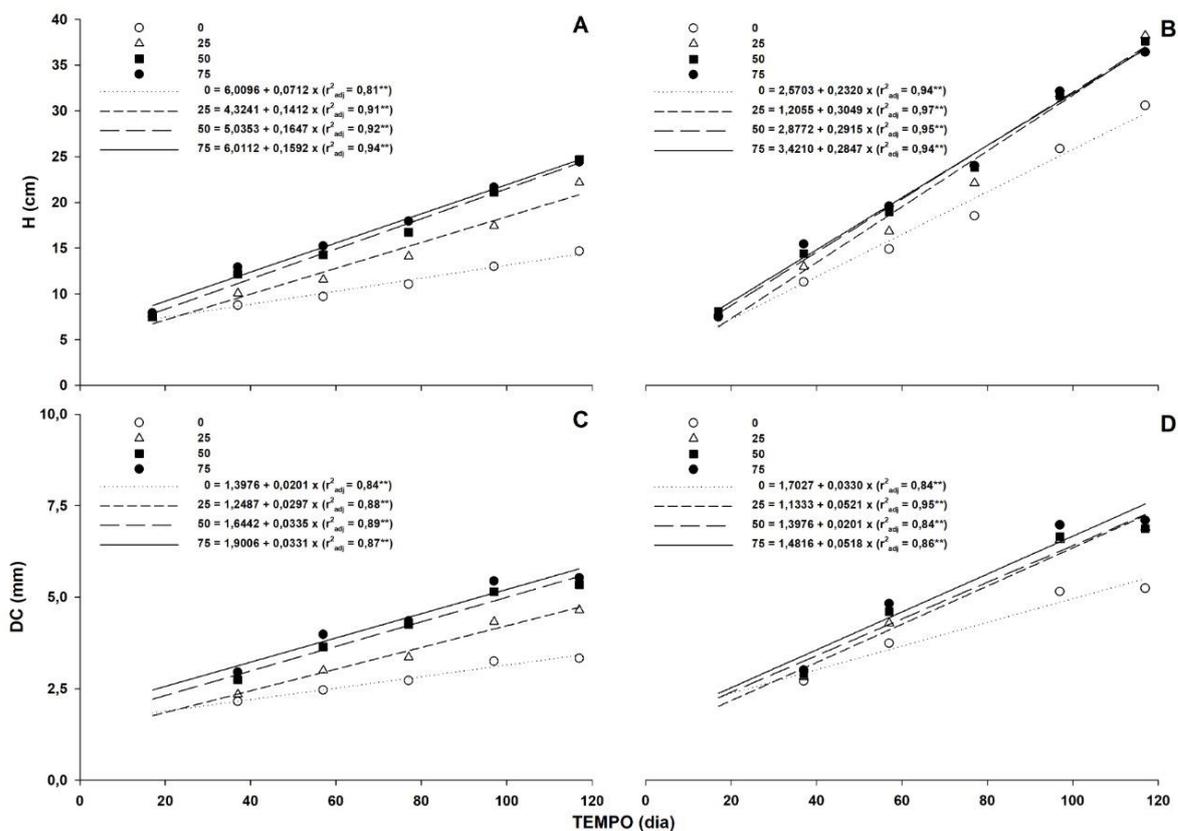


Figura 17. Equações, ajustadas de forma linear, e gráficos de crescimento em altura (H) e diâmetro do coleto (DC), sem fertilização (A e C, respectivamente) e sob regime de fertilização (B e D, respectivamente), ao longo do tempo.

Observando a inclinação de cada equação, percebe-se que o ritmo de crescimento é diferente, principalmente entre as mudas sob regime de fertilização (Figura 17:B e D) e as sem fertilização (Figura 17: A e C). Também entre as mudas produzidas em substrato formulado com SMS e as produzidas em substrato comercial.

No gráfico de crescimento em altura (H) em função do tempo, sem suplementação nutricional (Figura 17:A), observa-se que as mudas em substrato comercial apresentaram um crescimento médio que não chegou a 15 cm, após 120 dias. Esse desenvolvimento não atingiu resultados satisfatórios para recomendar sua expedição e plantio no campo. Constatando que o substrato comercial não tem fertilidade suficiente para que a muda se desenvolva satisfatoriamente.

Segundo Baldin et al. (2015), a altura ideal para mudas nativas deixarem o viveiro, e estarem aptas ao plantio no campo, ainda é um assunto controverso. Alguns autores sugerem que mudas de boa qualidade devem apresentar altura variando de 20 a 35 cm e diâmetro do coleto entre 5 e 10 mm (GONÇALVES et al., 2000), enquanto outros sugerem altura entre 15 e 30 cm para expedição de mudas florestais em viveiros (GOMES; PAIVA, 2004).

Avaliando as informações apresentadas (Figura 17:B), as mudas produzidas em qualquer formulação de substrato contendo SMS, sob regime de fertilização, atingiram desenvolvimento em altura considerado satisfatório para expedição entre 80 à 100 dias à depender da referência utilizada. Enquanto as mudas produzidas em substrato comercial, sob mesmo regime de fertilização, atingiram o padrão de expedição somente após os 100 dias.

Segundo Simões, Silva e Silva (2012), é importante que se utilizem substratos que possibilitem o maior desenvolvimento e qualidade de mudas, em um período mais curto de

tempo, pois o tempo de produção das mudas está associado a redução de custos. A utilização de substratos formulados com composto exaurido de *Agaricus subrufescens* possibilitou a redução do tempo de expedição das mudas de *Enterolobium contortisiliquum* no viveiro. Representando maior eficiência no processo produtivo, pois o espaço ocupado no viveiro é liberado mais rapidamente, possibilitando mais ciclos de produção de mudas.

O composto exaurido de cogumelo do sol apresenta uma gama de nutrientes, incluindo macro e micronutrientes (Tabela 1), que aliados a presença de matéria orgânica (MO), contribuiu para maior fertilidade dos substratos formulados com este, em comparação ao substrato comercial. É importante ressaltar que o aumento de teores de MO no substrato, geralmente relaciona-se com o aumento na eficiência de utilização dos nutrientes (COSTA; SILVA; RIBEIRO, 2013). Sua presença aliada aos nutrientes minerais facilita a absorção dos mesmos, proporciona condições favoráveis para a atividade de microrganismos e auxilia também no transporte de fotoassimilados elaborados pela própria planta (KIEHL, 1985), resultando em plantas mais vigorosas e capazes de suportar melhor o estresse advindo do transplântio.

Através de análises estatísticas, verificou-se efeito significativo pelo teste F para o fator composto exaurido de cogumelo (SMS) e para o fator fertilização (FERT), para todos os parâmetros avaliados. Não houve efeito da interação entre fatores (Tabela 2).

Tabela 2. Valores *p* da análise de variância dos parâmetros altura (H), diâmetro do coleto (DC), massa de matéria seca de parte aérea (MSPA), massa de matéria seca de raiz (MSR), massa de matéria seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD) e massa de matéria seca de nódulos (MSN) das mudas de *Enterolobium contortisiliquum* aos 129 dias após a repicagem, em relação aos fatores composto exaurido de cogumelo (SMS) e fertilização (FERT).

FV	G L	H	DC	MSPA	MSR	MST	IQD	MSN
SMS	3	17,176**	16,635**	24,853**	14,787*	22,131**	12,083*	7,567**
FERT	1	170,259**	135,885**	183,424**	85,447*	153,278**	69,151*	11,381*
SMS*FER T	3	1,560 ^{ns}	0,897 ^{ns}	2,195 ^{ns}	1,259 ^{ns}	1,908 ^{ns}	1,317 ^{ns}	2,475 ^{ns}
Resíduo	72	-	-	-	-	-	-	-
Total	79	-	-	-	-	-	-	-
CV (%)	-	16,25	15,43	26,72	35,37	28,38	39,17	74,24

** interações significativas a 99% de significância pelo teste F; ^{ns} interações não significativas pelo teste F.

A fertilização proporcionou incremento significativo em todos os parâmetros avaliados, independente do substrato utilizado (Figura 18). Para a variável altura (H) o incremento na presença da fertilização foi de 62%, para o DC de 50%, para MSPA de 136%, para MSR de 115%, para MST de 129% e para IQD de 115%. O que corrobora com resultados obtidos por Sousa et al. (2013), que estudaram sobre mudas de timbaúva e observaram que o crescimento era reduzido em cultivos sem fertilização do substrato. Em investigações com mudas da mesma espécie, Jesus et al. (2017) também observou rápida resposta em crescimento sob substratos com melhores condições de fertilidade, atribuindo-se à alta exigência nutricional da espécie na fase inicial de crescimento e à capacidade responsiva à adição de nutrientes.

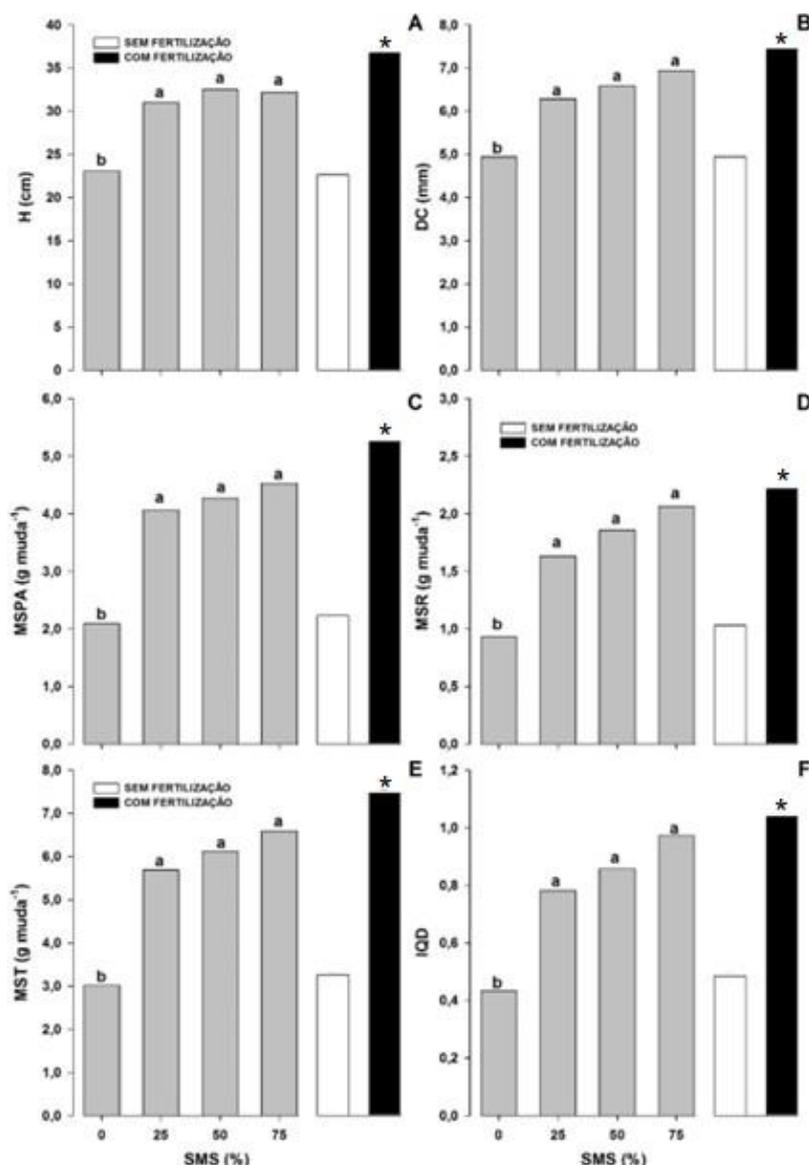


Figura 18. Crescimento médio em altura (H) (A) e em diâmetro do coleto (DC) (B), acúmulo de massa de matéria seca de parte aérea (MSPA) (C), de massa de matéria seca de raiz (MSR) (D) e de massa de matéria seca total (MST) (E), e índice de qualidade de Dickson (IQD) (F) de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* aos 129 dias após a repicagem, em função da porcentagem de composto exaurido (SMS) de cogumelo *Agaricus subrufescens* e da fertilização. Letras minúsculas distintas, diferentes estatisticamente a 95% de probabilidade pelo teste de médias de Scott-Knott na comparação entre os tratamentos com aumento da proporção de SMS. Símbolo asterisco (*) indica superioridade ao diferirem estatisticamente pelo teste F, na comparação dos tratamentos com e sem fertilização.

Observa-se também que em qualquer proporção de composto exaurido aplicada na composição do substrato (25%, 50% e 75%), as mudas apresentaram-se superiores às mudas produzidas no substrato comercial (0%) para todos os parâmetros avaliados (Figura 18). Ressalta-se que, apesar de não diferirem estatisticamente, numericamente todos os parâmetros apresentaram uma tendência de acréscimo com o aumento da proporção de SMS na composição do substrato (Figura 18).

O diâmetro do coleto (DC) apresentou uma resposta positiva proporcional ao aumento da quantidade de SMS no substrato (Figura 18). Para Carneiro (1995) e Souza et al. (2006), o

DC é um parâmetro fundamental para a avaliação do potencial de sobrevivência e crescimento no pós-plantio de mudas de espécies florestais. Segundo esses autores, plantas com maior diâmetro de coleto possuem maiores chances de sobrevivência, por apresentarem maior capacidade de formação e de crescimento de novas raízes perante a plantas da mesma espécie com DC inferior.

Esta resposta pode se dar pelo fato de que os compostos pós-cultivo de cogumelos apresentam elevado teor de matéria orgânica estabilizada (BECHER; BANACH-SZOTT; GODLEWSKA, 2021; LIPIEC et al., 2021). Segundo demonstrado por Amorim et al. (2011) e Araújo e Sobrinho (2011), mudas de *Enterolobium contortisiliquum* formadas em substratos com elevado teor de matéria orgânica (MO) apresentam maior DC.

A altura média das mudas foi significativamente maior nos substratos com presença de SMS, em comparação ao substrato comercial (Figura 18). Araújo e Sobrinho (2011), Sousa et al. (2013) e Jesus et al. (2014) também obtiveram respostas positivas de crescimento de *Enterolobium contortisiliquum* em substratos mais férteis e com presença de matéria orgânica.

Lou et al. (2015), relatam que o SMS é rico em fósforo e melhora o teor de matéria orgânica do solo e conteúdo de nutrientes quando aplicado em solos agrícolas. Em outro estudo avaliando a produção de mudas de timbaúva em resposta a diferentes doses de fertilização fosfatada, Leite et al. (2017), verificaram que altura e diâmetro do coleto aumentaram proporcionalmente ao aumento das doses de fósforo. Nutriente que está presente no SMS de cogumelo de sol, em teores considerados altos para Malavolta et al. (1997). (Tabela 1).

Abreu (2019) demonstrou que a utilização de SMS's na formulação de substratos oferece um aporte significativo de nutrientes para as culturas de ciclo curto, alface e rúcula, e que o SMS de *Agaricus subrufescens* se mostrou superior em relação a todos os demais substratos testados.

O acúmulo de massa de matéria seca de parte aérea (MSPA), massa de matéria seca de raiz (MSR) e massa de matéria seca total (MST) foram superiores nas mudas produzidas em todos substratos formulados com SMS em comparação as mudas produzidas no substrato comercial (Figura 18), resultados que podem ser atribuídos às melhores condições de fertilidade do substrato com SMS.

De acordo com Dias et al. (2008), a presença de matéria orgânica no substrato pode melhorar sua estrutura, permitindo o melhor desenvolvimento do sistema radicular. Segundo Carneiro et al. (1995), as mudas tendem a balancear o crescimento do sistema radicular e da parte aérea. Consequentemente, o pleno desenvolvimento do sistema radicular permite um bom desenvolvimento da parte aérea, e maior acúmulo de MSR, MSPA e MST.

Nóbrega et al. (2008), em trabalho envolvendo o crescimento inicial de mudas de *Enterolobium contortisiliquum*, ressaltaram a importância do índice de qualidade de Dickson (IQD). Este índice é uma promissora medida morfológica pois considera o vigor e o equilíbrio da distribuição da biomassa das plantas, ponderando várias características consideradas importantes (MELO et al., 2008).

Foi verificado que quanto maior a proporção de SMS no substrato, maior foi o IQD calculado (Figura 18). Com valores variando de 0,43, no substrato comercial, e 0,78, no substrato formulado com 25% de SMS, à 1,0, no substrato formulado com 75% de SMS. Para os tratamentos sob regime de fertilização foi calculado o valor médio de 1,05 de IQD. Esses valores são considerados ótimos, se comparados a outros estudos, como por exemplo, Melo et al. (2008), que encontraram valores de IQD variando de 0,39 a 1,18, em estudo avaliando crescimento inicial de mudas da mesma espécie.

Segundo Gomes et al. (2002), quanto maior for esse valor dentro de um lote de mudas, melhor o padrão de qualidade deste. Isso demonstra a capacidade de se produzir mudas com qualidade superior em substratos com SMS, em comparação ao substrato comercial. Com isso,

mais um resultado que pode ser atribuído a fertilidade do SMS, devido a sua correlação com outros parâmetros já discutidos.

Houve ocorrência de nodulação em todos os tratamentos aplicados, porém o desenvolvimento de nódulos radiculares de FBN foram afetados de forma diferente pelas crescentes doses de SMS (Figura 19). Nos tratamentos com fertilização, a massa da matéria seca dos nódulos (g muda^{-1}) foi mais um parâmetro que apresentou resultados superiores aos tratamentos sem fertilização.

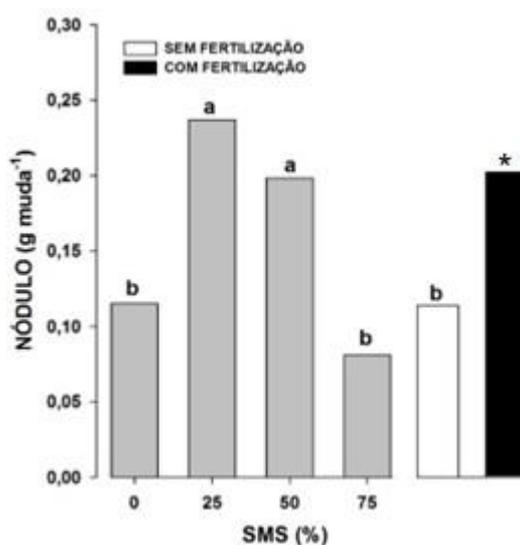


Figura 19. Massa de matéria seca média dos nódulos radiculares de FBN, em função da proporção de composto exaurido (SMS) de *Agaricus subrufescens* e da fertilização. Letras minúsculas distintas, diferentes estatisticamente a 95% de probabilidade pelo teste de médias de Scott-Knott, na comparação entre os tratamentos com aumento da porcentagem de SMS. Símbolo asterisco (*) indica superioridade ao diferirem estatisticamente pelo teste F, na comparação dos tratamentos com e sem fertilização.

Uma possível explicação para estes resultados pode estar na natureza recalcitrante de uma porção significativa do N orgânico em compostos exauridos de cogumelos (BECHER; PAKULA, 2014). Foi verificada a razão C:N de 13,8 para o SMS de cogumelo do sol, relação similar a encontrada por outros autores (STEWART; CAMERON; CORNFORTH, 1998; PAREDES, et al., 2009), indicando lenta mineralização do N. Isso pode explicar o fato de que a fertilização mineral apresentou vantagens no crescimento e desenvolvimento tanto da parte aérea, quanto das raízes, e conseqüentemente de nódulos radiculares, pois o N estava mais prontamente disponível para ser utilizado pela planta a curto prazo.

Os resultados de MSN nos substratos com 25 e 50% de SMS não diferiram entre si e foram superiores ao substrato comercial (0%) e a dose de 75% de SMS (Figura 19). Foi possível notar que a partir de 25% de SMS no substrato, se aumentada a dose para 50 e 75% houve menor desenvolvimento de nódulos, esta última apresentando desenvolvimento ainda menor do que o substrato comercial.

Este resultado pode ter mais de uma possível explicação. Segundo Dakora (2003), mudanças na quantidade e na qualidade de compostos exsudados no solo podem alterar a densidade, atividade e diversidade de bactérias diazotróficas. A presença de exsudados no composto exaurido de *Agaricus subrufescens* pode ter exercido influência nos resultados e, principalmente, pelo fato do SMS não ter passado por tratamento térmico pós colheita, o que afeta sua atividade microbológica (KLEYN; WETZLER, 1981; RAYMOND; VARONEY;

CHONG, 1997), ocorrido alguma interação que influenciou na habilidade de nodulação das bactérias fixadoras de nitrogênio.

A verificação de resultados superiores para nodulação no substrato com 25% de SMS, em comparação com o substrato comercial (0%), e depois, conforme se aumentou a dose de SMS no substrato, a obtenção de resultados inferiores, pode ter explicação relacionada a interações bioquímicas e à fertilidade do substrato. Em um experimento realizado por Sun et al. (2021), verificou-se que a atividade da enzima nitrogenase aumentava e depois diminuía com o fornecimento elevado de fósforo (P), provavelmente por conta de uma interação negativa entre os nutrientes P e Zn (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Este resultado, da adição de certas doses de N favorecendo a nodulação, corrobora com resultados obtidos por Silva et al. (1993), para feijoeiro comum, por Mendes, Hungria e Vargas. (2003), para soja e por Xavier et al. (2008) para feijão-caupi. Para Summerfield (1985), a simbiose é inibida pela presença de doses elevadas de N. Possivelmente indicando que 75% de composto exaurido no substrato não foi favorável à produção de nódulos.

A presença de nódulos de FBN não necessariamente está relacionada com o sucesso na produção de mudas. No presente estudo, todos outros parâmetros avaliados se relacionaram positivamente com a crescente adição de SMS de cogumelo-do-sol no substrato, e a menor presença de nódulos não foi prejudicial ao desenvolvimento das mudas de *Enterolobium contortisiliquum*. Talvez o desenvolvimento de nódulos de FBN na produção de mudas de timbaúva tenha maior impacto no desenvolvimento e seu sucesso em campo, hipótese que só poderá ser confirmada com o plantio dessas mudas posteriormente.

O aspecto visual das mudas dos diferentes tratamentos aos 129 dias, demonstra claramente o efeito dos dois fatores do estudo, tanto do aumento da proporção de composto exaurido (SMS) ao substrato (Figura 20) como da fertilização (Figura 21). Visualmente nota-se diferenças no crescimento vegetal e coloração, partindo do verde mais escuro de 50 a 75% de SMS) para o verde mais claro/amarelo (0 a 25% de SMS) (sintoma de deficiência nutricional de nitrogênio).



Figura 20. a) Desenvolvimento em altura da parte aérea das mudas, em relação ao percentual de SMS no substrato, nos tratamentos com fertilização; **b)** Desenvolvimento em altura da parte aérea das mudas, em relação ao percentual de SMS no substrato, nos tratamentos sem fertilização; das mudas de *Enterolobium contortisiliquum* aos 129 dias após a repicagem (fotos: autor).



Figura 21. a) Desenvolvimento em altura da parte aérea das mudas, com 0% e 25% de SMS no substrato, com e sem fertilização; **b)** Desenvolvimento em altura da parte aérea das mudas, com 50% e 75% de SMS no substrato, com e sem fertilização; das mudas de *Enterolobium contortisiliquum* aos 129 dias após a repicagem (fotos: autor).

Podemos verificar que o substrato formulado com 75% de SMS em sua composição, mesmo sem fertilização mineral, foi capaz de produzir mudas de qualidade superior ao substrato comercial (Figura 20.b). O aspecto visual das mudas, junto a outros resultados, evidenciam a capacidade do composto exaurido de fornecer parte dos nutrientes para formação de mudas da espécie estudada, apresentando boas perspectivas para sua utilização como substrato para plantas.

É importante ressaltar que não se deve generalizar o termo SMS, pois diferentes espécies de cogumelos, substratos utilizados, condições e manejo de cultivo, bem como o manejo pós-colheita, tempo de utilização e armazenamento ou tratamento pós-colheita, irão gerar compostos pós-cultivo com características físico-químicas diferentes (RINKER, 2017).

5. CONCLUSÃO

Com base nos resultados encontrados podemos concluir que:

- A utilização do composto exaurido de *Agaricus subrufescens*, de 25 até 75% na composição com substrato comercial, pode ser recomendada para a produção de mudas de *Enterolobium contortisiliquum*, pois proporcionou mudas com crescimento e qualidade superior para todos os parâmetros avaliados;
- Independente da composição do substrato, a suplementação nutricional por meio das fertilizações de base e de cobertura são necessárias para maiores incrementos em menor tempo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Por se tratar de um resíduo agropecuário, a constatação da possibilidade de utilização do composto exaurido de *Agaricus subrufescens* para produção de mudas de espécie florestal pode favorecer ciclos produtivos que atendam aos padrões de sustentabilidade, ou seja, aumentando a viabilidade econômica desta atividade, tornando-a ecologicamente mais correta e socialmente mais justa.

- Entre as proporções utilizadas, apesar de não diferirem, sugere-se utilizar 75% de SMS, pois além de maximizar o aproveitamento do resíduo também se observou mudas com crescimento e qualidade satisfatórios;
- Sugere-se para novos estudos, que o SMS de *Agaricus subrufescens* possa ser testado na proporção de 100% na composição do substrato e que diferentes regimes de fertilização sejam testados para avaliar a hipótese de que na presença de SMS no substrato há redução da necessidade de fertilização mineral;
- Além disso, sugere-se também que SMS de outras espécies de cogumelos sejam testados para esta finalidade, visto que produções de espécies diferentes geram resíduos (SMS) com características distintas, devido a suas peculiaridades e inerentes a seu cultivo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. H. M. **Biossólido na produção de mudas florestais**. 2014. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2014.

_____ et al. Characterization and potential of formulated substrate with biosolids in *Schinus terebinthifolius* Raddi. And *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos seedling production. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1179-1190, 2017.

_____ et al. Produção de mudas e crescimento inicial em campo de *Enterolobium contortisiliquum* produzidas em diferentes recipientes. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 1, p. 141-150, 2015.

ABREU, C. G. de. **Utilização do substrato pós-cultivo (SMS) de *Agaricus subrufescens* e *Pleurotus ostreatus* na produção de alface e rúcula**. 2019. 79 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras – UFV, Lavras, 2019.

ALMEIDA, L. S. **Avaliação morfológica de mudas de *Allophylus edulis* (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Radl. (Vacum) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira) produzidas em diferentes substratos**. 2005. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

ALMEIDA, R. S. de et al. Reaproveitamento de resíduos de café em substratos para produção de mudas de *Joannesia priceps*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 41, 2021. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/2047>. Acesso em: 2 mai. 2022

ALVES, L. S. et al. Spent mushroom substrate is capable of physisorption-chemisorption of CO₂. **Environmental Reseach**, v. 204, p. 111945, 2022.

ALVES, W. L.; PASSONI, A. A. Composto e vermicomposto de lixo urbano na produção de mudas de oiti (*Licania tomentosa* Benth.) para arborização. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 10, p. 1053-1058, out. 1997.

AMORIM, S. P. N. et al. Bagana como substrato para tamboril. In: CONGRESSO BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO – SBSC, XXXIII., 2011, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: CBCS, 2011. P. 92-100.

APPELS, F. V. W. et al. Hydrophobins gene deletion and environmental growth conditions impact mechanical properties of mycelium by affecting the density of the material. **Scientific Reports**, v. 8, n 1, p. 1-7, 2018.

ARAÚJO, A. P.; SOBRINHO, S. P. Germinação e produção de mudas de tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong) em diferentes substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 581-588, 2011.

ASLAM, S. Organic management of root knot nematodes in tomato with spent mushroom compost. **Sarhad Journal of Agriculture**, v. 29, n. 1, p. 63-69, 2013.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES DE COGUMELOS (ANPC). **Cogumelos no Brasil**. 2018. Disponível em: <https://www.anpccogumelos.org/cogumelos>. Acesso em: 18 mar. 2022.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS (ANDA). **Estatísticas**. 2018. Disponível em: <<http://anda.org.br>>. Acesso em: 03 mar. 2022.

ATILA, F. Comparative study on the mycelial growth and yield of *Ganoderma lucidum* (Curt.: Fr.) Karst. On different lignocellulosic wastes. **Acta Ecologica Sinica**, v. 40, p. 153-157, 2020.

BALDIN, T. et al. Crescimento de mudas de angico-vermelho em diferentes volumes de substratos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 82, p. 129-133, 2015.

BAREA, J. M.; AZCON-AGUIAR, C.; ASCON, R. Vesicular-arbuscular mycorrhiza improve both symbiotic N₂-fixation and N-uptake from soil as assessed with a N technique under field conditions. **New phytol.** V. 106, n. 1, p. 717-725, 1987.

BARROSO, G. M. et al. **Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 443 p.

BARROS, P. C. S. et al. A torta de filtro como biofertilizante para produção de mudas de tomate industrial em diferentes substratos. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v. 10, n. 18, 2014.

BASSO, C. J. et al. Vinhaça como fonte de potássio: resposta da sucessão aveia-preta/milho silagem/milho safrinha e alterações químicas do solo na Região Noroeste do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 43, n. 4, p. 596-602, 2013.

BAZEMORE, R. et al. Amelioration of odorous componentes in spent mushroom compost. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 8, p. 3694-3697, 2000.

BECHER, M.; BANACH-SZOTT, M.; GODLEWSKA, A. Organic matter properties of spent button mushroom substrate in the context of soil organic matter reproduction. **Agronomy**, v. 11, n. 2, p. 204, 2021.

_____; PAKULA, K. Nitrogen fractions in spent mushroom substrate. **Journal of Elementology**, v. 19, n. 4, p. 947-958, 2014.

BERNARDSHAW, S.; JOHNSON, E.; HETLAND, G. An extract of the mushroom *Agaricus blazei* Murill administered orally protects Against systemic *Streptococcus pneumoniae* infection in mice. **Scandinavian Journal of Immunology**, v. 62, n. 4, p. 393-398, 2005.

BERNI, R. F. et al. Produção de mudas de pimentão com o uso de biofertilizante via foliar e esterco de aves no substrato. In: *Embrapa Amazônia Ocidental-Resumo em anais de congresso*

(ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 54., 2016, Recife. **Anais...** Recife: ABH, 2016. 1 CD-ROM., 2016.

BEYER, D. **Spent mushroom substrate.** 2015. Disponível em: <http://extension.psu.edu/plants/vegetable-fruit/mushrooms/mushroom-substrate/spent-mushroom-substrate>.

BEZERRA, K. A. et al. Casca de arroz carbonizada na composição de substratos para emergência e produção de mudas de *Acacia mangium* Willd. **Desafios**, v. 4, n. 3, p. 25-30, 2017.

BRAGA, P. I. Atração de abelhas polinizadoras de Orchidaceae com auxílio de iscas-odores no campina, campinarana e floresta tropical úmida da região de Manaus. **Ciência e Cultura**, v. 28, n. 7, p. 767-773, 1976.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 5, de 10 de março de 2016. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 49, p. 10, 14 de março de 2016.

BURKART, A.; REITZ, R. **Flora Ilustrada Catarinense**: Leguminosas Mimosoideas. I Parte. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1979.

CABREIRA, G. V. et al. Biossólido como componente de substrato para produção de mudas florestais. **Floresta**, Curitiba, v. 47, n. 2, p. 165-176, 2017.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Effect of different doses of vermicompost on the growth of *Apuleia leiocarpa* (Vog) Macbr. Seedlings. Revista Acadêmica: **Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 3, p. 11-17, 2005.

_____ et al. Diferentes proporções de biossólido na composição de substratos para a produção de mudas de timbó (*Ateleia glazioviana* Baill). **Scientia forestalis**, v. 40, n. 93, p. 15-22, 2012.

_____ et al. Substratos alternativos na produção de mudas de *Chamaecrista desvauxii*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 31-39, 2013.

_____ et al. Uso do resíduo do algodão no substrato para produção de mudas florestais. Revista Acadêmica: **Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 6, p. 191-202, 2008.

CARNEIRO, J. G. de A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba:UFPR/FUPEF, 1995.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2003.

CASTIGLIONI, J. A. Descripción botánica, forestal y tecnológica de las principales especies indígenas de la Argentina. In: COZZO, D. **Arboles forestales, maderas y silvicultura de la Argentina**. Buenos Aires: Acme, 1975. P. 38-60. (Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería, 2).

CHEFETZ, B. et al. Organic matter transformations during the weathering process of spent mushroom substrate. **J. Environ. Qual.**, v. 29, p. 592-602, 2000.

CHIU, S. W. et al. Themes for mushroom exploitation in the 21st century: sustainability, waste management and conservation. **Journal of General na Applied Microbiology**, v. 46, p. 269-282, 2000.

- COSTA, E. M.; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. A. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 1842-1860, 2013.
- CRUZ-SILVA, C. T. A.; ROSA, A. P. M. Tratamentos para superação da dormência em sementes de orelha-de-negro (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong). **Varia Scientia Agrária**, v. 2, n. 2, p. 79-80, 2011.
- DAI, Y. C. et al. Dynamics of the worldwide number of fungi with emphasis on fungal diversity in China. **Mycological Progress**, v. 14, n. 8, p. 1-9, 2015.
- DAKORA, F. D. Defining new roles for plant and rhizobial molecules in sole and mixed plant cultures involving symbiotic legumes. **New Phytologist**, v. 158, n. 01, p. 39-49, 2003.
- DAVIDE, A.; FARIA, J.; PRADO, N. **Recuperação de uma área ocupada por voçoroca, através de reflorestamento misto**. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1, p. 401-408, 1994.
- DE SOUZA, T. V. et al. Seed dormancy in tree species of the Tropical Brazilian Atlantic Forest and its relationships with seed traits and environmental conditions. **Brazilian Journal of Botany**, v. 38, n. 2, p. 243-164, 2015.
- DIAS, M. A. et al. Germinação de sementes e desenvolvimento de plantas de pimenta malagueta em função do substrato e da lâmina de água. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 3, p. 115-121, 2008.
- DICKSON, A. et al. Quality appraisal of White spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 10-13.
- DI PIERO, R. M. Potencial dos cogumelos *Lentinula edodes* (SHIITAKE) e *Agaricus blazei* (COGUMELO-DO-SOL) no controle de doenças em plantas de pepino, maracujá e tomate, e a purificação parcial de compostos biologicamente ativos. 2003. Tese (Doutorado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, 2003. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11135/tde-09122003-110305/pt-br.php>. Acesso em: 18 mar 2022.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Embrapa abre inscrições para o 49º curso de cultivo de cogumelos comestíveis e medicinais**. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/25305204/curso-de-cogumelos-da-embrapa-chega-a-50-edicao>. Acesso em: 18 mar. 2022.
- FARINELLI, R.; MUSSI, L. E.; MANCINI, R. T. Uso de resíduos agroindustriais de cana-de-açúcar na adubação da cultura do milho. **Revista Científica Multidisciplinar do Centro Universitário da FEB**, v. 13, n. 2, p. 65-73, 2017.
- FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004; 323p.
- FINNEY, K. N. et al. The reuse of spent mushroom compost and coal tailings for energy recovery: Comparison of thermal treatment Technologies. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 1, p. 310-315, 2009.
- FLORIANO, E. P. **Germinação e dormência de sementes florestais**. Caderno Didático, n. 2, p. 1, 2004.

FONSECA, E. F. et al. Uso pontencial da casca de arroz carbonizada na composição de substratos para produção de mudas de *Anadenanthera peregrina* (L) Speg. **Revista Desafios**, v. 4, n. 4, 2017.

FOWLER, J. A. P.; BIANCHETTI, A. **Dormência em sementes florestais**. 2000. Embrapa Florestas-Documentos (INFOTECA-E).

FRANCO, A. A. et al. Use of nodulate and mycorrhizal forest leguminous trees as agentes of recovery and maintenance of soil life: a technological model. **Oecologia Australis**, v. 1, n. 1, p. 459-467, 1995.

GALLOWAY, J. N. et al. The nitrogen cascade. **BioScience**, v. 53, n. 4, p. 341-356, 2003.

GARCIA, C. et al. Atividade antimicrobiana de *Agaricus brasiliensis* sobre o crescimento micelial e esporulação de *Pseudocercospora vitis*. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 18, n. 1, p. 48-52, 2019. Disponível em: <https://saber.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/20767>. Acesso em: 25 mar 2022.

GERRITS, J. P. G. Compost for mushroom production and its subsequent use for soil improvement. In: **Compost: Production, Quality and Use**. New York: Elsevier Applied Science, p. 431-439, 1997.

CASTRO, V. C. de et al. Avaliação de diferentes substratos orgânicos para mudas de *Enterolobium contortisiliquum* em uma área desertificada. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 8, n. 3, p. 101-109, 2016.

CHAER, G. M. et al. Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. **Tree Physiology**, v. 31, n. 2, p. 139-149, 2011.

GOMES, J. M. et al. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 515-523, 2002.

_____; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: [propagação sexuada]**. 3 ed. Viçosa: UFV, II. (Cadernos Didáticos; 72); 2004. 116p.

GONÇALVES, J. L. M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **Resumos**. Piracicaba, Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, 1996. CD-Rom.

_____ et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombramento e fertilização. In: _____; Benedetti, V. (Eds) **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2000. p. 309-350.

GRIMM, D.; WÖSTEN, H. A. B. Mushroom in the circular economy. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 102, n. 18, p. 7795-7803, 2018.

GROTHER, T. et al. **Terpenoid spiro ketal compounds with LXR agonists activity, their use and formulations with them**. United States patente US 9,453,016. 2016 Sep 27.

HANAFI, F. H. M. et al. Environmentally sustainable application of agro-based spent mushroom substrate (SMS): An overview. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 20, n. 3, p. 1383-1396, 2018.

HARENDER, R.; KAPOOR, J.; RAJ, H. Possible management of *Fusarium* wilt of tomato by soil amendments with composts. **Indian Phytopathology**, v. 50, n. 3, p. 387-395, 1997.

HSU, C. et al. The mushroom *Agaricus blazei* Murill in combination with metformin and gliclazide improves insulin resistance in type 2 diabetes: a randomized, double-blinded, and placebo-controlled clinical trial. **Journal of Alternative and Complementary Medicine** (New York), v. 13, p. 97-102, 2007.

HUANG, J. W.; HUANG, H. C. A formulated container medium suppressive to *Rhizoctonia* damping-off of cabbage. **Botanical Bulletin of Academia Sinica**, 41, 2000.

ISLAM, M. R. et al. Morphology and mechanics of fungal mycelium. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1-12, 2017.

JESUS, A. A. et al. Quality of *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong seedlings in function of inoculation and natural nodulation in soils from southwest of Piauí, Brazil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37, n. 2, p. 198-205, 2014.

_____ et al. Crescimento e nodulação de *Enterolobium contortisiliquum* cultivado em solos de diferentes sistemas de uso no Sudoeste do Piauí. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 37, n. 92, p. 545-553, 2017.

JONES, M. P. et al. Mycelium composites: a review of engineering characteristics and growth kinetics. **Journal of Bionanoscience**, v. 11, n. 4, p. 241-257, 2017.

KÄMPF, A. N.; FERMINO, M. H. **Substratos para plantas**: A base da produção vegetal em recipientes. Porto Alegre, Genesis, 312p., 2000.

KAPLAN, L. A.; STANDLEY, L. J.; NEWBOLD, J. D. Impacto f water quality of high and low density applications of spent mushroom substrate to agricultural lands. **Compost, Science & Utilization**, Emmaus, v. 3, n. 1, p. 55-63, 1995.

KAPU, N. U. S. et al. Surfactant-assisted pretreatment and enzymatic hydrolysis of spent mushroom compost for the production of sugard. **Bioresource Technology**, v. 114, p. 399-405, 2012.

KAWAGISHI, H. et al. Fractionation and antitumor activity of the water-insoluble residue of *Agaricus blazei* fruiting bodies. **Carbohydrate Research**, Knoxville, v. 86, p. 267-273, 1989.

KAWAMURA, M.; KASAI, H. Delayed cell cycle progression and apoptosis induced by hemicellulase-treated *Agaricus blazei*. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 4, n. 1, p. 83-94, 2007.

KERRIGAN, R. *Agaricus subrufescens*, a cultivated edible and medicinal mushroom, and its synonyms. **Mycologia**, v. 97, p. 12-24, 2005.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Ceres, 492 p., 1985.

KLEYN, J. G.; WETZLER, T. F. The microbiology of spent mushroom compost and its dust. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 27, n. , p. 748-753, 1981.

KNAPIK, J. G.; ANGELO, A. C. Pó de basalto e esterco equino na produção de mudas de *Prunus sellowii* Koehne (Rosaceae). **Floresta**, v. 37, n. 3, dez. 2007. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/9939>. Acesso em: 24 mar. 2022.

KOPYTOWSKI FILHO, J. Produtividade e eficiência biológica de *Agaricus blazei* (Murril) Heinemann, em diferentes condições de cultivo. 2006. 134f. Tese (Doutorado em

Agronomia)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2006.

KRATZ, D. Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage e *Mimosa sabrella* Benth. 2011. 121f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

KWAK, A. M. et al. Water extract from spent mushroom substrate of *Hericium erinaceus* suppresses bacterial wilt disease of tomato. **Mycobiology**, v. 43, n. 3, p. 311-318, 2015.

LEITE, T. D. S. et al. Produção de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* e partição de assimilados em resposta à adubação fosfatada e inoculação com fungos micorrízicos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1157-1166, 2017.

LEONG, Y. K. et al. Recent advances and future directions on the valorization of spent mushroom substrate (SMS): A review. **Bioresource Technology**, v. 344, Part A, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852421014991>. Acesso em: 18 mar. 2022

LEVANON, D.; DANAI, O. Chemical, physical and microbiological considerations in recycling spent mushroom substrate. **Compost Science & Utilization**, v. 3, n. 1, p. 72-79, 1995.

LIMA, F. S. et al. Custo de produção e lucratividade do cogumelo do sol na agricultura sustentável: estudo de caso. **Energia na Agricultura**, v. 35, n. 1, p. 143-149, 2020.

LIMA FILHO, P. et al. Produção de mudas de *Ceiba speciosa* em diferentes volumes de tubetes utilizando o biossólido como substrato. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 1, p; 27-39, jan./mar., 2019.

LIPIEC, J. et al. Effects of Application of Recycled Chicken Manure and Spent Mushroom Substrate on Organic Matter Acidity and Hydraulic Properties of Sandy Soils. **Materials**, v. 14, n. 14, p. 4036, 2021.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 6 ed. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2014. p. 198.

LOU, Z. et al. Release characteristics and control of nitrogen, phosphate, organic matter from spent mushroom compost amended soil in a column experiment. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 98, p. 417-423, 2015.

LUBKOWSKI, K. Environmental impact of fertilizer use and slow release of mineral nutrients as a response to this challenge. **Polish Journal of Chemical Technology**, v. 18, p. 72-79, 2016.

MAEDA, S. et al. Substratos alternativos para produção de mudas de *Eucalyptus badjensis*, obtidos a partir de resíduos das indústrias madeireira e cervejeira e da caprinocultura. **Embrapa Florestas-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2006.

MAHMUD, Kishan et al. Nitrogen losses and potential mitigation strategies for a sustainable agroecosystem. **Sustainability**, v. 13, n. 4, p. 2400, 2021.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. São Paulo: IPT, 1989. 418 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997.

- MALINOWSKA, E.; JANKOWSKI, K. The effect of spent mushroom substrate and cow slurry on sugar content and digestibility of alfalfa grass mixtures. **International Journal of Agronomy**, 2020.
- MARTÍNEZ-IBARRA, E.; GÓMEZ-MARTÍN, M. B.; ARMESTO-LÓPEZ, X. A. Climatic and socioeconomic aspects of mushrooms: The case of Spain. **Sustainability**, v. 11, n. 4, p. 1030, 2019.
- MARTINS DE OLIVEIRA, J. et al. Anti-genotoxic effect of aqueous extracts of sun mushroom (*Agaricus blazei* Murril lineage 99/26) in mammalian cells in vitro. **Food Chem. Toxicol.**, Kidlington, v. 40, p. 1775-1780, 2002.
- MAYNARD, A. A. Nitrate leaching from compost-amended soils. **Compost Science & Utilization**, v. 1, n. 2, p. 65-72, 1993.
- _____. Seventy Years of research on waste composting and utilization at the Connecticut Agricultural Experiment Station. **Compost, Science & Utilization**, v. 2, n. 2, p. 13-21, 1994.
- MELO, R. R. et al. Crescimento inicial de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. Sob diferentes níveis de luminosidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 2, p. 138-144, 2008.
- MENDES, I. C.; HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T. Resposta da soja à adubação nitrogenada na semeadura e inoculação com *Bradyrhizobium* em sistemas de plantio direto e convencional em um latossolo da região dos Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 81-87, 2003.
- MENG, X. et al. Composted biogas residue and spent mushroom substrate as a growth medium for tomato and pepper seedlings. **Journal of Environmental Management**, v. 218, p. 62-69, 2018.
- MENOLI, R. C. N. et al. Antimutagenic effects of the mushroom *Agaricus blazei* Murril extracts on V79 cells. **Mutation Research**, v. 496, p. 5-13, 2001.
- MIZUNO, M; MINATO, K; ITO, H. Anti-tumor polysaccharide from the mycelium of liquid-cultured *Agaricus blazei* Murrill. **Biochemistry and Molecular Biology International**, New York, v. 7, n. 4, p. 704-714, 1998.
- MIZUNO, T. Medicinal properties and clinical effects of culinary-medicinal mushroom *Agaricus blazei* Murril (*Agaricomycetidae*) (Review). **International Journal of Medicinal Mushroom**, v. 4, n. 4, p. 298-311, 2002.
- MOREIRA, F. M. S.; DE CARVALHO, T. S.; SIQUEIRA, J. O. Effect of fertilizers, lime, and inoculation with rhizobia and mycorrhizal fungi on the growth of four leguminous tree species in a low-fertility soil. **Biol Fertil Soils**, v. 46, p. 771-779, 2010.
- MULA, H. C. A. Avaliação de diferentes substratos na produção de mudas de *Sebastiania commersoniana* (Bailon) L. B. Smith & R. J. Downs. 2011. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.
- NASEHI, M.; TORBATINEJAD, N. M.; ZEREHDARAN, S. Effect of solid-state fermentation by oyster mushroom (*Pleurotus florida*) on nutritive value of some agro by-products. **J Appl Anim Res**, v. 45, p. 221-226, 2017.

- NGAN, N. M.; RIDDECH, N. Use of spent mushroom substrate as an inoculant carrier and an organic fertilizer and their impacts on roselle growth (*Hibiscus sabdariffa* L.) and soil quality. **Waste and Biomass Valorization**, v. 12, n. 7, p. 3801-3811, 2021.
- NOBLE, R. et al. Improving biocontrol of black vine weevil (*Otiorhynchus sulcatus*) with entomopathogenic fungi in growing media by incorporating spent mushroom compost. **Biocontrol**, v. 63, n. 5, p. 697-706, 2018.
- NÓBREGA, R. S. A. et al. Efeito do composto de lixo urbano e calagem no crescimento inicial de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 79, p. 181-189, set. 2008.
- OHNO, N. et al. Antitumor β -glucan from the cultured fruit body of *A. blazei*. **Biological & Pharmaceutical Bulletin**, Gifu, v. 24, p. 820-828, 2001.
- OLIVEIRA, R. F. et al. Production of seedlings of *Cojoba arborea* var. *angustifolia* (Rusby) Barneby & J.W.Grimes using alternative substrates. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 7, p. e16910716324, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/16324>. Acesso em: 2 mai. 2022.
- PACOVSKY, R. S. Influence of inoculation with *Azospirillum brasilense* and *Glomus fasciculatum* on sorghum nutrition. **Plant Soil**, v. 110, p. 283-287, 1988.
- PAOLI, A. A. S. Estudo morfo-anatômico da unidade de dispersão de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. (Leg. – Mimosoideae). In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTÂNICA DE SÃO PAULO, 7., 1988, Rio Claro. **Resumos**. Rio Claro: Unesp, 1988. p. 5-6.
- PARADA, R. Y. et al. Suppression of fungal bacterial diseases of cucumber plants by using the spent mushroom substrate of *Lyophyllum decastes* and *Pleurotus eryngii*. **Journal of Phytopathology**, v. 160, p. 390-396, 2012.
- PAREDES, C. et al. Characterization of the diferente organic matter fractions of spent mushroom substrate. **Communications in soil science and plant analysis**, v. 40, n. 1-6, p. 150-161, 2009.
- PAULA, F. S. et al. Stabilisation of spent mushroom substrate for application as a plant growth-promoting organic amendment. **Journal of Environmental Management**, v. 196, p. 476-486, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479717302530>. Acesso em: 18 mar 2022.
- PAULA, J. E. DE; ALVES, J. L. DE H. **Madeiras nativas**: anatomia, dendrologia, dendrometria, produção e uso. Brasília: Fundação Mokiti Okada – MOA, 1997. 543 p.
- PHAN, C. W.; SABARATNAM, V. Potential uses of spent mushroom substrate and its associated lignocellulosic enzymes. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 96, n. 4, p. 863-873, nov 2012.
- QUINTANA, N. R. G.; CARMO, M. S.; MELO, W. J. Valor agregado ao lodo de esgoto. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 24, n. 1, p. 121-119, 2009.
- PRASAD, R.; LISIECKA, J.; KLEIBER, T. Morphological and yield parameters, dry matter distribution, nutrients uptake, and distribution in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. 'Elsanta' as influenced by spent mushroom substrate and planting seasons. **Agronomy**, v. 12, n. 4, p. 854, 2022.

RAYMOND, D.A.; VARONEY R. P.; CHONG, C. Characteristics of composts derived from waxed corrugated cardboard. **Compost Science & Utilization**, v. 5, n. 3, p. 60-70, 1997.

RANGEL, W. D. M. et al. Phytoprotective effect of arbuscular mycorrhizal fungi species Against arsenic toxicity in tropical leguminous species. **International Journal of Phytoremediation**, v. 16, n. 7-8, p. 840-858, 2014.

REED, W.; KEIL, C. The effect of spent mushroom substrate land applications on adjacent surface water using aquatic macroinvertebrates as bio-indicators. **Mushroom News**, v. 48, n. 11, p. 4-13, 2000.

REZAEIAN S.; POURIANFAR, H. R.; A comparative study on bioconversion of different agro wastes by wild and cultivated strains of *Flammulina velutipes*. **Waste and Biomass Valorization**, v. 8, n. 8, p. 2631-2642, 2017.

RINKER, D. L. Handling and using “spent” mushroom substrate around the world. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE OF MUSHROOM PRODUCTS**. Cuernavaca: WSMBMP, p. 43-60, 2002.

_____. Spent mushroom substrate uses. In: ZIED, D. C.; PARDO-GIMENEZ, A. **Edible and medicinal mushrooms: technology and applications**. 2017. Cap. 20, p. 427-454.

ROYSE, D. J.; BAARS, J.; TAN, Q. Current overview of mushroom production in the world. In: ZIED, D. C.; PARDO-GIMENEZ, A. **Edible and medicinal mushrooms: technology and applications**. 2017. p. 5-13.

SAHITHYA, K. et al. Remediation potential of mushrooms and their spent substrate against environmental contaminants: An overview. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, p. 102323, 2022.

SALVAGIOTTI, F. et al. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. **Field Crops Research**, v. 108, n. 1, p. 1-13, 2008.

SANTOS, A. C. et al. Gramíneas e leguminosas na recuperação de áreas degradadas: efeitos nas características químicas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 4, p.1063-1071, 2001.

SANTOS, C. B. et al. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L. f.) D. Don. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 1-15, 2000.

SCHEER, M. B.; CARNEIRO, C.; SANTOS, K. G. Substratos à base de lodo de esgoto compostado na produção de mudas de *Paraptadenia rígida* (Benth.) Brenan. **Scientia Forestalis**, v. 38, p. 637-644, 2010.

SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T. Aproveitamento dos dejetos suínos como fertilizante. In: **Dia de campo sobre manejo e utilização de dejetos de suínos**, Concórdia-SC. p. 33-37, 1994.

SILVA, A. C. da et al. Utilização de extrato de cogumelo como antioxidante natural em óleo vegetal. **Ciência e Agrotecnologia** [online], v. 33, n. 4, p. 1103-1108, 2009.

SILVA JÚNIOR, V. E. et al. Esterco bovino como substrato alternativo na produção de mudas de melão. **Agropecuária Técnica**, v. 39, n. 2, p. 112-119, 2018.

SILVA, L. A. da; FERNANDES, N. M. **A cadeia produtiva de adubos e fertilizantes**, ENCIGESP, Praia Grande, p. 1-15, 2017.

SILVA, P. M. D. et al. Response to inoculation and N fertilization for increased yield and biological nitrogen fixation of common bean (*Phaseolus vulgaris*). **Plant and Soil**, v. 152, p. 123-130, 1993.

SILVA, L. B. X.; REICHMANN NETO, F. Avaliação do comportamento de 18 essências florestais aos 10 anos de implantação. **Silvicultura**, São Paulo, n. 41, p. 101-104, 1986. Edição de Anais do 5º Congresso Florestal Brasileiro, Olinda, PE, nov. 1986.

SIMÕES, D.; SILVA, R. B. G. D.; SILVA, M. R. S. d. Composição do substrato sobre o desenvolvimento, qualidade e custo de produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 91-100, 2012.

SONG, Y. M. et al. Effects of fermented oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) by-product supplementation on growth performance, blood parameters and meat quality in finishing Berkshire pigs. **Animal**, v. 1, n. 2, p. 301-307, 2007.

SORIMACHI, K. et al. Secretion of TNF-g, IL-8 and nitric oxide by macrophages activated with *Agaricus blazei* Murril fractions in vitro. **Cell Structure and Function**, v. 26, p. 103-108, 2001.

SOUSA, W. C. et al. Fontes de nitrogênio e caule decomposto de *Mauritia flexuosa* na nodulação e crescimento de *Enterolobium contortisiliquum*. **Revista Árvore**, v. 37, n. 5, p. 969-979, 2013.

SOUZA, C. A. M. et al. Desenvolvimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubação. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 3, p. 243-249, 2006.

SOUZA, M. M.; LOPES, L. C.; FONTES, L. E. F. Avaliação de substratos para o cultivo de crisântemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.-Compositae) 'White Polaris' em vasos. **Ornamental Horticulture**, v. 1, n. 2, p. 71-77, 1995.

STEWART D.; CAMERON, K.; CORNFORTH, I. Effects of spent mushroom substrate on soil Chemical conditions and plant growth in an intensive horticultural system: a comparison with inorganic fertilizer. **Soil Research**, v. 36, n. 2, p. 185-198, 1998.

_____ et al. Release of sulfate-sulphur, potassium, calcium and magnesium from spent mushroom compost under field conditions. **Biology and Fertility of Soils**, v. 31, p. 128-133, 2000.

SUMMERFIELD, R. J. The physiology cowpea. In: SINGH, S.R.; RACHIE, K. O. (Eds). **Cowpea research, production and utilization**. Chichester: John Wiley, p. 65-101, 1985.

SUN, Z. et al. Synergism between water management and phosphorus supply enhances the nodulation and root growth and development of chinese milk vetch (*Astragalus sinicus* L.). **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 784251-784251, 2021.

TRAZZI, P. A. et al. Qualidade de mudas de *Murraya paniculata* produzidas em diferentes substratos. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 3, p. 621-630, 2012.

VELAZHAHAN, R. et al. In vitro antagonistic potential, plant growth-promoting activity and índole-3-acetic acid producing trait of bacterial isolates from spent mushroom substrate of *Agaricus bisporus*. **Journal of Agricultural and Marine Sciences [JAMS]**, v. 25, n. 1, p. 22-29, 2020.

- VIEIRA, A. C. C. et al. Utilização de resíduos agroindustriais na produção de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. Allemão). **Magistra**, v. 30, p. 86-93, 2019.
- WANG, H-W. et al. Evaluation of soil microbial communities and enzyme activities in cucumber continuous cropping soil treated with spent mushroom (*Flammulina velutipes*) substrate. **Journal of Soil and Sediments**, v. 21, p. 2938-2951, 2021.
- WANG, S. H. L.; LOHR, V. I.; COFFEY, D. L. Spent mushroom compost as a soil amendment for vegetables. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v. 109, n. 5, p. 698-702, 1984.
- WASSER, S. P. et al. Is a widely cultivated culinary-medicinal royal sun *Agaricus* (the Himematsutake mushroom) indeed *Agaricus blazei* Murril? **International Journal of Medicinal Mushrooms**, v. 4, n. 4, p. 267-290, 2002.
- WENDLING, I.; GATTO, A. Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas. Coleção jardins e paisagismo. **Série produção de mudas ornamentais**, v. 2, 2002.
- XAVIER, T. F. et al. Inoculação e adubação nitrogenada sobre a nodulação e a produtividade de grãos de feijão-caupi. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 7, p. 2037-2041, out. 2008.
- XU, H. et al. Effects of heavy metals on production of thiol compounds and antioxidant enzymes in *Agaricus bisporus*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 74, I. 6, p. 1685-1692, 2011.
- YANG, X. et al. Impact of maize-mushroom intercropping on the soil bacterial Community composition in Northeast China. **Agronomy**, v. 10, n. 10, p. 1526, 2020.
- YUMINAMACHI, E. et al. Interleukin-12-and interferon- γ -mediated natural killer cell activation by *Agaricus blazei* Murril. **Immunology**, v. 121, n. 2, p. 197-206, 2007.
- ZAKIL, F. A. et al. Growth performance and mineral analysis of *Pleurotus ostreatus* (oyster mushroom) cultivated on spent mushroom medium mixed with rubber tree sawdust. **Materials Today: Proceedings**, v. 57, part 3, p. 1329-1337, 2022.
- ZHU, H. J. et al. Combined alkali and acid pretreatment of spent mushroom substrate for reducing sugar and biofertilizer production. **Bioresource Technology**, v. 136, p. 257-266, 2013.
- ZIED, D. C. et al. Influence of the production environment on the cultivation of lettuce and arugula with spent mushroom substrate. **Journal of Environmental Management**, v. 281, 2021.