



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



JOÃO RAPHAEL LIMA AVELINO

AVALIAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA DE MUDAS DE PINHÃO MANSO
(*Jatropha curcas* L.) INOCULADAS COM FUNGOS MICORRÍZICOS
ARBUSCULARES SUBMETIDAS A DÉFICIT HÍDRICO.

RIO LARGO – AL

2020

JOÃO RAPHAEL LIMA AVELINO

AVALIAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA DE MUDAS DE PINHÃO MANSO
(*Jatropha curcas* L.) INOCULADAS COM FUNGOS MICORRÍZICOS
ARBUSCULARES SUBMETIDAS A DÉFICIT HÍDRICO.

Trabalho de Conclusão de
Curso apresentado à Universidade
Federal de Alagoas como requisito
necessário para a obtenção do Grau de
Engenheiro Agrônomo.

Orientador (a): Prof.
Dr. Laurício Endres

Coorientador(a): Msc.
Juliany Mayra Teixeira De Moura
Barros

RIO LARGO- AL

2020

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecária Responsável: Myrtes Vieira do Nascimento

A949a Avelino, João Raphael Lima

Avaliação morfofisiológica de mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares submetidas a déficit hídrico. / João Raphael Lima Avelino – 2020.
23 f.; il.

Monografia de Graduação em Agronomia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. Rio Largo, 2020.

Orientação: Prof. Dr. Laurício Endres

Coorientação: Me. Juliany Mayra Teixeira Moura Barros

Inclui bibliografia

1. Euphorbiaceae. 2. Inoculação. 3. Déficit hídrico. I. Título.

CDU: 633.85



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

FOLHA DE APROVAÇÃO

JOÃO RAPHAEL LIMA AVELINO

AVALIAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA DE MUDAS DE PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L.)
INOCULADAS COM FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES SUBMETIDAS A
DÉFICIT HÍDRICO.

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Campus de Engenharia
e Ciências Agrárias da Universidade
Federal de Alagoas como requisito
parcial à obtenção do grau de Bacharel
em Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em 24 de setembro 2020.

Banca examinadora

Prof. Dr. Laurício Endres
Orientador

Prof. Dr. Vilma Marques Ferreira
Avaliador

MSc. Juliany Mayra Teixeira De Moura
Avaliador

A minha mãe **Rosa Lima da Paz;**
Vó, **Maria Umbelina da Paz** (in memoriam);
Prima, **Miriane Karine T. dos Santos;**

Por sempre acreditarem em mim ao longo dessa jornada, me incentivando a nunca desistir dos meus objetivos.

E a todos que se fizeram presentes e foi fonte de força para que não desistisse.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a **Deus**, por todas as conquistas e por me dar sempre à certeza de que tudo acontece conforme a sua vontade. Agradeço também a intercessão de Nossa Senhora.

Aos **meus pais** pela vida e todo o esforço na criação e na formação do homem que hoje sou;

Aos meus familiares, em especial minha vó **Maria Umbelina da Paz** (in memoriam), por sempre ter sido exemplo de pessoa, minha fonte de inspiração, por ter me apoiado e incentivado tanto;

Ao meu sobrinho Vinícius Gabriel que mesmo sentindo minha ausência, sempre fez parte da jornada e que me ensina todos os dias o que é o amor e me faz querer ser sempre uma pessoa melhor;

A minha prima e amiga **Miriane Karine** por ser uma parceira muito importante nos melhores e piores momentos da vida.

Aos meus amigos oriundos da graduação Gilberlan Costa, Carla da Rocha, Desirée Pereira, Tâmara Ingrid, Everton Nascimento, Daniel Neto, Rafaela Ferreira e Alyne Cristina, por toda alegria e conhecimentos compartilhados ao longo desses anos.

Aos amigos de laboratório de Ecofisiologia Vegetal André Lucas, Adenilton Cícero, Sebastião Maia, Polyana Geysa, Claudiana Moura, Jhulyanne Christiny, Isabela Cardoso e Jonatas por toda parceria e troca de conhecimentos ao longo das pesquisas.

A minha namorada **Alyce Rocha** por ser amiga, parceira e motivadora em muitos momentos e ser a mulher que amo.

Ao meu orientador **Dr. Laurício Endres**, em quem me espelho como pessoa e profissional.

A minha coorientadora Msc. **Juliany Mayra**, pelo apoio e experiência durante o experimento e análise dos dados.

Agradeço pela doação dos inóculos da Coleção Internacional de Cultura de Glomeromycota – CICG da Universidade Regional de Blumenau (FURB).

A todo o corpo docente, técnico e colaboradores que formam o **Campus de Engenharias e Ciências Agrárias** da Universidade Federal de Alagoas.

A **Universidade Federal de Alagoas** – UFAL maior instituição pública e gratuita do estado, onde pode ser membro discente.

Ao **CNPQ** por fomentar e financiar as pesquisas nas universidades, e pode ter o prazer de ser contemplado com bolsa de iniciação científica – IC.

De todo o meu coração, segue meu sincero **MUITO OBRIGADO!**

“Nossa vida é um presente de Deus
e o que fazemos dela é o nosso presente a
Ele.”

(São João Bosco)

RESUMO

O pinhão manso, *Jatropha curcas* L., vem sendo considerado uma cultura promissora para a produção de óleo e fabricação de biocombustível. Amicorrização é uma técnica que promove a associação simbiótica entre fungo-planta, de maneira que esses microrganismos contribuem com o aumento da extensão radicular através de suas hifas e assim pode contribuir na absorção de água e nutrientes e eventualmente contribuir no aumento da tolerância da planta à seca. Diante disso, os objetivos foram avaliar o desenvolvimento morfológico em plantas inoculadas com três tipos de micorrizas isoladas sob irrigação e, trocas gasosas e biomassa de mudas de pinhão manso inoculadas com três tipos de micorrizas isoladas, submetidas a estresse hídrico. O presente experimento foi conduzido em ambiente protegido, o delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, arranjos em esquema fatorial 2x4, correspondendo a duas condições de regime hídrico (com e sem irrigação), quatro tratamentos onde (M0) não inoculado, (M1) *Gigaspora albida*, (M2) *Claroideoglossum etunicatum* e (M3) *Rhizophagus intraradices* com sete repetições. Foram feitas avaliações de análises de crescimento, trocas gasosas e biomassa nas plantas. As plantas de pinhão manso inoculadas com as espécies *C. etunicatum* e *R.intraradices* tiveram aumento no diâmetro do caule, altura, número de folhas e área foliar, tiveram menor redução na condutância estomática (gs), transpiração (E) e fotossíntese (A) sob déficit hídrico em relação às plantas não inoculadas na mesma situação hídrica. Dessa forma, os fungos micorrízicos arbusculares *C. etunicatum* e *R.intraradices* aliviaram o efeito prejudicial do estresse hídrico em plantas de pinhão-manso contribuindo para o aumento de produção da biomassa.

Palavras-chave: Euphorbiaceae, Inoculação, Déficit hídrico.

ABSTRACT

Physic nut, *Jatropha curcas* L. has been considered a promising crop for the production of oil and the production of biofuel, Mycorrhization is a technique that promotes the symbiotic association between plant-fungus, so that these microorganisms contribute to the increase in root extension through their hyphae and thus can contribute to the absorption of water and nutrients and thus contribute to increased drought tolerance. That said, the objective was to evaluate the morphological development, gas exchange and biomass of physic nut seedlings inoculated with three types of isolated mycorrhizae, submitted to water stress. The present experiment was conducted in a protected environment, the experimental design used was in randomized blocks, arranged in a 2x4 factorial, corresponding to two water regime conditions (with and without irrigation), four treatments where (M0) not inoculated, (M1) *Gigaspora albida*, (M2) *Claroideoglobus etunicatum* and (M3) *Rhizophagus intraradices* with seven repetitions. Evaluations of growth analysis, gas exchange and biomass in plants were made. The Physic nut plants inoculated with the species *C. etunicatum* and *R. intraradices* had a significant increase in the diameter of stem height, leaf number and leaf area, had a smaller reduction in conductance stomatal (gs) transpiration (E) and photosynthesis (A). In this way arbuscular mycorrhizal fungi *C. etunicatum* and *R. intraradices* alleviated the harmful effect of water stress on physic nut plants, contributing to the increase in biomass production.

Keywords: Euphorbiaceae, Inoculation, Water deficit.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Mudas de <i>J. Curcas</i> no decorrer do experimento.....	12
Figura 2. A associação dos FMAs com o pinhão manso com a visualização das estruturas dos fungos nas raízes. Onde <i>Gigaspora albida</i> (A), <i>Claroideoglo mus etunicatum</i> (C) e <i>Rhizophagus intraradices</i> (D), protocolo adaptado de Miranda (2008).....	13
Figura 3. Umidade no solo durante o período de estresse máximo e reidratação.	14
Figura 4. Altura (A), diâmetro do coleto (B), número de folhas (C) e área foliar (D), de plantas de <i>Jatropha curcas</i> L. inoculadas com FMAs sendo (M0) não inoculado, (M1) <i>Gigaspora albida</i> , (M2) <i>Claroideoglo mus etunicatume</i> (M3) <i>Rhizophagus intraradices</i>	15
Figura 5. Condutância estomática (A e B); transpiração (C e D); fotossíntese (E e F); em plantas de <i>J. curcas</i> inoculadas com FMAs onde (M0) não inoculado, (M1) <i>Gigaspora albida</i> , (M2) <i>Claroideoglo mus etunicatume</i> (M3) <i>Rhizophagus intraradices</i> . Submetidas a estresse hídrico e reidratação.....	16
Figura 6. Exemplo de raízes de <i>J. curcas</i> L. 112 dias após inoculadas com micorrizas, onde: (A) Sem micorriza, (B) <i>Gigaspora albida</i> , (C) <i>Claroideoglo mus etunicatum</i> , (D) <i>Rhizophagus intraradices</i>	18
Figura 7. Massa seca de folhas (A), de caule (B), de raíz (C) e massa seca total (D) de plantas de <i>Jatropha curcas</i> L. inoculadas com FMAs onde (M0) não inoculado, (M1) <i>Gigaspora albida</i> , (M2) <i>Claroideoglo mus etunicatum</i> e (M3) <i>Rhizophagus intraradices</i>	19

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo Geral.....	13
2.2 Objetivos específicos.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 Inoculação dos Fungos Micorrízicos no Pinhão Manso	14
3.2 Umidade do solo	15
3.3 Análises Biométricas	16
3.4 Análises Fisiológicas	16
3.5 Análises Estatísticas	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
5. CONCLUSÕES	22
REFERÊNCIAS	23

1. INTRODUÇÃO

A *Jatropha curcas* L., comumente conhecida como pinhão manso, é uma planta perene de grande plasticidade adaptativa. Sua distribuição no Brasil é grande, pode ser encontrada em todas as regiões do território, tem grande usabilidade desde cerca viva à fonte energética (VIRGENS et al., 2017). As sementes servem como vermicida natural, espécies não tóxicas podem ser usadas na alimentação animal e humana (LAVIOLAET al., 2010). E a extração do óleo é fonte de energia na forma de biocombustível.

As fontes de energias renováveis vêm em contraponto ao uso de recursos não renováveis, derivados do petróleo, o qual ainda é a principal fonte de energia utilizada mundialmente. O uso dessa fonte agrava os problemas ambientais decorrentes da emissão de gases de efeito estufa e contribui para o aumento do aquecimento global, o que torna necessária/essencial a busca por fontes energéticas renováveis e de baixo impacto ambiental (BORGES et al., 2016).

O estresse hídrico é um dos principais fatores na redução da produção e produtividade em plantas cultivadas, pois afeta diretamente o desenvolvimento do vegetal (PADILHA et al., 2016).

Sendo assim, novas estratégias de cultivo que visem à qualidade ambiental associada a uma melhor produção vegetal vem intensificando-se. A inoculação de fungos benéficos nas raízes das plantas vem ganhando grande destaque. Tal técnica promove a associação simbiótica entre ambos, de maneira que esses microrganismos contribuem para o aumento da extensão radicular através de suas hifas, permitindo, assim, uma maior absorção de água e nutrientes pelas plantas, além de possuir um baixo custo (FOLLI-PEREIRA et al., 2012; MARTÍN; RIVERA, 2015; LEHMANN et al., 2017).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- Avaliar o desenvolvimento morfofisiológico de mudas de pinhão manso com três espécies isoladas de micorrizas, submetidas a estresse hídrico.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar diferentes respostas à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares – FMAs, isolados a fim de definir os fungos mais recomendados para a cultura.
- Determinar o nível crítico de estresse hídrico para *Jatropha curcas* L., na presença e ausência de micorrizas;
- Verificar a existência de possíveis alterações anatômicas visíveis e mensuráveis entre as mudas com e sem micorrizas;

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL). O solo utilizado foi coletado na área do CECA, sendo o mesmo embalado em sacos com pesagem de 20 Kg e autoclavados por 2 horas, a 121°C 1atm, para desinfestação.

As sementes foram coletadas na área de cultivo de pinhão manso do CECA, as quais foram lavadas e desinfestadas com uma solução de hipoclorito de sódio a 2,5% por 4 minutos e em seguida, lavadas com água destilada por 3 vezes, de modo a eliminar todo o resíduo de hipoclorito.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, arranjados em um esquema fatorial de 2x4, correspondendo a dois níveis hídricos (irrigadas e déficit hídrico) e quatro tratamentos com micorrizas sendo: (M0) não inoculado, (M1) inoculação com *Gigaspora albida*, (M2) inoculação com *Claroideoglossum etunicatum* e (M3) inoculação com *Rhizophagus intraradices*, com sete repetições por tratamento, totalizando 56 parcelas amostrais (vasos), como uma planta por parcela.

Figura 1. Mudanças de *J. Curcas* ao decorrer do experimento.



Fonte: BARROS, 2018.

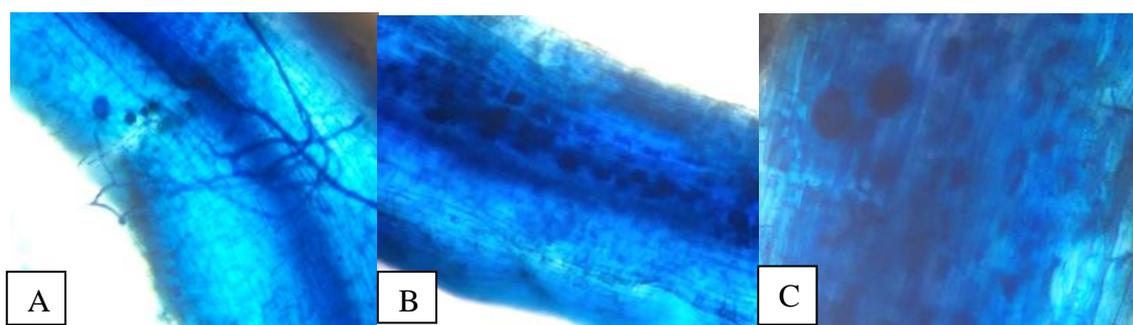
3.1 Inoculação dos Fungos Micorrízicos no Pinhão Manso

Os inóculos puros das três espécies de FMAs foram obtidos através da Coleção Internacional de Cultura de Glomeromycota – CICG, cujo material consistiu de raízes

de sorgo colonizadas pelas espécies isoladas. Posteriormente, foram adicionados 6g de inóculo micorrízico em cada vaso. Em seguida, 2 cm acima do inoculo, três sementes de pinhão manso foram plantadas. Após o plantio, as mudas foram colocadas em casa de vegetação, e foi adicionada água até a drenagem, sendo a rega executada a cada 3 dias. Após 20 dias foi realizado o desbaste.

A associação dos FMAs com o pinhão manso foi confirmada após 90 dias através da visualização das estruturas dos fungos nas raízes. Foi utilizado o protocolo adaptado de Miranda (2008) onde cerca de 1g de raízes foi posto em 100 mL de KOH 1M. Em seguida, o material foi colocado em estufa à 90°C, por 1 hora e 30 minutos, sendo o KOH descartado e as raízes lavadas com água destilada. Uma solução de HCl 5% foi adicionada, e após um repouso de 5 minutos o ácido foi eliminado. A solução corante LAT (sem Fenol) foi adicionada até cobrir as raízes que permaneceram nesta solução por uma noite. O LAT foi descartado e as raízes lavadas duas vezes com água destilada retirando-se o excesso do corante. As raízes coradas de azul foram dispostas em lâminas para microscopia, com auxílio de uma pinça. Gotas de glicerina foram utilizadas para fixar a lamínula e impedir o ressecamento do material. Utilizou-se um sistema de captura de imagem acoplado a microscópio, marca BEL®, para verificar e registrar a presença de micorrizas nas raízes.

Figura 2. Associação dos FMAs com o pinhão manso, com a visualização das estruturas dos fungos nas raízes. Sendo (A) *Gigaspora albida*, (B) *Claroideoglossum etunicatum* e (C) *Rhizophagus intraradices*.

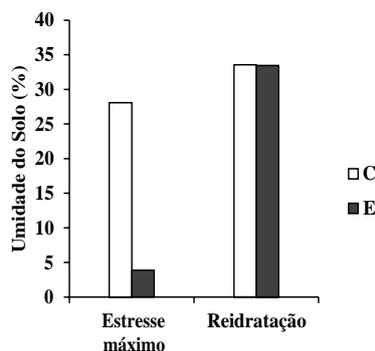


Fonte: BARROS,2018.

3.2 Umidade do solo

A umidade do solo de cada vaso foi analisada durante o período de estresse hídrico e reidratação, aos 100 e 103 dias após o plantio - DAP. à profundidade de 5 cm, por meio de um sensor de umidade modelo SM200.

Figur3. Umidade no solo durante o período de estresse máximo e reidratação.



3.3 Análises Biométricas

A coleta de dados morfológicos foi realizada aos 30, 60 e 90 dias após o plantio - DAP, foi mensurado o número de folhas, diâmetro do caule (mm) e altura (cm). Ao fim do experimento, as plantas foram coletadas e separadas em folhas, caule e raízes. As folhas foram utilizadas para a determinação da área foliar (mm²) através de um integrador de área foliar Li-Cor modelo LI-3100C, e em seguida, todo o material vegetal foi colocado para secar em estufa, com circulação de ar forçada, a 65°C, até peso constante, a fim de se obter a massa seca.

3.4 Análises Fisiológicas

As trocas gasosas foram medidas aos 100 DAP. A suspensão da irrigação ocorreu aos 90 DAP, com duração de dez dias, e posteriormente por meio de um analisador portátil de CO₂ por infravermelho, modelo Li-6400 (Li-Cor, Biosciences Inc., Nebraska, EUA). A leitura foi realizada em cada planta na parte central da quarta folha expandida a partir do ápice. As seguintes variáveis foram analisadas: taxa de fotossíntese (A), transpiração (E), condutância estomática (gs). As plantas foram reidratadas por três dias, e aos 103 DAP ocorreu a mensuração dos mesmos parâmetros.

3.5 Análises Estatísticas

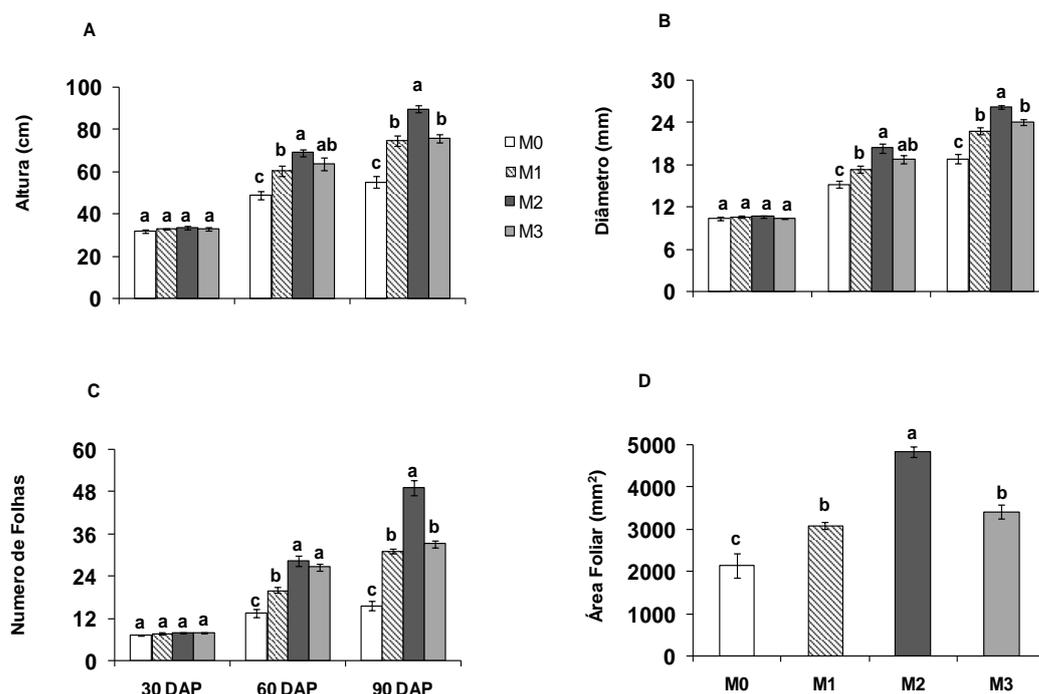
Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). As análises foram realizadas com o auxílio do software estatístico SISVAR5.6. Os gráficos e tabelas foram confeccionados com auxílio do programa Excel 2007.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas inoculadas com a micorriza *C. etunicatum* apresentaram altura cerca de 62,7% maior que as não inoculadas (Figura 4A). Além disso, essas plantas tiveram acréscimo no diâmetro do coleto e número de folhas de aproximadamente 38,8% e 215,6%, em relação às plantas controle, respectivamente (Figura 4B e 2C).

Pôde-se verificar, ainda, aumento da área foliar de 126,1% em plantas inoculadas com *C. Etunicatum* em relação às não inoculadas (Figura 4D), sendo esse acréscimo maior do que aquele conferido pela inoculação com as micorrizas *R. intraradices* e *G. albida*, as quais também tiveram efeito sobre a área foliar, apresentando aumento de 59,6% e 44,1% respectivamente, quando comparadas ao controle (Figura 4D).

Figura 4. Altura (A), diâmetro do coleto (B), número de folhas (C) e área foliar (D), de plantas de *Jatropha curcas* L. inoculadas com FMA sendo (M0) não inoculado, (M1) *Gigaspora albida*, (M2) *Claroideoglomus etunicatum* (M3) *Rhizophagus intraradices*.



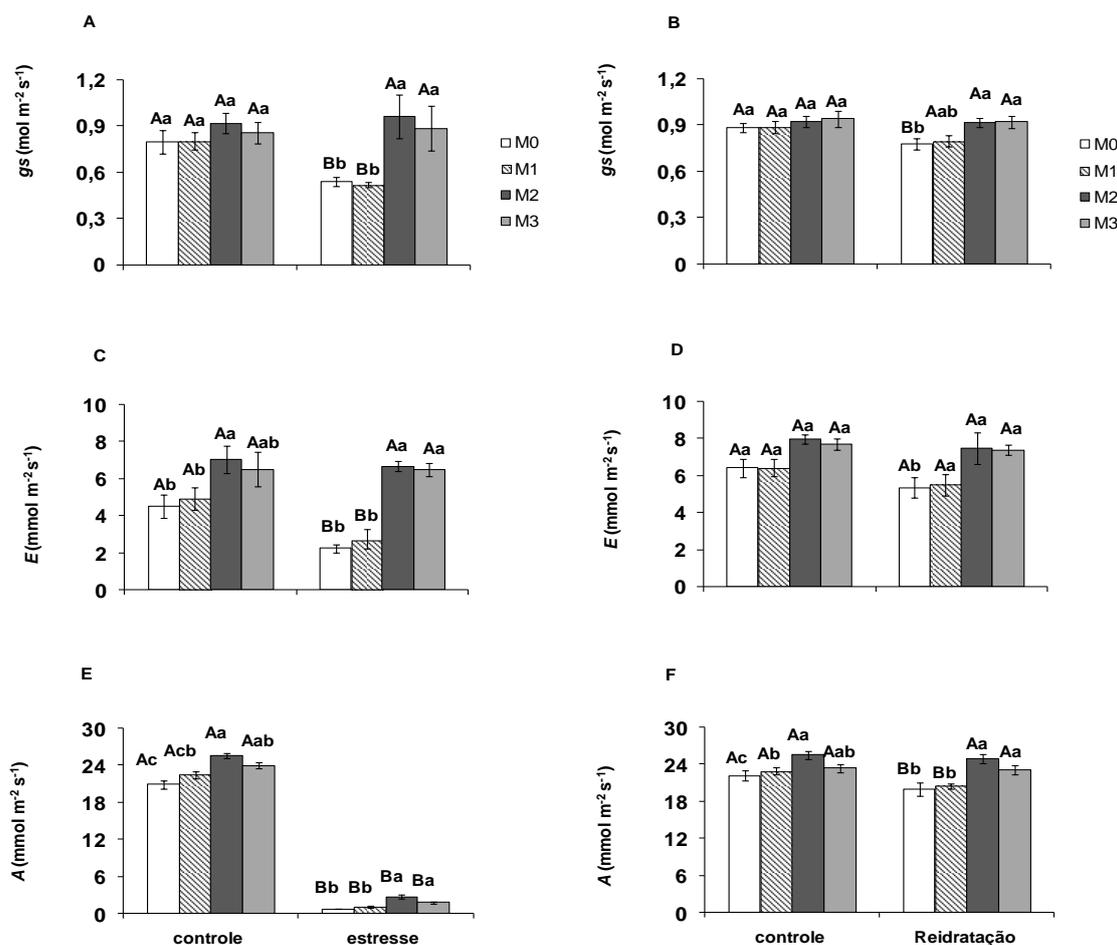
*As letras minúsculas indicam diferenças significativas entre tratamentos dentro de mesmo DAP pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Resultados semelhantes foram encontrados por Ajala et al. (2016) os quais verificaram que a altura, diâmetro do coleto, número de folhas, massa seca total e massa seca da parte aérea de pinhão manso foram influenciadas, positivamente, pela inoculação com

fungos micorrízicos. O mesmo ocorreu em outras espécies como o café, em que os FMAs influenciaram no crescimento das plantas, de modo que, foram observados maior altura, diâmetro do caule e número de folhas quando comparadas às não inoculadas (CARVALHO, 2014). As micorrizas proporcionam um aumento na absorção de água e nutrientes do solo pelas plantas por meio de suas hifas externas, as quais agem como extensões do sistema radicular, permitindo maior absorção desses, e consequentemente, resultando em plantas mais nutridas e vigorosas (MARTINS et al., 2017, SOARES et al., 2017). O mesmo pode ter acontecido com o pinhão manso.

O estresse hídrico afetou as tocas trocas gasosas das folhas de *J. Curcas* (Figura 5A, C e E). Esse efeito se manteve em plantas reidratadas, embora em escala menor (Figura 5B, D e F).

Figura 5. Condutância estomática (A e B); transpiração (C e D); fotossíntese (E e F); em plantas de *J. curcas* inoculadas com FMAs onde (M0) não inoculado, (M1) *Gigaspora albida*, (M2) *Claroideoglosum etunicatum* (M3) *Rhizophagus intraradices*. Submetidas a estresse hídrico e reidratação.



*Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre regimes hídricos em cada tratamento e letras minúsculas indicam diferenças significativas entre tratamentos dentro do mesmo regime hídrico pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Somente a *C. etunicatum* e *R. intraradices* mantiveram condutância estomática 78,5% e 64,1% maior em relação às plantas não inoculadas (Figura 5A). Esse comportamento se manteve em plantas reidratadas (Figura 5B).

Mudas de pinhão manso inoculadas com *C. etunicatum* e *R. intraradices* apresentaram taxas transpiratórias 197,5% e 196,9% maiores, respectivamente, em relação às plantas não inoculadas (Figura 5C). Após reidratação, ambas continuaram a apresentar maior transpiração que as não inoculadas em torno de 38,1% e 39,8%, respectivamente (Figura 5D).

Plantas inoculadas com *C. etunicatum* e *R. intraradices* mantiveram as taxas fotossintéticas 285,9% e 156,3% maiores sob estresse hídrico quando comparadas às plantas não inoculadas (Figura 5E). Após reidratação, as taxas fotossintéticas das mudas inoculadas com a espécie *C. etunicatum* apresentaram-se superiores em relação às plantas não inoculadas, em média de 24,35% (Figura 5F).

Os FMAs possuem uma rede de micélios bastante desenvolvida que potencializa a forma e a distribuição das raízes no solo, promovendo uma ampliação da área de absorção, auxiliando assim, no desenvolvimento da planta hospedeira, tornando-a mais ativa metabolicamente, de acordo com (RUIZ-LOZANO et al., 2012 e Zouet al., 2015), o que pode ter contribuído na manutenção da fotossíntese sob estresse hídrico.

No presente estudo, as mudas de pinhão-manso apresentaram redução na condutância estomática, transpiração e taxa fotossintética sob condições de deficiência hídrica. As plantas quando submetidas à déficit hídrico possuem como resposta imediata a esta condição o fechamento de seus estômatos visando, assim, à redução da perda de água pela transpiração (GALLE et al., 2011 e TAIZ & ZEIGER, 2013), entretanto, devido à relação existente entre condutância estomática, transpiração e a fotossíntese, essa resposta promove a diminuição do processo fotossintético ocasionada pela redução da entrada de CO₂ (ENDRES et al., 2010; SALES et al., 2012).

As plantas de pinhão manso inoculadas com as espécies *C. Etunicatum* e *R. intraradices*, mantiveram taxas de condutância estomática e transpiração maiores em comparação com as não inoculadas, o que indica que essas plantas apresentaram maior controle estomático e eficiência do uso da água. O que sugere que a simbiose entre fungos micorrízicos e raízes de plantas hospedeiras pode ter contribuído com a maior

absorção ou retenção de água na raiz. Bárzana et al. (2012), também encontraram resultados semelhantes em mudas de tomate, cuja condutância estomática foi maior em plantas inoculadas.

A simbiose é responsável pelo aumento da absorção de nutrientes que ocorre através de uma rede de micélio desenvolvida, decorrente das hifas dos FMAs, que proporcionam aumento da área da superfície de contato com o solo (Figura 6).

As plantas inoculadas com os fungos micorrízicos *C. Etunicatum* e *C. Etunicatum* apresentaram maior extensão do sistema radicular e conseqüente mente uma melhor superfície de contato com o solo, promovendo a expansão da área de absorção (Figura 6C e D), quando comparados com o tratamento controle (Figura 6A).

Figura 6. Exemplo de raízes de *J. curcas* L. 112 dias depois de inoculadas com micorrizas, sendo: (A) Sem micorriza, (B) *Gigaspora albida*, (C) *Claroideoglomus etunicatum*, (D) *Rhizophagus intraradices*.



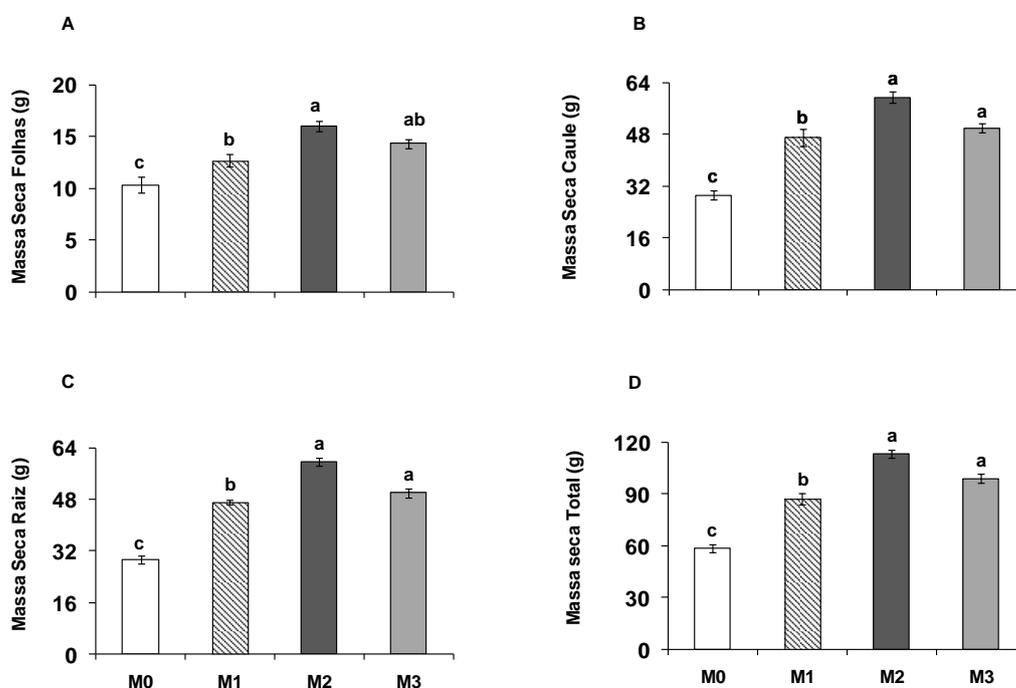
Fonte: BARROS, 2018.

O estabelecimento da simbiose resulta em diversos benefícios para a planta hospedeira como: a redução da suscetibilidade a certos patógenos, tolerância as alterações do clima, aumento da tolerância ao estresse hídrico, refletido em um melhor desenvolvimento e maior acúmulo de biomassa.

Todas as espécies de micorrizas testadas exerceram efeito positivo sobre a massa seca do pinhão manso. Plantas inoculadas com as micorrizas *C. etunicatum*, *R. intraradices* e *G. Albida* apresentaram aumentos de 100,1%, 82,5% e 45,20 % de massa seca da raiz, bem como de 103,45%, 70,75% e 60,91% de massa seca de caule,

respectivamente, em relação ao controle (Figura 7C e B).

Figura 7. Massa seca de folhas (A), de caule (B), de raiz (C) e massa seca total (D) de plantas de *Jatropha curcas* L. inoculadas com FMAs sendo (M0) não inoculado, (M1) *Gigaspora albida*, (M2) *Claroideoglomus etunicatum* e (M3) *Rhizophagus intraradices*.



*As letras minúsculas indicam diferenças significativas entre tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Resultados semelhantes foram observados para a massa seca de folhas com aproximadamente 54,82%, 38,61% e 22,97%, e massa seca total com 84,89%, 77,86% e 49,12%, nas Plantas inoculadas com as micorrizas *C. etunicatum*, *R. intraradices* e *G. Albida* respectivamente, quando comparadas às plantas não inoculadas (Figura 7A e D). Resultados semelhantes foram encontrados em mudas de jenipapeiro, nas quais houve maior incremento na biomassa seca da parte aérea nas plantas que receberam inóculo da espécie *C. etunicatum* em relação às não inoculadas (SOARES, 2012). Em mudas de café submetidas à inoculação, Carvalho (2014) também relatou uma maior produção de matéria seca de folha e raiz. O mesmo ocorreu em mudas de teça (*Tectona grandis* LF.), cuja inoculação com fungos micorrízicos proporcionou maior incremento na biomassa seca de raiz e parte aérea (RODRIGUES; BARROSO e FIQUEIREDO, 2018). O que pode ser uma evidência de que a associação simbiótica com as raízes das plantas hospedeiras proporcionou uma maior absorção de nutrientes minerais e água.

5. CONCLUSÕES

Mudas de pinhão manso inoculadas com *C. etunicatum* apresentam maior crescimento comparadas às não inoculadas.

A inoculação das mudas de *J. Curcas* com as espécies *C. etunicatum* e *R. Intraradices* contribui no aumento de produção de biomassa.

As espécies *C. etunicatum* e *R. intraradices* associam-se melhor se associarão às mudas de pinhão manso, reduzindo os danos ocasionados pelo estresse hídrico, contribuindo na tolerância à seca.

REFERÊNCIAS

- AJALA, M. C.; AQUINO, N. F.; HORBACH, M. A.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Efeito da inoculação com fma no crescimento inicial em mudas de pinhão manso de três procedências. **Scientia Agraria Paranaensis – Sci. Agrar**, v. 15, n. 1, p. 43-47, 2016.
- BÁZANA, G.; AROCA, R.; PAZ, J. A.; CHAUMONT, F. MARTINEZ-BALLESTA M. C.; CARVAJAL, M.; RUIZ-LOZANO, J. M. 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 Company**. v. 109, n. 5, p. 1009-1017, 2012.
- BORGES, A. C. P.; SILVA, M. S., ALVES, C. T., & TORRES, E. A. Energias Renováveis: uma contextualização da biomassa como fonte de energia. **Rede–Revista Eletrônica do Prodepa**, V. 1, p. 23-36, 2016.
- CARVALHO, F. P. de. Implicações do uso de herbicidas em plantas de cafeeiro micorrizadas. 53f. **Tese** (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2014.
- ENDRES, L.; SILVA, J. V.; FERREIRA, V. M.; BARBOSA, G. D. S. Photosynthesis and water relations in Brazilian sugarcane. **Open Agriculture Journal**, v. 4, n. 3, p. 31-37, 2010.
- FOLLI-PEREIRA, M. S.; MEIRA-HADDAD, L. S.; BAZZOLLI, D. M. S.; KASUYAH, M. C. M. Micorrizaarbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p.1663-1679, 2012.
- GALLE, A.; FLOREZ-SARASA I.; Aououad H. E.; FLEXAS, J. The mediterranean evergreen *Quercus ilex* and the semi-deciduous *Cistus albidus* differ in their leaf gas exchange regulation and acclimatation to repeated drought and rewatering cycles, **Journal of Experimental Botany**. v. 62, p. 5207-5216, 2011.
- LAVIOLA, B. G.; MENDONÇA, S.; RIBEIRO, J. A. Caracterização de acessos de pinhão manso quanto a toxidez. In: **IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas**. 2010.
- LEHMANN, A.; LEIFHEIT, E. F.; RILLIG, M. C. Mycorrhizas and soil aggregation. In: **Mycorrhizal mediation of soil**. Elsevier, v. 1, p. 241-262, 2017.
- MACHADO, R. S.; RIBEIRO, R. V. MARCHIORI, P. E. R.; MACHADO, D. F. S. P.; MACHADO, E. C.; LANDELL, M. G. A. Respostas biométricas e fisiológicas ao déficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1575-1582, 2009.
- MARTÍN, G. M.; RIVERA, E. R. Influencia de la inoculación micorrízica en los abonos verdes. Efecto sobre el cultivo principal. **Cultivos Tropicales**. v. 36, p.34-50, 2015.

MARTINS, R. M. S.; MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P. Crescimento micelial de fungos micorrízicosarbusculares e formação de micorriza em solo contaminado por cádmio. **Revista Scientia Agraria**, v. 18, n. 3, p. 48-60, 2017.

PADILHA, N. S.; Silva, C. J. D., Pereira, S. B., et al. Crescimento inicial do pinhão-manso submetido a diferentes regimes hídricos em latossolo vermelho distrófico. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 2, p. 513-521, 2016.

RODRIGUES, L. A.; BARROSO, D. G.; FIQUEIREDO, F. A. MM. Fungos micorrízicosarbusculares no crescimento e na nutrição mineral de mudas de *Tectonagrandis* LF. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 25-34, 2018.

RUIZ-LOZANO, J. M.; PORCEL R., AZCÓN, C.; AROCA, R. Regulation by arbuscular mycorrhizae of the integrated physiological response to salinity in plants: new challenges in physiological and molecular studies. **Journal of Experimental Botany**, v.63, p.4033-4044, 2012.

SALES, C.R.G.; RIBEIRO, R.V.; MACHADO, D.F.S.P.; MACHADO, R.S.; DOVIS, V.L.; LAGÔA, A.M.M.A. Trocas gasosas e balanço de carboidratos em plantas de cana-de-açúcar sob condições de estresses radiculares. **Bragantia**, v. 71, p. 319-327, 2012.

SOARES, A. C. F. et al. Fungos micorrízicosarbusculares e composto orgânico no crescimento e nutrição de mudas de sisal. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 12, n.1, p. 2-9, 2017.

Soares, C. F. S.; Sousa, S. S.; Garrido, S. M.; Lima, F. S. Fungos micorrízicosarbusculares no crescimento e nutrição de mudas de jenipapeiro. **Revista Ciência Agronômica**. v. 43, n. 1, p. 47-54, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. **5. ed.** Porto Alegre: **Artmed**, 2013.

Virgens, I. O.; Castro, R. D. de.; Loureiro, M. B.; Fernandez, L. G. Revisão: *Jatropha curcas* L.: aspectos morfofisiológicos e químicos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, p. 216-220, 2017.

ZOU, Y. N.; SRIVASTAVA, A. K.; NI, Q. D.; WU, Q. S. Disruption of mycorrhizal extraradical mycelium and changes in leaf water status and soil aggregate stability in rootbox-grown trifoliate orange. **Frontiers in microbiology**, v. 6, p. 203, 2015.