



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO
BACHARELADO EM ENGENHARIA FLORESTAL
CAMPUS SETE LAGOAS

PEDRO HENRIQUE LUIZ MENDES

**EFEITO DA INOCULAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS NO
TEMPO PARA EXPEDIÇÃO E NO CUSTO DE PRODUÇÃO DE
MUDAS DE FAVEIRO DE WILSON (*Dimorphandra wilsonii* Rizzini)**

Sete Lagoas, MG

2023

PEDRO HENRIQUE LUIZ MENDES

**EFEITO DA INOCULAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS NO TEMPO PARA
EXPEDIÇÃO E NO CUSTO DE PRODUÇÃO DE MUDAS DE FAVEIRO DE
WILSON (*Dimorphandra wilsonii* Rizzini)**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia de Florestal da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Renato Vinícius Oliveira Castro

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Glauciana da Mata Ataíde

Sete Lagoas, MG

2023

PEDRO HENRIQUE LUIZ MENDES

**EFEITO DA INOCULAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS NO TEMPO PARA
EXPEDIÇÃO E NO CUSTO DE PRODUÇÃO DE MUDAS DE FAVEIRO DE
WILSON (*Dimorphandra wilsonii* Rizzini)**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal.

Sete Lagoas, 07 de julho de 2023.

Banca avaliadora:

Dr. Renato Vinícius Oliveira Castro, Orientador — Universidade Federal de São João del-Rei

Dra. Bianca Machado Campos Trindade — Universidade Federal de São João del-Rei

Dra. Patrícia Aparecida de Souza — Universidade Federal de São João del-Rei

*Queira, basta ser sincero e desejar profundo, você será capaz de sacudir o mundo, vai tente
outra vez...*

Raul Seixas

Dedico as pessoas que amo, sem elas eu não seria nada ...

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me dar a graça de conquista, me amparar, guiar e iluminar nas minhas escolhas e atitudes.

Agradeço aos meus pais Claudinei e Marilene pelo amor incondicional, inspiração e apoio nos momentos mais difíceis.

A todos meus familiares, em especial aos meus avós pelas orações diárias e por serem exemplos de vida para mim.

A minha Irmã Giovanna pelo carinho e apoio sempre.

A minha namorada Bárbara por sempre estar presente em minha vida me incentivando com muito amor e carinho.

Sou grato às minhas amizades, antigas e as que construí durante a graduação.

Agradeço ao professor Renato Castro por contribuir com a orientação do trabalho de conclusão de curso TCC. À professora Glauciana pela coorientação e as professoras Bianca Machado Campos Trindade e Patrícia Aparecida de Souza por comporem a banca avaliadora.

Obrigado aos docentes do departamento de Engenharia Florestal e a USFJ por completo.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 MATERIAL E MÉTODOS	12
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4 CONCLUSÃO	20
5 REFERÊNCIAS	21

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) no tempo para expedição e no custo de produção de mudas de *Dimorphandra wilsonii*. Foram testados três tratamentos de inoculação: M0 - testemunha, M1 - inoculação com *Rhizoglyphus intraradices* e M2 - inoculação com *Claroideoglomus etunicatum*. Em viveiro, a altura e o diâmetro do coleto das mudas foram mensuradas a cada 30 dias, durante o período de 180 dias, visando definir o tempo ótimo para expedição das mudas e o custo para produção destas em cada tratamento. Para a análise, foram aplicados modelos logísticos para estimar o crescimento em diâmetro do coleto e modelos logarítmicos para estimar o crescimento em altura das mudas em função da idade. A análise do custo de produção das mudas foi realizada usando os parâmetros de custos fixos e variáveis, receitas e lucro de um viveiro com a capacidade produtiva total de 150.000 mudas simultaneamente, e uma produção 5.000 mudas de *Dimorphandra wilsonii*. Os resultados mostraram que visando definir o tempo ótimo para expedição e o custo para produção das mudas em cada tratamento, o M2, com *C. etunicatum*, foi mais eficiente, apresentando desenvolvimento mais rápido e alcançando os parâmetros desejados, simultaneamente em 240 dias. Comparativamente, o tratamento M1 obteve um desempenho inferior aos demais, enquanto o tratamento M0, sem inoculação, foi mais lento que o M2, mas ainda superou o M1. A relação entre altura e diâmetro do coleto também favoreceu o tratamento M2, indicando mudas mais desenvolvidas e equilibradas. A análise financeira revelou que o tratamento M2, apesar de ter maiores custos de produção devido ao maior número de mudas produzidas, resultou em maior lucratividade em relação aos tratamentos M0 e M1 ao longo de cinco anos de produção. Em conclusão, a inoculação de *C. etunicatum* mostrou-se vantajosa para a produção de mudas de *D. wilsonii*, promovendo o desenvolvimento mais rápido e equilibrado das plantas. A incorporação de FMAs no processo de produção de mudas de espécies nativas é uma estratégia promissora para estimular o desenvolvimento e consequentemente, ganhos econômicos na produção de mudas. Esse estudo enfatiza a importância de futuras pesquisas para avaliar o potencial de diferentes FMAs e sua aplicabilidade em diferentes espécies, contribuindo para iniciativas de restauração ecológica e produção sustentável de mudas de maior qualidade em menor tempo.

Palavras-chave: *Dimorphandra wilsonii*, Árvore em extinção, Fungos micorrízicos, Produção de mudas nativas, Data de expedição.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on the time to dispatch and the cost of production of *Dimorphandra wilsonii* seedlings. Three inoculation treatments were tested: M0 - control, M1 - inoculation with *Rhizoglyphus intraradices* and M2 - inoculation with *Claroideoglomus etunicatum*. In the nursery, the height and diameter of the seedling collection were measured every 30 days, during a period of 180 days, in order to define the optimal time for dispatching the seedlings and the cost to produce them in each treatment. For the analysis, logistic models were applied to estimate growth in collar diameter and logarithmic models to estimate growth in height of seedlings as a function of age. The analysis of the production cost of seedlings was carried out using the parameters of fixed and variable costs, revenues and profit of a nursery with a total production capacity of 150,000 seedlings simultaneously, and a production of 5,000 seedlings of *Dimorphandra wilsonii*. The results showed that in order to define the optimal time for dispatch and the cost for the production of seedlings in each treatment. The treatment M2, with *C. etunicatum*, was more efficient, presenting faster development and reaching the desired parameters, simultaneously in 240 days. Comparatively, treatment M1 had a lower performance than the others, while treatment M0, without inoculation, was slower than M2, but still surpassed M1. The relationship between height and collar diameter also favored the M2 treatment, indicating more developed and balanced seedlings. The financial analysis revealed that treatment M2, despite having higher production costs due to the greater number of seedlings produced, resulted in greater profitability compared to treatments M0 and M1 over five years of production. In conclusion, the inoculation of *C. etunicatum* proved to be advantageous for the production of *D. wilsonii* seedlings, promoting healthier and faster development of the plants. The incorporation of AMFs in the production process of seedlings of native species is a promising strategy to stimulate development and, consequently, economic gains in the production of seedlings. This study emphasizes the importance of future research to evaluate the potential of different AMFs and their applicability in different species, contributing to ecological restoration initiatives and sustainable production of higher quality seedlings in less time.

Key words: *Dimorphandra wilsonii*. An endangered tree. Mycorrhizal fungi. Natives seedling production. Dispatch date.

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul, sendo considerado como um *hotspot* mundial da biodiversidade, este abriga diversas espécies de plantas e animais em risco de extinção sendo o bioma brasileiro que mais sofreu alterações antrópicas devido à ascensão do agronegócio (MMA, 2002). Essas alterações provocaram uma degradação constante com cerca de 50% da área desmatada e substituída por monocultura ou pastagens (STRASSBURG et al., 2017; RODRIGUES et al., 2022). Tendo em vistas esses aspectos sobre o cerrado, recuperá-lo se faz necessário, e uma das formas de iniciar e otimizar esse processo é a produção de mudas de espécies florestais.

No contexto da restauração florestal e preservação de espécies, os viveiros florestais desempenham um papel vital na produção de mudas nativas (NEWTON et al., 2017). Contudo, a produção de mudas nativas apresenta uma série de desafios, variando de acordo com a espécie em questão. Um desses desafios é o tempo de crescimento das mudas para atingirem o padrão de qualidade. O tempo médio de permanência de uma muda nativa no viveiro varia de 5 a 12 meses, principalmente devido ao tempo de desenvolvimento de cada espécie, como no caso da sucupira-branca (*Pterodon pubescens*), da faveira (*Dimorphandra mollis*) e do barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*), com um período de desenvolvimento que pode chegar aos 12 meses (OLIVEIRA, 2016).

A variabilidade interespecífica, a presença de mecanismos de dormência (VÁZQUES-YANES & OROZCO-SEGOVIA, 1993; OLIVEIRA et al., 2003), os altos índices de predação (ZAMITH & SCARANO, 2004) e o pouco conhecimento sobre a fenologia e a fisiologia de parte significativa das plantas arbustivo-arbóreas tropicais são outros aspectos que dificultam a produção de mudas nativas (VIANI, 2007). Em especial a espécie de Faveiro de Wilson que há uma carência de informações sobre o comportamento, propagação, ecofisiologia e genética da espécie (QUEIROZ, 2017).

A qualidade das mudas e a época de plantio são dois fatores cruciais que influenciam a sobrevivência e o crescimento das plantas após o plantio no campo (SANTOS et al., 2019). Portanto, é fundamental que as mudas atendam a critérios de qualidade pré-estabelecidos, como tamanho mínimo, sanidade e desenvolvimento adequado, antes de serem transplantadas (CASTRO et al., 2016). Além das questões técnicas e fisiológicas, o custo de produção de

mudas e o retorno do empreendimento são fatores essenciais a serem avaliados para uma exitosa produção de mudas florestais.

A espécie *Dimorphandra wilsonii* Rizzi é pertencente à família Fabaceae, com ocorrência nos biomas Mata Atlântica e Cerrado. Pode ser encontrada na Floresta Estacional Semidecidual Montana, assim como nas fitofisionomias de Cerrado *stricto sensu* e Cerradão, registrada na região de Paraopeba, no Estado de Minas Gerais (SILVA, 1986). Sua distribuição geográfica abrange três bacias hidrográficas distintas, nomeadamente o Rio Paraopeba, o Rio das Velhas e o Rio Pará, como indicado em registros documentados por Fernandes e Rego (2014).

A espécie tem como características dendrológicas a altura de até 17 metros podendo atingir até aproximadamente um metro de DAP, folhas bipinadas com 6 a 15 pares de pinas opostas e subopostas, pecioladas (SILVA, 1986). Enquanto a floração apresenta flores hermafroditas, exibindo uma tonalidade amarela. Um traço peculiar dessas flores é o leve odor de peixe que exalam (REGO, 2014). Os frutos de *D. wilsonii* são classificados como legumes possuindo entre 15 e 25 cm, são rígidos e apresentam uma coloração marrom escura. Além disso, esses frutos são indeiscentes, não se abrindo naturalmente para liberar as sementes contidas em seu interior (SILVA, 1986). Devido à alta produção de frutos e estes serem nutritivos e palatáveis, a espécie é considerado de grande importância para a alimentação de fauna silvestre em áreas preservadas, bem como foi observado como um complemento na dieta bovina em áreas de pastejo com ocorrência natural da espécie (FERNANDES e REGO, 2014). De acordo com Freitas et al. (2009) a espécie apresenta dormência tegumentar, com tegumento duro e impermeável, sendo a escarificação mecânica a melhor forma para quebrar sua dormência.

A espécie normalmente é utilizada em projetos de restauração ecológica do Cerrado, contudo está em perigo severo de extinção, de acordo com Martinelli e Moraes (2013). A espécie está presente no Livro vermelho da flora do Brasil, na Lista Oficial de Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção (SIBBR, 2022), na Lista Vermelha das Espécies Ameaçadas (IUCN, 2006) e Lista Vermelha das Espécies Ameaçadas de Extinção da Flora de Minas Gerais (MENDONÇA e LINS, 2000). Sendo importante trabalhos que garantam a obtenção de mudas de boa qualidade para plantio, visando minimizar os efeitos da extinção.

Para produção de mudas nativas a inoculação de FMAs contribui em aspectos nutricionais, fisiológicos e de proteção biológica, sendo o efeito nutricional o mais significativo na maioria das circunstâncias de crescimento das plantas (BERBARA et al., 2006; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; SILVA et al., 2018).

A presença dos FMAs promove o aumento da área radicular, o que resulta em uma maior eficiência na absorção de nutrientes e água pelas plantas. O benefício mais importante fornecido pelos FMAs é a melhoria na absorção de fósforo (P) (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; MOREIRA et al., 2013). Em geral, as plantas micorrizadas apresentam níveis mais elevados de nutrientes, especialmente aqueles de mobilidade reduzida em solos tropicais, como P, zinco (Zn), cálcio (Ca) e cobre (Cu) (STÜRMER; SIQUEIRA, 2013).

Além de melhorar a nutrição das plantas, os FMAs também promovem o crescimento e a qualidade das plantas, enquanto as plantas fornecem energia na forma de compostos de carbono (C) para o crescimento e manutenção dos fungos (BERBARA et al., 2006). A aplicação de FMAs nas espécies de Araçá-vermelho, Ipê-amarelo e Ipê-roxo (*Psidium cattleianum*, *Handroanthus avellanadae*, *Handroanthus albus*, respectivamente) foram eficazes no desenvolvimento inicial das mudas das espécies avaliadas, especialmente em relação à altura e diâmetro do caule (ANGELO, 2019)

A utilização de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) tem se mostrado promissora na produção de mudas de *D. wilsonii*, auxiliando no aumento da biomassa, melhoria da taxa de sobrevivência e otimização da absorção de nutrientes essenciais (FONSECA et al., 2014; MOREIRA, 2022). Além disso, a inoculação de FMAs pode melhorar a resistência fitossanitária das mudas após o transplante para o campo (ROCHA et al., 2006).

Visto isso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de FMAs na produção de mudas de *D. wilsonii*, tendo como objetivos específicos: i) Avaliar o efeito do FMA no desenvolvimento em diâmetro, altura e relação altura/diâmetro bem como no tempo necessário para a produção de mudas, em dias (tempo de expedição); ii) Avaliar o retorno econômico da aplicação do FMA para a espécie.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido no *Campus Sete Lagoas* da Universidade Federal de São João del-Rei, localizado em Sete Lagoas, MG, Latitude: 19° 28' 37'' S e Longitude: 44° 11' 55'' O e 716 m de altitude. O ensaio foi instalado no viveiro de mudas da instituição, no período de outubro de 2021 a maio de 2022. Foram coletados os frutos de *D. wilsonii* de aproximadamente 10 árvores matrizes localizadas na região de Sete Lagoas-MG, totalizando 900 sementes. As sementes foram então desinfestadas por imersão em solução de hipoclorito de sódio a uma concentração de 2% por 5 minutos. Em seguida, 300 tubetes de 288 cm³ foram preparados e colocadas 3 sementes por tubete, sendo feita a repicagem após a germinação, deixando apenas uma muda por tubete. Foi utilizado um substrato composto por uma proporção de 50% de terra de subsolo e 50% de areia. Esses tubetes foram colocados em bandejas, com 27 tubetes por bandeja e um total de 4 bandejas por bloco (MOREIRA, 2022).

As mudas foram mantidas em viveiro com sombrite 50%, conforme proposto por Queiroz (2017). A irrigação foi aplicada na forma de microaspersão, não permitindo que as plantas atingissem o ponto de murcha. Durante o período de crescimento das mudas foi aplicada a solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) sem fósforo, para manutenção do experimento até a data da sua conclusão. A adição de sulfato de amônio foi realizada 60 dias após o plantio das mudas (22/12/2021), com 27,072 g de sulfato de amônio para 2 L de água, sendo o volume de 10 mL de solução por tubete. Foram adicionadas 10 mL de NaFe EDTA por tubete, aos 105 dias após a semeadura, diluído em água destilada na concentração de 80 mL por litro.

Para a análise da data de expedição de mudas foram aplicados três tratamentos de inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMA): M0: testemunha, M1: inoculação com *Rhizoglossus intraradices* e M2: inoculação com *Claroideoglossus etunicatum*. Os FMAs foram provenientes do banco de germoplasma microbiano da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, obtidos de vasos de multiplicação em associação com braquiária (*Brachiaria decumbens*) (MOREIRA, 2022).

A cada 30 dias foram avaliadas as seguintes características das mudas: altura da parte aérea e diâmetro do coleto, utilizando régua graduada e paquímetro, respectivamente. Para estimar a idade ótima de expedição das mudas, estas variáveis foram analisadas por meio de diferentes modelos sigmodais e logarítmicos, em função da idade em dias (ATAÍDE, et al, 2019), sendo selecionado o modelo logístico (Equação 1) para a variável diâmetro de coleto e

o modelo logarítmico para variável altura (Equação 2) de acordo com as estatísticas coeficiente de correlação (r), erro padrão da estimativa e realismo biológico do modelo (CAMPOS E LEITE, 2017).

$$DC = \frac{\beta_0}{1 + \beta_1 - \beta_2 \cdot I} \quad (\text{Equação 1})$$

$$H = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(I) \quad (\text{Equação 2})$$

Sendo que: DC = Diâmetro de coleto (mm); H = altura (cm); I = Idade em meses

Com base nas equações selecionadas, realizou-se a estimativa das variáveis (prognose), a partir dos 180 dias, aplicando os modelos das variáveis altura e diâmetro do coleto até 540 dias, visando identificar o tempo em que cada tratamento atingiria simultaneamente os valores de referência para os parâmetros analisados, sendo eles: $\geq 3,0$ mm para diâmetro de coleto (DC) e ≥ 20 cm para altura (H). Esses valores foram referenciados visando atender ao padrão de qualidade de mudas para plantio, conforme Oliveira (2016), como o momento em que as mudas estão aptas à expedição para o campo. Para a relação entre a altura e o diâmetro do coleto das mudas foi calculada a variável H/DC, para a qual utilizou-se estatística descritiva, por meio de um gráfico de barras, detalhando as médias para cada tratamento em cada idade.

O delineamento do experimento foi conduzido em blocos casualizados e todas as análises foram realizadas com um nível de probabilidade de 95%, utilizando os softwares R e Excel.

Para a análise econômica, foram realizados os cálculos dos custos fixos e variáveis, receitas e lucro da produção. Para tanto, foram avaliados valores médios de produção de um viveiro com a capacidade produtiva anual total de 100.000 mudas, dentre as quais foi prevista uma produção de 5.000 mudas de *Dimorphandra wilsonii*.

Foram contabilizados os custos fixos inerentes ao viveiro florestal (mão de obra fixa, energia, água, ferramentas, manutenção, alimentação) (SILVA, 2015), referentes à demanda de produção de 100.000 mudas (de acordo com a realidade do viveiro estudado), além dos custos variáveis (sementes, substrato, adubo e o custo de inoculação de FMAs), que variam por muda produzida. Posteriormente, foi estimado o valor médio de R\$7,50 de venda para as mudas de *D. wilsonii*, valor praticado no mercado de mudas nativas da região (Tabela 1).

Tabela 1. Custos fixos e variáveis para a produção de mudas no viveiro florestal da UFSJ, campus de Sete Lagoas e custos específicos para a produção da espécie de *Dimorphandra wilsonii* em um viveiro florestal com capacidade produtiva de 100.000 mudas. Adaptado de SILVA, 2015.

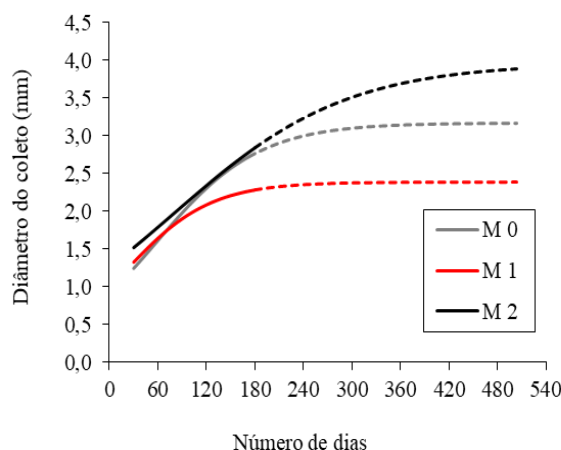
Variável	Valor referência
Capacidade de prod. de mudas simultâneas no viveiro	100.000
Mudas de <i>D. wilsonii</i>	5.000
Preço da muda	R\$ 7,50
Custo Fixo	R\$ 1,90
Custo da inoculação	R\$ 0,02
Custo da semente	R\$ 0,01
Custo do substrato	R\$ 0,02
Custo do adubo	R\$ 0,09
Custo total por muda de <i>D. wilsonii</i>	R\$ 2,05

A partir da estimativa de crescimento das mudas em função da idade e dos tratamentos de inoculação com FMAs foram calculados o ciclo produtivo para cada tratamento, ou seja, o tempo necessário, em dias, para que a muda alcançasse ambos os parâmetros desejados e estivesse apta a ser expedida para o campo. Os ciclos de produção de cada tratamento foram simulados para um horizonte de planejamento de cinco anos.

Em seguida foram estimados os custos de produção, a receita bruta e o lucro em cada tratamento para a espécie de *D. wilsonii* em um horizonte de planejamento de cinco anos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estimativas de crescimento por meio de modelos logísticos aplicados para estimar o diâmetro do coleto (Figura 1) e logarítmicos utilizados para estimar a altura (Figura 2) demonstraram que o tratamento M2, que utilizou o fungo *Claroideoglomus etunicatum*, foi mais eficiente para o desenvolvimento das mudas. As plantas inoculadas com M2 alcançaram um diâmetro de coleto superior a 3,0 mm e uma altura total de 20 cm em média aos 240 dias, apresentando o desenvolvimento mais rápido entre os tratamentos analisados. A aplicação de *C. etunicatum* em mudas de *M. glomerata*, segundo Santos (2020), influenciou a altura das plantas com incrementos de até 56% e 26% de incremento em diâmetro, ambos com 360 dias.



$$DC = \frac{\beta_0}{1 + \beta_1 - \beta_2 I}$$

Tratamento	β_0	β_1	β_2	r
M0	3.16658	2.47714	0.01578	0.80279
M1	2.38942	1.41604	0.01897	0.64070
M2	3.96817	2.13226	0.00935	0.70870

Figura 1. Estimativas da equação logística para estimar diâmetro de coleto (mm) em função da idade (dias) de mudas de *Dimorphandra wilsonii*: M0 - sem inoculação; M1: inoculação com *Rhizoglobus intraradices*; M2: inoculação com *Claroideoglomus etunicatum*. Linha contínua representa o ajuste e a linha pontilhada representa a prognose.

Por outro lado, o tratamento M1, que utilizou *Rhizoglobus intraradices*, exibiu um desempenho inferior aos demais, atingindo um diâmetro de coleto de 2,39 mm após 462 dias, não atingindo o padrão mínimo desejado. De acordo com Silva et al. (2006) algumas plantas precisam de no mínimo seis meses para a simbiose ser eficiente a ponto de gerar benefícios à muda.

Segundo Oconor (2020), que avaliou a influência de FMAs no crescimento e nutrição de *Swietenia mahagoni* L. Jacq, a aplicação de *Rhizophagus intraradices* mostrou resultados positivos no crescimento e desenvolvimentos das plantas, promovendo um aumento significativo na altura e diâmetro a partir dos 50 dias de idade. Avaliando o *R. intraradices*, Marulanda et al. (2003) constatou que esse FMA foi eficiente no aumento de absorção de água para a planta. Isso demonstra que a utilização do FMA, pode proporcionar benefícios além do desenvolvimento de altura e diâmetro de mudas. De acordo com Júnior, (2017) a associação com *C. etunicatum* resultou em maior incremento no crescimento do maracujazeiro. Neste mesmo estudo, o *R.intraradices* promoveu maior absorção de macronutrientes.

O trabalho realizado por Carneiro (2004) com um mix de FMAs composta de *Gigaspora margarita* (Becker & Hall), *Glomus etunicatum* (Becker & Gerdemann), *Glomus occultum* (Walker), *Acaulospora appendicula* (Spain, Sieverding & Schenck) e *Entrophospora columbiana* (Spain & Schenck), em mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya*), apresentou maior porcentagem de sobrevivência, mudas mais vigorosas, maior crescimento em altura aos

60 dias de idade, maior diâmetro e altura aos 120 dias com diferença significativa das plantas sem inoculação.

Para a variável altura, foi observado comportamento semelhante ao diâmetro do coleto, onde a inoculação com *Claroideoglomus etunicatum* (M2) resultou em maiores médias ao longo do tempo, ao passo que a inoculação com *Rhizogloium intraradices* foi prejudicial ao desenvolvimento da espécie, com valores de altura inferiores ao tratamento sem inoculação. Esses dados corroboram o argumento de Santos et al. (2008), que afirmam que a eficácia dos FMAs pode variar dependendo da espécie (Figura 2).

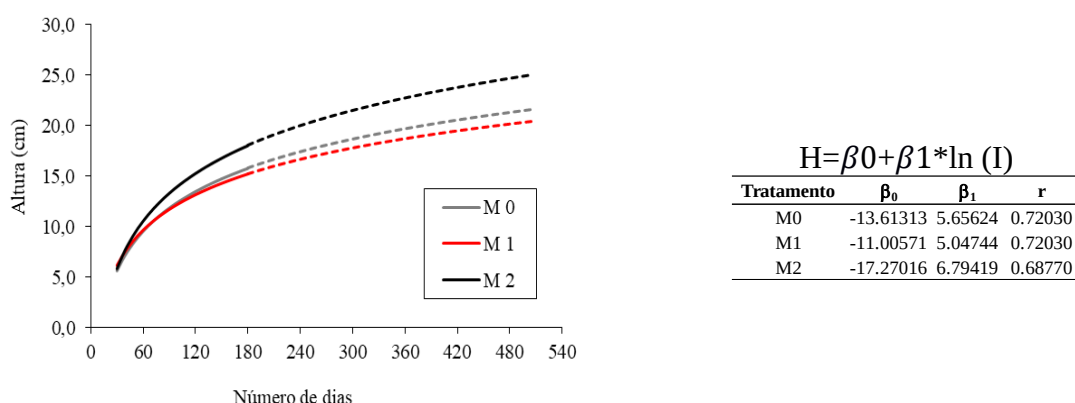


Figura 2. Estimativas da equação logarítmica para estimar Altura (cm) em função da idade (dias) de mudas de *Dimorphandra wilsonii*: M0 - sem inoculação; M1: inoculação com *Rhizogloium intraradices*; M2: inoculação com *Claroideoglomus etunicatum*. Linha contínua representa o ajuste e a linha pontilhada representa a prognose.

Para atingir o valor de altura estabelecido para a expedição ao campo, de no mínimo 20 cm, as mudas inoculadas com o tratamento M2 necessitam, em média, de 240 dias em viveiro, ao passo que a testemunha, tratamento M0 sem inoculação, atingiu este valor em pelo menos 378 dias. Apesar de ser mais lento em comparação com o tratamento M2, o M0 superou o desempenho do M1, tanto em termos de diâmetro de coleto quanto de altura total.

Os resultados apontam para a eficácia do *Claroideoglomus etunicatum* (M2) na aceleração do crescimento e desenvolvimento das plantas analisadas. Entretanto, é importante ressaltar que mais estudos são necessários para entender melhor os mecanismos subjacentes a esses efeitos e avaliar a aplicabilidade desses resultados em diferentes contextos. Segundo Da Rui et al. (2020), em um estudo com *Myrciaria glomerata*, também constatou que a inoculação pode ser uma alternativa para melhorar a qualidade de mudas. Além disso, Santos et al. (2016)

ênfatazaram que os FMAs desempenham um papel significativo no crescimento das plantas de *Albizia polycephala*.

Quando considerada a relação entre a altura e o diâmetro do coleto, Carneiro (1995) afirma que constitui uma das importantes análises morfológicas para estimar o crescimento das mudas, no Gráfico 3, o tratamento M2 também se destacou, apresentando uma relação entre o crescimento em altura e em diâmetro do coleto superior ao dos demais tratamentos. Isso indica que as plantas deste grupo não só cresceram mais rápido, mas também de forma mais equilibrada, sendo consideradas mudas mais desenvolvidas (CARNEIRO, 1995). Segundo Gomes e Paiva (2004), quanto maior for essa relação, mais resistente será a muda e melhores chances de desenvolvimento no campo (CAMPOS e UCHIDA, 2002). Amezquita, (2011), ao avaliar relação diâmetro altura (Ht/DC), com a aplicação de FMA (*Glomus diaphanum*, *Acaulospora mellea* e *Acaulospora scrobiculata* Trappe), constatou um crescimento desequilibrado em mudas de *Acacia mangium* Wild.

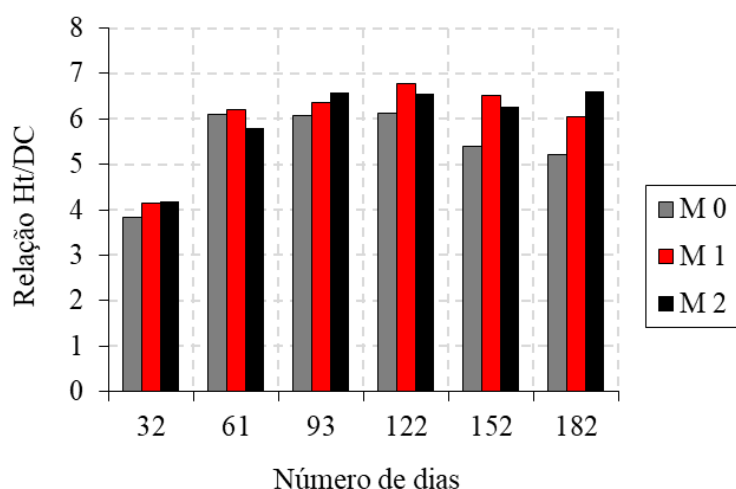


Figura 3. Relação entre a altura e o diâmetro do coleto de mudas de *Dimorphandra wilsonii* com inoculação de FMA: M0 - sem inoculação; M1: inoculação com *Rhizoglosum intraradices*; M2: inoculação com *Claroideoglomus etunicatum*.

Abreu (2012), ao avaliar qualidade de mudas de *Enterolobium contortisiliquum*, em diferentes recipientes verificou constatou que os diferentes tratamentos alcançaram um estágio adequado para serem expedidas aos 150 dias após a semeadura, corroborando com o presente trabalho que se calculou o tempo de expedição necessário para que as mudas atingissem os padrões pré-estabelecidos para cada método de produção.

Com o objetivo de determinar a idade ótima de expedição, avaliando a qualidade e desenvolvimento de mudas de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, Schorn, et al. (2019) mensuraram altura, massa seca aérea e número de raízes secundárias, variáveis essas com diferenças significativas entre os tratamentos. Constatou-se que quando em tubetes de 50 cm³, as mudas estavam aptas para expedição aos 120 dias, quando em tubete de 50 cm³, em 150 dias, quando em tubete de 100 cm³.

Segundo Silva et al. (2009), verificaram que o fungo micorrízico arbuscular *Gigaspora albida*, se mostrou altamente promissora para inoculação de mudas de maracujazeiro-doce, aumentando o vigor das plantas e acelerando o transplante à campo.

A definição do tempo otimizado para a expedição das mudas é um parâmetro importante no gerenciamento de viveiros florestais, pois resulta em economia de fatores ambientais (água, energia, etc), insumos, pessoal, e consequentemente resulta em ganhos financeiros para o empreendimento. De acordo com o estudo de Mafia et al. (2005), até os dias atuais não há um procedimento convencional que permita determinar a idade ideal para manter as mudas em um viveiro, sendo comum o uso de valores baseados em experiência prática.

De acordo com os valores de referência para o padrão de qualidade de mudas para plantio. 240 dias (8 meses), 378 dias (12,6 meses), 462 dias (15,4) meses. Estes resultados indicam que a inoculação das mudas com *Claroideoglossum etunicatum* representa uma redução de dias no processo produtivo em relação à produção de mudas sem utilização de FMAs (testemunha). Neste contexto, observou-se que o tratamento M0 teve 4,8 ciclos em cinco anos, o tratamento M1 teve 4,0 ciclos e o tratamento M2 teve 7,6 ciclos.

Ataíde et al. (2019), ao analisarem as variáveis de altura e diâmetro do colo para determinar a idade de expedição, encontraram idades entre 50 e 59 dias para os clones de *Eucalyptus grandis* x *E.urophylla*, sendo possível perceber a discrepância em números de dias para concluir o ciclo da muda, para que atinja os parâmetros, em comparação a *D. wilsonii*.

Considerando a produção de 5.000 mudas a cada ciclo produtivo, foi determinado que o tratamento M0 resultou em um total de 24.140 mudas ao longo de cinco anos, enquanto o tratamento M1 em 19.751 mudas e o tratamento M2 em 38.021 mudas (Tabela 3). Considerando o custo médio de produção por muda de R\$ 2,05, obteve-se um custo total de R\$ 48.956,35 para o tratamento M0, R\$ 40.450,22 para o tratamento M1 e R\$ 77.866,67 para o tratamento M2.

Tabela 3. Análise financeira da produção de mudas de *Dimorphandra wilsonii* com inoculação de FMA: M0 - sem inoculação; M1: inoculação com *Rhizoglosum intraradices*; M2: inoculação com *Claroideoglomus etunicatum*.

Trat	Dias	Nº ciclos em 5 anos	Nº mudas/ciclo	Custo		Receita bruta		Lucro	
M0	378	4,8	24140	R\$	48.956,15	R\$	181.050,84	R\$	132.094,69
M1	462	4,0	19751	R\$	40.450,01	R\$	148.132,37	R\$	107.682,36
M2	240	7,6	38021	R\$	77.866,46	R\$	285.155,50	R\$	207.289,04

É importante ressaltar que o custo de produção das mudas do tratamento M2 é maior em comparação com os tratamentos M0 e M1, devido à maior quantidade de mudas produzidas. No entanto, a maior quantidade de mudas produzidas no período de cinco anos também resulta em maior receita bruta neste tratamento, o que impacta positivamente no balanço financeiro do viveiro.

Ao considerar o valor médio de venda de R\$ 7,50 por muda, constata-se que o lucro obtido com o Tratamento M2 é 57% maior em comparação ao tratamento M0 ao longo de um período de cinco anos e 92,5% maior em relação ao tratamento M1. Portanto, a produção e a lucratividade utilizando o fungo *Claroideoglomus etunicatum* são superiores em comparação ao FMA *Rhizoglosum intraradices* e ausência de FMA.

Os resultados obtidos neste estudo evidenciam o impacto significativo da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) no crescimento e rentabilidade econômica de mudas de *D. wilsonii*. Este trabalho realçou a necessidade de estudos adicionais na área para investigar o potencial de diferentes alternativas para otimizar a produção das mudas, a exemplo dos FMAs. Tais descobertas podem contribuir significativamente para os esforços de reflorestamento e conservação da biodiversidade, proporcionando uma solução eficiente e sustentável para a produção de mudas de maior qualidade, menor custo e em um espaço de tempo menor.

4 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo demonstram que a utilização de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), como o *Claroideoglomus etunicatum*, promoveu desenvolvimento mais rápido e saudável das mudas de *Dimorphandra wilsonii*. Essas mudas apresentaram maior diâmetro do caule, altura e uma relação equilibrada entre essas características. A aplicação dos

FMA mostrou-se uma estratégia promissora para a produção de mudas de espécies nativas, com benefícios tanto para a restauração e conservação do cerrado, quanto relacionado a fatores econômicos, gerando maiores lucros na produção de mudas se aplicado a inoculação do *C. etunicatum*. Portanto, a incorporação dos FMAs nos processos de produção de mudas nativas é uma prática recomendada e que deve ser incentivada em iniciativas de restauração ecológica.

5 REFERÊNCIAS

- ABREU, A. H. M., Leles, P. S. S., Melo, L. A., Ferreira, D. H. A. A., & Monteiro, F. A. S. (2014). Produção de mudas e crescimento inicial em campo de *Enterolobium contortisiliquum* produzidas em diferentes recipientes. *Floresta*, 45(1), 141-150.
- ANGELO, N. M. M. et al. Efeitos da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento inicial de três espécies arbóreas nativas. 2019.
- ATAÍDE, G. M., Castro, R. V. O., Dias, B. A. S., & Castro, A. F. N. M. (2019). Idade para expedição de mudas clonais de eucalipto em função de variáveis morfológicas não destrutivas. *Advances in Forestry Science*, 6(4), 797-802.
- Martinelli, G.; Moraes, M A. Livro vermelho da flora do Brasil. 2013.
- AMEZQUITA, S. P. M. (2011). Crescimento de mudas de *Acacia mangium* Willd. em resposta a nitrogênio, fósforo e micorriza.
- BERBARA, R. L. L. et al. Fungos Micorrízicos Arbusculares em Cultivo Protegido: uma abordagem prática. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006.
- CALDEIRA, M. V. W. et al. Fungos micorrízicos arbusculares e essenciais florestais: influência da adição de fósforo e matéria orgânica no crescimento de mudas. In: CONGRESSO FLORESTAL DO PARANÁ, 5., 1997, Curitiba. Anais... Curitiba: SIF, 1997.
- CAMPOS, J.C.C, LEITE, H.G (2017) Mensuração florestal: perguntas e respostas. 5ª ed. Viçosa: Editora UFV. 636p.
- CAMPOS, M. A. A., & Uchida, T. (2002). Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37, 281-288.
- CARNEIRO, J. G. D. A. (1995). Produção e controle de qualidade de mudas florestais.
- CARNEIRO, M. A. C., Siqueira, J. O., & Davide, A. C. (2004). Fósforo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento de mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec).
- CASTRO, S. A. M. et al. (2016). Germination, vigor and seedling growth of *Dimorphandra wilsonii* Rizz. seeds submitted to different temperatures and light conditions. *Journal of Seed Science*, 38(1), 34-41.

DA RUI, R. F., & Santos, C. C.(2020) Mudras de Myrciaria glomerata (O. BERG) com fungos micorrízicos arbusculares e fósforo: crescimento e dependência micorrízica.

SILVA, A. F. et al. Fungos Micorrízicos Arbusculares e Seu Potencial na Agricultura Sustentável. In: ARAÚJO, R. S. et al. (Eds.). Agroecologia: Princípios e Práticas para uma Agricultura Sustentável. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SILVA, A. P. J., Machado, C., & Cunha, L. C. (2015). Custo de produção de mudras em viveiro: um estudo de caso na Associação de Preservação do Meio Ambiente e da Vida-Apremavi. In Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC.

SANTOS, D. R., Costa, M. D. C. S., de Miranda, J. R. P., & dos Santos, R. V. (2008). Micorriza e rizóbio no crescimento e nutrição em nep de mudras de angico-vermelho. Revista Caatinga, 21(1), 76-82.

STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Fungos Micorrízicos Arbusculares em Ambientes Naturais e Cultivados. 2. ed. Lavras: UFLA, 2013.

FALCÓN-OCÓNOR, E., Cobas-López, M., & Bonilla-Vichot, M. (2020). Influencia de hongos micorrizógenos arbusculares en el crecimiento y nutrición de Swietenia mahagoni L. Jacq. Hombre, Ciencia y Tecnología, 24, 25-32.

FERNANDES, F. M., Muniz, A. C., Otoni, A. P., Lutterbach, A. A., Maurenza, D., Oliveira, D. M. D., ... & Mendonça, M. P. (2014). Plano de Ação Nacional para a Conservação do Faveiro-de-Wilson (Dimorphandra wilsonii Rizzini)-PAN Faveiro-de-Wilson.

FERNANDES, F. M., & Rego, J. O. (2014). Dimorphandra wilsonii Rizzini (Fabaceae): distribution, habitat and conservation status. Acta Botanica Brasilica, 28, 434-444.

FONSECA, M. B., de L. Carolino, M. M., Dias, T., Cruz, C., & França, M. G. (2014). Early growth of Brazilian tree Dimorphandra wilsonii is also threatened by African grass Urochloa decumbens. Journal of Plant Interactions, 9(1), 92-99.

GOMES, J. M., & Paiva, H. D. (2004). Viveiros florestais: propagação sexuada. Viçosa: UFV, 3.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE (IUCN) - Red List of Threatened Species. (2006). Disponível em: <http://www.iuncredlist.org>. Acesso em: 20 jan. 2022.

LISTA OFICIAL DE ESPÉCIES DA FLORA BRASILEIRA AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO - Anexo 1 Portaria MMA Nº 148, de 7 de junho de 2022.

MAFIA, R. G., Alfenas, A. C., Siqueira, L. D., Ferreira, E. M., Leite, H. G., & Cavallazzi, J. R. P. (2005). Critério técnico para determinação da idade ótima de mudras de eucalipto para plantio. Revista Árvore, 29, 947-953.

MARULANDA, A., Azcon, R., & Ruiz-Lozano, J. M.(2003). Contribution of six arbuscular mycorrhizal fungal isolates to water uptake by *Lactuca sativa* plants under drought stress. *Physiologia Plantarum*, 119(4), 526-533.

MENDONÇA, M. P. (2000). *Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais*. Fundação Biodiversitas.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e Bioquímica do Solo. 3. ed. Lavras: UFLA, 2006.

MOREIRA, F. M. S. et al. Manejo dos fungos micorrízicos arbusculares no crescimento e na nutrição de mudas de espécies florestais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 37, p. 311-320, 2013.

JÚNIOR, I. P. D.M (2017). Fungos micorrízicos arbusculares (Glomeromycota) e espécies de maracujazeiro (*Passiflora* L.): relação entre filogenia dos fungos e compatibilidade funcional.

MOREIRA, S. V (2022). Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada na produção de mudas de faveiro de wilson (*dimorphandra wilsonii rizzini*).

NEWTON, A. et al. (2017). Ecological restoration of tropical forest ecosystems: a global meta-analysis and systematic review of interventions. *Journal of Applied Ecology*, 54(1), 1-13.

O BIOMA CERRADO. Ministério do Meio Ambiente, 2002. Disponível em :<<https://antigo.mma.gov.br/biomas/cerrado.html#startOfPageId199>>. Acesso em 11, jul de 2023.

OLIVEIRA, L. M. D., Davide, A. C., & Carvalho, M. L. M. D. (2003). Avaliação de métodos para quebra da dormência e para a desinfestação de sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert. *Revista Árvore*, 27, 597-603.

OLIVEIRA, M. C. D., Ogata, R. S., De Andrade, G. A., Santos, D. D. S., Souza, R. M., Guimarães, T. G., ... & Ribeiro, J. F. (2016). Manual de viveiro e produção de mudas: espécies arbóreas nativas do Cerrado.

RODRIGUES, A. A. et al. Cerrado deforestation threatens regional climate and water availability for agriculture and ecosystems. *Global Change Biology*, v. 28, n. 22, p. 6807-6822, 2022.

ROCHA, F. S., Saggin Júnior, O. J., Silva, E. M. R. D., & Lima, W. L. D. (2006). Dependência e resposta de mudas de cedro a fungos micorrízicos arbusculares. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41, 77-84.

SANTOS, F. R. et al. (2019). Quality and management of seedlings of a native tree species in an ecological restoration process. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 54, e05097.

SANTOS, R. S. D. (2016). Fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de *Albizia polycephala*.

SCHORN, L. A., Pandini, G., Bittencourt, R., & Fenilli, T. A. B. (2019). Definição de idades ótimas para expedição de mudas de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae) em função de sua qualidade e volume de recipientes. *Biotemas*, 32(4), 19-27.

Sistema da Informação sobre a Biodiversidade Brasileira (SiBBR). Disponível em: <<https://specieslist.sibbr.gov.br/speciesListItem/list/drt1657224167277>>. Acesso em 28 de jun de 2018.

SILVA, F. S. B. (2006). Fase assimbiótica, produção, infectividade e efetividade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em substratos com adubos orgânicos.

SILVA, M.F. *Dimorphandra* (Caesalpiniaceae) In: Flora Neotropica. New York: The New York Botanical Garden. Monograph 44. v.2, 1986. 128p.

SMITH, P., Calvin, K., Nkem, J., Campbell, D., Cherubini, F., Grassi, G., ... & Arneeth, A. (2020). Which practices co-deliver food security, climate change mitigation and adaptation, and combat land degradation and desertification?. *Global Change Biology*, 26(3), 1532-1575.

STRASSBURG, B.B.N. et al. Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nature Ecology & Evolution*, v. 1, n. 4, p. 0099, 2017.

VÁZQUEZ-YANES, C.; OROZCO-SEGOVIA, A. Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. *Annual Review of ecology and Systematics*, v. 24, n. 1, p. 69-87, 1993.

VIANI, R. A. G., & Rodrigues, R. R.. (2007). Sobrevivência em viveiro de mudas de espécies nativas retiradas da regeneração natural de remanescente florestal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42(8), 1067–1075.

ZAMITH, L.R.; Scarano, F.R. Produção de mudas de espécies das Restingas do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, v.18, p.161-176, 2004.