



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal de Alfenas / UNIFAL-MG  
Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais  
Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 - Prédio O - Sala O 314 - Alfenas-MG  
CEP: 37130-001 Telefone: (35) 3701-9262 (Secretaria)  
E-mail: ppgca@unifal-mg.edu.br



**MARIELA REGINA DA SILVA PENA**

**Inoculação com Fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas da espécie  
*Cedrela odorata***

Alfenas/MG

2019

**MARIELA REGINA DA SILVA PENA**

**Inoculação com Fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas da espécie  
*Cedrela odorata***

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas/MG. Área de concentração: Tecnologia Ambientais Aplicadas. Orientador: Dr. Prof. Romero Francisco Vieira Carneiro

Alfenas/MG

2019

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas  
Biblioteca Central - Sede

P397i Pena, Mariela Regina da Silva  
Inoculação com Fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas da espécie *Cedrela odorata* / Mariela Regina da Silva Pena – Alfenas/MG, 2019.  
60 f.: il. --  
  
Orientador: Romero Francisco Vieira Carneiro.  
Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal de Alfenas, 2019.  
Bibliografia.  
  
1. Fisiologia. 2. Glomerosporos. 3. Substratos. 4. Compostos Orgânicos.  
I. Carneiro, Romero Francisco Vieira. II. Título.

CDD-579.5

Ficha Catalográfica elaborada por Marlom Cesar da Silva  
Bibliotecário-Documentalista CRB6/2735



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal de Alfenas / UNIFAL-MG  
Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais  
Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 - Prédio O - Sala O 314 - Alfenas-MG  
CEP: 37130-001 Telefone: (35) 3701-9262 (Secretaria)  
E-mail: ppgca@unifal-mg.edu.br




**MARIELA REGINA DA SILVA PENA**

**Inoculação com Fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas da espécie  
*Cedrela odorata***

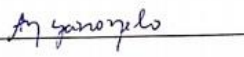
Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Ciências Ambientais.

Aprovado em: 27 de fevereiro de 2019


Prof. Dr. Romero Francisco Vieira Carneiro  
Instituição: UNIFAL-MG

Assinatura: 

Profa. Dra. Adriana Mayumi Yano de Melo  
Instituição: Univasf-PE

Assinatura: 

Prof. Dr. Breno Régis Santos  
Instituição: UNIFAL-MG

Assinatura: 

## **AGRADECIMENTOS**

Á Deus por dar a oportunidade de tentar e conseguir me tornar mestre.

Aos meu pais que sempre tiveram comigo e acreditou nos meus estudos.

A minha irmã que ao meu lado, me levantou sempre e me fez seguir em frente.

Ao meu marido pelo companheirismo e amor fez com que eu acreditasse que eu poderia conseguir seguir mestre e principalmente, pela sua grande ajuda tornou isso tudo possível.

Ao meu tio Carlos Antônio, que sempre me ofereceu ajuda para o que eu precisasse.

Á família, sem eles eu não estaria aqui.

Ao Jardim Botânico de Poços de Caldas, pela oportunidade de montar o experimento e pela ajuda dos funcionários.

Á Unifal e seus funcionários pela disponibilidade de usar o laboratório.

Á Univasf, principalmente á professora Adriana..... por deixar eu aprender e usar o laboratório, juntamente com suas alunas.

Á CAPES por apoiar o Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais.

## ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – <i>Cedrela odorata</i> .....	14
Figura 2 – Imagem da bancada de mudas e as respectivas lâmpadas fluorescentes.....	33
Figura 3 – Croqui do delineamento utilizado.....	35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores médios da taxa fotossintética ( $P_n$ , $\mu\text{mol CO}_2$ ) em mudas de <i>Cedrela odorata</i> , inoculadas com diferentes espécies de FMAs, cultivada em substratos que receberam diferentes níveis de inclusão de material orgânico reutilizado.....	36
Tabela 2 – Valores médios da condutância estomática ( $g_s$ : $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) em mudas de <i>Cedrela odorata</i> , inoculadas com diferentes espécies de FMAs, cultivada em substratos que receberam diferentes níveis de inclusão de material orgânico reutilizado em condição esterilizada por autoclavagem.....	37
Tabela 3 – Valores médios da taxa transpiração ( $E$ : $\mu\text{mol co}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) em mudas de <i>Cedrela odorata</i> , inoculadas com diferentes espécies de FMAs, cultivada em substratos que receberam diferentes níveis de inclusão de material orgânico, em experimento com e sem esterilização do substrato por autoclavagem.....	38
Tabela 4 – Valores médios da concentração intracelular de $\text{CO}_2$ ( $C_i$ , $\text{mmol mol}^{-1}$ ) em mudas de <i>Cedrela odorata</i> , cultivada em substratos autoclavados que receberam diferentes níveis de inclusão de material orgânico reutilizado.....	39
Tabela 5 – Valores médios da eficiência no uso da água ( $WUE$ , $\mu\text{mol co}_2 / \text{mmol H}_2\text{O}$ ) em mudas de <i>Cedrela odorata</i> , inoculadas com diferentes espécies de FMAs, cultivada em substratos que receberam diferentes níveis de inclusão de material orgânico reutilizado, em condição esterilizada por autoclavagem.....	40
Tabela 6 – Contraste entre espécies de FMAs inoculadas em <i>Cedrela odorata</i> , dentro de níveis de composto orgânico incluídos na obtenção do substrato, considerando a condição com substratos por esterilização <i>versus</i> substratos não estéril aplicando-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.....	42
Tabela 7 – Valores e significância para a correlação entre variáveis fisiológicas e parâmetros de FMAs, obtidos na produção de mudas da <i>Cedrela odorata</i> inoculada com diferentes espécies de FMAs em substratos que receberam níveis crescentes de inclusão de composto orgânico.....	45
Tabela 8 – Valores médios de produção de matéria seca da parte aérea (g) em mudas de <i>Cedrela odorata</i> , cultivada em substratos sem autoclavagem que receberam diferentes níveis de inclusão de composto orgânico reutilizado.....	45
Tabela 9 – Valores de produção de matéria seca da parte aérea (g) em mudas de <i>Cedrela odorata</i> , inoculadas com diferentes espécies de FMAs e cultivada em substratos autoclavados que receberam diferentes níveis de inclusão de composto orgânico reutilizado.....	46
Tabela 10 – Valores médios de matéria seca da raiz (g) de <i>Cedrela odorata</i> , cultivada em substrato autoclavado, inoculada com diferentes espécies de FMAs.....	47
Tabela 11 – Valores médios do número de glomerosporos em <i>Cedrela odorata</i> , cultivada em substratos autoclavados, inoculada com diferentes espécies de FMAs.....	48
Tabela 12 – Valores médios número de glomerosporos em mudas de <i>Cedrela odorata</i> , cultivada em substratos autoclavados que receberam diferentes níveis de inclusão de composto orgânico reutilizado.....	48

Tabela 13 – Valores médios do número de glomerosporos em mudas de <i>Cedrela odorata</i> , cultivada em substratos sem autoclavagem que receberam a inoculação com diferentes espécies de FMAs.....	49
Tabela 14 – Valores médios para o número de glomerosporos em mudas de <i>Cedrela odorata</i> , cultivada em substratos sem autoclavagem que receberam diferentes níveis de inclusão de material orgânico reutilizado.....	49
Tabela 15 – Valores médios da taxa de colonização em mudas (%) da <i>Cedrela odorata</i> , cultivada em substratos autoclavados que receberam diferentes níveis de inclusão de composto orgânico reutilizado.....	50
Tabela 16 – Valores médios da taxa de colonização em mudas (%) de <i>Cedrela odorata</i> , cultivada em substratos autoclavados inoculada com diferentes espécies de FMAs.....	51
Tabela 17 – Valores médios da taxa de colonização em mudas de <i>Cedrela odorata</i> , inoculadas com diferentes espécies de FMAs, cultivada em substratos sem autoclavagem que receberam diferentes níveis de inclusão de composto orgânico reutilizado.....	52
Tabela 18 – Valores médios da altura em mudas de <i>Cedrela odorata</i> , cultivada em substratos autoclavados que receberam diferentes níveis de inclusão de material orgânico reutilizado.....	52
Tabela 19 – Valores médios da altura em mudas de <i>Cedrela odorata</i> , cultivada em substratos autoclavados e inoculados com diferentes espécies de FMAs.....	53
Tabela 20 – Valores médios da altura em mudas de <i>Cedrela odorata</i> , cultivada em substratos sem autoclavagem que receberam diferentes níveis de inclusão de material orgânico.....	53
Tabela 21 – Valores e significância para a correlação entre as variáveis de crescimento e parâmetros de FMAs, obtidos na produção de mudas da <i>Cedrela odorata</i> inoculada com diferentes espécies de FMAs em substratos que receberam níveis crescentes de inclusão de composto orgânico.....	55



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	13
<b>2.1</b>	<b>Cedro - <i>Cedrela odorata</i></b> .....	13
<b>2.2</b>	<b>Características Gerais dos FMAs</b> .....	14
<b>2.3</b>	<b>Aspectos Fisiológicos</b> .....	16
<b>2.4</b>	<b>Produção de mudas: substrato e seu reaproveitamento</b> .....	17
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	19
<b>4</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	20
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	21
	<b>Capítulo 1 - Aspectos fisiológicos e de crescimento da <i>Cedrela odorata</i> sobre inoculação com fungos micorrízicos arbusculares</b> .....	27
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	30
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	32
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	36
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	56
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	57

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo estudar o nível de influência dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs): *Acaulospora longula*; *Claroideoglobus etunicatum* e a *Kuklospora colombiana*, sobre parâmetros fisiológicos e agrônômicos na espécie *Cedrela odorata*, conhecida popularmente como Cedro rosa. O experimento foi conduzido na Fundação Jardim Botânico de Poços de Caldas –MG. A inoculação foi realizada com substratos inóculos (solo: areia, proporção 1:1) obtidos após multiplicação das diferentes espécies de FMAs utilizando a *Brachiaria brizantha* como planta hospedeira. As mudas foram cultivadas em sacos plásticos preenchidos com substrato a base de uma mistura de amostra de um latossolo vermelho distrófico com areia (1:1, v/v), que posteriormente receberam diferentes níveis de inclusão de composto orgânico de (0, 25, 50 e 75%) utilizado. Por hipótese, assumiu-se que aspectos fisiológicos, agrônômicos e microbiológicos das mudas de *Cedrela odorata* são alterados em função da inoculação com diferentes espécies de FMAs associadas a diferentes níveis de inclusão de composto orgânico ao substrato. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 4 com 8 repetições sendo: 3 espécies de FMA mais 1 controle sem inoculação, 4 níveis de inclusão de composto orgânico, e 2 condições microbiológicas experimentais, sendo com e sem autoclavagem do substrato obtido. As espécies de FMAs com melhores respostas nos parâmetros fisiológicos de mudas de *Cedrela odorata* foram a *Acaulospora longula* e a *Claroideoglobus etunicatum*. A inoculação com a espécie *A. longula*, em substrato autoclavado, promove maior altura das mudas, o que pode contribuir para a redução do tempo de permanência da muda no viveiro.

Palavras Chaves: fisiologia, glomerosporos, substratos, composto orgânico.

## ABSTRACT

The objective of this work was to study the level of influence of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF): *Acaulospora longula*; *Claroideoglossum etunicatum* and the *Kuklospora colombiana*, on physiological and agronomic parameters in the *Cedrela odorata* species, popularly known as Cedro rosa. The experiment was conducted at the Botanic Garden Foundation of Poços de Caldas-MG. The inoculation was performed with inoculum substrates (soil: sand, ratio 1: 1) obtained after multiplication of the different FMA species using *Brachiaria brizantha* as host plant. The seedlings were grown in plastic bags filled with substrate based on a sample mixture of a dystrophic red latosol with sand (1: 1, v / v), which subsequently received different levels of inclusion of organic compound of (0, 25, 50 and 75%) used. It was hypothesized that the physiological, agronomic and microbiological aspects of *Cedrela odorata* seedlings are altered as a result of inoculation with different AMF species associated to different levels of organic compound addition to the substrate. The experimental design was completely randomized, in a 4 x 4 factorial scheme with 8 replicates: 3 FMA species plus 1 control without inoculation, 4 inclusion levels of organic compound, and 2 experimental microbiological conditions, with and without autoclaving of the substrate obtained. The FMA species with the best responses in the physiological parameters of *Cedrela odorata* seedlings were *Acaulospora longula* and *Claroideoglossum etunicatum*. The inoculation with the species *A. longula*, in an autoclaved substrate, promotes higher height of the seedlings, which may contribute to the reduction of the dwell time of the seedling in the nursery.

Key words: physiology, glomerospores, substrates, organic compound.

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização de espécies arbóreas nativas na recuperação de áreas degradadas, além de representar uma prática minimizadora de impacto ambiental, também pode promover incremento e manutenção da biodiversidade associada às mesmas. Entende-se por áreas degradadas toda região que tem suas características naturais alteradas negativamente, comprometendo os processos físicos, químicos e biológicos do solo (ZUQUETTE; RODRIGUES; PEJON, 2013).

Quando o ambiente consegue a recuperação da vegetação através de espécies arbóreas, o solo garante a proteção e a recuperação de nutrientes com ajuda da microorganismos do solo, os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), que auxiliam positivamente nos processos de recuperação das áreas degradadas, sobretudo em razão da influência que promovem na adaptação das plantas aos estresses bióticos e abióticos do solo (SMITH; READ, 2010; RAMOS et al., 2011).

De uma forma econômica e ecológica, os FMAs oferecem algumas técnicas moleculares que podem ser usadas para identificar a variabilidade de espécie em ambientes degradados e de origem, sendo que a ocorrência destes em ambientes impactados, no Brasil, são escassos (MERGULHÃO et al., 2014), são considerados método de controle biológico, o que faz diminuir custos na produção e pode aumentar o lucro de uma produção.

Estes fungos micorrízicos arbusculares exercem efeitos marcantes sobre as plantas através da melhoria nutricional, especialmente quanto ao fósforo (P), tolerância a estresse abiótico, favorecimento das relações hídricas, e dos efeitos fisiológicos que levam a um melhor estabelecimento das plantas. De acordo com Soares e Carneiro (2010), em razão dos benefícios nutricionais que promovem, estes fungos desencadeiam aumento da capacidade de sobrevivência das plantas e podem configurar-se em elemento crítico em programas de recuperação de ambientes degradados (HARRISON, 2005; RAMOS; FAÇANHA; FEIJÓ, 2008; SOARES; CARNEIRO, 2010).

Os FMAs podem ser inoculados na formação de mudas em viveiros logo, nas culturas que passam por esta etapa, têm-se os maiores registros de sucesso de uso desta tecnologia (ZANGARO; ANDRADE, 2002; CARNEIRO et al., 2004). Estes autores

relataram que a inoculação de FMAs em espécies arbóreas no estágio de mudas, levou ainda à uma maior taxa de sobrevivência quando levadas para o campo.

Para a produção de mudas ressalta-se o uso de substrato de reuso pela sua importância em reduzir o custo de produção da muda, reduzindo a necessidade de aquisição de novos substratos. Fernandes (2006) destacou ainda a possibilidade de redução do impacto ambiental, já que possibilita o aproveitamento do volume oriundo de mudas que seriam descartadas ainda no viveiro.

Assim, o trabalho teve o objetivo de testar a hipótese de que a inoculação com FMAs na produção de mudas de *Cedrela odorata* promove alterações benéficas sobre parâmetros morfofisiológicos e agrônômicos desta espécie e, desta forma, mensurar a magnitude de tais alterações.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Cedro - *Cedrela odorata*

*Cedrela odorata* é conhecida como cedro rosa segundo Fernandes (2018), é recomendada para restauração, arborização urbana possui potencial paisagístico e recuperação de áreas degradadas. A árvore é muito explorada para madeira tanto no mercado nacional como internacional (CARVALHO, 2010). A espécie é caducifólia de tronco reto com sapopemas quase sempre presentes, tem sua ocorrência em bosques perinófilos tropicais e caducifólios com solo que possuam boa drenagem chegando até 35 m de altura em áreas de 2500 a 4000 mm/ano de precipitação, mas com menor desenvolvimento em áreas mais secas (TOMAZELLO-FILHO et al., 2000).

É uma árvore nativa do Brasil pertence à família Meliaceae, não é uma planta endêmica, e está presente em áreas fitogeográficas da Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica, particularmente no Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil com baixa frequência na região amazônica e prefere solos profundos e úmidos (LOCATELLI; MACEDO; VIEIRA, 2006).

O tronco da árvore apresenta um aroma bem agradável, de coloração avermelhada com fissuras bem visíveis, longas, profundas coberto pela casca de coloração rosado amarelado e sua madeira avermelhada (DAVILA et al., 2008). Suas folhas são compostas e alternadas com 6 a 12 pares de folíolos opostos e com folíolo terminal atrofiado. As flores do Cedro são amarelas pálidas, unissexuais, cálice em cúpula, corola livre e sépalas pequenas. Os frutos são marrons-acinzentados capsulados e com presença de pequenas lenticelas (DAVILA et al., 2008).

De acordo com Ramalho (2003), a espécie *Cedrela odorata* apresenta alta capacidade de adaptação em áreas degradadas e de matas ciliares, apresenta também altos índices de germinação, crescimento rápido, não possuem fase de dormência e se desenvolve em clareiras pequenas ou, mais raramente, no sub-bosque, bem como em sombreamento próximo às espécies pioneiras e em um trabalho demonstrado por Rodríguez-Morelos et al. (2011), mostram que a *Cedrela odorata* poder ser usada em programas de reflorestamento.

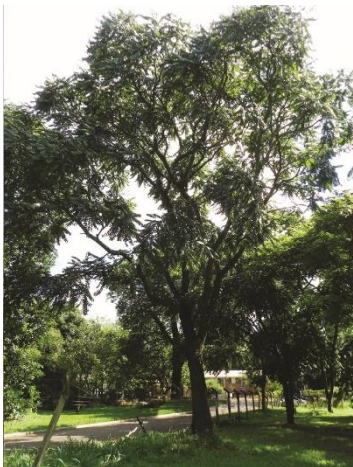


Figura 1 - *Cedrela odorata*.

Fonte: Rede de catálogos polínicos online.

## 2.2 Características gerais dos FMAs

Os FMAs que formam simbiose em associação mutualística com a maioria das plantas. São simbiontes obrigatórios, dependem das plantas para sua multiplicação, não existindo evidências de que se reproduzam sexuadamente (SANDERS, 2002). Participam de relações mutualísticas com aproximadamente 80% das plantas atuando como uma extensão no sistema radicular contribuindo para a maior absorção de nutrientes e de água (SIQUEIRA; LAMBAIS; STURMER, 2002).

Segundo Spatafora et al. (2016), os FMAs são organismos biotróficos pertencentes ao filo *Mucoromycota*, subfilo *Glomeromycotina*, estabelecendo uma simbiose mutualista com raízes de angiospermas, gimnospermas, além de alguns representantes das briófitas e pteridófitas possuindo papel importante na manutenção e produtividade da biodiversidade no ecossistema terrestre (SOUZA et al., 2010). Alguns autores relataram que os FMAs compreendem um grupo com 300 espécies (RHATWAL; GANDHE, 2009, ÖPIK; DAVISON, 2016; DE ANDRADE; FURRAZOLA; CUENCA, 2017, BŁASZKOWSKI et al., 2017; GOTO; JOBIM, 2017).

A inoculação de FMAs em espécies arbóreas tem grande importância para os ecossistemas, já que estes promovem benefícios em relação a absorção de nutrientes e água às plantas, assim como agregação e estabilidade dos solos (AUGÉ et al., 2001). Os FMAs apresentam ainda como vantagem o fato de aumentarem a capacidade competitiva das

espécies vegetais em diversas condições ambientais, contribuindo significativamente para a estruturação das comunidades vegetais, moduladas pela condição de fertilidade do solo (FLORES-AYLAS et al., 2003). Estes destacaram ainda, que influenciam o processo de revegetação de áreas degradadas de forma relevante, sobretudo em solos com baixa concentração de fósforo (P) como é o caso da maioria dos solos tropicais.

A associação simbiótica entre FMAs e plantas desempenham papel importante na ciclagem de nutrientes, na medida em que aumentam a aquisição de nutrientes para as plantas refletindo no crescimento das mesmas e, conseqüentemente, no aporte de carbono e lipídeo para o solo (BETHLENFALVAY; SCHUEPP, 1994). Segundo Smith e Read (2010), a simbiose entre fungos e plantas, envolve a transferência de nutrientes para ambos os simbiontes, onde a planta é beneficiada especialmente pelo fósforo (P) e o fungo pelo carbono. Suas hifas podem fornecer incremento de até 80% na absorção de P, 60% de cobre (Cu), 25% de nitrogênio (N), 25% de zinco (Zn) e 10% de potássio (K) para a planta hospedeira, gerando um aumento na taxa fotossintética da planta.

Em estudo realizado por Sugai et al. (2011), com o Angico (*Anadenanthera macrocarpa*) ficou evidenciado a elevada dependência micorrízica dessa espécie, e sua sobrevivência é altamente comprometida em solos sem a presença de FMA, a menos que seja aplicado fertilizante.

Plantas micorrizadas adquirem um crescimento mais rápido, além de requererem menos insumos agrícolas tolerando mais o estresse do transplante para o campo. A inoculação das mudas favorece o seu crescimento inicial no viveiro e, posteriormente, o estabelecimento da muda no campo, além de ser considerada essencial em programas de reflorestamento de áreas degradadas e em recuperação ambiental (FRANCO et al., 1992).

Os FMAs podem ser encontrados no solo e estão diretamente relacionados com o manejo e fertilidade do solo (LOSS et al., 2009). Assim, além dos benefícios sobre os aspectos químicos mencionados, apresentam papel relevante por beneficiarem as plantas também contra estresses físicos e biológicos (BERBARA; SOUZA; FONSECA, 2006).

Nas diversas situações de degradação (solos agrícolas, áreas desmatadas, áreas mineradas, solos contaminados por metais e produtos químicos), estudos comprovam a importância das micorrizas como agentes fundamentais na recuperação dessas áreas (BI et al., 2005; ZUQUETTE et al., 2013).



Outro aspecto importante dos FMAs é a sua influência no crescimento de plantas em ambientes com presença de metais pesados ou resíduo orgânico tóxicos. Klauberg-Filho (1999) avaliou a eficiência simbiótica de diferentes isolados de FMAs no crescimento da parte aérea da gramínea *Panicum maximum* e observou que a inoculação com *Glomus clarum* - Gerdemann e Trappe (1974), e *Scutellospora fulgida* - Morton e Benny (1990), retirados da área contaminada com elementos-traço, promoveram aumentos de produção de matéria seca em 47% e 31%, respectivamente.

Como importante componente da estrutura do solo, os FMAs promovem uma ampla gama de serviços ecossistêmicos em razão do acesso de um maior volume de solo explorado pelas plantas, permitindo maior equilíbrio no funcionamento das comunidades vegetais terrestres, e podendo até aumentar a reprodução de plantas hospedeiras associadas (JAYNE; QUIGLEY, 2014).

### **2.3 Aspectos fisiológicos**

Vários estudos com FMAs tem se desenvolvido e aumentado as perspectivas de sua aplicação na agricultura e em programas de recuperação de áreas degradadas. Como relatado anteriormente, os FMAs são organismos benéficos para os vegetais, sobretudo em razão do estímulo que promovem no crescimento das plantas, resultando num aumento da capacidade competitiva das plantas no ambiente.

Trabalhos como o de Yooyongwech et al. (2016), mostraram que os FMAs podem aumentar a produção de hormônios e enzimas protetoras de das plantas, contribuindo com a regulação de substâncias de osmorregulação, na eficiência do uso da água e de taxa fotossintética (XIE et al., 2014). Os FMAs também contribuem na dinâmica de carbono e outros elementos e em mudanças ambientais podendo regular respostas ecofisiológicas das plantas (RILLING; TRESEDER; ALLEN, 2002; EVELIN GIRI; KAPOOR, 2013).

Programas de melhoramento vegetal têm focado em características morfológicas do sistema radicular para a seleção de plantas eficientes na absorção de P e de água e a contribuição de FMAs devem ser considerados na seleção desses materiais (LYNCH; BROWN, 2012). Trabalhos com o milho têm mostrado que os FMAs aumentam a circulação de água nas plantas comparado as plantas sem inoculação, por vias apoplásticas,

com a presença de FMAs, ocorre um fluxo de carboidratos, mais intenso, no sentido radicular, que será utilizada para a sua nutrição e outra parte acumulada nos tecidos de armazenamento da planta, como reserva (SCATENA; SCREMIN-DIAS, 2003; BÁRZANA et al., 2012).

## **2.4 Produção de mudas: substrato e seu reaproveitamento**

O substrato é conhecido como um material natural, sintético ou residual, mineral ou orgânico distinto do solo. Usado como mistura ou de forma pura em recipientes, proporciona o suporte para a planta e para o desenvolvimento do seu sistema radicular. Pode ser mistura de materiais que contenham características químicas e físicas favoráveis para o desenvolvimento da muda (WENDLING; GATTO, 2002; GOMES; PAIVA, 2004).

De acordo com Vence (2008), para uma planta, o substrato seria aquele material considerado puro ou em mistura que, colocado em um recipiente, proporcione a fixação da planta em níveis satisfatórios de água e oxigênio para o seu pleno desenvolvimento. Na legislação brasileira, segundo Brasil (2004), o substrato seria aquele que fornece o crescimento para uma planta, e por Silva et al. (2011), contribui para formação de mudas com qualidade superior tendo como suas principais funções a nutrição e a sustentação da planta (DALANHOL et al., 2016). Segundo Padovani (2006), um substrato de qualidade deve manter uma adequada retenção de água e de nutrientes para as mudas, reflexo de sua densidade aparente e porosidade.

Para a produção de mudas florestais de boa qualidade é necessário que se tenha um substrato que apresente características físicas e químicas, porosidade alta, boa consistência, alta capacidade de retenção, fornecimento de nutrientes e de água e que o solo seja inoculado com FMAs (SIQUEIRA, 1995). De acordo com Oliveira et al. (2014), estudos de avaliação dos substrato em espécies florestais, nativas têm aumentado com intuito de reduzir custos e melhoria no crescimento e desenvolvimento de mudas de qualidade. Alguns estudos apontam substratos para a produção de mudas florestais como vermiculita, terra, areia e terra, alguns compostos comerciais, vermicomposto, Mesquita et al. (2011), usaram, por exemplo, o solo com esterco bovino. Já para a produção da *Cedrela odorata*, Roweder et al. (2012), usaram o substrato de húmus de minhoca.

No entanto, o cultivo através do substrato exige investimento alto, principalmente em grandes viveiros de mudas florestais. Assim a prática de reutilização de alguns substratos torna possível reduzir o custo de produção minimizando os custos com a compra de novos substratos. Além disso, o reaproveitamento possibilita a redução do volume do substrato descartado e, com isso, reduz-se o impacto ambiental da atividade (FERNANDES et al., 2006).

Com o reaproveitamento de substrato, há necessidade do mesmo passar pelo processo esterilização evitando a transmissão de pragas, patógenos e sementes indesejadas, que possam ter sido geradas em cultivos anteriores. E, também, a introdução de substratos em diferentes proporções, pode reduzir os custos de produção das mudas e aproveitar esses substratos que anteriormente seriam descartados, como no caso do trabalho desenvolvido com a *C. odorata* (OLIVEIRA, et al., 2014).

### **3. JUSTIFICATIVA**

A inoculação com FMAs pode contribuir para a redução de insumos agrícolas sem comprometer o vigor e o crescimento de mudas em viveiros florestais. Assim, espera-se ampliar o conhecimento sobre o crescimento e morfofisiologia da *Cedrela odorata* inoculada com FMAs em viveiro, espécie esta incluída na lista espécies ameaçadas de extinção.

#### 4 OBJETIVOS

Avaliar a resposta da *Cedrela odorata* quanto a parâmetros agronômicos, fisiológicos e microbiológicos na fase de produção de mudas, influenciada pela inoculação com os fungos micorrízicos arbusculares: *Acaulospora longula*; *Claroideoglossum etunicatum* e a *Kuklospora colombiana*, associados a diferentes níveis de inclusão de composto orgânico ao substrato; em condições com ou sem esterilização por autoclavagem.

## REFERÊNCIAS

AUGÉ, R. M. et al. Moisture retention properties of a mycorrhizal soil. **Plant and Soil**, v. 230, n. 1, p. 87-97, 2001.

BÁRZANA, G. et al. Arbuscular mycorrhizal symbiosis increases relative apoplastic water flow in roots of the host plant under both well-watered and drought stress conditions. **Annals of Botany**, v. 109, n. 5, p. 1009-1017, 2012.

BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A.; FONSECA, H. M. A. C. Fungos micorrízicos arbusculares: muito além da nutrição. **Nutrição mineral de plantas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 53-88, 2006.

BETHLENFALVAY, G. J.; BAREA, J.-M. Mycorrhizae in sustainable agriculture. I. Effects on seed yield and soil aggregation. **American Journal of Alternative Agriculture**, v. 9, n. 4, p. 157-161, 1994.

BI, Yin-Li; WU, Fu-Yong; WU, Yu-Kun. Application of arbuscular mycorrhizas in ecological restoration of areas affected by coal mining in China [J]. **Acta Ecologica Sinica**, v. 8, 2005.

BŁASZKOWSKI, J. et al. A new family, Pervetustaceae with a new genus, Pervetustus, and *P. simplex* sp. nov.(Paraglomerales), and a new genus, Innospora with *I. majewskii* comb. nov.(Paraglomeraceae) in the Glomeromycotina. **Nova Hedwigia**, v. 105, n. 3-4, p. 397-410, 2017.

BRASIL. Decreto nº 4954, de 2004. **Regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980**, Brasília, DF, Seção 1, p.2, jan. de 2004.

CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; DAVIDE, A. C. Fósforo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento de mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec). **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, p. 119-125, 2004.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, v. 4, p. 644, 2010.

COLOZZI-FILHO, A.; NOGUEIRA, M. A. Micorrizas arbusculares em plantas tropicais: café, mandioca e cana-de-açúcar. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**, p. 39, 2007.

DALANHOL, S. J. et al. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares e da adubação no crescimento de mudas de *Eugenia uniflora* L., produzidas em diferentes substratos. **Embrapa Florestas-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2016.

DAVILA, N.; HONORIO, E.; SALAZAR, V. Fichas de identificación de especies maderables de Loreto. **Perú-IIAP, Proyecto Focal Bosques, Iquitos**, v. 30, 2008.

DE-ANDRADE, Z.; FURRAZOLA, E.; CUENCA, G. *Scutellospora tepuiensis* sp. nov. from the highland tepuis of Venezuela. **Mycotaxon**, v. 132, n. 1, p. 9-18, 2017.

EVELIN, H.; GIRI, B.; KAPOOR, R. Ultrastructural evidence for AMF mediated salt stress mitigation in *Trigonella foenum-graecum*. **Mycorrhiza**, v. 23, n. 1, p. 71-86, 2013.

FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; BRAZ, L. T. Alterações nas propriedades físicas de substratos para cultivo de tomate cereja, em função de sua reutilização. **Horticultura brasileira**, v. 24, n. 1, p. 94-98, 2006.

FERNANDES, N. C. L.; VALLE, M. L. A.; CALDERON, C. M. A. Physical and anatomical characteristics of *Cedrela odorata* L. and *Cedrelinga cateniformis* Ducke. **Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 1, 2018.

LORES-AYLAS, W. W. et al. Efeito de *Glomus etunicatum* e fósforo no crescimento inicial de espécies arbóreas em semeadura direta. **Área de Informação da Sede-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2003.

FRANCO, A. A. et al. Uso de leguminosas florestais noduladas e micorrizadas como agentes de recuperação e manutenção da vida do solo: um modelo tecnológico. **Ecologia Brasiliensis, UFRJ, Rio de Janeiro, 616p**, 1992.

GERDEMANN, J. W.; TRAPPE, J. M. **The endogonaceae in the Pacific Northwest**. n. 5, 1974.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. Viveiros florestais: propagação sexuada. **Viçosa: UFV**, v. 3, p. 393, 2004.

GOTO, B. T.; JOBIM, K. **Laboratório de Biologia de Micorrizas**. Disponível em: <<http://glomeromycota.wixsite.com/lbmicorrizas>>. Acesso em: 28 de jan. 2019.

HARRISON, M. J. Signaling in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Annu. Rev. Microbiol.**, v. 59, p. 19-42, 2005.

JAYNE, B., QUIGLEY, M. Influence of arbuscular mycorrhiza on growth and reproductive response of plants under water deficit: a meta-analysis. **Mycorrhiza**, v. 24, n. 2, p. 109-119, 2014.

KLAUBERG-FILHO, O. **Ecologia e atividade de fungos micorrízicos arbusculares em solo poluído com metais pesados**. 199. 161f. Tese (Doutorado em Ecologia) – UFLA, Lavras, 1999.

LOCATELLI, M.; MACEDO, R. S.; VIEIRA, A. H. Caracterização de sintomas de deficiências em cedro rosa (*Cedrela odorata* L.). **Embrapa Rondônia-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2006.

LOSS, A. et al. Atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo em sistema integrado de produção agroecológica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 1, p. 68-75, 2009.

LYNCH, J. P.; BROWN, K. M. New roots for agriculture: exploiting the root phenome. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 367, n. 1595, p. 1598-1604, 2012.

MESQUITA, J. B. et al. Avaliação da composição de substratos em recipientes na produção de mudas de jenipapo (*Genipa americana* L.). **Natural Resources**, v. 1, n. 1, p. 37-45, 2011.

MERGULHÃO, A. C. E. S. et al. Caracterização morfológica e molecular de fungos micorrízicos arbusculares isolados de áreas de mineração de gesso, Araripina, PE, Brasil. **Hoehnea**, v. 41, n. 3, p. 393-400, 2014.

MORTON, J. B. A new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families, Aculosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. **Mycotaxon**, v. 37, p. 471-491, 1990.



OLIVEIRA, L. R.; LIMA, S. F.; LIMA, A. P. L. Crescimento de mudas de cedro-rosa em diferentes substratos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 79, p. 187-195, 2014.

ÖPIK, M.; DAVISON, J. Uniting species-and community-oriented approaches to understand arbuscular mycorrhizal fungal diversity. **Fungal Ecology**, v. 24, p. 106-113, 2016.

PADOVANI, V. C. R. **Composto orgânico de lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de árvores nativas e exóticas**. 2006. 161f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

RAMALHO, P. E. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003.

RAMOS, A. C, FAÇANHA, A. R, FEIJÓ, J. A. Ion dynamics during the polarized growth of arbuscular mycorrhizal fungi: from presymbiosis to symbiosis. In: **Mycorrhiza**. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 241-260, 2008.

RAMOS, A. C. et al. An outlook on ion signaling and ionome of mycorrhizal symbiosis. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 23, n. 1, p. 79-89, 2011.

RHATWAL, S.; GANDHE, R.V. Entrophospora hexagonii, a new arbuscular mycorrhizal fungal species from India. **Journal of Mycology and Plant Pathology**, v. 39, n. 3, p. 402, 2009.

RILLIG, M. C.; TRESEDER, K. K.; ALLEN, M. F. Global change and mycorrhizal fungi. In: **Mycorrhizal ecology**. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 135-160, 2002.

RODRÍGUEZ-MORELOS, V. H. et al. Los hongos micorrízicos arbusculares y su implicación en la producción y manejo de especies neotropicales forestales, con énfasis en meliáceas. **Interciencia**, v. 36, n. 8, 2011.

ROWEDER, C.; SOUZA-NASCIMENTO, M.; SILVA, J. B. Uso de diferentes substratos e ambiência na germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de cedro. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 5, n. 1, p. 27-46, 2012.

SANDERS, I. R. Ecology and evolution of multigenomic arbuscular mycorrhizal fungi. **the american naturalist**, v. 160, n. S4, p. S128-S141, 2002.

SCATENA, V. L.; SCREMIN-DIAS, E. Parênquima, colênquima esclerênquima. In: APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia Vegetal**. Viçosa: Editora Universidade Federal de Viçosa, 2003, cap. 4, p.109-127.

SILVA, R. P.; PEIXOTO, J. R.; JUNQUEIRA, N. T. V. Influência de diversos substratos no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims f. flavicarpa DEG). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 377-381, 2001.

SIQUEIRA, J. O. Micorrizas: forma e função. **REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS**, v. 1, p. 5-32, 1995.

SIQUERA, J. O.; LAMBAIS, M. R.; STURMER, S. L. Fungos micorrízicos arbusculares-características, associação simbiótica e aplicação na agricultura. **Biociência**, v. 4, 2002.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. Academic Press, v. 3, n. 6, p. 12-23, 2010.

SOARES, C. R. F. S.; CARNEIRO, M. A. C. Micorrizas arbusculares na recuperação de áreas degradadas. **Micorrizas**, v. 30, p. 441-474, 2010.

SOUZA, F. A. et al. Classificação e taxonomia de fungos micorrízicos arbusculares e sua diversidade e ocorrência no Brasil. **Micorrizas**, v. 30, p. 15-73, 2010.

SPATAFORA, J. W. et al. A phylum-level phylogenetic classification of zygomycete fungi based on genome-scale data. **Mycologia**, v. 108, n. 5, p. 1028-1046, 2016.

SUGAI, M. A. A.; COLLIER, L. S.; SAGGIN-JÚNIOR, O. J. Inoculação micorrízica no crescimento de mudas de angico em solo de cerrado. **Bragantia, Campinas**, v. 70, n. 2, p.416-423, 2011.

TOMAZELLO-FILHO, M. et al. Periodicidade e taxa de crescimento de espécies florestais decíduas *Tabebuia serratifolia*, ipê amarelo, *Bignoniaceae* e *Cedrela fissilis*, cedro, *Meliaceae* e *Perenifólias* *Dipteryx alata*, Cumarú, *Leg. Faboideae* e *Esenbeckia leiocarpa*, Guarantã, *Rutaceae* na região sudeste do Estado de São Paulo. **A botânica nas grandes metrópoles; programa e resumos**, 2000.

VENCE, L. B. Disponibilidad de agua-aire en sustratos para plantas. **Ciencia del Suelo**, v.26, n. 2, p.105-114, 2008.

XIE, X. et al. Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation and phosphorus supply on the growth and nutrient uptake of *Kandelia obovata* (Sheue, Liu & Yong) seedlings in autoclaved soil. **Applied Soil Ecology**, v. 75, p. 162-171, 2014.

YOOYONGWECH, S. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) improved water deficit tolerance in two different sweet potato genotypes involves osmotic adjustments via soluble sugar and free proline. **Scientia horticulturae**, v. 198, p. 107-117, 2016.

ZANGARO, W.; ANDRADE, G. Micorrizas arbusculares em espécies arbóreas nativas da bacia do rio Tibagi. **A bacia do rio Tibagi (ME Medri, E. Bianchini, OA Shibatta & JA Pimenta, eds.)**. Edição dos Editores, Londrina, p. 173-212, 2002.

ZUQUETTE, L. V.; RODRIGUES, V. G. S.; PEJON, O. J. Recuperação de áreas degradadas. **Revista Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia e Gestão**, v. 13, p. 589-619, 2013.

WENDLING, I.; GATTO, A. Substratos, adubação, e irrigação na produção de mudas. Coleção jardins e paisagismo. **Serie produção de mudas ornamentais**, v. 2, 2002.

**Capítulo 1 - Aspectos fisiológicos e de crescimento da *cedrela odorata* sobre inoculação com fungos micorrízicos arbusculares**

**Mariela Regina da Silva Pena Lourençoni<sup>1</sup>, Romero Francisco Vieira Carneiro<sup>2</sup>,  
Thiago Corrêa de Souza<sup>3</sup>**

## RESUMO

Este trabalho teve o objetivo de avaliar respostas fisiológicas e morfológicas das raízes da *Cedrela odorata* na fase de produção de mudas, influenciadas pela inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). O experimento foi executado em delineamento inteiramente casualizado (DIC) num esquema fatorial 4 x 4 com 8 repetições, sendo 4 tratamentos de inoculação com 3 espécies de micorrizas (*Acaulospora longula*, *Claroideoglomus etunicatum*, *Kuklospora colombiana*) e sem inoculação; quatro composições de substrato com níveis (0, 25, 50 e 75%) de inclusão de composto orgânico reutilizado, constituído por uma mistura de terra de barranco e areia (na proporção v:v). Após a obtenção das misturas metade foi submetida a esterilização por autoclavagem e a outra mantida sob condições naturais. Os FMAs que promoveram os melhores benefícios nos parâmetros fisiológicos e de crescimento em mudas de *Cedrela odorata* foram os *Acaulospora longula* e *Claroideoglomus etunicatum*. O nível de substrato 0% (ou seja, a não utilização do composto) foi superior aos demais níveis, exceto para condutância estomática e concentração intracelular de CO<sub>2</sub>. A autoclavagem do substrato não influenciou os parâmetros fisiológicos dentro dos tratamentos de inoculação com FMAs. A inclusão do composto orgânico no substrato para a produção da muda, favorece o significativa apenas aumento de matéria seca da parte aérea e raiz, o número de glomerosporos e a colonização micorrízica. Verificou-se correlação entre altura e matéria seca da parte aérea com a inoculação da espécie *K. colombiana*.

Palavras-Chaves: trocas gasosas, cedro, substrato, autoclavagem, colonização

## ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the physiological and morphological responses of *Cedrela odorata* roots in the seedling production phase, influenced by the inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF). The experiment was carried out in a completely randomized design (DIC) in a 4 x 4 factorial scheme with 8 replications, 4 inoculation treatments with 3 mycorrhizal species (*Acaulospora longula*, *Claroideoglossum etunicatum*, *Kuklospora colombiana*) and without inoculation; four substrate compositions with levels (0, 25, 50 and 75%) of inclusion of reused organic compound, consisting of a mixture of ravine earth and sand (in the ratio v: v). After obtaining the mixtures half was sterilized by autoclaving and the other maintained under natural conditions. The FMAs that promoted the best benefits in the physiological and growth parameters in *Cedrela odorata* seedlings were *Acaulospora longula* and *Claroideoglossum etunicatum*. Substrate level 0% (ie no use of the compound) was higher than the other levels except for stomatal conductance and intracellular CO<sub>2</sub> concentration. Autoclaving of the substrate did not influence the physiological parameters within the FMA inoculation treatments. The inclusion of the organic compound in the substrate for seedling production favors the significant increase in area and root dry matter, number of glomerospores and mycorrhizal colonization. There was a correlation between shoot height and shoot dry matter with inoculation of the Colombian K. species.

Keywords: gas exchange, cedar, substrate, autoclaving, colonization

## 1 INTRODUÇÃO

A reintrodução de espécies arbóreas nativas tem importância na redução do impacto ambiental, pelo incremento e manutenção da biodiversidade que elas promovem. Segundo Barral et al. (2015), a reestruturação pode promover um crescimento na biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos em ambientes agrícolas. Plantios florestais podem contribuir, não só como produção comercial, mas para diversos serviços ambientais e sociais (SILVA et al., 2016).

Como espécie florestal e nativa, a *Cedrela odorata* conhecida como cedro rosa é uma espécie de rápido crescimento inicial, que apresenta alta capacidade de adaptação em áreas degradadas e em matas ciliares (CARVALHO, 2003). Em regiões em que o reflorestamento possa ter como obstáculo restrições nutricionais do solo, a inoculação da muda com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), por exemplo, pode promover benefícios significativos, como a redução da permanência no viveiro e o aumento da taxa de pegamento da muda no campo (CARNEIRO; SIQUEIRA; DAVIDE, 2004). Em trabalho de Méndez-Cortés et al. (2013), com a *C. odorata*, por exemplo, obteve alto número de esporos e taxa de colonização micorrízica com mudas nativas de floresta média subperennifolia e alta perennifolia, além de ser uma espécie de alto valor econômico sendo sua madeira considerada segundo maior produto em florestas tropicais (OROS-ORTEGA et al., 2015).

Os FMAs são microrganismos que pertencem ao Filo mucoromycota (TEDERSOO et al., 2018), considerados biotróficos obrigatórios, que se associam com raízes de gimnospermas e angiospermas formando relação simbiótica mutualista com as plantas (REDECKER et al., 2013) podem ser considerados como fator de sustentabilidade para o ecossistema terrestre, sobretudo por sua atuação em potencializar a absorção de nutriente e água pelas plantas (SILVA et al., 2017).

Augé (2004) demonstrou que o estresse hídrico é minimizado em plantas inoculadas devido ao ganho e transferência da água através da hifa fúngica para a planta, com reflexos nas trocas gasosas das folhas (NEUMANN et al., 2009; FROSI et al., 2016). Os FMAs são capazes de modificar a estrutura físico-química do solo contribuindo para a sua estruturação, sobretudo por meio das hifas extra radiculares e exsudatos que liberam (FOLLI-PEREIRA et al., 2012). Os FMAs adquirem compostos orgânicos provenientes do processo fotossintéticos das plantas, e em contrapartida repassam nutrientes para as mesmas, em especial aqueles de baixa mobilidade no solo como o P (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Para uma produção de mudas, ressalta-se ainda a importância do reuso de substratos a base de composto orgânico, podendo assim reduzir os custos de produção das mudas evitando gastos com a aquisição de novos substratos. Fernandes et al. (2006), afirmaram ainda, a possibilidade de redução do impacto ambiental, já que com o reuso, tem-se uma redução do volume de substrato descartado.

Objetivou-se avaliar as respostas fisiológicas e de crescimento da *Cedrela odorata* à inoculação com três espécies de FMA: *Acaulospora longula*, *Claroideoglossum etunicatum* e a *Kuklospora colombiana* no processo de obtenção da muda em substratos, esterilizados ou não, que receberam níveis crescentes de inclusão de material orgânico reutilizado.



## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre os meses de Setembro de 2017 a fevereiro de 2018, com duração cinco meses, no laboratório da Fundação Jardim Botânico de Poços de Caldas - MG (21°46' 40.20" S 46° 37' 8.89" W), em condições controladas de iluminação e temperatura numa bancada de madeira devidamente montada para receber as mudas em saquinhos plásticos (FIGURA 2) em área coberta dentro do laboratório.

Na bancada foram utilizadas 10 lâmpadas fluorescentes de 32W/127V, espaçadas em 0,4 m e mantidas sempre a uma distância de 0,3 m em relação ao meristema apical das mudas (FIGURA 2). O fotoperíodo adotado durante todo o período experimental foi de 16 horas de luz no intuito de simular o fotoperíodo diário médio.



Figura 2 - Imagem da bancada de mudas e as respectivas lâmpadas fluorescentes.

Fonte: Autoria própria.

As espécies de FMAs foram multiplicadas previamente em substrato autoclavado a base de terra de barranco de um latossolo vermelho distrófico e areia (1:1) utilizando a *Brachiaria brizantha* como planta hospedeira. A mistura terra de barranco e areia utilizada para o experimento apresentou as seguintes características químicas segundo metodologia da Embrapa (1997): pH = 5,9; P = 14 mg dm<sup>-3</sup>; K = 0,5 mmolc dm<sup>-3</sup>; Ca = 15 mmolc dm<sup>-3</sup>; Mg = 12 mmolc dm<sup>-3</sup>; Al = 0 mmolc dm<sup>-3</sup>; H+Al = 19 mmolc dm<sup>-3</sup>; soma das bases = 17,5 mmolc dm<sup>-3</sup>; saturação por base = 48%. O substrato orgânico (Organopoços) de reuso utilizado na composição da mistura final do experimento apresentou as características químicas, segundo metodologia do Mapa (2007): pH (CaCl<sub>2</sub>) = 7,4; N = 0,69%; P = 0,74%; K = 0,26%; B = 135 mg kg<sup>-1</sup>; Ca = 17,3 g kg<sup>-1</sup>; Mg = 2,4 g kg<sup>-1</sup>; S = 2,6 g kg<sup>-1</sup>; Cu = 27 mg kg<sup>-1</sup>; Mn = 1092 mg kg<sup>-1</sup> e Zn = 147 mg kg<sup>-1</sup>. O solo (mistura + substrato) foi distribuído em sacos plásticos com volume 700 ml em cada.

A inoculação foi realizada adicionando-se 5% do volume do saquinho, correspondendo a 35 ml, com substrato inóculo contendo glomerosporos e raízes colonizadas, proveniente da multiplicação de cada espécie de FMA. Este mesmo procedimento foi realizado para o tratamento controle, adicionando-se 5% do volume do saquinho, com substrato inóculo esterilizado por autoclavagem.

Sementes de *Cedrela odorata* colhidas no mês de julho no município de Poços de Caldas foram usadas para a semeadura e, no total, foram plantadas quatro sementes por saquinho e cobertas com cerca de um cm de vermiculita que foi usada para manter a umidade local e favorecer a germinação das sementes.

Após a semeadura, a irrigação dos saquinhos foi realizada de duas a três vezes na semana, repondo-se a água de acordo com a demanda do crescimento. Após a germinação, o desbaste das mudas ocorreu em 21 deixando-se apenas uma planta por saquinho. Com 42 dias após a germinação, foi realizada uma adubação básica de manutenção com baixos teores nutricionais, sendo 30 mg de P, 0,5 mg de B, 1,5 mg de Cu, 3,0 mg de Mn, 5,0 mg de Zn e 0,1 mg de Mo por  $\text{dm}^3$  de substrato. As fontes utilizadas foram reagentes P.A.:  $\text{NaH}_2\text{PO}_2$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , adaptado da recomendação de Carneiro et al. 2004.

As análises dos parâmetros fisiológicos, como as trocas gasosas foram realizadas através de um equipamento portátil de fotossíntese (IRGA, Model LI-6400 XT, Li-Cor, Lincoln, Nebraska, USA). As medidas de trocas gasosas foram realizadas no período da manhã entre 9:00 e 13:00 em um folíolo totalmente expandido. As variáveis avaliadas foram taxa fotossintética ( $P_n$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), transpiração ( $E$ ), concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) e eficiência do uso da água ( $WUE$ ).

Também foram realizadas análises da raiz, por meio do programa WinRhizo Pro 2007a (Regent Instruments, Sainte-Foy, QC, Canada) no qual as raízes foram lavadas e logo após determinados o comprimento total de raiz, diâmetro médio de raiz, volume total de raiz e área total de superfície de raízes. Com os dados obtidos, foram calculados os índices de densidade de comprimento de raiz (DCR), comprimento específico de raiz (CER) e densidade de tecido de raiz (DTR). Sendo DCR, a relação entre comprimento total da raiz e volume de solo no saquinho, CER, a relação entre o comprimento total da raiz e sua massa seca e o DTR, a relação entre a área superficial da raiz e sua massa seca.

Para as medidas de matéria seca da parte aérea e da raiz, os materiais coletados foram acondicionados em saco de papel e colocadas direto em estufa com circulação de ar a  $65^\circ\text{C}$  por 48h, onde logo após foram pesadas em uma balança analítica de precisão. A altura da

planta também foi medida com auxílio de paquímetro digital, do colo da planta até o meristema apical.

Para a quantificação de glomerosporos de FMAs, amostras de aproximadamente 50 ml de solo foram submetidas ao método de decantação e peneiramento úmido, segundo Gerdemann e Nicolson (1963), seguida de centrifugação em água por três minutos e em sacarose 50% por dois minutos. Com auxílio de um microscópio estereoscópico procedeu-se a contagem, global, de glomerosporos em placas com anéis concêntricos de cada tratamento. Para a colonização micorrízica radicular, amostras de radículas de plantas coletadas (nas porções superiores, medianas e terminais do sistema radicular) foram colocadas no conservante álcool 50% para posterior avaliação pelo método descrito por Giovannetti e Mosse (1980).

O experimento foi montado seguindo o delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 4 x 4 (FIGURA 3), sendo quatro tratamentos de inoculação com três espécies de FMAs (*Acaulospora longula* - URM FMA 07, *Claroideoglossum etunicatum* - URM FMA 03, *Kuklospora colombiana* - Laboratório de Micorrizas da UFPE e um tratamento controle (sem inoculação) e quatro níveis de inclusão de um composto orgânico reutilizado (0, 25, 50 e 75%) na mistura com terra de barranco e areia (1:1). Cada tratamento contou com 8 repetições, após exclusão da bordadura. Foram realizadas instantaneamente duas baterias de experimento, sendo uma com o substrato autoclavado e outra sem autoclavagem.

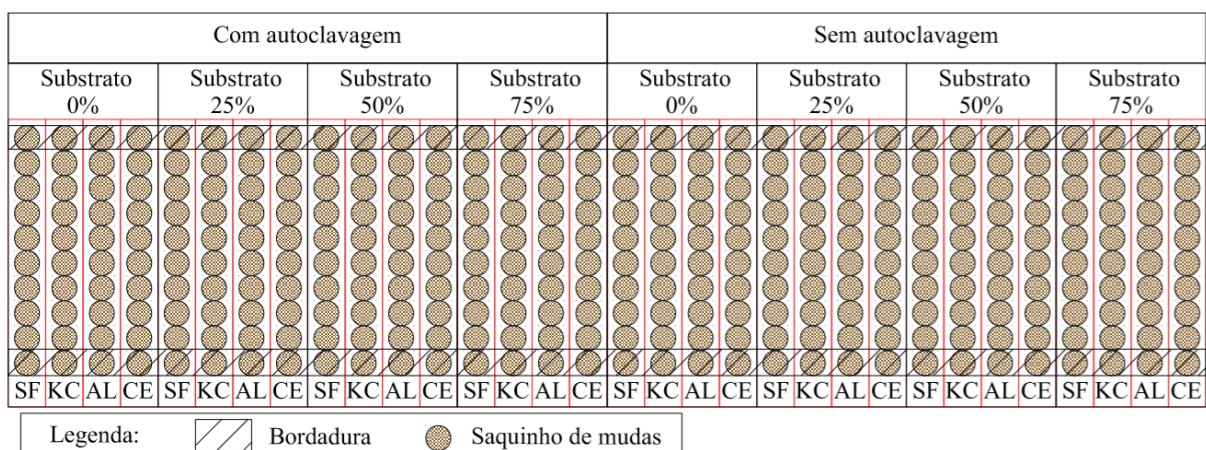


Figura 3 - Croqui do delineamento utilizado.

Fonte: Autoria própria.

Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as somas dos quadrados médios comparadas pelo teste F ( $\alpha = 0,05$ ). Para comparação das médias, foi utilizado o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$  e  $0,01$ ). Foram realizados ainda contrastes ortogonais comparando-se espécie FMA dentro de níveis de composto orgânico autoclavados *versus* espécie FMA dentro de níveis de composto orgânico sem autoclavagem empregando o teste Tukey ( $\alpha=0,05$ ). As análises estatísticas foram processadas pelo *software* SISVAR (FERREIRA, 2011).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a taxa fotossintética (Pn), verificou-se efeito significativo da interação inoculação com FMAs x nível de composto orgânico ( $p < 0,05$ , teste F). A inoculação com AL e CE resultaram em maior taxa fotossintética no substrato ao nível de 0%, em ambos os experimentos, com e sem autoclavagem (TABELA 1). Observou-se que o tratamento sem inoculação (SF) obteve maiores valores de taxa fotossintética para o nível de composto orgânico de 75% com autoclavagem.

Tabela 1 – Valores médios da taxa fotossintética (Pn,  $\mu\text{mol CO}_2$ ) em mudas de *Cedrela odorata*, inoculadas com diferentes espécies de FMAs, cultivada em substratos que receberam diferentes níveis de inclusão de material orgânico reutilizado.

Esterilização	Nível de Substrato	Inoculação				CV (%)
		SF	KC	AL	CE	
SEM	0%	1,20 B a	1,15 B a	1,62 A a	2,03 A a	30,37
	25%	1,25 A a	1,04 A a	0,82 A b	0,77 A b	
	50%	1,34 A a	0,95 A a	0,97 A b	0,53 A b	
	75%	1,09 A a	0,85 A a	1,22 A b	0,95 A b	
COM	0%	2,04 B a	1,52 B a	3,38 A a	3,20 A a	37,19
	25%	2,21 A a	0,80 A a	1,38 A b	1,27 A b	
	50%	1,80 A a	1,32 A a	2,89 A a	2,02 A b	
	75%	2,88 A a	1,29 B a	1,20 B b	1,57 B b	

Fonte: Autoria própria.

Nota: SF- sem inoculação, KC- *Kuklospora comlobiana*, AL- *Acaulosphora longula* e CE- *Claroideoglossum etunicatum*. Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna (com e sem esterilização), diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Herman et al. (2004) descreveram que os FMAs contribuem efetivamente com o processo de fotossíntese das plantas, já que estas em sua grande maioria resistem melhor a solos com baixa disponibilidade de nutrientes e água. Entretanto, pelos resultados observados neste estudo, tal constatação é verdadeira para o nível de 0% de composto orgânico. Quando se aumenta o nível de composto orgânico, e, conseqüentemente, aumenta-se a capacidade de retenção de água do substrato, as plantas já não responderam significativamente aos FMAs

inoculados. No substrato com 75% autoclavado, o tratamento SF foi o que teve as maiores taxas fotossintéticas.

Silva et al. (2004), afirmaram que o aumento da taxa fotossintética de plantas inoculadas com FMAs está diretamente relacionado ao aumento da área foliar, o que proporciona aumento do crescimento vegetativo e acúmulo de biomassa fresca e seca. Em estudo com tomateiros, Boldt et al. (2011), verificaram que a fluorescência da clorofila, e o rendimento quântico máximo do fotossistema II (PSII) das plantas, foram significativamente superiores com a inoculação por FMAs.

Para a condutância estomática (gs), verificou-se efeito significativo para a interação FMAs x nível de composto orgânico, apenas no experimento com autoclavagem ( $p < 0,05$ , teste F). A inoculação com AL e CE resultaram em maior condutância estomática no substrato ao nível de 0% (TABELA 2). Já para os níveis de substrato de 25 e 75%, o tratamento SF foi quem apresentou maior condutância estomática. A condutância estomática é entendida como um mecanismo fisiológico que as plantas vasculares apresentam para controlar a respiração.

Tabela 2 – Valores médios da condutância estomática ( $gs: mol\ m^{-2}\ s^{-1}$ ) em mudas de *Cedrela odorata*, inoculadas com diferentes espécies de FMAs, cultivada em substratos que receberam diferentes níveis de inclusão de material orgânico reutilizado em condição esterilizada por autoclavagem.

Nível de Substrato	Inoculação			
	SF	KC	AL	CE
<b>0%</b>	0,01 B b	0,01 B a	0,03 A a	0,02 A a
<b>25%</b>	0,02 A a	0,01 B a	0,01 B b	0,01 B b
<b>50%</b>	0,01 A b	0,01 A a	0,01 A b	0,01 A b
<b>75%</b>	0,03 A a	0,01 B a	0,01 B b	0,01 B b

Fonte: Autoria própria.

Nota: SF- sem inoculação, KC- *Kuklospora comlobiana*, AL- *Acaulosphora longula* e CE- *Claroideoglossum etunicatum*. Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV = 40,55%.

Para a transpiração (E), verificou-se efeito da interação FMAs x nível de composto orgânico ( $p < 0,05$ , teste F). A inoculação com AL e CE resultaram em maior transpiração no substrato ao nível de 0%, nos experimentos com e sem autoclavagem (TABELA 3). Verificou-se maiores valores de transpiração para SF e AL no substrato 75% sem autoclavagem e para SF nos substratos 25 e 75% com autoclavagem. A transpiração é a perda

de vapor d' água das plantas, assim, quando possuem alta absorção de CO<sub>2</sub>, consequentemente apresentam alta transpiração além de um maior consumo de água.

Tabela 3 – Valores médios da taxa transpiração (E:  $\mu\text{mol co}^2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) em mudas de *Cedrela odorata*, inoculadas com diferentes espécies de FMAs, cultivada em substratos que receberam diferentes níveis de inclusão de material orgânico, em experimento com e sem esterilização do substrato por autoclavagem.

Esterilização	Nível de Substrato	Inoculação				CV (%)
		SF	KC	AL	CE	
SEM	0%	0,21 B a	0,21 B a	0,29 A a	0,37 A a	35,26
	25%	0,25 A a	0,15 A a	0,16 A a	0,13 A b	
	50%	0,20 A a	0,15 A a	0,18 A a	0,10 A b	
	75%	0,23 A a	0,14 B a	0,27 A a	0,14 B b	
COM	0%	0,30 B a	0,16 B a	0,50 A a	0,38 A a	37,12
	25%	0,42 A a	0,11 B a	0,22 B b	0,26 B a	
	50%	0,30 A a	0,29 A a	0,47 A a	0,28 A a	
	75%	0,52 A a	0,22 B a	0,16 B b	0,28 B a	

Fonte: Autoria própria.

Nota: SF- sem inoculação, KC- *Kuklospora comlobiana*, AL- *Acaulosphora longula* e CE- *Claroideoglo mus etunicatum*. Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna (para cada esterilização), diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tanto para a condutância estomática (gs) e transpiração (E) que apresentaram maiores valores para alguns FMAs, podem indicar estômatos mais abertos em plantas inoculadas com FMAs em relação a testemunha. Também foi verificada interferência dos níveis de inclusão do material orgânico inserido, como observado na Tabela 3.

Em trabalhos realizados por Wu et al. (2011) e Yadav et al. (2012) com inoculação do fungo *Gigaspora margarita* em mudas de citrus, estes autores observaram maiores taxas fotossintética, transpiração e condutância estomática. O presente estudo corrobora com os trabalhos citados, onde estas variáveis foram superiores na inoculação com as espécies AL - *Acaulosphora longula* e CE - *Claroideoglo mus etunicatum* no nível de substrato 0%.

Diversos autores relacionaram diretamente à colonização micorrízica, alteração dos níveis hormonais e mudanças na condutância estomática, aumento do conteúdo de água dos tecidos vegetais, dos teores de clorofila, das taxas fotossintética e transpiratória (HARRIS-VALLE et al., 2009; ZHU et al., 2012; FROSI et al., 2016; SANTANDER et al., 2017).

Com relação a concentração intracelular de CO<sub>2</sub> (Ci), verificou-se efeito significativo apenas para níveis de inclusão de composto, no experimento com autoclavagem (p<0,05, teste F). Os níveis de inclusão 25, 50 e 75% obtiveram maiores concentrações intracelular de CO<sub>2</sub> (TABELA 4).

Tabela 4 – Valores médios da concentração intracelular de CO<sub>2</sub> (Ci, mmol mol<sup>-1</sup>) em mudas de *Cedrela odorata*, cultivada em substratos autoclavados que receberam diferentes níveis de inclusão de material orgânico reutilizado.

<b>Níveis de substrato</b>	<b>0%</b>	<b>25%</b>	<b>50%</b>	<b>75%</b>
	204,39 B	249,43 A	259,95 A	243,43 A

Fonte: Autoria própria.

Nota: Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV = 20,37%.

Em trabalho realizado por Araújo (2016) comparando plantas micorrizadas e plantas não micorrizadas, pôde-se observar uma menor concentração interna de CO<sub>2</sub> nas folhas em plantas que receberam micorrizas. Contrariando tais resultados, no presente estudo verificou-se em tratamento testemunha menor [ ] de CO<sub>2</sub> nas folhas que as plantas inoculadas.

Segundo Sheng et al. (2008), os mecanismos pelos quais a micorrização provoca efeitos positivos nas trocas gasosas ainda não são bem conhecidos.

Observando a eficiência no uso da água (WUE), verificou-se efeito interativo significativo entre inoculação e níveis de inclusão de composto orgânico, no experimento com autoclavagem (p<0,05, teste F). A inoculação com KC e CE no substrato 0% e com AL no substrato 75%, promoveram as maiores eficiências no uso da água (TABELA 5), em relação à testemunha (SF).



Tabela 5 – Valores médios da eficiência no uso da água (WUE,  $\mu\text{mol co}^2/\text{mmol H}_2\text{O}$ ) em mudas de *Cedrela odorata*, inoculadas com diferentes espécies de FMAs, cultivada em substratos que receberam diferentes níveis de inclusão de material orgânico reutilizado, em condição esterilizada por autoclavagem.

Nível de Substrato	Inoculação			
	SF	KC	AL	CE
0%	151,72 B a	194,79 A a	119,52 B b	156,71 A a
25%	114,84 A a	126,97 A b	120,44 A b	110,62 A a
50%	109,54 A a	90,27 A b	108,22 A a	143,08 A a
75%	104,91 B a	109,09 B b	164,63 A b	113,49 B a

Fonte: Autoria própria.

Nota: SF- sem inoculação, KC- *Kuklospora comlobiana*, AL- *Acaulosphora longula* e CE- *Claroideoglomus etunicatum*. Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV = 20,08%.

Na planta, a eficiência do uso de água (WUE) pode refletir a sua efetividade de fixar carbono enquanto transpira (Donato, 2013). Segundo Machado et al. (2010) é também chamada pela quantidade de água evapotranspirada pela planta para produzir uma certa quantidade de matéria seca.

Jaimez et al. (2005) descreveram que a relação entre a fotossíntese e a transpiração indica a eficiência no uso de água (EUA), ou seja, a quantidade de carbono que a planta fixa por unidade de água que perde.

De acordo com Araújo (2016), plantas que receberam inoculação com FMAs apresentaram maior eficiência do uso da água. Tal fato também foi verificado no presente estudo (TABELA 5). Entretanto, para alguns níveis de inclusão de material orgânico, não houve diferença significativa na WUE para a inoculação com a espécie *C. etunicatum* em relação à testemunha.

Para a morfologia das raízes, os dados de comprimento, área superficial, diâmetro e volume das raízes, além dos índices de densidade de comprimento de raiz (DCR), comprimento específico de raiz (CER) e densidade de tecido de raiz (DTR), nos experimentos com e sem autoclavagem não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos estudados ( $p > 0,05$ , teste F).

De acordo com Vandresen et al. (2007), na presença de FMA e fertilizante osmocote, foi verificado aumento no comprimento total da raiz em mudas de louro branco e sangra d'água. Dentre as espécies estudadas pelos autores, o angico, sena e louro branco crescidos

em substrato base (sem adição de adubo) e FMA, apresentaram o diâmetro da raiz significativamente maior do que nos demais tratamentos. Júnior (2018) em estudo com genótipos de milho constatou que a inoculação com a espécie *Rhizoglyphus sp2* proporcionou uma maior área superficial e um maior volume de raízes de menor diâmetro que o tratamento sem inoculação. Ainda segundo o autor, o genótipo BRS 1010 apresentou um menor comprimento de raízes finas quando comparado ao tratamento sem inoculação.

No contraste entre espécies de FMA dentro de níveis de inclusão de substratos (autoclavados) *versus* (sem autoclavagem) (TABELA 6), foram observados efeito significativo (Tukey,  $P < 0,05$ ) para as variáveis fotossíntese, condutância estomática e eficiência do uso de água das plantas. Sendo que a fotossíntese foi maior com a autoclavagem, com o nível de inclusão de 50% e inoculação com a espécie AL. Para a condutância estomática, esta foi superior no processo de autoclavagem com o nível 0% e inoculação com a espécie AL. Quanto à eficiência do uso de água, esta foi superior no experimento com autoclavagem no nível 0% de composto orgânico e inoculação com a espécie EC.

Tabela 6 – Contraste entre espécies de FMAs inoculadas em *Cedrela odorata*, dentro de níveis de composto orgânico incluídos na obtenção do substrato, considerando a condição com substratos por esterilização *versus* substratos não esteril aplicando-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

VARIA VEL	F UNGO	SUBSTRATO							
		0%		25%		50%		75%	
		ESTERILIZAÇÃO							
		CO M	SE M	CO M	SE M	CO M	SE M	CO M	SE M
Fotossí ntese	SF	2,04 A	1,2 A	2,21 A	1,25 A	1,80 A	1,34 A	2,88 A	1,09 A
	KC	1,52 A	1,15 A	0,80 A	1,04 A	1,32 A	0,95 A	1,29 A	0,85 A
	AL	3,38 A	1,62 A	1,38 A	0,82 A	2,89 A	0,97 B	1,20 A	1,22 A
	CE	3,2 A	2,03 A	1,27 A	0,77 A	2,02 A	0,53 A	2,57 A	0,95 A
Cond. estomática	SF	0,01 1 A	0,00 7 A	0,02 0 A	0,00 6 A	0,01 1 A	0,01 0 A	0,02 7 A	0,01 2 A
	KC	0,00 8 A	0,00 8 A	0,00 6 A	0,00 7 A	0,01 5 A	0,00 7 A	0,03 2 A	0,00 7 A
	AL	0,03 6 A	0,01 1 B	0,01 1 A	0,00 8 A	0,00 6 A	0,00 9A	0,00 8 A	0,01 3 A

	<b>CE</b>	0,02 3 A	0,01 7 A	0,00 6 A	0,01 7 A	0,01 4 A	0,00 5A	0,01 4 A	0,00 7 A
<b>Ef. Uso de água</b>	<b>SF</b>	151, 72 A	118, 26 A	14,8 4 A	1124 ,02 A	109, 54 A	128, 78 A	104, 91 A	92,6 1 A
	<b>KC</b>	194, 79 A	94,0 6 B	126, 97 A	139, 48 A	90,2 7 A	122, 56 A	109, 09 A	115, 08 A
	<b>AL</b>	119, 52 A	118, 86 A	120, 44 A	88,2 5 A	108, 22 A	105, 06 A	164, 73 A	102, 17 A
	<b>CE</b>	156, 71 A	111, 69 A	110, 62 A	91,5 1 A	143, 08 A	89,5 7 A	113, 49 A	134, 95 A

Fonte: Autoria própria.

Nota: SF- sem inoculação, KC- *Kuklospora comlobiana*, AL- *Acaulosphora longula* e CE- *Claroideoglopus etunicatum*. Médias seguidas de letras diferentes, comparando-se os experimentos de esterilização em cada nível de inclusão de composto orgânico para cada tratamento de inoculação com FMAs, diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na análise da correlação entre variáveis estudadas, pode-se verificar a dependência entre características da planta associadas à condição de inoculação com os diferentes FMAs. Bem como, aquelas consideradas independentes quando não apresentam correlação com atributos dos FMAs, em cada tratamento de inoculação.

Observou-se, com certa frequência, correlação significativa entre as variáveis: Pn versus Gs; Pn versus E; Gs versus E e Ci versus WUE (TABELA 7). O que corrobora com o trabalho de Júnior (2017) que verificou correlação entre as variáveis Gs versus E; Gs versus Pn e E versus Pn. As demais variáveis estudadas não apresentaram correlação significativa.

Considerando os tratamentos de inoculação, para a testemunha verificou-se correlação significativa e positiva para Pn x Gs, Pn x E e entre Gs x E. Para a inoculação com a espécie KC, verificou-se correlação significativa e positiva entre Gs x E e, significativa negativa, entre Ci x WUE. Na inoculação com a espécie AL, houve correlação significativa e positiva apenas entre Pn x E. Para a espécie CE, as correlações significativas e positivas ocorreram entre Pn x Gs e Pn x E. Os atributos dos FMAs densidade de esporos e taxa de colonização micorrízica não apresentaram correlação entre si, bem como entre os demais parâmetros fisiológicos analisados.

Tabela 7 – Valores e significância para a correlação entre variáveis fisiológicas e parâmetros de FMAs, obtidos na produção de mudas da *Cedrela odorata* inoculada com diferentes espécies de FMAs em substratos que receberam níveis crescentes de inclusão de composto orgânico.

	SF	KC	AL	CE
<b>Pn versus Gs</b>	0,8884*	0,5915 <sup>ns</sup>	0,6540 <sup>ns</sup>	0,9093*
<b>Pn versus E</b>	0,9503*	0,6013 <sup>ns</sup>	0,9732*	0,9091*
<b>Pn versus Ci</b>	0,3913 <sup>ns</sup>	-0,2601 <sup>ns</sup>	0,2545 <sup>ns</sup>	-0,5488 <sup>ns</sup>
<b>Pn v WUE</b>	0,0927 <sup>ns</sup>	0,3289 <sup>ns</sup>	0,0658 <sup>ns</sup>	0,7858 <sup>ns</sup>
<b>Gs versus E</b>	0,9443*	0,9286*	0,6067 <sup>ns</sup>	0,8120 <sup>ns</sup>
<b>Gs versus Ci</b>	0,5798 <sup>ns</sup>	0,5449 <sup>ns</sup>	0,1675 <sup>ns</sup>	-0,4690 <sup>ns</sup>
<b>Gs versus WUE</b>	-0,2614 <sup>ns</sup>	-0,4420 <sup>ns</sup>	0,0277 <sup>ns</sup>	0,5920 <sup>ns</sup>
<b>E versus Ci</b>	0,5482 <sup>ns</sup>	0,5703 <sup>ns</sup>	0,3794 <sup>ns</sup>	-0,3236 <sup>ns</sup>
<b>E versus WUE</b>	-0,1671 <sup>ns</sup>	-0,5217 <sup>ns</sup>	-0,0941 <sup>ns</sup>	0,5721 <sup>ns</sup>
<b>Ci versus WUE</b>	-0,7517 <sup>ns</sup>	-0,9565*	-0,8797 <sup>ns</sup>	-0,8680 <sup>ns</sup>

Fonte: Autoria própria.

Nota: NG - Numero de glomerosporos, TC - Taxa de colonização, Pn - Taxa fotossintética, Gs - Condutância estomática, E - Transpiração, Ci - Concentração intracelular de CO<sub>2</sub>, WUE - Eficiência no uso da água. Sendo <sup>ns</sup> Não significativos, \* e \*\* significativos a 5% e 1% respectivamente.

Para a matéria seca da parte aérea no substrato não autoclavado, verificou-se efeito significativo apenas para os níveis de inclusão de composto orgânico reutilizado ( $p < 0,05$  teste F). Os níveis de inclusão de 25, 50 e 75% obtiveram pesos iguais e superiores ao nível 0% (TABELA 8).

Tabela 8 – Valores médios de produção de matéria seca da parte aérea (g) em mudas de *Cedrela odorata*, cultivada em substratos sem autoclavagem que receberam diferentes níveis de inclusão de composto orgânico reutilizado.

NÍVEIS DE TRATAMENTO			
0%	25%	50%	75%
0,33 B	1,21 A	1,08 A	0,82 A

Fonte: Autoria própria.

Nota: Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV = 24,54%.

Já em relação à produção de matéria seca da parte aérea obtida no substrato autoclavado, verificou-se efeito significativo da interação inoculação com FMAs x níveis de inclusão de composto orgânico ( $p < 0,05$  teste F). Dentre as três espécies inoculadas, diferenças entre os níveis de composto foram verificadas apenas com a inoculação da espécie *Acaulospora longula* (TABELA 9).

Tabela 9 – Valores de produção de matéria seca da parte aérea (g) em mudas de *Cedrela odorata*, inoculadas com diferentes espécies de FMAs e cultivada em substratos autoclavados que receberam diferentes níveis de inclusão de composto orgânico reutilizado.

Nível de Substrato	Inoculação			
	SF	KC	AL	CE
0%	0,32 A b	0,65 A a	0,68 A b	0,28 A a
25%	0,22 B b	0,44 B a	1,89 A a	0,52 B a
50%	0,48 B b	0,52 B a	1,16 A b	0,49 B a
75%	1,06 A a	0,69 A a	1,11 A b	0,50 A a

Fonte: Autoria própria.

Nota: SF- sem inoculação, KC- *Kuklospora comlobiana*, AL- *Acaulospora longula* e CE- *Claroideoglossum etunicatum*. Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV = 21,64%.

Para o nível de inclusão de 25%, a inoculação com a espécie AL promoveu maior, com rendimento quase 9,0 vezes maior em relação à testemunha (TABELA 9). Com o nível de inclusão de 75% de composto orgânico, apenas no tratamento testemunha (SF), ocorreu maior rendimento de matéria seca da parte aérea.

No trabalho de Oliveira et al. (2015), no nível de 10% de inclusão com esterco, as mudas inoculadas com *Claroideoglossum etunicatum* aumentaram em 15% a massa seca em relação às mudas sem inoculação. Mas, em termos médios, o autor verificou uma tendência de decréscimo com o aumento do nível do material orgânico em relação a testemunha. No presente estudo, como apresentado na Tabela 9, para a espécie *C. etunicatum*, não houve diferença significativa com o aumento do nível de inclusão de material orgânico.

É marcante a variação de resposta proporcionada entre espécies de FMA. Segundo Costa (2012), apenas a espécie de FMA *Acaulospora muricata* promoveu maior produção de matéria seca na gramínea *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e teores de P em relação a testemunha, dentre as oito espécies de FMAs estudadas.

Para a matéria seca da raiz no substrato autoclavado, verificou-se efeito significativo apenas para inoculação com FMAs ( $p < 0,05$  teste F). Com a espécie *Aucalopora longula* obteve-se a maior produção de matéria seca de raiz em relação às demais espécies inoculadas, incluindo em relação a testemunha (SF) onde o incremento foi 75% superior (TABELA 10). Contrariando este resultado, Oliveira et al. (2015) em estudo de inoculação com FMA em substrato autoclavado que recebeu níveis de material orgânico (esterco), verificou o maior incremento de matéria seca da raiz nas mudas de castanha-do-gurguéia (*Dipteryx lacunifera* Ducke) nos tratamentos que não receberam inoculação com FMA.

Tabela 10 – Valores médios de matéria seca da raiz (g) de *Cedrela odorata*, cultivada em substrato autoclavado, inoculada com diferentes espécies de FMAs.

TRATAMENTOS DE INOCULAÇÃO			
SF	KC	AL	CE
0,12 B	0,10 B	0,21 A	0,12 B

Fonte: Autoria própria.

Nota: SF- sem inoculação, KC- *Kuklospora comlobiana*, AL- *Acaulospora longula* e CE- *Claroideoglossum etunicatum*. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV = 10,24%.

Com relação ao número de glomerosporos encontrados no substrato autoclavado (TABELA 11), verificou-se efeito significativo para a inoculação com FMAs ( $p < 0,05$  teste F), em 50 g de solo analisado. Com a espécie *Acaulospora longula* obteve-se o maior número, seguido das espécies KC e CE, estatisticamente iguais, e por último da testemunha (SF). Oliveira et al. (2015) em mudas de castanha-do-gurguéia, afirmou que a esporulação é reduzida com a adição de esterco de caprino.



Tabela 11 – Valores médios do número de glomerosporos em *Cedrela odorata*, cultivada em substratos autoclavados, inoculada com diferentes espécies de FMAs.

TRATAMENTOS DE INOCULAÇÃO			
SF	KC	AL	CE
16,7 C	24,9 B	40,95 A	27,65 B

Fonte: Autoria própria.

Nota: FoSF- sem inoculação, KC- *Kuklospora comlobiana*, AL- *Acaulosphora longula* e CE- *Claroideoglopus etunicatum*. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV = 32,35%.

Ainda avaliando o número de glomerosporos encontrados no substrato autoclavado, também foi observado efeito para os níveis de inclusão de composto orgânico ( $p < 0,05$  teste F). No nível de inclusão de 75% (TABELA 12), o maior utilizado, foi constatada a maior contagem, contrariando o que relatou Oliveira et al. (2015), embora no presente estudo a fonte do composto orgânico tenha sido diferenciada.

Tabela 12 – Valores médios número de glomerosporos em mudas de *Cedrela odorata*, cultivada em substratos autoclavados que receberam diferentes níveis de inclusão de composto orgânico reutilizado.

NÍVEIS DE SUBSTRATO			
0%	25%	50%	75%
19,85 B	25,7 B	27,6 B	37,05 A

Fonte: Autoria própria.

Nota: Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV = 32,35%.

Silva et al. (2016) também relatou que sem a inclusão de material orgânico, verifica-se as maiores quantidades de glomerosporos. Segundo o autor, esse tipo de resultado pode estar ligado ao potencial nutricional do substrato orgânico utilizado. Quanto maior a fertilidade do material orgânico, mais a planta se torna independente de FMA e diminui a esporulação e colonização das raízes e indicando modificações de qualidade ambiental.

Com relação ao número de glomerosporos encontrados no substrato não autoclavado (TABELA 13), verificou-se efeito significativo para a inoculação com FMAs ( $p < 0,05$  teste F). A inoculação com as espécies AL e CE promoveram as maiores contagens. No trabalho de Méndez-Cortés et al. (2013) com a *Cedrela odorata*, os tratamentos que sofreram inoculação de FMAs apresentaram maiores contagens de esporos em solos sem esterilização.

Tabela 13 – Valores médios do número de glomerosporos em mudas de *Cedrela odorata*, cultivada em substratos sem autoclavagem que receberam a inoculação com diferentes espécies de FMAs.

<b>TRATAMENTOS DE INOCULAÇÃO</b>			
<b>SF</b>	<b>KC</b>	<b>AL</b>	<b>CE</b>
34,2 B	42 B	47,05 A	31,7 A

Fonte: Autoria própria.

Nota: SF- sem inoculação, KC- *Kuklospora comlobiana*, AL- *Acaulosphora longula* e CE- *Claroideoglossum etunicatum*. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV = 22,84%.

Ainda avaliando o número de glomerosporos encontrados no substrato não autoclavado, também foi observado efeito significativo para os níveis de inclusão de substrato orgânico ( $p < 0,05$  teste F). No nível inclusão de 75% verificou-se a maior contagem seguido dos níveis 25 e 50% e, por último, o de 0% como sendo o de menor contagem (TABELA 14).

Tabela 14 – Valores médios para o número de glomerosporos em mudas de *Cedrela odorata*, cultivada em substratos sem autoclavagem que receberam diferentes níveis de inclusão de material orgânico reutilizado.

<b>NÍVEIS DE SUBSTRATO</b>			
<b>0%</b>	<b>25%</b>	<b>50%</b>	<b>75%</b>
23,05 C	36,6 B	43,7 B	51,6 A

Fonte: Autoria própria.

Nota: Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV = 22,84%.

O que corrobora com trabalho de Tristão et al. (2006) em que a interação de substrato x fungos foi significativa quando comparada a adição de substrato em relação a testemunha (sem adição de substrato) em experimento com café. O que pode explicar este efeito no experimento é o fato do substrato apresentar características químicas favoráveis, como baixo teor de nutrientes, para o crescimento de esporos.

Para a taxa de colonização micorrízica, no experimento autoclavado (TABELA 15), verificou-se efeito para os níveis de inclusão de composto orgânico ( $p < 0,05$  teste F). No nível 0% de inclusão de composto orgânico obteve-se a maior colonização micorrízica em relação aos demais níveis.

Tabela 15 – Valores médios da taxa de colonização em mudas (%) da *Cedrela odorata*, cultivada em substratos autoclavados que receberam diferentes níveis de inclusão de composto orgânico reutilizado.

<b>NÍVEIS DE SUBSTRATO</b>			
<b>0%</b>	<b>25%</b>	<b>50%</b>	<b>75%</b>
25,30 A	13,10 B	11,70 B	12,80 B

Fonte: Autoria própria.

Nota: Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV = 44,83%.

Ainda avaliando a taxa de colonização micorrízica no experimento autoclavado, também foi observado efeito significativo para a inoculação com FMAs ( $p < 0,05$  teste F). Nesta condição, a taxa de colonização foi estatisticamente igual para as espécies inoculadas e ambas superiores ao tratamento testemunha (SF) (TABELA 16).

Tabela 16 – Valores médios da taxa de colonização em mudas (%) de *Cedrela odorata*, cultivada em substratos autoclavados inoculada com diferentes espécies de FMAs.

TRATAMENTOS DE INOCULAÇÃO			
SF	KC	AL	CE
6,40 B	18,55 A	22,95 A	15,00 A

Fonte: Autoria própria.

Nota: SF- sem inoculação, KC- *Kuklospora colombiana*, AL- *Acaulosphora longula* e CE- *Claroideoglo mus etunicatum*. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV = 44,83%.

Observaram-se valores baixos de colonização promovidos pelas diferentes espécies inoculadas. Tavares (2016) em estudo com produção de mudas de *Acacia mangium*, relatou baixos valores para a taxa de colonização micorrízica, em torno de 20%, mesmo aquela planta sendo classificada como de alta dependência micorrízica como relatado por Colonna et al. (1991).

Conforme pode ser observado na tabela 11 e 16 para o tratamento testemunha (SF) autoclavado houve a incidência de glomerosporos e colonização, ou seja, a testemunha não ficou totalmente isenta. Supõe-se que a proximidade entre os saquinhos de mudas dispostos na bancada, não foi o suficiente para evitar a contaminação. Entretanto, pelos resultados apresentados, tal contaminação não inviabilizou o efeito das espécies de FMAs utilizadas no estudo.

Avaliando a taxa de colonização micorrízica encontrada no substrato não autoclavado (TABELA 17), verificou-se efeito significativo da interação inoculação com FMAs x nível de inclusão de composto orgânico ( $p < 0,05$  teste F). A maioria das espécies de FMAs apresentaram capacidade de colonizar as raízes, no entanto a espécie AL promoveu as maiores taxas encontradas. Já com a espécie *Clareidoglo mus etunicatum* verificou-se a menor taxa, sobretudo na presença de composto orgânico no substrato. LIMA (2014), em estudo com várias espécies de FMAs em mudas de *Toona ciliata*, com o FMA *Glomus etunicatum*, observou a menor taxa de colonização do sistema radicular da muda.

Tabela 17 – Valores médios da taxa de colonização em mudas de *Cedrela odorata*, inoculadas com diferentes espécies de FMAs, cultivada em substratos sem autoclavagem que receberam diferentes níveis de inclusão de composto orgânico reutilizado.

Nível de Substrato	Inoculação			
	SF	KC	AL	CE
0%	51,40 A a	56,40 A a	66,60 A a	60,00 A a
25%	44,40 B a	32,60 B b	62,60 A a	40,00 B b
50%	53,20 A a	39,20 B b	55,80 A a	13,00 C c
75%	30,20 B b	52,80 A a	59,60 A a	42,40 B b

Fonte: Autoria própria.

Nota: SF- sem inoculação, KC- *Kuklospora comlobiana*, AL- *Acaulosphora longula* e CE- *Claroideoglomus etunicatum*. Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV = 12,20%.

Para a altura das mudas (TABELA 18), no experimento com autoclavagem, verificou-se efeito significativo para os níveis de inclusão de composto orgânico. Com o nível 0% de composto orgânico obteve-se menores valores em relação aos demais níveis ( $p < 0,05$ , teste F). Comparando níveis de inclusão de material orgânico, Oliveira et al. (2015) relatou que em níveis crescentes de esterco adicionado, ocorria um decréscimo exponencial na altura.

Tabela 18 – Valores médios da altura em mudas de *Cedrela odorata*, cultivada em substratos autoclavados que receberam diferentes níveis de inclusão de material orgânico reutilizado.

Níveis de substrato	0%	25%	50%	75%
	13,68 B	15,27 A	15,03 A	15,52 A

Fonte: Autoria própria.

Nota: Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV = 19,04%.

Ainda para a altura das mudas, verificou-se efeito significativo para as espécies inoculadas. Conforme observado na Tabela 19, a inoculação do FMA *A. longula* proporcionou maior altura média das mudas de Cedro em relação às outras espécies inoculadas e à Testemunha (SF). Tavares (2016) avaliando a altura das mudas de *Acacia*

*mangium*, verificou que os tratamentos com FMA sempre favoreceram uma maior altura das mudas em relação à testemunha.

Tabela 19 – Valores médios da altura em mudas de *Cedrela odorata*, cultivada em substratos autoclavados e inoculados com diferentes espécies de FMAs.

Fungos	SF	KC	AL	CE
	14,10 B	13,94 B	17,26 A	14,20 B

Fonte: Aatoria própria.

Nota: SF- sem inoculação, KC- *Kuklospora comlobiana*, AL- *Acaulosphora longula* e CE- *Claroideoglossum etunicatum*. Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV = 19,04%.

No experimento sob condição não esterilizada (sem autoclavagem), não verificou efeito significativo entre as espécies de FMAs inoculadas ( $p > 0,05$  teste F). Já para diferentes níveis de inclusão do composto reutilizado (TABELA 20), no nível 0% verificou-se menores alturas das mudas em relação aos demais. Diferente resultado foi observado por Dalanhol (2016), que para a altura da parte aérea das mudas de *Eugenia uniflora* L. verificou interação significativa entre substratos e inoculação com FMAs.

Tabela 20 – Valores médios da altura em mudas de *Cedrela odorata*, cultivada em substratos sem autoclavagem que receberam diferentes níveis de inclusão de material orgânico.

Níveis de substrato	0%	25%	50%	75%
	11,75 B	19,23 A	18,24 A	18,19 A

Fonte: Aatoria própria.

Nota: Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV = 19,04%.

Avaliando o contraste entre os experimentos com e sem autoclavagem, não foi verificada diferença estatística significativa, exceto para o peso seco da parte aérea no nível de 25% de inclusão de material orgânico para a testemunha (SF), onde com a autoclavagem encontrou-se 0,22 g enquanto o processo sem autoclavagem ficou com 1,38 g. Para a altura das mudas, no nível de inclusão com 25% de composto, a inoculação com a espécie KC apresentou valores médios 45% maiores, no experimento sem autoclavagem.

Tanto para a contagem de glomerosporos quanto para a taxa de colonização, não foi verificada correlação significativa com os parâmetros biométricos estudados, ao contrario dos resultados de (SOARES et al., 2017) que verificaram correlação entre a intensidade de colonização micorrízica em sete dos nove parâmetros biométricos relacionados à qualidade das mudas. Os autores encontraram correlações positivas com o diâmetro do colo (DC), com a matéria seca da parte aérea (MSP) e com a matéria seca da raiz (MSR).

A única correlação significativa e positiva verificada, ocorreu entre H versus MAS (TABELA 21), com a inoculação da espécie *K. colombiana*. Em relação a testemunha e às demais espécies de FMAs inoculadas, não foram verificadas correlações significativas entre as variáveis agronômicas e microbiológicas avaliadas. Atributos dos FMAs observados em trabalho com aceroleira, significativamente correlacionados, foram apenas entre densidade de esporos e área foliar, altura das plantas e biomassa seca da parte aérea (COSTA et al., 2001).

Tabela 21 – Valores e significância para a correlação entre as variáveis de crescimento e parâmetros de FMAs, obtidos na produção de mudas da *Cedrela odorata* inoculada com diferentes espécies de FMAs em substratos que receberam níveis crescentes de inclusão de composto orgânico.

	<b>SF</b>	<b>KC</b>	<b>AL</b>	<b>CE</b>
<b>NG versus TC</b>	0,4380	0,4284	-0,0031	-0,0514
<b>NG versus H</b>	0,5874	0,7976	0,6594	0,8873
<b>NG versus</b>				
<b>MAS</b>	0,3879	0,8513	0,1843	0,8596
<b>NG versus</b>				
<b>MSR</b>	0,4027	0,0613	0,3095	0,3131
<b>TC versus H</b>	0,3906	0,2139	-0,1938	-0,0563
<b>TC versus</b>				
<b>MAS</b>	0,4741	0,2395	-0,5511	0,0756
<b>TC versus</b>				
<b>MSR</b>	0,4282	-0,6488	-0,6509	0,1223
<b>H versus MAS</b>	0,8775	0,9116*	0,6951	0,8651
<b>H versus MSR</b>	0,7448	-0,0797	0,6060	0,4851
<b>MAS versus</b>				
<b>MSR</b>	0,8769	0,0920	0,8054	0,1258

Fonte: Autoria própria.

Nota: SF- sem inoculação, KC- *Kuklospora comlobiana*, AL- *Acaulosphora longula* e CE-

*Claroideoglossum etunicatum*, NG - Numero de glomerosporos, TC - Taxa de colonização, H - Altura das mudas, MAS - Matéria seca parte aérea, MSR - matéria seca da raiz. Sendo <sup>ns</sup> Não significativos, \* e \*\* significativos a 5% e 1% respectivamente.



## 4 CONCLUSÃO

As espécies de FMAs com melhores resultados sobre parâmetros fisiológicos foram a *Acaulospora longula* e a *Claroideoglobus etunicatum*.

O processo de autoclavagem favoreceu a taxa fotossintética com a espécie *AL* no nível 50% de substrato, a condutância estomática para espécie *AL* no nível 0% de substrato e a eficiência do uso de água para espécie *KC* no nível 0% de substrato.

A *Acaulospora longula* obteve melhor produção de matéria seca da parte aérea e raiz de mudas de *Cedrela odorata* em ambos processos de esterilização.

A inclusão de composto orgânico favoreceu o aumento de matéria seca da parte aérea e raiz, número de esporos e colonização micorrízica, com exceção da colonização micorrízica em substratos autoclavados. Para a *K.colombiana*, o composto orgânico não influencia a taxa fotossintética, condutância estomática e taxa de transpiração.

A inclusão de níveis de composto orgânico e a espécie *A. longula*, em substratos autoclavados favoreceu maior altura de mudas *Cedrela odorata*.

## REFERÊNCIAS

ARAUJO, R. N. **Efeito da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de Sabiá**. 2016. 24f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Bacharel em Ciências Biológicas, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016.

AUGÉ, R. M. Arbuscular mycorrhizae and soil/plant water relations. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 84, n. 4, p. 373-381, 2004.

BARRAL, M. P. et al. Quantifying the impacts of ecological restoration on biodiversity and ecosystem services in agroecosystems: a global meta-analysis. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 202, p. 223-231, 2015.

BOLDT, K. et al. Photochemical processes, carbon assimilation and RNA accumulation of sucrose transporter genes in tomato arbuscular mycorrhiza. **Journal of plant physiology**, v. 168, n. 11, p. 1256-1263, 2011.

CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; DAVIDE, A. C. Fósforo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento de mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec). **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, p. 119-125, 2004.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003.

COLONNA, J.-P. et al. Comparative effects of *Glomus mosseae* and P fertilizer on foliar mineral composition of *Acacia senegal* seedlings inoculated with *Rhizobium*. **Mycorrhiza**, v. 1, n. 1, p. 35-38, 1991.

COSTA, C. M. C. et al. Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento de dois genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* DC). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 6, p. 893-901, 2001.

COSTA, N. L. et al. Efeito de micorrizas arbusculares sobre o crescimento e nutrição mineral de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Embrapa Meio-Norte-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2012.

DALANHOL, S. J. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares e da adubação no crescimento de mudas de *Eugenia uniflora* L., produzidas em diferentes substratos. **Embrapa Florestas-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2016.

DONATO, S. L. R. et al. Ecofisiologia e eficiência de uso da água em bananeira. In: **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: REUNIÃO INTERNACIONAL ACORBAT, 20., 2013, Fortaleza. Acorbat: 40 anos compartilhando ciência e tecnologia. Fortaleza: Instituto Frutal: Acorbat Internacional, 2013., 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Manual de métodos de análise de solo. **Embrapa Solos-Documentos (INFOTECA-E)**, 1997.

FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; BRAZ, L. T. Alterações nas propriedades físicas de substratos para cultivo de tomate cereja, em função de sua reutilização. **Horticultura brasileira**, v. 24, n. 1, p. 94-98, 2006.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FOLLI-PEREIRA, S. M. et al. Micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 6, 2012.

FROSI, G. et. al. Symbiosis with AMF and leaf Pi supply increases water deficit tolerance of woody species from seasonal dry tropical forest. **Journal of plant physiology**, v. 207, p. 84-93, 2016.

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. Hs. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological society**, v. 46, n. 2, p. 235-244, 1963.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New phytologist**, v. 84, n. 3, p. 489-500, 1980.

HARRIS-VALLE, C. et al. Tolerancia al estrés hídrico en la interacción planta-hongo micorrízico arbuscular: metabolismo energético y fisiología. **Revista fitotecnia mexicana**, v. 32, n. 4, p. 265-271, 2009.

HERRMANN, Sylvie; OELMÜLLER, Ralf; BUSCOT, François. Manipulation of the onset of ectomycorrhiza formation by indole-3-acetic acid, activated charcoal or relative humidity in the association between oak microcuttings and *Piloderma croceum*: influence on plant development and photosynthesis. **Journal of Plant Physiology**, v. 161, n. 5, p. 509-517, 2004.

JAIMEZ, R. E. et al. Seasonal variations in leaf gas exchange of plantain cv. Hartón (Musa AAB) under different soil water conditions in a humid tropical region. **Scientia Horticulturae**, v. 104, n. 1, p. 79-89, 2005.

JÚNIOR, M. O. S. **Tolerância de cultivares de cana de açúcar ao déficit hídrico: relações hídricas, trocas gasosas, fluorescência da clorofila e metabolismo antioxidante**. 2017. 168f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2017.

JÚNIOR, C. C. G. **Alterações morfofisiológicas em genótipos de milho (*Zea mays* L.) em resposta a inoculação com fungos micorrízicos arbusculares**. 2018. 43f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – UNIFAL, Alfenas, 2018.

MACHADO, A. F. L. et al. Eficiência fotossintética e uso da água em plantas de eucalipto pulverizadas com glyphosate. **Planta Daninha**, v. 28, n. 2, p. 319-327, 2010.

MÉNDEZ-CORTÉS, H. et al. Respuesta de *Cedrela odorata* L. a diversos inoculantes micorrízicos procedentes de dos ecosistemas tropicales. **Madera y bosques**, v. 19, n. 3, p. 23-34, 2013.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos**. 2007.

MOREIRA, S. M. S, SIQUEIRA, O. J. Origem da simbiose e evolução da micorrizologia. In: MOREIRA, S. M. S, SIQUEIRA, O. J. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2006, cap. 10, p. 543.

NEUMANN, E. et al. Extraradical development and contribution to plant performance of an arbuscular mycorrhizal symbiosis exposed to complete or partial rootzone drying. **Mycorrhiza**, v. 20, n. 1, p. 13-23, 2009.

OLIVEIRA, J. J. F.; ALIXANDRE, T. F.; MIRANDA, J. M. S. Mudanças de castanha-do-gurguéia micorrizadas sob níveis de esterco de caprinos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 83, p. 189-197, 2015.

OROS-ORTEGA, I. et al. Respuesta de plántulas de *Cedrela odorata* a la inoculación con *Rhizophagus intraradices* y diferentes niveles de defoliación. **Revista mexicana de ciencias agrícolas**, v. 6, n. 3, p. 627-635, 2015.

REDECKER, D. et al. An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota). **Mycorrhiza**, v. 23, n. 7, p. 515-531, 2013.

SANTANDER, C. et al. Arbuscular mycorrhiza effects on plant performance under osmotic stress. **Mycorrhiza**, v. 27, n. 7, p. 639-657, 2017.

SHENG, M. et al. Influence of arbuscular mycorrhizae on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress. **Mycorrhiza**, v. 18, n. 6-7, p. 287-296, 2008.

SILVA, M. A. et al. Crescimento de mudas de maracujazeiro-doce (*Passiflora alata* Curtis) associadas a fungos micorrízicos arbusculares (Glomeromycota). **Acta botânica brasileira**, v. 18, p. 981-985, 2004.

SILVA, E. P. et al. Mudanças de sabiá colonizadas com fungos micorrízicos arbusculares nativos e adubadas com fosfato natural e material orgânico. **Revista Científica Rural**, v. 18, n. 1, p. 83-99, 2016.

SILVA, E. P. et al. Micorrizas arbusculares e fosfato no desenvolvimento de mudas de cedro-australiano. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 4, p. 1269-1281, 2017.

SOARES, Márcia Toffani Simão et al. Qualidade de mudas de espécies arbóreas procedentes do Bioma Pantanal e inoculadas com fungos micorrízicos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 91, p. 311-322, 2017.

TAVARES, SR de L.; FRANCO, Avílio Antônio; SILVA, EMR. Produção de mudas de *Acacia mangium* Willd noduladas e micorrizadas em diferentes substratos. **Embrapa Solos-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2016.

TEDERSOO, L. et al. High-level classification of the Fungi and a tool for evolutionary ecological analyses. **Fungal diversity**, v. 90, n. 1, p. 13

TRISTÃO, M. S. F.; ANDRADE, L. A. S.; SILVEIRA, D. P. A. Fungos micorrízicos arbusculares na formação de mudas de cafeeiro, em substratos orgânicos comerciais. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.4, p.649-658, 2006.

VANDRESEN, J. et al. Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e adubação na formação e pós-transplante de mudas de cinco espécies arbóreas nativas do sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, n. 4, p. 753-765, 2007.

WU, Q. S.; ZOU, Y. N.; WANG, G. Y. Arbuscular mycorrhizal fungi and acclimatization of micropropagated citrus. **Communications in soil science and plant analysis**, v. 42, n. 15, p. 1825-1832, 2011.

YADAV, K.; SINGH, N.; AGGARWAL, A. Arbuscular mycorrhizal technology for the growth enhancement of micropropagated *Spilanthes acmella* Murr. **Plant Protection Science**, v. 48, n. 1, p. 31-36, 2012.

ZHU, X. C. et al. Arbuscular mycorrhizae improves photosynthesis and water status of *Zea mays* L. under drought stress. **Plant, Soil and Environment**, v. 58, n. 4, p. 186-191, 2012.