

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA

DESENVOLVIMENTO DE ESPÉCIES FLORESTAIS INOCULADAS COM
FUNGOS MICORRÍZICOS EM ÁREAS DE MINERAÇÃO NO ESTADO DE SERGIPE

CASSANDRA MENDONÇA DE OLIVEIRA

SÃO CRISTÓVÃO

2020

CASSANDRA MENDONÇA DE OLIVEIRA

DESENVOLVIMENTO DE ESPÉCIES FLORESTAIS INOCULADAS COM
FUNGOS MICORRÍZICOS EM ÁREAS DE MINERAÇÃO NO ESTADO DE SERGIPE

Orientador Prof.º Dr.º. Milton Marques Fernandes

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Departamento de
Ecologia da Universidade
Federal de Sergipe como
requisitos para obtenção do
título de Bacharel em Ecologia.

SÃO CRISTÓVÃO

2020

CASSANDRA MENDONÇA DE OLIVEIRA

DESENVOLVIMENTO DE ESPÉCIES FLORESTAIS INOCULADAS COM
FUNGOS MICORRÍZICOS EM ÁREAS DE MINERAÇÃO NO ESTADO DE SERGIPE

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Drº. Milton Marques Fernandes
Orientador

Profº Drº Adauto de Souza Ribeiro
1º examinador

Profº Dr º Alexandre de Siqueira Pinto
2º examinador

Aprovado em 19 de março de 2020.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e ao Universo pelo dom da vida.

Faço um agradecimento muito especial à orientação e amizade do Profº Drº e Amigo Milton M. Fernandes, obrigada por toda paciência, todos os conselhos, puxões de orelha e brincadeiras. Estendo esses agradecimentos a sua esposa Drª Márcia Fernandes, obrigada por todas as conversas e conselhos. Agradeço também a todos aqueles que fazem parte do Laboratório de Ecologia Florestal que estiveram presentes em algum momento da minha formação.

Agradeço aos meus pais Alessandra Mendonça e José Carlos de Oliveira, por toda paciência que tiveram comigo durante a graduação, por toda palavra de apoio quando pensei em desistir, por me ouvirem com atenção todas as vezes que chegava com uma novidade por mais que vocês não entendessem metade do que eu estivesse falando. Agradeço aos meus irmãos Michel, Maxwell e Bergson por de forma única demonstrarem todo o carinho e apoio nesse momento, também amo muito vocês.

Quero agradecer principalmente a todos aqueles que estiveram comigo durante o desenvolvimento desse projeto, em especial aos parceiros e amigos Ademilson de Jesus Silva e Deniver Dehuel Souza de Oliveira que estiveram em todos os campos e foi obrigado a ouvir todas as minhas reclamações e dramas. Agradeço aqueles que estiveram no começo Alisson Santana e Breno Cruz que foram peças chave para o progresso desse trabalho e amigos tão importantes.

Por todo os conselhos, risadas, apoio, carinho, compreensão e principalmente amizade agradeço a Ingrid M. de Souza que de tanto perguntarem se somos irmã me acostumei a isso e hoje cultivo essa nossa irmandade. Agradeço a Daniela L. Santana por ser uma companheira e amiga sem distinção. Nos conhecemos nos primeiros instantes dentro da universidade e foram cinco anos incríveis ao lado de vocês. Muito obrigada por todos esses anos de memórias que ficaram marcadas pra sempre. A Marta Alencar que chegou na minha vida recentemente, mas já se tornou uma pessoa tão importante, meu mais sincero agradecimento.

Aos meus melhores amigos que me acompanharam nessa jornada estamos juntos desde o ensino médio e passamos por tantas coisas. Sempre nos apoiamos incondicionalmente e

repreendemos quando vimos que algo estava errado. Amo muito vocês Alisson Armando, Eloy Costa e Flávio Machado, vocês sempre foram os primeiros a quem procurei para dividir meus planos e sonhos. Obrigada por todo carinho, conselhos, risadas, pela compreensão nos momentos mais críticos e por serem os primeiros que procuro para compartilhar as alegrias. Mas tenho um agradecimento especial a fazer para Eloy, pois foi você que além de um amigo foi um companheiro de profissão, dividimos momentos acadêmicos que me ensinaram bastante. Obrigada!

Agradeço a Janaina Chaves que no começo era apenas uma companheira de viagem e se tornou uma amiga e parceira de laboratório. Agora é alguém que quero dividir momentos para fora dos muros da universidade.

Meus mais sinceros e profundos agradecimentos a todos os sobreviventes da turma de Ecologia de 2015: José Wiris, Raquel Abreu, Michelly Cruz, Ingrid Mariane, Ana Beatriz Berto e Amadeu Neto por dividirem comigo todos os momentos bons e ruins, todas as risadas e dificuldades que tivemos nesse curso.

Por fim, agradeço a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para meu crescimento profissional e desenvolvimento pessoal.

DESENVOLVIMENTO DE ESPÉCIES FLORESTAIS INOCULADAS COM FUNGOS MICORRÍZICOS EM ÁREAS DE MINERAÇÃO NO ESTADO DE SERGIPE

RESUMO: O uso de espécies florestais heliófitas, pioneiras e facilitadoras da sucessão ecológica para a restauração de áreas degradadas é indicado para restabelecimento das funções e estrutura ecossistêmicas. Para restauração ecológica são utilizados métodos como restauração passiva, quando existe a regeneração natural da área e a restauração ativa utilizado quando o ecossistema perde sua capacidade de regeneração natural como em áreas de mineração. ~~O objetivo desse~~ Este estudo avaliou o desenvolvimento de duas espécies arbóreas inoculadas com fungos micorrizicos arbusculares e sem inoculação em área degradada de mineração no município de Itaporanga D'Ajuda, SE. As mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira) (AR) e *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. var. *ferrea* (Pau-ferro) (PF) utilizadas foram produzidas no viveiro florestal do Departamento de Ciência Florestal da UFS e plantadas em área de mineração de areia e seixos rolados na Fazenda Itália pertencente a empresa Cal Trevo. O experimento consistiu na avaliação em campo de duas espécies florestais quando inoculadas ou não com fungos micorrizicos arbusculares (SF e CF). No momento da inoculação foi utilizado o fungo micorrizico *Glomus clarum*. Foi avaliado altura e diâmetro do coleto durante os doze meses seguintes ao plantio, foi calculado também a taxa de mortalidade dessas mudas. As mudas de pau-ferro que foram inoculadas com o fungo micorrizico atingiram a maior altura após um ano do plantio com média de 81,58 cm, os demais tratamentos de pau-ferro sem fungo e aroeira com e sem fungo não foram diferentes estatisticamente. O maior diâmetro do coleto foi observado nas mudas de aroeira com fungo (1,17 cm), porém não foram significativamente superior as mudas de aroeira sem fungo e pau-ferro com fungo e sem fungo. As mudas inoculadas com o *Glomus clarum* obtiveram taxa de sobrevivência superiores a 90% para aroeira e pau-ferro. O uso do fungo micorrizico arbuscular se mostra promissor para o crescimento em altura de pau-ferro e no desenvolvimento de diâmetro do coleto de aroeira nos primeiros meses de permanência em campo e principalmente na sobrevivência dessas mudas em um ambiente sem resiliência como uma área degradada por mineração.

Palavras-chave: restauração ecológica, mudas florestais, *Glomus clarum*.

DEVELOPMENT OF FOREST SPECIES INOCULATED WITH MYCORRHIZAL FUNGI IN MINING AREAS IN THE SERGIPE STATE

ABSTRACT: The use of heliophytic forest species, pioneers and facilitators of ecological succession for the restoration of degraded areas is indicated for the re-establishment of ecosystem functions and structure. For ecological restoration methods such as passive restoration are used when there is natural regeneration of the area and active restoration used when the ecosystem loses its capacity for natural regeneration as in mining areas. The objective of this study was to evaluate the development of two arboreal species inoculated with arboreal mycorrhizal fungi and without inoculation in a degraded mining area in the municipality of Itaporanga D'Ajuda, SE. The seedlings of *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira) and *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. var. *ferrea* (Pau-ferro) were used to produce seedlings in hatcheries of the UFS Department of Forest Sciences of the UFS and planted in a sand and pebble mining area in the Italian Farm belonging to the company Cal Trevo. The experiment consisted in the field evaluation of two forest species when inoculated or not with arbuscular mycorrhizal fungi. At the time of inoculation the mycorrhizal fungus *Glomus clarum* was used. The height and diameter of the stem was evaluated during the twelve months after planting, the mortality rate of these seedlings was also calculated. The ironwood seedlings that were inoculated with the mycorrhizal fungus reached the highest height after one year of planting with an average of 81.58 cm, the other ironwood treatments without fungus and aromatic with and without fungus were not statistically different. The greatest diameter of the stem was observed in the mastic tree seedlings with fungus (1.17 cm), but the mastic tree seedlings without fungus and ironwood with and without fungus were not significantly higher. The seedlings inoculated with *Glomus clarum* obtained a survival rate higher than 90% for mastic tree and ironwood. The use of the mycorrhizal shrub fungus shows promise for the growth in height of ironwood and in the diameter development of the mastic tree stem in the first months of permanence in the field and mainly in the survival of these seedlings in an environment without resilience as an area degraded by mining.

Keywords: ecological restoration, forest seedlings, *Glomus clarum*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

Inicialmente a Mata Atlântica ocupava uma área de 1,3 milhões de km² da costa do Brasil, uma dimensão que perpetuava por 17 estados, hoje essa área foi reduzida para apenas 29% da floresta original (Silva et al., 2016).

O bioma sofre com o processo de fragmentação desde o descobrimento do Brasil, há 500 anos, e está intrinsecamente ligado com os ciclos econômicos do país de extração de pau-brasil, de produção de açúcar, mineração, ciclo do café e a pecuária (Almeida, 2016), sendo a mata atlântica essencial na prestação de serviços ambientais para cerca de 70% da população brasileira que mora na costa (Scarano, 2014).

Devido à fragmentação, o bioma perde em biodiversidade, habitats, serviços ecossistêmicos e aumento do índice de extinção de fauna e flora (Almeida, 2016). A interferência humana pode causar desde redução da produtividade primária à degradação do sistema impossibilitando os processos de produtividade (Wadt et al., 2003)

Nesse sentido a mineração aparece como uma atividade altamente degradante, pois explora recurso não renovável e de forte impacto ambiental (MMA, 2001). Os impactos ambientais da mineração ultrapassam a área minerada, independente da duração da atividade a mineração interfere na qualidade do solo, da água superficial e subterrânea, causa mudança na topografia pelo empilhamento de rejeitos, inviabiliza terras agricultáveis, derruba florestas e principalmente modifica a ecologia da paisagem (Curi, 2002).

Diante disso, os esforços para recuperar os impactos causados pela mineração são pautados com o conhecimento ecológico e emprego adequado dos processos de recuperação, remediação, restauração e reabilitação, pois cada processo tem objetivos diferentes para uso do solo, saúde humana, qualidade ambiental, estrutura e função do ecossistema e serviços ecossistêmicos (Lima et al., 2016).

Neste contexto, a restauração ecológica é o processo que se tornou prioridade para a conservação da biodiversidade, combate à desertificação, manejo de uso e ocupação do solo e minimização das mudanças climáticas causadas pela influência humana. As principais técnicas consistem em garantir que espécies desejáveis estejam presentes no local e as indesejáveis não sejam encontradas, promova o desenvolvimento biótico característico, a função e estrutura do ambiente estejam de acordo com o previsto e sejam extintas as ameaças de mudança do

ambiente que se encontra ao redor do sistema em processo de restauração (Aronson & Alexander, 2013; Aranson et al., 2016).

Os métodos de restauração ecológica estão fundamentados em geral nas ações exercidas pelo homem, comumente chamada de restauração ativa ou recuperação assistida. São baseadas em ações que procuram principalmente conduzir, direcionar e favorecer a regeneração natural e os processos iniciais de restauração em áreas degradadas em que a sucessão vegetal não iria alcançar maior grau de expressividade no tempo adequado decorrente do tempo de degradação (Bracalioni et al., 2015).

Para isso são propostos modelos ecológicos de sucessão que promovem a inibição ou a facilitação da recuperação da área degradada, esses modelos são aplicados quando há a necessidade gradual de substituir espécies florestais ao decorrer do tempo. No modelo de inibição as espécies pioneiras dificultam a substituição por espécies secundárias e de clímax por monopolizar a área e os recursos. E, as espécies que promovem a facilitação no modelo de facilitação, contribuem para melhorar as condições ambientais como fertilidade do solo e ciclagem de nutrientes, promovendo melhores condições ecológicas para a substituição de novas espécies de sucessão secundária e clímax (Martins, 2012).

No modelo ecológico de facilitação é comum o uso de leguminosas e gramíneas que por conta de mecanismos fisiológicos de suas raízes ajudam no aumento da concentração de carbono orgânico total e de N, dos teores de K e Mg, na troca de cátions do solo degradado (Santos et al., 2001; Dias et al., 1995) e promoção da alteração da ativação biológica dos solos (Longo et al., 2011). Estudos provam que o reflorestamento de áreas degradadas com leguminosas é vantajoso para ativação de mecanismos e retomada da sucessão natural local (Chada et al., 2004).

Nos processos iniciais de restauração e reflorestamento, são utilizadas espécies heliófita e pioneiras de rápido crescimento em consórcio com espécies de crescimento lento, porque as primeiras auxiliam no controle e diminuição das ações de processos erosivos no solo e as espécies de crescimento lento e com maior cobertura do solo são efetivas para manutenção das características físicas do solo (Machado et al., 2014).

Dentre as espécies heliofitas e perenifólia a *Schinus terebinthifolius* Raddi comumente usada para restauração de áreas degradadas, é popularmente conhecida como aroeira vermelha, aroeira-pimenteira e pimenta-brasileira. Destaca-se por ser pioneira e nativa do Brasil,

pertencente à família *Anacardiaceae*. Possuem flores melíferas procurada pela avifauna que contribui para a distribuição de seus frutos apresentando assim boa regeneração natural (Gomes et al., 2013).

A espécie nativa do Brasil *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. var. *ferrea* Pertencente à da família *Leguminosae-Caesalpinoideae* é perenifólia ou semidecídua, heliófita, seletiva higrófito com ampla dispersão (Lorenzi, 2016), por ser tolerante a áreas abertas é aproveitada para plantio em áreas degradadas, popularmente conhecida como jucá, pau-ferro, ibirá-obi e imirá-itá.

Estudos apontam potencializar a efetividade do sucesso da revegetação com gramíneas e leguminosas de áreas degradadas em solos de baixa fertilidade é vantajoso o uso de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) na inoculação das raízes das espécies utilizadas, pois os FMA contribuem para a estruturação e manutenção da comunidade e funcionamento de ecossistemas principalmente de áreas tropicais (Oliveira et al., 2009, Carneiro et al., 2012, Teixeira-Rios et al., 2013).

O uso de FMA em solos de áreas de mineração proporciona melhor desenvolvimento radicular e arbuscular da vegetação, além de favorecer na sobrevivência e maior resistência das plantas e na nutrição mineral principalmente de espécies arbóreas. Além dos efeitos de crescimento, os FMA contribuem para aumento da fixação de carbono e estruturação do solo (Oliveira et al., 2010; Braghirolli et al., 2012).

2. OBJETIVO GERAL

Neste contexto, este trabalho visa testar a hipótese da facilitação de duas espécies nativas no processo de recuperação de áreas degradadas com e sem inoculação de FMA.

2.1.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar o crescimento de plântulas de duas espécies arbóreas *Schinus terebentifolius* e *Caesalpineia ferrea* inoculadas por FMA em uma área degradada.

Determinar a taxa de sobrevivência de duas espécies arbóreas no intervalo de 12 meses após a implantação inoculadas com fungos micorrizicos arbusculares e sem em área degradada de mineração.

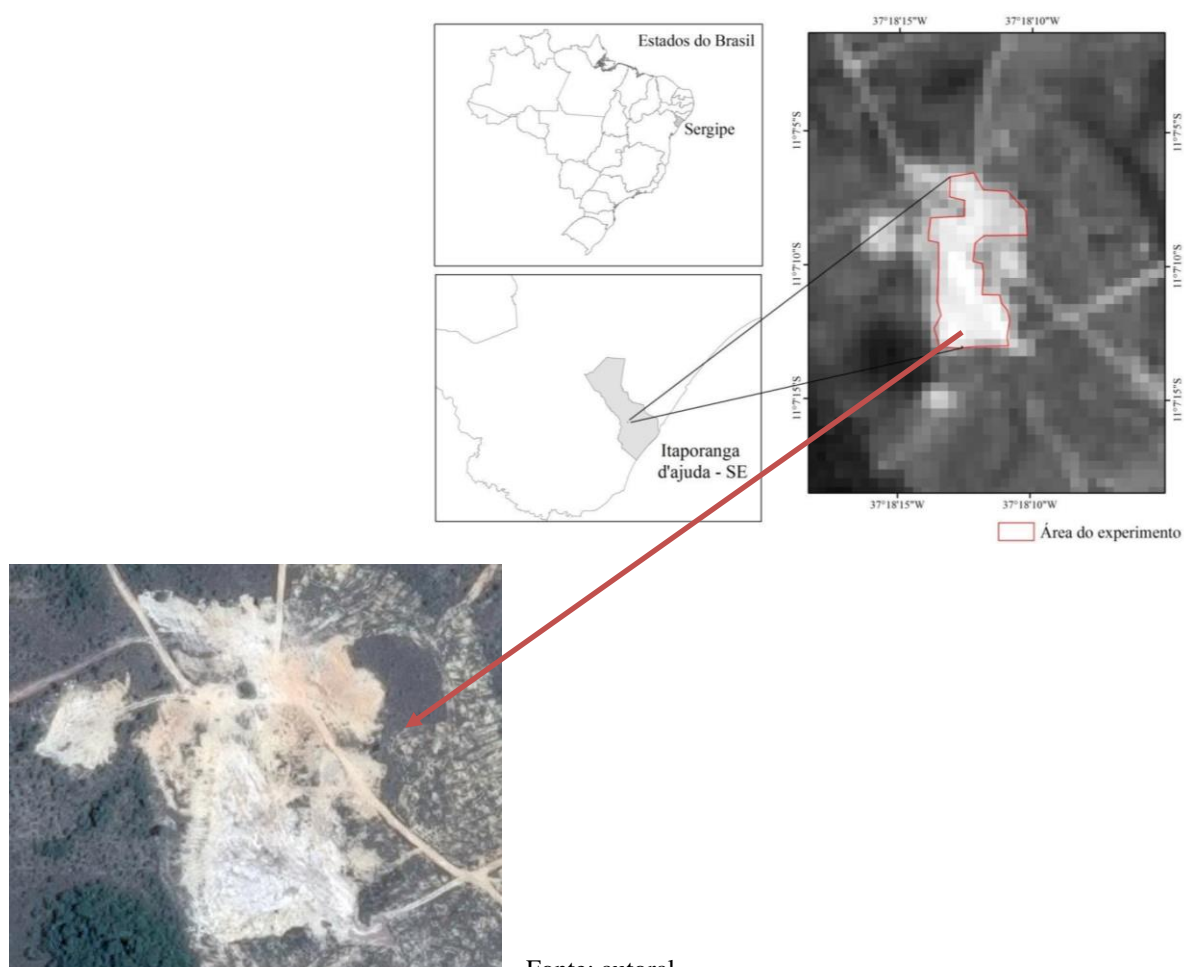
3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado, com o plantio das mudas, em setembro de 2018, na área de mineração degradada localizada na Fazenda Itália no município de Itaporanga d'Ajuda, SE nas coordenadas $11^{\circ}05'58.8''\text{S}$ $37^{\circ}15'57.7''\text{W}$, distante 35 km da capital Aracaju.

O clima no município de Itaporanga D'Ájuda é o Tropical Úmido com classificado como Am segundo a Köppen e Geiger, temperatura média anual de 25°C sendo a temperatura média máxima anual de 26°C e a média mínima anual de 23°C . A precipitação média mensal varia de 33 mm em dezembro sendo a média mínima observada e a média máxima observada é de 200mm em junho-

A área degradada em 2007 pela mineradora de extração de areia e cascalhos Cal Trevo, foi desativada. Não ocorrendo mais nenhuma atividade no local a área ficou desprovida dos horizontes do solo, estando na camada C (subsolo) (Figura 1).

Figura 1: Localização geográfica da Fazenda Itália com a área da pesquisa.



Fonte: autoral.

A geomorfologia do município é marcada por Tabuleiros Costeiros e por Planícies Costeiras. A vegetação local é caracterizada como matas de tabuleiro (estacional semidecidual) (Santos et al., 2008; Souza, 2016).

Para a caracterização do substrato da área degradada de mineração foram coletadas 45 amostras simples ao acaso em ziguezague, para compor três amostras compostas, em seguida as amostras foram colocadas em sacos plásticos e levadas para o laboratório do ITPS - Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe para análise química de rotina.

A análise química do solo revelou os seguintes valores: pH (em água) = 5,19; P e K = 1,40 e 1,40 mg/dm³ de solo, respectivamente; Ca + Mg e Al, = 0,38 e 0,31 Cmolc dm⁻³ de solo, respectivamente, e teor de matéria orgânica de 2,02 g/dm³. A textura foi classificada como arenosa.

O experimento foi definido utilizando duas espécies florestais heliófitas e pioneiras para restauração de áreas degradadas de mineração: *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira) e *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. var. *ferrea* (Pau-ferro), com a biotecnologia que é a inoculação com fungos micorrizicos (*Glomus clarum*).

Os tratamentos em estudo são mudas dessas duas espécies inoculadas e não inoculadas com o fungo micorrizicos. Sendo identificadas como: ARSF: Aroeira Sem Fungo; PFSF: Pau-Ferro Sem Fungo; ARCF: Aroeira Com Fungo; PFCF: Pau-Ferro Com Fungo.

O experimento foi conduzido em campo utilizando um delineamento em blocos casualizado em arranjo fatorial (2x2), o plantio foi organizado em quatro blocos, com quatro tratamentos e 60 indivíduos por tratamento em um espaçamento adotado de 3x3 m, foram abertas 240 covas de 40x40 cm em uma área de 2.160m².

As mudas utilizadas nos experimentos foram produzidas no viveiro florestal da Universidade Federal de Sergipe – UFS (Campus de São Cristóvão). O substrato utilizado na produção das mudas foi composto por terra preta (subsolo), areia lavada e esterco de curral curtido, na proporção 3:1:1 acondicionados em sacos de polietileno de 800 cm³.

No experimento, as espécies de leguminosas florestais foram inoculadas com fungos micorrízicos (*Glomus clarum*) adquiridos da Embrapa¹ Solos do Rio de Janeiro – RJ. Para este experimento foi utilizado 5g de inoculo de fungos micorrízicos (*Glomus clarum*) no substrato.

Após a emergência das plântulas foi realizado o desbaste. As mudas foram mantidas sob telado 50% até a ocorrência da emergência e depois foram transferidas para uma área em pleno sol para estimular sua rustificação (Figura 2).

Figura 2: Muda das leguminosas florestais em pleno sol.



Fonte: autoral (07/08/2018)

Inicialmente foi realizada a escarificação mecânica do solo utilizando um escarificador para que fosse realizado revolvimento da camada superficial do solo devido ao seu alto grau de compactação. Em seguida foi marcado o local das covas obedecendo a distância de 3x3 m, as mudas foram plantadas nos sulcos feitos pelo escarificador e em seguida foi realizado o plantio (Figura 3). A distribuição das mudas em campos obedeceu ao esquema serem da mesma espécie e a relação com presença ou ausência de inoculação, cada bloco possuía 60 mudas distribuídas em 15 mudas para cada tratamento como mostrado na Tabela 1.

¹ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Solo. [Endereço](#): R. Jardim Botânico, 1024 - Jardim Botânico, Rio de Janeiro - RJ, 22460-000.

Tabela 1. Experimento com *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira- AR) e *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. var. *ferrea* (Pau-ferro PF) inoculados com *Glomus clarum* (CF) ou não (SF).

Tratamentos	Bloco I	Bloco II	Bloco III	Bloco IV
1	(15) ARSF	(15) ARSF	(15) ARSF	(15) ARSF
2	(15) PFSF	(15) PFSF	(15) PFSF	(15) PFSF
3	(15) ARCF	(15) ARCF	(15) ARCF	(15) ARCF
4	(15) PFCF	(15) PFCF	(15) PFCF	(15) PFCF

ARSF: Aroeira (*Schinus terebinthifolius*) sem Fungo; PFSF: Pau-ferro (*Caesalpinia ferrea*) sem Fungo (*Glomus clarum*); ARCF: Aroeira (*Schinus terebinthifolius*) com Fungo (*Glomus clarum*) e PFCF: Pau-ferro (*Mimosa caesalpinifolia*) com Fungo (*Glomus clarum*).

Não foi realizado nenhum tipo de adubação no momento de plantio pois segundo Ecco et al. (2017) a eficiência dos fungos micorrizicos em realizar a simbiose diminui na proporção do aumento de nível de P (Fósforo) no solo. A irrigação foi realizada nos dois primeiros meses após a realização do plantio.

Figura 3: Área do experimento, Fazenda Itália em Itaporanga d'Ajuda, SE.



Fonte: do Autor (21/09/2018).

Com relação as avaliações, as mudas foram mensuradas a cada quatro meses após o plantio em campo em relação à altura, diâmetro e a taxa de sobrevivência foi quantificada aos 12 meses. Os parâmetros morfológicos mensurados: altura total - Ht (cm), utilizando-se trena

de 1,50 metros, a partir do coleto até a gema terminal e o diâmetro do coleto - DC (mm) foi obtido utilizando um paquímetro digital (Delarmelina et al. 2014).

A taxa de sobrevivência das leguminosas plantadas nos tratamentos e distribuídas entre os experimentos foi determinada pelo número total de indivíduos que foi plantado comparando com o número de plantas vivas após 12 do plantio.

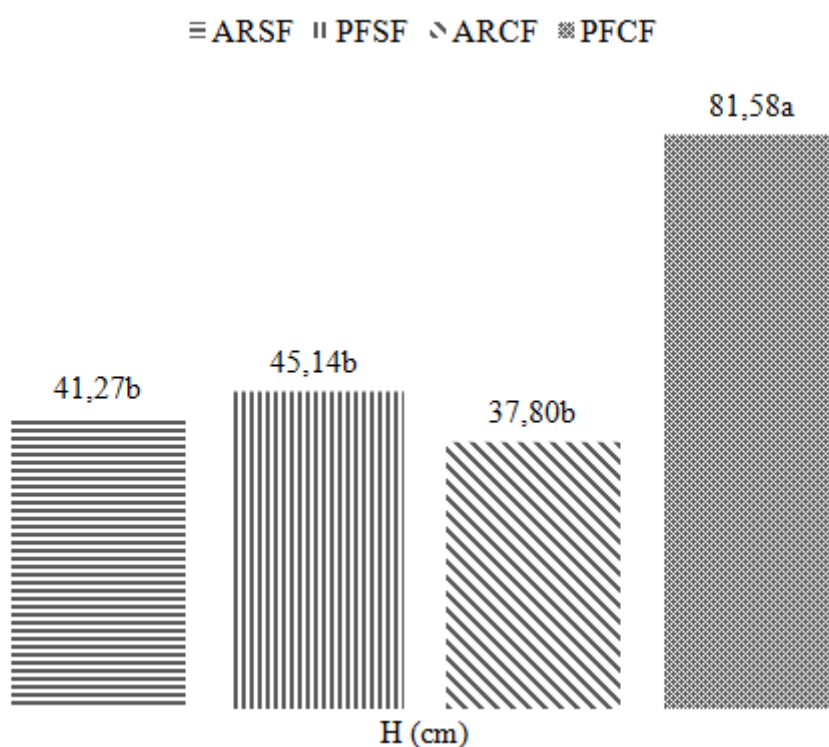
Os dados de altura e diâmetro mensurados aos 12 meses foram tabulados no Excel e submetidos à análise de variância pelo teste F, a 5% de significância e teste Tukey para comparação entre médias com o auxílio do programa estatístico Sigma Plot.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Altura das espécies florestais

Na avaliação da altura das mudas aos 12 meses o tratamento das mudas de pau-ferro inoculadas com FMA (PFCF) foram superiores significativamente aos demais tratamentos ($p < 0,05$) com média de 81,58 cm. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos de aroeira sem inoculação de FMA (ARSF) e pau-ferro sem inoculação do fungo micorrizicos (PFSF) as médias desses tratamentos foram 41,27 cm e 45,14 cm, respectivamente. O tratamento da aroeira com inoculação do *G. clarum* (ARCF) chegou aos 12 meses com 37,8 cm de altura sendo estatisticamente igual aos tratamentos das espécies florestais com a ausência de FMA (Figura 4).

Figura 4: Desenvolvimento da altura das espécies florestais *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira) e *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. var. *ferrea* (Pau-ferro), inoculadas com fungo (*Glomus clarum*) e não inoculadas aos 12 meses.



ARSF: Aroeira (*Schinus terebinthifolius*) sem Fungo; PFSF: Pau-ferro (*Caesalpinia ferrea*) sem Fungo (*Glomus clarum*); ARCF: Aroeira (*Schinus terebinthifolius*) com Fungo (*Azospirillum brasilense*) e PFCF: Pau-ferro (*Mimosa caesalpiniiifolia*) com Fungo (*Glomus clarum*).

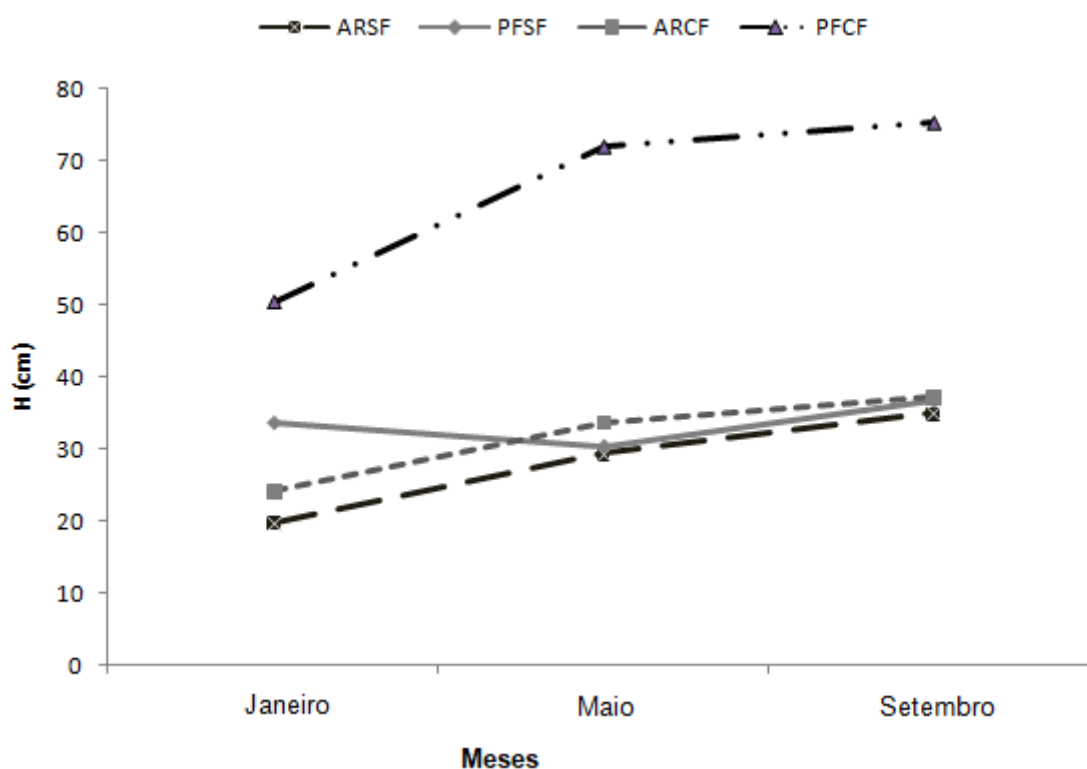
Lima (2012) trabalhando em cinco áreas de extração de piçarra com 20 espécies florestais entre elas o pau-ferro e a aroeira sem a inoculação de FMA, após 12 meses do plantio

observou que a altura das mudas de pau-ferro atingira 90 cm e obteve resultado superior ao deste estudo. Para as mudas de aroeira, Lima (2012) observou resultado equivalente a 30 cm de altura média após um ano do plantio sendo esse valor inferior ao que foi observado nas mudas plantadas em área similar de mineração no município de Itaporanga D'Ajuda.

Souza et al. (2001) avaliando a altura de diversas espécies florestais sem inoculação de fungos micorrizicos, mas com realização de adubação, após 12 meses de plantio em área de extração de areia obteve altura média de 91 cm para aroeira e em pau-ferro 63 cm, sendo esses valores superiores ao deste estudo.

O crescimento médio das plantas de pau-ferro no período de setembro de 2018 a setembro de 2019 foi influenciado pela inoculação com *Glomus clarum*, sendo a altura média no final de um ano deste experimento equivalente a >70 cm. As mudas de aroeira não houve diferença significativa entre o tratamento com inoculação e sem após 12 meses de medição ($p>0,05$). A diferenciação quanto ao desenvolvimento em altura entre os tratamentos ocorreu principalmente nos primeiros quatro meses de avaliação após o plantio (Figura 5).

Figura 5: Desenvolvimento da altura das espécies florestais *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira) e *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. var. *ferrea* (Pau-ferro), inoculadas com fungo (*Glomus clarum*) e não inoculadas ao longo de 12 meses.



ARSF: Aroeira (*Schinus terebinthifolius*) sem Fungo; PFSF: Pau-ferro (*Caesalpinia ferrea*) sem Fungo (*Glomus clarum*); ARCF: Aroeira (*Schinus terebinthifolius*) com Fungo (*Azospirillum brasilense*) e PFCF: Pau-ferro (*Mimosa caesalpiniiifolia*) com Fungo (*Glomus clarum*).

O tratamento das mudas de pau-ferro com inoculação foi o que apresentou melhor desempenho em relação à altura. Apesar de aos quatro meses de avaliação as mudas de aroeira com inoculação tenham se destacado das mudas sem a inoculação de ambas as espécies, nos meses seguintes mostrou um comportamento diferente, se equiparando as mudas que não foram inoculadas com o *Glomus clarum*.

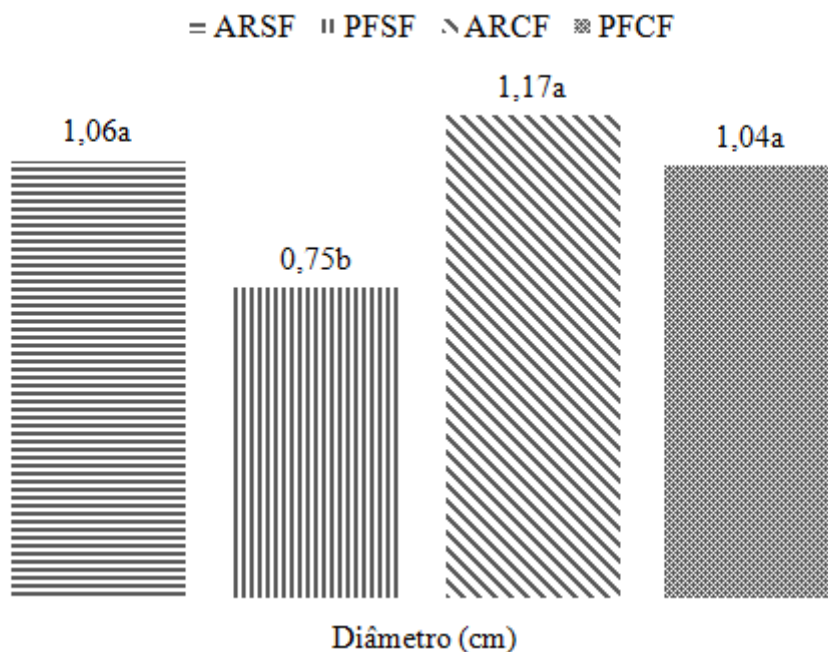
Oliveira Junior (2018) avaliando o crescimento de mudas de aroeira com inoculação de um mix de três espécies de fungos e sem inoculação em um período de quatro meses em condições de viveiro florestal, observou que as mudas sem inoculação de FMA atingiram altura de 21,20 cm semelhante ao observado neste estudo (19,65 cm) realizado em condições de campo. Para as mudas de aroeira inoculada com uma mistura de três espécies de fungo: *Dentiscutata heterogama*, *Gigaspora margarita* e *Rhizophagus clarus*, a média de altura foi de 25,05 cm, próximo ao observado neste estudo para aroeira com inoculação com *Glomus clarum* (24,05 cm).

No estudo desenvolvido por Souza (2015) avaliando a altura de mudas de pau-ferro com inoculação de fungos micorrizicos em condições de viveiro no decorrer de 4 meses após o plantio, observou que as mudas sem inoculação atingiram 32,4 cm de altura sendo esta semelhante ao observado nesse estudo no mesmo período de avaliação (Figura 5). Já as mudas com a inoculação do fungo nativo *Claroideoglomus etunicatum* obteve a maior média de altura para o pau-ferro chegando a 40,4 cm, nesse estudo, desenvolvido em área de mineração desativada, foi usado os fungos *Glomus clarum* e aos quatro meses após o plantio a altura das mudas de para pau-ferro foi superior a de Souza (2015) atingindo altura média de 50,4 cm em condições distintas nas quais as mudas foram expostas.

Diâmetro do coletó das espécies florestais

Em relação ao diâmetro, o tratamento que foi inferior significativamente foram as mudas de pau-ferro sem inoculação de fungos micorrizicos (PFSF) apresentando 0,75 cm de diâmetro do coletó. As médias do diâmetro do coletó para os demais tratamentos de aroeira sem fungo (ARSF), aroeira com fungo (ARCF) e pau-ferro com fungo (PFCF) obtiveram médias superiores com 1,06 cm; 1,17 cm e 1,04 cm, respectivamente (Figura 6), sendo estatisticamente iguais (Figura 6).

Figura 6: Desenvolvimento do diâmetro do coleto das espécies florestais *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira) e *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. var. *ferrea* (Pau-ferro), inoculadas com fungo (*Glomus clarum*) e não inoculadas aos 12 meses.

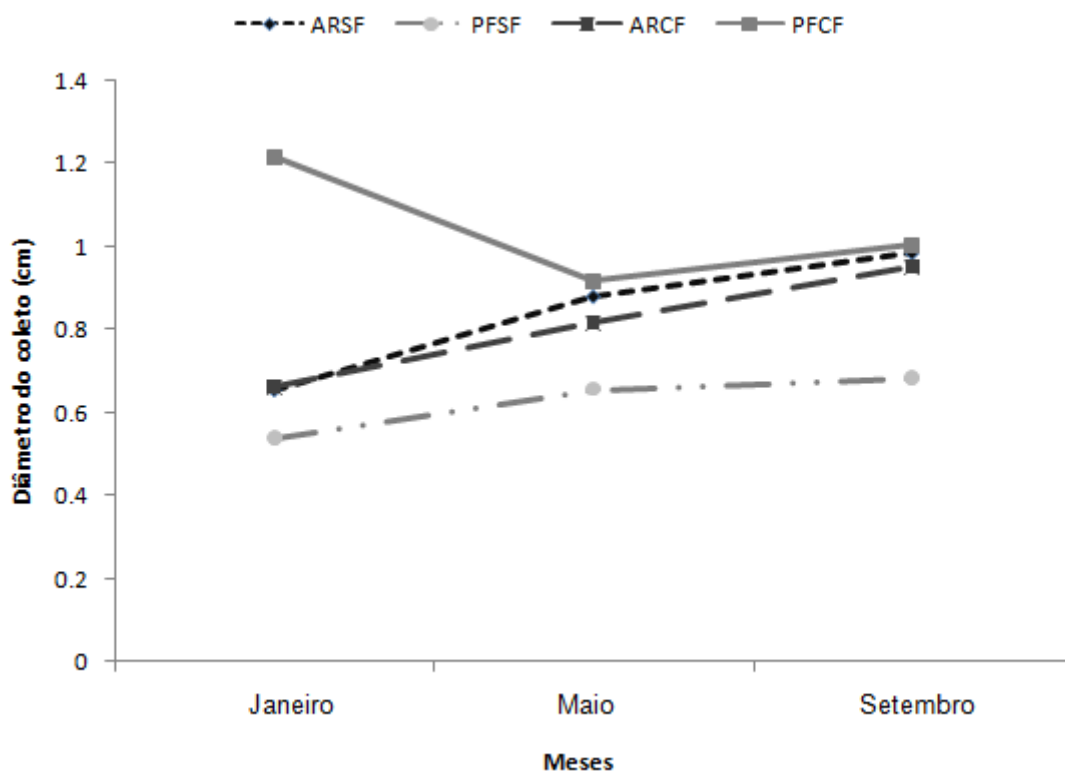


ARSF: Aroeira (*Schinus terebinthifolius*) sem Fungo; PFSF: Pau-ferro (*Caesalpinia ferrea*) sem Fungo (*Glomus clarum*); ARCF: Aroeira (*Schinus terebinthifolius*) com Fungo (*Azospirillum brasilense*) e PFCF: Pau-ferro (*Mimosa caesalpinifolia*) com Fungo (*Glomus clarum*).

O desenvolvimento do diâmetro do coleto ao decorrer de 12 meses destaca-se na primeira medição após quatro meses do plantio o tratamento das mudas de pau-ferro inoculadas com *Glomus clarum* que alcançou média de 1,2 cm, mas ao decorrer do período a média do diâmetro de PFCF se aproximou dos valores de ARSF e ARCF. Ressaltando também nessa avaliação que as mudas de PFSF foram as que obtiveram a menor média no fim de doze meses com 0,6 cm, diferenciando dos demais tratamentos (Figura 7).

Lima et al. (2015) avaliando o diâmetro de plantas nodulantes e não-nodulantes de FMA no estudo realizado em área de mineração de piçarra na Caatinga, entre as não-nodulantes a *Schinus terebinthifolius* Raddi e a *Caesalpinia ferrea* Mart. após 660 dias do plantio apresentaram juntas média de diâmetro do coleto de 1,9 cm sendo superior a esse estudo onde as mudas foram analisadas após 360 dias do plantio.

Figura 7: Desenvolvimento do diâmetro do coleto das espécies florestais *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira) e *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. var. *ferrea* (Pau-ferro), inoculadas com fungo (*Glomus clarum*) e não inoculadas ao longo de 12 meses.



ARSF: Aroeira (*Schinus terebinthifolius*) sem Fungo; PFSF: Pau-ferro (*Caesalpinia ferrea*) sem Fungo (*Glomus clarum*); ARCF: Aroeira (*Schinus terebinthifolius*) com Fungo (*Azospirillum brasilense*) e PFCF: Pau-ferro (*Mimosa caesalpiniiifolia*) com Fungo (*Glomus clarum*).

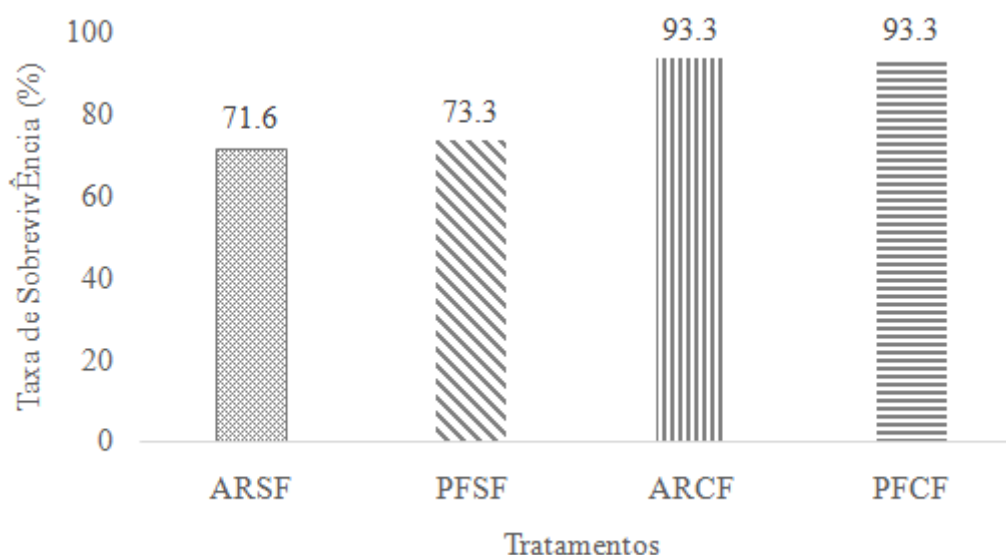
Em estudo desenvolvido por Diógenes (2019) em uma fazenda experimental no semiárido as mudas de *C. ferrea* sem inoculação de fungo micorrizicos, mas com adubação de NPK obtiveram média de 0,95 cm de diâmetro no fim de nove meses após plantio. Sendo que no período de 8 meses após o plantio, nesse estudo em área de mineração na Mata Atlântica, as mudas de PFSF atingiu média de 0,65 cm de diâmetro de coleto sendo inferior ao resultado observado no semiárido.

Em relação ao diâmetro do coleto de aroeira sem inoculação de fungos micorrizicos no estudo de José et al. (2005) realizado para recuperação de área degradada em área de extração de bauxita as mudas atingiram 2,5 cm de diâmetro após 250 dias do plantio sendo superior ao observado aos 240 dias (oito meses) das mudas plantadas na área de extração de areia e cascalho.

Taxa de sobrevivência

A taxa de sobrevivência média das mudas das espécies florestais *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira) e *Caesalpinia ferrea* (var *leiostachya*) (Pau-ferro) com inoculação de fungos micorrízicos de *Glomus clarum* foi superior a 90% aos 12 meses de plantio na área degradada por mineração. Nos tratamentos sem inoculação com o *Glomus clarum* a taxa de sobrevivência foi de 71,1% para a aroeira e 73,3% para o pau-ferro no mesmo período (Figura 8).

Figura 8: Taxa de sobrevivência de espécies florestais *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira) e *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. var. *ferrea* (Pau-ferro), inoculadas com fungo (*Glomus clarum*) e não inoculadas depois de 12 meses decorridos do plantio.



ARSF: Aroeira (*Schinus terebinthifolius*) sem Fungo; PFSF: Pau-ferro (*Caesalpinia ferrea*) sem Fungo (*Glomus clarum*); ARCF: Aroeira (*Schinus terebinthifolius*) com Fungo (*Azospirillum brasilense*) e PFCF: Pau-ferro (*Mimosa caesalpiniiifolia*) com Fungo (*Glomus clarum*).

No estudo de Lima et al. (2015) realizado com 20 espécies florestais plantadas em cinco áreas de extração de piçarra foi encontrado valor de taxa de sobrevivência >65% para aroeira sem inoculação resultado que se aproxima com o obtido. Já no estudo de Resende et al. (2015) a taxa de sobrevivência para aroeira sem inoculação de FMA foi de 80% maior do que observado neste estudo, porém no estudo de Lima et al. (2015) foi realizado na revegetação de um “lixão” podendo assim a diferença da disponibilidade de nutrientes do substrato ter favorecido a sobrevivência das mudas de aroeira.

Lima et al. (2015b) obtiveram uma taxa de sobrevivência de 100%, para as mudas de pau-ferro, sem inoculação de fungos micorrízicos e sem adubação, mas com adição de polímero redutor de água estando em condições diferentes do estudo na área de mineração a taxa de sobrevivência sendo superior ao observado no presente estudo. Já no trabalho de Lima, Khadidja et al. (2015) realizado na caatinga com espécies florestais com nenhum tipo de inoculação de FMAs notou-se que as mudas de pau-ferro obtiveram taxa de sobrevivência de >45% menor do observado no presente estudo.

O uso de fungos micorrízicos arbusculares na inoculação de espécies florestais para promover a restauração de área degradadas por mineração contribui para que as mudas tenham uma taxa de sobrevivência superior a 90% nos primeiros meses após o plantio (Mello et al., 2011). Colodete et al. (2014) afirma que com o uso de fungos micorrízicos em áreas degradadas contribuem para o estabelecimento da vegetação. Assim, quando usadas mudas com inoculação de FMA para plantio em áreas degradadas a exigência após os meses iniciais de repor mudas mortas será menor. Pois, de acordo com DIAS et al. (1995) as mudas inoculadas com FMA apresentam maior rusticidade e capacidade de adaptação, além de grande produção de biomassa.

CONCLUSÃO

As mudas de *Caesalpinia ferrea* inoculada com *Glomus clarum* apresentaram melhor desempenho da altura, diâmetro e taxa de sobrevivência em relação as mudas não inoculadas.

A inoculação de *Schinus terebinthifolius* com *Glomus clarum* promoveu uma maior sobrevivência em comparação as mudas não inoculadas.

Recomenda-se a utilização de mudas de *Caesalpinia férrea* inoculadas com *Glomus clarum* para a restauração de áreas de mineração de areia e seixos rolados na Mata Atlântica do Nordeste do Brasil.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIRA, D. S. de. 2016. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. ed.3. Ilhéus: Editus, p.200.
- ARANSON, J.; CLEWELL, A.; MORENO-MATEOS, D. 2016. Ecological restoration and ecological engineering: Complementary or indivisible? *Ecological Engineering*. v.91, 392-395.
- ARONSON, J.; ALEXANDER, S. 2013. Ecosystem restoration is now a global priority: time to roll up our sleeves. **Restoration Ecology**. v.21, 293-296.
- BRAGHIROLI, F. L.; SGROTT, A. F.; PESCADOR, R.; UHLMANN, A.; STÜRMER, S. L. 2012. Fungos micorrízicos arbusculares na recuperação de florestas ciliares e fixação de carbono no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 36, n. 3, 733-744.
- BRANCALIO, P. H.S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. 2015. **Restauração Florestal**. Oficina Textos. São Paulo.
- CARNEIRO, R. F. V.; CARDOZO JÚNIOR, F. M.; PEREIRA, L. F.; ARAÚJO, A. S. F.; SILVA, G. A. 2012. Fungos micorrízicos arbusculares como indicadores da recuperação de áreas degradadas no nordeste do Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 4, 648-657.
- CHADA, S. S.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M. 2004. Sucessão vegetal em uma encosta reflorestada com leguminosas arbóreas em Angra dos Reis, RJ. **Revista Árvore**. v. 28, n. 6, 801-809.
- COLODETE, C. M.; DOBBSS, L. B.; RAMOS, A. C. 2014. Aplicação das micorrizas arbusculares na recuperação de áreas degradadas. **Natureza on line**. v.12, 31-37.
- CURI, A. 2002. Análise Qualitativa da Sustentabilidade Ambiental da Mineração: Mito e Realidade. In: Villas Bôas, R. & C. Beinhoff (eds). **Indicadores de Sustentabilidade para la Industria Extractiva Mineral**. Rio de Janeiro.
- DIAS, L. E.; FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E.; FARIA, S. M. de; SILVA, E. M. da. 1995. Leguminosas forestales: aspectos relacionados com su nutrición y uso em la recuperación de suelos degradados. **Bosque**. v.16 (1), 121-127.
- DIÓGENES, F. E. G. 2019. **Teste de espécies arbóreas para cultivo em regiões semiáridas**. Monografia (Bacharel em Engenharia Florestal). Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA. Mossoró – RN. p.55.
- ECCO, M.; SANTIAGO, E. F.; RICHART, A.; LIMA, P. R.; BORSOI, A. 2017. Fluorescência da clorofila *a* em cana-de-açúcar inoculada com fungos micorrízicos arbusculares sob aplicação de fósforo. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.6, n.1, 81-95.
- GOMES, L. J.; SILVA-MANN, R.; MATTOS, P. P. de; RABBANI, ALLÍVIA ROUSE CARREGOSA. 2013. **Pensando biodiversidade: aroeira (Schinus terebinthifolius Raddi.)**. Editora UFS. p.372.

JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. 2005. Produção de mudas de aroeiras (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **CERNE**. v.11, n.2, 187-196.

LIMA, A. T.; MITCHELL, K.; O'CONNELL, D. W.; VERHOEVEN, J.; CAPPELLEN, P. V. 2016. The Legacy of surface mining: remediation, restoration, reclamation and rehabilitation. **Environmental Science & Policy**. v.66, 227-233.

LIMA, K. D. R. 2012. **Avaliação de espécies arbóreas e técnicas de plantio para recuperação de áreas degradadas por exploração de piçarra na Caatinga, RN**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA. Mossoró/RN. p.83.

LIMA, K. D. R. de; MONTANDON CHAER, G.; COSTA ROWS, J.R.; MENDONÇA, V.; DE RESENDE, A. S. 2015. Seleção de espécies arbóreas para revegetação de áreas degradadas por mineração de piçarra na Caatinga. **Revista Caatinga**. v.28, ed.1, 203-213.

LIMA, M. M. de; SANTOS, L. de A.; NOGUEIRA, E. M. de S.; MOURA, F. de B. P. 2015b. Sobrevivência inicial de seis espécies usadas na recuperação de uma área degradada na Caatinga. **Revista Ouricuri**. v.5, n.2, 132-137.

LONGO, R. M.; RIBEIRO, A. Í.; MELO, W. J. 2011. Recuperação de solos degradados na exploração mineral de cassiterita: biomassa microbiana e atividade da desidrogenase. **Bragantia**. v. 70, n. 1, 132-138.

LORENZI, H. 1992. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativa do Brasil**. Editora Plantarum. Nova Odessa, SP.

MACHADO, D. F. T.; CONFESSOR, J. G.; RODRIGUES, S. C. 2014. Processo inicial de recuperação de área degradada a partir de intervenções físicas e utilização de leguminosas. **Caderno de Geografia**. v.24, n.1, 42-54.

MARTINS, S. V. 2012. Restauração ecológica de ecossistemas degradados. UFV, Vífosa, MG. Ed.1, p.293.

MELLO, A. H. de; SANTOS, E. R. dos; NUNES, J. S.; KNOECHELMANN. C. M.; BEZERRA, J.; MICHELOTTI, F. 2011. Produção de mudas de espécies arbóreas inoculadas com fungos micorrízicos para atuar na reabilitação de áreas impactadas pela extração de argila. **Agroecossistemas**. v. 3, n. 1, 78-82.

MMA. 2001. **Manual de normas e procedimentos para licenciamento ambiental no setor de extração mineral**. IBAMA. Brasília – DF. p.132.

OLIVEIRA JUNIOR, J. Q. 2011. **Fungos micorrízicos e substratos na formação de mudas de espécies da Mata Atlântica**. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, p.92.

OLIVEIRA, D. E. C.; SILVA, A. V.; Almeida, A. F.; SIA, E. F.; Junior, O. R. 2010. Fungos micorrízicos arbusculares e rizóbio no crescimento inicial de *Acacia mangium* Willd. em solo de mineração da região sudoeste do estado de Goiás. **Global Science And Technology**.v. 03, n. 01, 01-10.

OLIVEIRA, J. R. G.; SOUZA, R. G.; SILVA, F. S. B.; MENDES, A. S. M.; YANO-MELO, A. M. 2009. O papel da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) autóctones no

desenvolvimento de espécies vegetais nativas em área de dunas de restinga revegetadas no litoral do Estado da Paraíba. **Revista brasileira Botânica** v. 32, n. 4, 663-670.

RESENDE, L. A.; PINTO, L. V. A.; SANTOS, E. C. dos; SILVA, S. 2015. Crescimento e sobrevivência de espécies arbóreas em diferentes modelos de plantio na recuperação de área degradada de resíduos sólidos urbanos. **Revista Árvore**. v.39, n.1, 147-157.

SANTOS, A. C.; SILVA, I. F.; LIMA, J. R. S.; ANDRADE, A. P.; CAVALCANTE, V. R. 2001. Gramíneas e leguminosas na recuperação de áreas degradadas: efeito nas características químicas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 25, n. 4, 1063-1071.

SANTOS, M. A.; FONTES, A. L.; SANTOS, C. O. dos; COSTA, J. J. 2008. **Abordagem Preliminar dos Condicionantes Geomorfológicos da Zona Costeira do Município de Itaporanga d'Ajuda - Sergipe/Brasil: contribuições à gestão ambiental**. In: VII Simpósio Nacional de Geomorfologia - SINAGEO - II Encontro Latino-Americano de Geomorfologia, 2008, Belo Horizonte - MG. Anais. Belo Horizonte: Editora do UFMG. 1-10.

SCARANO, Fábio R. **Mata Atlântica: uma história do futuro**. 1. ed. Rio de Janeiro: Edições de Janeiro, 2014

SILVA, J. M. da S.; PINTO, L. P.; HIROTA, M.; BEDÊ, L.; TABARELLI, M. 2016. Conservação da Mata Atlântica brasileira – um balanço dos últimos dez anos. In: CABRAL, D. C.; BUSTAMANTE, A. G. (Orgs.). **Metamorfoses florestais: culturas, ecologias e as transformações histórias da Mata Atlântica**. Curitiba: Editora Prismas. 435-458.

SOUZA, N. M. F. 2015. **Tecnologia micorrízica para produção de mudas de espécies florestais com potencial para reflorestamento**. Dissertação (Pós-Graduação em Biologia de Fungos). Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco. Recife. p.78.

SOUZA, P. A. de; VENTURIN, N.; MACEDO, R. L. G. de; ALVARENGA, M. I. N.; SILVA, V. F. da. 2001. Estabelecimento de espécies arbóreas em recuperação de área degradada pela extração de areia. **CERNE**. v.7, n.2, 43-52.

SOUZA, S. M. S de. 2016. Uso de diferentes fitofisionomias por macacos-prego-do-peito-amarelo *Sapajus xanthosternos* Wied-Neuwied 1820 em fragmento de Mata Atlântica, Sergipe, Brasil. Dissertação (Pós-Graduação em Ecologia e Conservação). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão. p.75.

TEIXEIRA-RIOS, T.; SOUZA, R. G.; MAIA, L. C.; OEHL, F., LIMA, C. E. P. 2013. Arbuscular mycorrhizal fungi in a semi-arid, limestone mining-impacted area of Brazil. **Acta Botanica Brasilica**.v. 27, n. 4, 688-693.

WADT, P. G. S. 2003. Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas. Rio Branco: **Embrapa Acre**, p.29.