



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

ANTONIO OZENILTO DE SOUSA LIMA

**RESPOSTAS DE PARICÁ E CLONES DE EUCALIPTO À INOCULAÇÃO DE
FUNGOS MICORRÍZICOS E RIZOBACTÉRIAS EM ÁREA DE NEOSSOLO
QUARTZARÊNICO EM SÃO DOMINGOS DO ARAGUAIA – PA**

BELÉM

2018

ANTONIO OZENILTO DE SOUSA LIMA

**RESPOSTAS DE PARICÁ E CLONES DE EUCALIPTO À INOCULAÇÃO DE
FUNGOS MICORRÍZICOS E RIZOBACTÉRIAS EM ÁREA DE NEOSSOLO
QUARTZARÊNICO EM SÃO DOMINGOS DO ARAGUAIA – PA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da
Amazônia, como parte das exigências do Curso de
Mestrado em Ciências Florestais: área de concentração
Manejo de Ecossistemas de Florestas Nativas e
Plantadas, para obtenção do título de Mestre.
Orientador: Dr. Gustavo Schwartz

BELÉM

2018

Lima, Antônio Ozenilto de Sousa

Respostas de paricá e clones de eucalipto à inoculação de fungos micorrízicos e rizobactérias em área de neossolo quartzarênico em São Domingos do Araguaia – PA / Antônio Ozenilto de Sousa Lima. – Belém, PA, 2018.

45 f.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2018.

Orientador: Gustavo Schwartz.

1. Silvicultura 2. Clones de eucalipto 3. Microbiologia do solo 4. Micorrizas I. Schwartz, Gustavo, (orient.) II. Título

CDD: 634.95

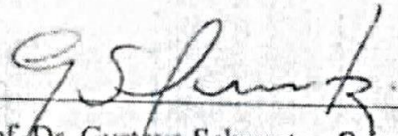
ANTONIO OZENILTO DE SOUSA LIMA

**RESPOSTAS DE PARICÁ E CLONES DE EUCALIPTO À INOCULAÇÃO DE
FUNGOS MICORRÍZICOS E RIZOBACTÉRIAS EM ÁREA DE NEOSSOLO
QUARTZARÊNICO EM SÃO DOMINGOS DO ARAGUAIA - PA**

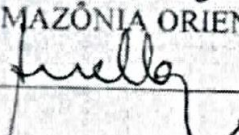
Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciências Florestais: área de concentração Manejo de Ecossistemas de Florestas Nativas e Plantadas, para obtenção do título de Mestre.
Orientador: Prof^o. Dr. Gustavo Schwartz

Aprovado em 25 de julho de 2018.

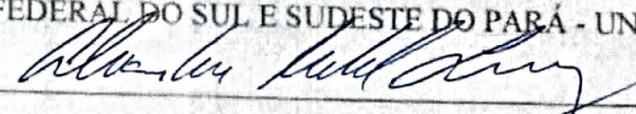
BANCA EXAMINADORA



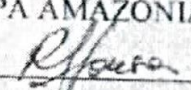
Prof. Dr. Gustavo Schwartz - Orientador
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL



Prof.^a Dr.^a Andrea Hentz de Mello - 1^o Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ - UNIFESSPA



Dr. Alexandre Mehl Lunz - 2^o Examinador
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL



Prof.^a Dr.^a Rosângela de Jesus Sousa - 3^o Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA

Dr. Arystides Resende Silva - Suplente
- EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida e tantas graças alcançadas.

À Virgem Maria, por contar sempre com sua intercessão e acolhida maternal.

À UFRA e ao PPGCF e seus professores pelo aprendizado.

À Embrapa Amazônia Oriental, pela parceria na realização deste trabalho.

À minha família: meus pais Mário Vieira de Lima e Raimunda Margarida de Sousa Lima, pela educação, amor e confiança e aos meus irmãos pelo grande apoio nesta caminhada.

Ao orientador, Dr. Gustavo Schwartz, por todo apoio, liberdade, paciência, valiosíssimos conselhos e sua competente orientação.

Aos pesquisadores da Embrapa Amazônia Oriental, Dr. Alexandre Mehl Lunz e Dr. Arystides Rezende Silva pela condução do projeto, apoio e confiança com essa pesquisa.

Aos professores da UNIFESSPA – Marabá, prof^a. Dr^a. Andrea Hentz de Mello e prof. Dr. Ulisses Brigatto Albino pelas valiosas contribuições, esclarecimentos e paciência durante o desenvolvimento da pesquisa.

Ao projeto Biomas pela oportunidade de realização deste trabalho.

Ao CNPq pela concessão da bolsa.

À Banca Examinadora, por todos os conselhos e sugestões e pela disponibilidade de avaliação deste trabalho.

Ao amor da minha vida Leidiane Alves, pelo companheirismo, amizade, ensinamentos e conselhos.

Aos amigos da pós-graduação: Marilene Santos, Talita Godinho, Lizandra Elizeário e Karlla Almada, obrigado pela amizade e pela convivência.

E a todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

1 CONTEXTUALIZAÇÃO 8

REFERÊNCIAS 13

2 RESPOSTAS DE CLONES DE EUCALIPTO À INOCULAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NO SUDESTE DO ESTADO DO PARÁ 16

RESUMO 16

ABSTRACT 16

2.1 Introdução 16

2.2 Material e Métodos 18

2.2.1 Área de estudo 18

2.2.2 Preparo da área 19

2.2.3 Delineamento experimental 20

2.2.4 Variáveis analisadas 22

2.2.5 Análise dos dados 22

2.3 Resultados 22

2.4 DISCUSSÃO 25

2.5 Conclusão 27

2.5.1 Recomendações 27

REFERÊNCIAS 27

3 EFEITO DA INOCULAÇÃO DE MICRORGANISMOS INDUTORES DE CRESCIMENTO E ADUBAÇÃO QUÍMICA EM PARICÁ NA REGIÃO SUDESTE DO ESTADO DO PARÁ 30

RESUMO 30

ABSTRACT 30

3.1 Introdução 30

3.2 Material e Métodos 32

3.2.1 Área de estudo 32

3.2.2 Implantação do Experimento 33

3.2.3 Delineamento experimental 35

3.2.4 Variáveis analisadas 36

3.2.5 Análise dos dados	36
3.3 Resultados	36
3.4 Discussão	38
3.5 Conclusão	41
3.5.1 Recomendações	41
REFERÊNCIAS	41
4 CONCLUSÕES GERAIS	44

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar a mortalidade e o crescimento de diferentes clones de eucalipto sob inoculação de fungos micorrízicos e a mortalidade e crescimento de paricá sob inoculação de fungos micorrízicos e rizobactérias no sudeste do estado do Pará, Brasil. O experimento com os clones de eucalipto foi instalado seguindo um delineamento de blocos casualizados com três repetições (três blocos) com 12 tratamentos e seis clones. O espaçamento foi de 3,0 x 3,0 metros, com cada parcela tendo 56 mudas. Metade das plântulas foi inoculada com fungos micorrízicos arbusculares (endomycorrízicos) *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum* e o ectomicorrízico *Pisolithus microcarpus* e a outra metade das plântulas não teve inoculação e serviu como controle. Até a última medição do experimento, a inoculação com os fungos micorrízicos não promoveu maior crescimento no diâmetro e altura dos clones de eucalipto testados, quando comparado ao tratamento sem inoculação. Os clones VM01 *Eucalyptus urocan*, 373 *E. platyphylla* e 1250 *E. urograndis* apresentaram as menores taxas de mortalidade. Portanto, os clones mais recomendados para o Sudeste do Pará foram VM01 *E. urocan*, A 2017 *E. urograndis*, 373 *E. platyphylla* e 1250 *E. urograndis* por apresentarem melhor crescimento em diâmetro, altura e menor taxa de mortalidade. O experimento com paricá foi instalado seguindo o delineamento de blocos casualizados com três repetições (três blocos) para cada tratamento, sendo cada repetição com 49 indivíduos, totalizando 147 árvores por tratamento. O espaçamento das mudas foi de 3,0 x 3,0 metros. O crescimento do paricá foi avaliado sob a influência de quatro tratamentos: (T0) controle, (T1) adubação química convencional (termofosfato e, na cobertura, NPK), (T2) inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e (T3) inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e uso de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas. A inoculação com rizobactérias promotoras de crescimento (*Enterobacter* sp., *Enterobacter aerogenes*, *Bacillus* sp. e *Pantoea* sp.) e fungos micorrízicos arbusculares nas espécies *Glomus ethunicatum* e *Glomus clarum* durante o período avaliado não influenciou o crescimento em diâmetro, altura e mortalidade do paricá. As árvores de paricá com adubação química convencional apresentaram o melhor crescimento em altura e diâmetro e menor taxa de mortalidade. Entretanto, a adubação química é recomendada nas plantações de paricá com até quatro anos de idade no sudeste do Pará.

Palavras-Chave: Silvicultura. Clones de eucalipto. Microbiologia do solo. Micorrizas.

ABSTRACT

This study had the objective to evaluate mortality and growth of different eucalyptus clones under inoculation of mycorrhizal fungi as well as and mortality and growth of paricá under inoculation of mycorrhizal fungi and rhizobacteria in the southeast of Pará state, Brazil. The experiment with the eucalyptus clones was installed following a randomized block design with three replicates (three blocks) with 12 treatments and six clones. The seedling spacing was 3.0 x 3.0 meters with each plot having 56 seedlings. Half of the seedlings were inoculated with the arbuscular mycorrhizals fungi (endomycorrhizal) *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum*, and the ectomycorrhizal *Pisolithus microcarpus* and the other half of the seedlings had no inoculation and served as a control. Each eucalyptus clone had 168 seedlings, totaling 1008 seedlings. Up to the last experiment measurement, the inoculation with the mycorrhizal fungi did not promote higher growth in diameter and height of the eucalyptus clones tested, when compared to the treatment without inoculation. The clones VM01 Eucalyptus urocan, 373 *E. platyphylla*, and 1250 *E. urograndis* had the lowest mortality rates. Therefore, the most recommended clones for Southeastern Pará were VM01 *E. urocan*, A 2017 *E. urograndis*, 373 *E. platyphylla* and 1250 *E. urograndis* because they presented better growth in diameter, height and lower mortality rate. The experiment with paricá was installed following the randomized block design with three replicates (three blocks) for each treatment being one replicate with 49 individuals, totaling 147 trees per treatment. The seedling spacing was 3.0 x 3.0 meters. In total, 588 paricá seedlings were used in the experiment. The development of paricá was evaluated under the influence of four treatments: (T0) control, (T1) conventional chemical fertilization (thermophosphate and, in the cover, NPK), (T2) inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi, and (T3) inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and use of the plant growth promoting rhizobacteria. Inoculation with the plant growth promoter rhizobacteria (*Enterobacter* sp., *Enterobacter aerogenes*, *Bacillus* sp. and *Pantoea* sp.) and arbuscular mycorrhizal fungi in the species *Glomus ethunicatum* and *Glomus clarum* during the period evaluated did not influence development in diameter, height, and mortality of paricá plants. The paricá trees with conventional chemical fertilization had the best growth in height and diameter and lower mortality rate. However chemical fertilization is recommended in paricá plantations up four years in age in southeast Pará.

Keywords: Forestry. Eucalyptus clones. Microbiology of soil. Mycorrhizae.

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Em solos cultiváveis o crescimento e desenvolvimento dos vegetais são estimulados por vários fatores bióticos e abióticos. Há uma vasta gama de organismos que convivem no solo, entre eles existem diferentes gêneros de bactérias e fungos que são elementos essenciais ao ecossistema e desenvolvem vários processos dinâmicos na ciclagem de nutrientes. Neste sentido, muitas bactérias e fungos podem tornar a produção das culturas agrícolas mais sustentáveis (AHEMAD; KHAN, 2009).

Na rizosfera, região do solo influenciada pelas raízes, a atividade microbiana desempenha diversos benefícios, onde os microrganismos interagem especificamente com as raízes das plantas (HAGHIGHI et al., 2011). Dentre esses microrganismos que colonizam a rizosfera têm-se as bactérias que exercem efeito benéfico sobre as plantas e são chamadas Rizobactérias promotoras do crescimento de plantas - RPCPs (ABBASI et al., 2011).

As RPCPs são conhecidas como *plant growth-promoting rhizobacteria* - PGPR e são capazes de colonizar diferentes órgãos das plantas. Na colonização, as RPCPs trazem efeitos benéficos às plantas, podendo proporcionar acréscimo na taxa de germinação de sementes, no crescimento e desenvolvimento de órgãos vegetativos, na floração e na produtividade das culturas em condições de campo e em casa de vegetação (AMORIM; MELO, 2002).

Determinadas espécies de bactérias quando aplicadas a sementes ou raízes incitam o crescimento e desenvolvimento das plantas, promovendo a penetração das raízes no solo durante a germinação ou influenciando a simbiose entre outros microrganismos com a planta (KLOEPPER et al., 1980). Além disso, estas bactérias podem atuar como biofertilizantes ao fixarem nitrogênio (N_2) do ar, como fitoestimulantes ao induzirem a planta a produzir hormônios (VESSEY, 2003) e diminuir os efeitos inibitórios de patógenos sobre o desenvolvimento das plantas (GLICK, 2012).

Outros microrganismos que se associam através de uma interação interespecífica mutualística com os vegetais são os fungos encontrados no solo e nas raízes das plantas através de uma estrutura denominada de micorríza (SCOTT, 1987), que constitui uma associação simbiótica especializada entre raízes e alguns fungos do solo. Através dessa interação, a planta fornece ao fungo carboidratos necessários ao seu desenvolvimento,

enquanto que o fungo, por meio de suas estruturas externas (hifas), ajuda na absorção dos nutrientes da solução do solo e os transporta para as plantas (SMITH; READ, 1997).

Existem dois grupos principais de micorrizas: as ectomicorrizas e micorrizas arbusculares (endomycorrizas). As ectomicorrizas se caracterizam por uma penetração intercelular do córtex e formação da rede de Hartig, onde ocorrem as trocas entre fungo e planta através de um manto de hifas externo à raiz. Nas micorrizas arbusculares as hifas apresentam penetração intracelular e formação de arbúsculos responsáveis pelas trocas entre fungo e plantas e não há a formação do manto externo de hifas ou modificações morfológicas nas raízes (SILVA et al., 2002).

As ectomicorrizas ocorrem em um grupo restrito de plantas (aproximadamente 5%), sendo economicamente importantes para o setor florestal (BELLEI; CARVALHO, 1992). Já as micorrizas arbusculares ocorrem de forma generalizada na natureza colonizando a grande maioria das espécies vegetais conhecidas. Cerca de 90% das plantas de interesse agrônomo e florestais são colonizadas por micorrizas arbusculares, portanto não apresentam especificidade de hospedeiro (TRAPPE, 1987).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) prevalecem nos ecossistemas tropicais e são fundamentais nas florestas tropicais, pois estas possuem um solo pobre, com baixa disponibilidade de nutrientes (CHU et al., 2001). A formação de micorrizas nestes ambientes depende de vários fatores ambientais, tais como disponibilidade de nutrientes, pH do solo, temperatura, disponibilidade de água, aeração, intensidade luminosa, fisiologia da planta hospedeira, interações com os microrganismos do solo e a toxicidade de certos pesticidas (SANTOS, 2006).

Os benefícios ocasionados pelas raízes com efeito da micorrização ocorrem devido ao aumento da área de absorção das raízes ao explorarem um grande volume de solo, tornando maior a área de superfície para a assimilação de nutrientes. Também ocorre a produção de substâncias que causam o desenvolvimento de plantas, induzindo alterações morfológicas nas raízes (MADIGAN et al., 2004). As micorrizas incrementam o crescimento das plantas e auxiliam na absorção de fósforo, o que as tornam uma importante alternativa à redução ao uso de fertilizantes e defensivos químicos (ARAÚJO et al., 2007).

Desta forma, a associação entre a planta e as ectomicorrizas promovem melhorias em solos com baixa fertilidade, pois ao aumentarem a área de absorção radicular, permitem que nutrientes como N, P e K e a água sejam mais bem aproveitados (SANTOS, 2006). As micorrizas conferem maior crescimento e resistência à planta sob condições adversas, como o aumento de temperatura, acidez do solo, estresse hídrico e maior tolerância a patógenos da raiz e substâncias tóxicas presentes no solo. A absorção de P pode ser de duas a cinco vezes maiores nas raízes com ectomicorrizas do que em raízes sem estes microrganismos (SOUZA et al., 2005).

Existem indicativos de que as micorrizas arbusculares são importantes na fase inicial de desenvolvimento das espécies florestais. De acordo com Santos (2006), em plantios de eucalipto, inicialmente, há colonização por fungos micorrízicos arbusculares a qual é substituída gradualmente por associações de fungos ectomicorrízicos. Incrementos em enraizamento e em biomassa radicular de clones de eucalipto se alteraram de acordo com o isolado bacterianos e o clone da planta (MAFIA et al., 2007). Os autores observaram ainda o efeito dos microrganismos proporcionando maior crescimento de mudas de clones de eucalipto e aumento da biomassa radicular em comparação a mudas não inoculadas. Em outra espécie, o angico-vermelho, produzido por miniestacas também ocorreu maior crescimento das plantas tratadas com micorrizas (DIAS et al., 2012).

Atualmente, buscam-se sistemas de produção sustentáveis, e por isso, as interações planta-organismo que ocorrem na rizosfera têm grande relevância na transformação, mobilização e solubilização de nutrientes absorvidos para aumentar o potencial produtivo. O aumento de informações sobre a utilização destes microrganismos para o crescimento vegetal e seu desempenho em diferentes sistemas de plantios, ampliam-se as expectativas da aplicabilidade das RPCPs e FMAs em diversos cultivos (HAYAT et al., 2010).

Visando o suprimento da demanda por madeira e considerando a baixa fertilidade dos solos que são usados para os reflorestamentos, se faz necessário à adoção de opções biotecnológicas ambiental e economicamente viáveis, como o uso de RPCPs e FMAs, visto que as principais fontes de fertilizantes não são renováveis e a ampliação das áreas plantadas encontra restrições quanto à legislação ambiental. Conforme Bellei e Carvalho (1992), afirmam que diante da maioria dos solos em algumas regiões serem pobres, a inoculação com RPCPs e FMAs de forma adequada contribui para o estabelecimento regular dos plantios e propicia aumentos significativos na produção de biomassa vegetal. Devido a estas

características naturais e a forte pressão legal, que obriga as empresas madeireiras na Amazônia a reflorestar as áreas exploradas, as espécies de rápido crescimento vem se constituindo dentre as mais promissoras para a região amazônica.

Dentre as espécies arbóreas que podem interagir com RPCPs e FMAs estão o eucalipto (*Eucalyptus* spp.) e o paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*). Ambas as espécies têm crescimento acelerado e tem como produto florestal a madeira. Na região Amazônica há espécies nativas de alto valor comercial para o segmento industrial florestal e que garantem o abastecimento do mercado. Essas espécies são comercializadas intensivamente em programas de reflorestamento, sobretudo em áreas de recuperação, a qual se destaca o paricá (COLLI, 2007).

Por apresentar potencial silvicultural e tecnológico, o paricá tem apresentado nos últimos anos a viabilidade para o reflorestamento em algumas regiões do país (VIDAURRE et al., 2012). Portanto, a espécie é muito utilizada para reflorestamento em substituição a florestas nativas, por apresentar crescimento acelerado e por ser utilizada na indústria de laminados. Diante das boas expectativas de produção desta espécie procurou-se implantar plantios em escala comercial na região Amazônica (VIÉGAS et al., 2007).

Pertencente à família Fabaceae, a espécie *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby é conhecida popularmente na região Amazônica como paricá. Apresenta rápido crescimento, possui fuste longo, retilíneo, cilíndrico e ausência de ramificações, o que facilita o seu uso como matéria-prima para a indústria de laminados e compensados, sendo capaz de alcançar até 40 m de altura e diâmetro de 1,2 m (SOUZA et al., 2003).

O paricá ocorre naturalmente em mata primária e secundária de terra firme e várzea (DUCKE, 1949) na região amazônica que compreende partes do Brasil, Peru, Bolívia e Venezuela. Encontra-se no Brasil nos estados do Pará, Mato Grosso, Amazonas, Rondônia e Roraima, geralmente em áreas com predomínio de solos argilosos de baixa ou alta fertilidade, com pH de ácidos a levemente básicos (CARVALHO, 2007).

A madeira do paricá é macia, leve, de processamento fácil, de bom acabamento e fácil trabalhabilidade, porém possui baixa durabilidade natural (SOUZA et al., 2005; MELO et al., 2014). A madeira é utilizada para a fabricação de palitos de fósforo, brinquedos, maquetes,

embalagens leves, canoas, forros, miolos de painéis e portas, formas de concreto, laminados, compensados, portas. A madeira produz ainda celulose de boa qualidade e de fácil branqueamento admitindo a fabricação de papel branqueado com boa resistência (PEREIRA; PEDROSO, 1982).

As espécies do gênero *Eucalyptus* têm rápido crescimento, alta produtividade e boa capacidade de adaptação. Apresentam várias aplicações para a sua madeira como a produção de celulose, papel, energia, carvão vegetal, madeira serrada e móvel e, como produtos não-madeireiros, tem a produção de óleos essenciais (SILVA, 2005). Além do mais, permitem corte por volta do quinto ano e toleram cortes sucessivos e, devido a tantas qualidades, seu cultivo esta em constante crescimento.

Nos plantios florestais, espécies como paricá e eucalipto interagem com vários microrganismos como as bactérias e fungos. O estudo da microbiota natural da rizosfera identificando microrganismos que auxiliem em seu crescimento, pode aumentar a produtividade das plantas em áreas com histórico de uso inadequado da terra e contribuir com a restauração de ecossistemas degradados, situação em que se encontram muitas áreas no sudeste do estado do Pará.

Por isso, em áreas que precisam ser revegetadas ou que estão em condições adversas como déficit hídrico natural com estação seca pronunciada e chuvas irregulares, espécies de rápido crescimento se destacam, como o paricá e eucalipto na região sudeste do estado do Pará. O estado do Pará possui muitas áreas de solos arenosos que apresentam dificuldade na retenção de água e de nutrientes dificultando a manutenção e o desenvolvimento da vegetação, sendo importante a presença de fatores, a exemplo das RPCPs e FMAs, que aumentem a capacidade de absorção de água e nutrientes pelas plantas, proporcionando sucesso no estabelecimento da vegetação.

Assim, foram formuladas as seguintes questões: 1) Os clones de eucalipto sob inoculação de FMAs apresentam melhor crescimento em relação a clones não inoculados? 2) Quais os clones de eucalipto que apresentam as menores taxa de mortalidade sob o efeito da inoculação? 3) O paricá sob a inoculação de RPCPs associadas aos FMAs apresenta melhor crescimento? 4) Os plantios de paricá sob a inoculação de RPCPs associadas a FMAs apresentam menores taxa de mortalidade?

Pressupõem-se as seguintes hipóteses: 1) Os clones de eucalipto sob inoculação de FMAs e ectomicorrizas apresentam melhor crescimento em relação aos não inoculados. 2) Os clones sob efeito da inoculação apresentam as menores taxa de mortalidade. 3) As RPCPs associadas aos FMAs e ectomicorrizas promovem o melhor crescimento do paricá. 4) As RPCPs associadas aos FMAs proporcionam menores taxas de mortalidade em campo nos plantios de paricá.

Para responder estas questões, esta dissertação foi estruturada em dois capítulos:

Capítulo 1 - Resposta de clones de eucalipto à inoculação de fungos micorrízicos em solo arenoso em São Domingos do Araguaia – PA. Este artigo teve como objetivo avaliar a adaptabilidade de diferentes clones de eucalipto com inoculação de Fungos Micorrízicos na região de Marabá no sudeste do Estado do Pará. Foi avaliado o crescimento e a taxa de mortalidade em clones de eucalipto com e sem a inoculação de FMAs (endomycorrízicos) das espécies *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum* e o fungo ectomicorrízico *Pisolithus microcarpus*.

Capítulo 2 - Efeito da inoculação de microrganismos indutores de crescimento e adubação química em paricá em solo arenoso em São Domingos do Araguaia – PA. Este artigo teve como objetivo avaliar o efeito de Rizobactérias Promotoras de Crescimento em Plantas – RPCPs associadas aos Fungos Micorrízicos Arbusculares – FMAs (endomycorrizas) e adubação química convencional sob o crescimento do paricá. Foi avaliado o crescimento e a taxa de mortalidade em plantio de paricá sob a inoculação de RPCPs nas espécies *Enterobacter* sp., *Enterobacter aerogenes*, *Bacillus* sp. e *Pantoea* sp e os FMAs, *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum* e adubação química.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBASI, M. K. et al. Isolation of plant growth promoting rhizobacteria from wheat rhizosphere and their effect on improving growth, yield and nutrient uptake of plants. **Plant Biosyst**, Itália, v. 145, p. 159–68, Mar. 2011.
- ABRAF, 2013. **Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012 / ABRAF**. – Brasília: 2013. 148 p.
- ARAÚJO, E. N. et al. Produção do pimentão adubado com esterco bovino e biofertilizante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.11, p.466-470, Jun. 2007.

AHEMAD, M.; M.S.KHAN, M. S. Effect of insecticide-tolerant and plant growth promoting *Mesorhizobium* on the performance of chickpea grown in insecticide stressed alluvial soils. **Journal of Crop Scienci and Biotechnology**, Switzerland, v.12, n. 4, p. 213-222, 2009.

AMORIM, E. P. D. R.; MELO, I. S. Ação antagônica de rizobacterias contra *Phytophthora parasítica* e *P. citrophthora* e seu efeito no desenvolvimento de plântulas de citros. Jaboticabal – SP: **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, V.24, n. 2, p. 565 – 568, Ago. 2002.

BELLEI, M. M.; CARVALHO, E. M. S. Ectomicorrizas. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do Solo**. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. Cap. 21, p. 297-318.

CARVALHO, P.E.R. Paricá - *Schizolobium amazonicum*. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 8p. (Embrapa-CNPQ. Circular Técnica, 142).

COLLI, A. Caracterização da madeira de Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) e propriedades de chapas de partículas aglomeradas com diferentes proporções e fibras de coco (*Cocos nucifera* L.) 2007. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2007.

CHU, E.Y.; MÖLLER, M.R.F.; CARVALHO, J.G. Efeitos da inoculação micorrízica em mudas de graviola em solo fumigado e não fumigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.4, p.671- 680. Abr. 2001.

DIAS, P. C. et al. Micorrizas arbusculares e rizóbios no enraizamento e nutrição de mudas de Angico-Vermelho. **Revista Árvore**, Viçosa, MG. v. 36, n. 6, p. 1027-1037, Jun. 2012.

DUCKE, A. Notas sobre a flora neotropical II: As leguminosas da Amazônia brasileira. In: IAN. **Boletim técnico**, 18. 2.ed. Belém: IAN, 1949. 248p.

GLICK, B. R. **Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications**. Hindawi Publishing Corporation, Scientifica, 2012. Disponível em: <<https://www.hindawi.com/journals/scientifica/2012/963401/>>. Acesso em: 03 jul. de 2018, 16:08:08.

HAYAT Q. et al. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. *Environmental and Experimental Botany*, Elsevier, v. 68, p. 14–25, Aug. 2010.

HAGHIGHI, B.J.; ALIZADEH, O.; FIROOZABADI, A.H. The role of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in sustainable agriculture. **Advances in Environmental Biology**, Jordan, v. 5, p. 3079-3083, 2011.

KLOPPER, J. W.; SCHROTH, M. N.; MILLER, T. D. Effects of rhizosphere colonization by plant growth-promoting rhizobacteria on potato plant development and yield. **Phytopathology**, v.70, p.1078-1082, California, May. 1980.

MAFIA, R.G et al. Efeito de rizobactérias sobre o enraizamento e crescimento de clones de eucalipto em diferentes condições de propagação clonal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 813-821, Mar. 2007.

MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M., PARKER, J. **Microbiologia de Brock**. 10. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2004. 608p.

MELO, L. D. L. et al. Influence of spacing on some physical properties of *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 104, p. 483-490, Dez. 2014.

PEREIRA, A. P.; PEDROSO, L. M. Influência da profundidade de semeadura em algumas essências florestais da Amazônia. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 1982, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, 1982. p. 1092-1099. Publicado na Silvicultura em São Paulo, 16 A, parte 2, 1982.

SANTOS, L. C. **Efeito do cobre na população de bactérias e fungos do solo, associação ectomicorrízica e no desenvolvimento de mudas de Eucalipto e Canafístula**. 2006. 88 f, Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2006.

SCOTT, J.M. et al. Species richness. A geographic approach to protecting future biological diversity. **BioScience**, Inglaterra, V. 37, P. 782-88, Dec. 1987.

SMITH, S. E.; READ, D. J.; HARLEY, J. L. **Mycorrhizal symbiosis**. 2. ed. San Diego, Califórnia: Academic, 1997. 605 p.

SILVA, R. F.; ANTONIOLLI, Z. I.; ANDREAZZA, R. Produção de mudas de *Pinus elliottii* Engelm. micorrizadas em solo arenoso. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 57-65, Fev. 2002.

SILVA, J. C. Cresce presença de eucalipto no Brasil. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 92, p. 61-66, Out. 2005.

SOUZA, C. R. et al. Paricá: *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber x Ducke) Barneby. Circular técnica 18, EMBRAPA, Manaus, AM. Dez 2003.

SOUZA, P.V.D. et al. Influência de substratos e fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento do porta-enxerto Flying Dragon (*Poncirus trifoliata*, var. *monstruosa* Swing.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jabotical, SP. v.27, p. 285–287, Ago. 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

TRAPPE, J.M. Phylogenetic and ecologic aspects of mycotrophy in the Angiosperms from an evolutionary standpoint. In: SAFIR, G.R. (Ed.). **Ecophysiology of VA mycorrhizal plants**. Boca Raton: CRC, P.5-25. 1987

VESSEY, J. K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. **Plant and Soil**, v. 255, p.571-586, Aug. 2003.

VIDAURRE, G. B. et al. A. Propriedades energéticas da madeira e do carvão de paricá (*Schizolobium amazonicum*). **Revista Árvore**, Viçosa, MG. v. 36, p. 365-371, Mar. 2012.

VIÉGAS, I. J. M. et al. Efeito da adubação NPK em Plantas Jovens de Paricá (*Schizolobium amazonicum*, Huber Ducke). Comunicado Técnico 193, Embrapa, Belém – PA, Dezembro de 2007, 3f.

2 RESPOSTAS DE CLONES DE EUCALIPTO À INOCULAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS EM SOLO ARENOSO EM SÃO DOMINGOS DO ARAGUAIA – PA

RESUMO

Atualmente, as espécies do gênero *Eucalyptus* figuram nas espécies mais importantes nas plantações florestais. Estas espécies apresentam dependência de associação micorrízica para o seu crescimento em condições de campo. O presente estudo teve como objetivo avaliar a adaptabilidade de diferentes clones de eucalipto sob inoculação de fungos micorrízicos na região de Marabá, sudeste do estado do Pará. O experimento foi instalado em delineamento de blocos ao acaso com três repetições (três blocos), com 12 tratamentos e seis clones. O espaçamento das mudas foi de 3,0 x 3,0 metros, cada parcela com 56 árvores, metade inoculada com os fungos micorrízicos arbusculares (endomycorrízico e ectomycorrízico). A outra metade das plântulas não foi inoculada e funcionou como controle. Cada clone continha 168 indivíduos, totalizando 1008 mudas de clones de eucalipto. A inoculação com isolados micorrízicos não promoveu o maior crescimento em diâmetro e altura dos clones. Os clones VM01 *E. urocan*, 373 *E. platyphylla* e 1250 *E. urograndis* apresentaram as menores taxas de mortalidade. Portanto, os clones mais recomendados para a região de estudo foram VM01 *E. urocan*, A 2017 *E. urograndis*, 373 *E. platyphylla* e 1250 *E. urograndis* por apresentarem os maiores valores em diâmetro, altura e menor taxa de mortalidade.

Palavras-Chave: Silvicultura; Clones de eucalipto; Inoculação; Micorrizas.

ABSTRACT

Currently, the species of the genus *Eucalyptus* figure in the most important species in forest plantations. These species present dependence of mycorrhizal association for their growth in field conditions. The present study had the objective of evaluating the adaptability of different eucalyptus clones under inoculation of mycorrhizal fungi in the Marabá region, southeast Pará state. The experiment was set up in a complete block randomization design with three replicates (three blocks), with 12 treatments and six clones. Seedling spacing was 3.0 x 3.0 meters, each plot with 56 trees, half inoculated with the arbuscular mycorrhizal fungi (endomycorrhizal and ectomycorrhizal). The other half of the seedlings were not inoculated and functioned as control. Each clone had 168 individuals totalizing 1008 seedlings of eucalyptus clones. Inoculation with mycorrhizal fungal isolates did not promote the highest growth in diameter and height of the clones. The clones VM01 *E. urocan*, 373 *E. platyphylla* and 1250 *E. urograndis* had the lowest mortality rates. Therefore, the most recommended clones for the study region were VM01 *E. urocan*, A 2017 *E. urograndis*, 373 *E. platyphylla* and 1250 *E. urograndis* because they presented the highest values in diameter, height and lower mortality rate.

Keywords: Forestry; Eucalyptus clones; Inoculation; Mycorrhizae.

2.1 Introdução

As florestas plantadas desempenham um importante papel não apenas por sua função produtiva, mas também pela prestação de serviços ambientais, além de impedir o desmatamento de habitats naturais, preservando a biodiversidade e com isso contribuir para a recuperação de áreas degradadas. Além disso, as florestas plantadas podem trazer desenvolvimento social e econômico através da geração de emprego e renda em toda a sua cadeia produtiva promovendo a participação de pequenos e médios produtores rurais, incrementando o desenvolvimento regional sustentável e gerando divisas para o país (BRITO et al., 2017).

O país apresenta avançado desenvolvimento na área de silvicultura e destaca-se por oferecer o maior programa de reflorestamento do mundo, utilizando principalmente as essências florestais do gênero de *Eucalyptus* (IBÁ, 2017). O sucesso dos plantios de eucalipto no setor florestal brasileiro deve-se a alta taxa de crescimento, boa adaptação ecológica, alto rendimento econômico e plasticidade nas propriedades tecnológicas da madeira (OLIVETTI NETO, 2002).

As espécies de eucalipto apresentam dependência de associação micorrízica para seu crescimento e desenvolvimento em condições de campo (FONSECA, 2013). Desta forma, nas últimas décadas tem aumentado o reconhecimento da importância funcional e ecológica da simbiose dos fungos micorrízicos não apenas para eucalipto, mas para muitas outras espécies. Estas espécies apresentam grande susceptibilidade à formação de micorrizas, pois esses fungos são micobiontes predominantes em várias plantas comercialmente importantes, dentre as quais se destaca o eucalipto (CAMPOS et al., 2011).

Tanto as micorrizas arbusculares ou endomicorrizas quanto as ectomicorrizas apresentam benefícios aos vegetais e ao meio ambiente. Estes fungos promovem aumento da superfície de absorção e do volume do solo cultivado, levando à melhoria na nutrição e hidratação das plantas, maior tolerância a estresses biológicos e físico-químicos e melhorias no solo por causar agregação e estabilidade dos agregados (SMITH; READ, 1997).

Nas ectomicorrizas, as células fúngicas não penetram a parede celular da planta, mas formam duas estruturas: uma malha intercelular na epiderme e córtex da raiz denominada rede de Harting, e um revestimento derivado desta rede em torno da raiz, denominado manto. Já as endomicorrizas induzem apenas um aumento da ramificação, com raízes maiores e mais profundas, principalmente em habitats com déficit hídrico (DINIZ, 2007).

As ectomicorizas e endomicorizas possibilitam um melhor aproveitamento de água e nutrientes, como o P, N e K, proporcionando maior resistência a estresses hídricos, temperaturas elevadas e acidez do solo, além de possibilitar maior tolerância à presença de substâncias tóxicas no solo e a patógenos do sistema radicular (SMITH; READ,1997).

Assim, as ectomicorizas e endomicorizas contribuem no estabelecimento e no desenvolvimento das plantas, mesmo em solos pobres ou degradados, apresentando benefícios sobre as plantas não inoculadas na captura de nutrientes, especialmente de P. No caso do eucalipto, as ectomicorizas e endomicorizas promovem o estabelecimento a campo de mudas, especialmente em áreas arenizadas (MARX; CORDELL, 1977).

Sendo assim, considerando a baixa fertilidade dos solos onde vêm sendo implantados plantios de eucalipto, como é o caso em grande parte do sudeste do estado do Pará, faz-se necessária a adoção de alternativas econômicas e ambientalmente viáveis para a produção de plantios destinados ao florestamento dessas áreas.

Uma alternativa é o uso de micorizas arbusculares e ectomicorizas, visando aumentar a absorção de nutrientes, promover resistência ao ataque de patógenos e aumentar o índice de sobrevivência destas plantas em solos de baixa fertilidade. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar a adaptabilidade de diferentes clones de eucalipto inoculados com fungos ectomicorizos e fungos micorrízicos arbusculares (FMA) no sudeste do estado do Pará.

Assim, foram formuladas as seguintes questões: 1) Os clones de eucalipto sob inoculação de FMAs apresentam melhor crescimento em relação a clones não inoculados? 2) Quais os clones de eucalipto que apresentam as menores taxa de mortalidade sob o efeito da inoculação? Sendo assim, pressupõem-se as seguintes hipóteses: 1) Os clones de eucalipto sob inoculação de FMAs apresentam melhor crescimento em relação aos não inoculados, 2) Os clones sob efeito da inoculação apresentam as menores taxa de mortalidade.

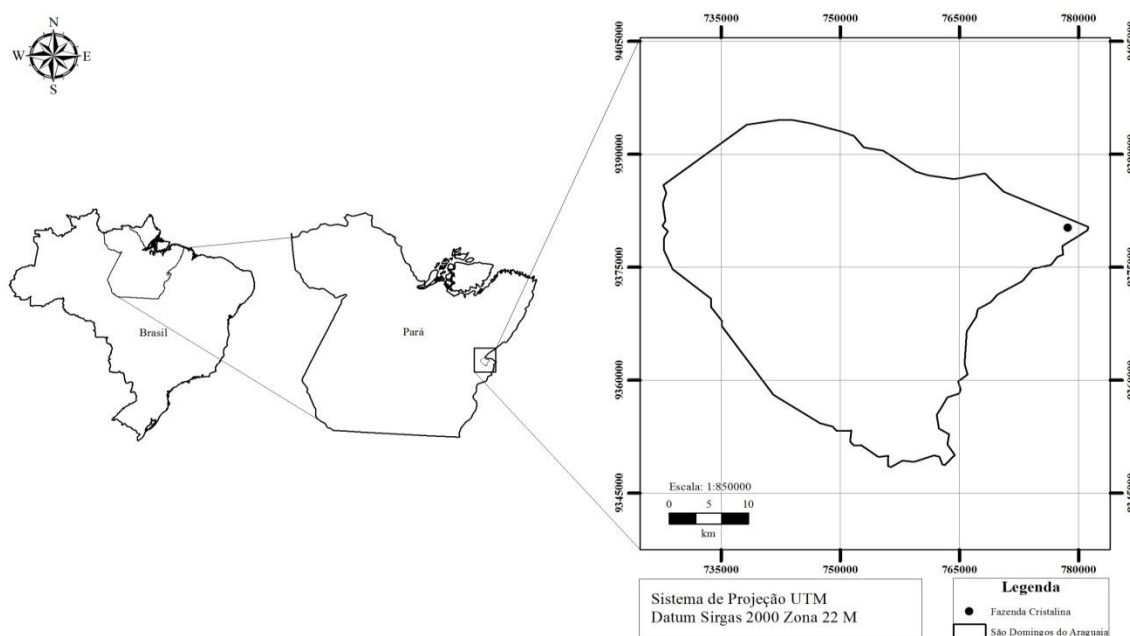
2.2 Material e métodos

2.2.1 Área de estudo

O estudo faz parte do projeto Biomas: contribuições para a proteção e uso sustentável das paisagens brasileiras (CNA/EMBRAPA), subprojeto *AM05 “Adaptabilidade de diferentes clones comerciais de eucaliptos com e sem inoculação de ectomicorizas para região sudeste*

do Pará”. A parte experimental do projeto foi instalada na Fazenda Cristalina, município de São Domingos do Araguaia, região de Marabá, sudeste do estado do Pará em janeiro de 2015 (Figura 1). Localiza-se entre as coordenadas UTM: 22M 778722 E; 9380220 S, em uma área de 11.869 m² (1,1869 ha). A pecuária extensiva era desenvolvida na área de estudo desde a década de 80 até a instalação do experimento. Os solos da propriedade são arenosos, com baixos teores de carbono, baixa CTC e elevado teor de alumínio trocável. São solos profundos nas porções elevadas (Neossolos Quartzarênicos e Latossolos Vermelho-Amarelos) e rasos (Plintossolos Pétricos e afloramentos de rocha) nas porções mais baixas (RAMOS et al., 2016).

Figura 1 - Localização da Fazenda Cristalina, São Domingos do Araguaia-PA.



O clima da região é tropical semi-úmido (Aw/As) exibindo temperaturas médias mensais entre 22,9 °C e 32 °C, com média anual de 26° C e a precipitação anual é em torno de 1.976 mm. O período mais chuvoso é de janeiro á março, e o mais seco vai de julho a setembro (RAMOS et al., 2016).

2.2.2 Preparo da área

Foi realizada uma amostragem de solo para a caracterização dos teores químicos e físicos (Tabela 1).

Tabela 1 - Características química e granulométrica do solo na profundidade 0-20 cm, na fazenda Cristalina em São Domingos do Araguaia-PA.

Prof. (cm)	pH (H ₂ O)	P	Ca	Mg	K	Al	H+Al	Carbono	Areia	Silte	Argila
		(mg.kg ⁻¹)	-----cmolc dm ⁻³ -----					g dm ⁻³	-----g.kg ⁻¹ -----		
0-20	4,8	7,4	1,3	0,5	0,1	0,2	3,2	12,4	912	38	50

Nota: Análise realizada no laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental. P = Fósforo; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; K = Potássio; Al = Alumínio; H + Al = Hidrogênio + Alumínio.

O preparo do terreno para o plantio foi feito com o uso de motocoveadoras e a fase de implantação consistiu no controle da vegetação espontânea em toda a área experimental com uso de roçadeiras costais e controle de formigas cortadeiras em toda a área e no entorno. Foram aplicadas iscas formicidas granuladas de princípio ativo fipronil, na dose de 8 g/m² de terra.

Foi realizada a aplicação de calcário dolomítico na cova (100g/cova). Em seguida foi feito o plantio e adubação em que foi inserida a muda ereta sobre a cova, seguido do enchimento de terra na cova com pressão para fixação da muda tendo o cuidado de não provocar afogamento de coleto. Juntamente com o plantio foram adicionados 400 g por cova de termofosfato (Yoorin) e 50 g de NPK (10-28-20) por cova além de 1 litro de hidrogel.

Foram feitas três adubações de cobertura, primeira adubação de cobertura foi feita aos 30 dias após o plantio, com 100 g/planta de NPK (10-28-20) em duas covetas laterais localizadas de 10 a 15 cm da muda, distribuindo metade da dose de cada lado da muda. Repetiu-se o mesmo processo na segunda e terceira adubação de cobertura nos dois anos seguintes.

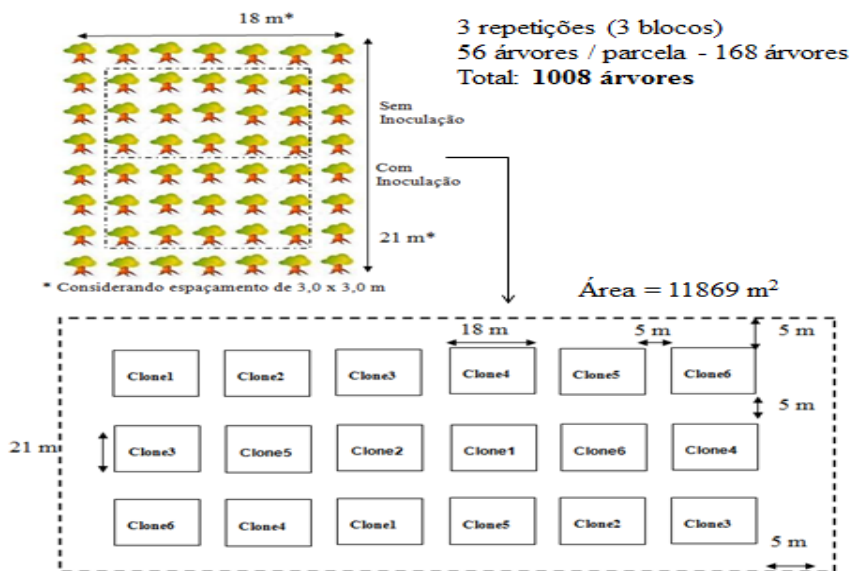
A irrigação de salvação foi realizada a cada 15 dia nos meses mais secos do primeiro ano e a manutenção consistiu no monitoramento de formigas durante todo o período experimental. Realizaram-se capinas química antes da 1ª e 2ª adubação de cobertura, para manter o cultivo do eucalipto livre de plantas daninhas, com cuidado para que o produto não atingisse as folhas dos indivíduos em cultivo para evitar queimaduras.

2.2.3 Delineamento experimental

O experimento foi instalado seguindo o delineamento em blocos ao acaso com três repetições (três blocos), com 12 tratamentos, seis clones com e sem inoculação de fungos micorrízicos (Figura 2). O espaçamento entre as mudas foi de 3,0 x 3,0 metros. Cada parcela contou com 56 árvores. Foram utilizadas para cada clone 168 mudas, totalizando 1008 mudas de clones de eucalipto.

Os fungos utilizados para a inoculação consistiram de uma mistura de fungos micorrízicos arbusculares também chamados de endomicorrízicos que foram os fungos da espécie *Glomus clarum* e *Glomus etunicatum* misturados com o fungo ectomicorrízico *Pisolithus microcarpus* e a outra metade sem a inoculação. Os fungos foram doados do Banco de Inóculo da Faculdade de Ciências Agrárias de Marabá da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, e consistiram de uma mistura de três gramas de esporos e micélios dos respectivos fungos misturados em areia autoclavada, sendo que a inoculação ocorreu no momento do plantio das mudas em cada cova.

Figura 2 - Croqui do experimento para os testes de inoculação de fungos ecto e endomicorrízicos a clones de eucalipto na fazenda Cristalina, São Domingos do Araguaia-PA.



Nota: Clone 1, C01253 *E. urograndis*; clone 2, CVM01 *E. urocam*; clone 3, A211 *E. urograndis*; clone 4, 217 *E. urograndis*; clone 5, 373 *E. platyphylla*; clone 6, 1250 *E. urograndis*.

Os clones utilizados foram: C01253 *Eucalyptus urograndis*, VM 01 *E. urocam*, A211 *E. urograndis*, A217 *E. urograndis*, 373 *E. platyphylla*, 1250 *E. urograndis*, os quais foram adquiridos junto a viveiros de empresas florestais na região.

2.2.4 Variáveis analisadas

Utilizou-se fita métrica para medir o CAP (Circunferência a altura do peito), esse valor foi transformado para DAP (Diâmetro a altura do peito á 1,30 do solo) através da divisão por π . Para se medir a altura das plantas foi usado um Vertex. O volume da madeira de cada árvore foi obtido por meio da fórmula: $V = DAP^2 \times (\pi \div 4) \times h \times FF$. Onde: V = volume de madeira da árvore (m³); h = altura total da planta (cm); DAP = diâmetro a altura do peito (m); FF = fator de forma (0,46243). O fator de forma utilizado para o cálculo do volume neste estudo foi o mesmo valor desenvolvido por Miranda et al. (2015), para estimar o volume comercial e total de clones de *E. urograndis*, com idade de 30 meses e espaçamento de 4 x 2 m, em plantio localizado no município de Nova Canaã do Norte no estado de Mato Grosso. Quantificou-se o número de plantas vivas dos clones de eucalipto e calculou-se a taxa de mortalidade (relação entre o número de plantas mortas e número de mudas plantadas).

2.2.5 Análise dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias quando significativas comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%. As planilhas para formação de banco de dados foram feitas no programa Excel e analisadas com auxílio de programas estatísticos Excel[®] 2010 e Bioestat (AYRES et al., 2007).

2.3 Resultados

Quanto ao efeito da inoculação dos fungos micorrizícos, os clones comerciais de eucalipto apresentaram desempenho semelhante em altura aos 180, 360, 720 e 1080 dias com e sem a inoculação. No entanto, houve diferença significativa no crescimento em altura entre os tipos de clones, o clone VM01 *E. urocan* obteve o melhor desempenho aos 180 dias e aos 360 dias. Aos 720 e 1080 dias o clone que expressou o maior crescimento em altura com e sem o efeito do inoculante foi A 217 *E. urograndis* em seguida do 373 *E. platyphylla*, A211 *E. urograndis*, 1250 *E. urograndis*, C01253 *E. urograndis*. Os menores valores para esta variável foram observados pelo clone VM01 *E. urocan* (Tabela 2).

Tabela 2 - Altura dos clones de eucalipto com e sem inoculação de ectomirrizas e endomicorizas aos 180, 360, 720 e 1080 dias, na fazenda Cristalina, São Domingos Araguaia - PA.

Clone	Tratamento	Altura (cm)			
		180 dias	360 dias	720 dias	1080 dias
VM01 <i>E. urocan</i>	Sem inoculante	1,45 ± 0,36 a	1,96 ± 0,50 a	8,27 ± 1,30 b	9,50 ± 1,90 c
	Com inoculante	1,47 ± 0,39 a	2,50 ± 0,57 a	8,6 ± 1,57 b	10,10 ± 2,20 c
A 217 <i>E. urograndis</i>	Sem inoculante	1,18 ± 0,36 b	1,57 ± 0,46 b	9,93 ± 1,61 a	14,30 ± 1,30 a
	Com inoculante	1,24 ± 0,34 b	1,69 ± 0,50 b	10,18 ± 1,43 a	14,60 ± 1,20 a
373 <i>E. platyphylla</i>	Sem inoculante	1,06 ± 0,22 c	1,52 ± 0,32 b	8,90 ± 1,36 b	13,30 ± 1,10 b
	Com inoculante	1,02 ± 0,27 c	1,50 ± 0,41 b	8,47 ± 1,42 b	13,50 ± 1,40 b
A211 <i>E. urograndis</i>	Sem inoculante	1,02 ± 0,25 c	1,40 ± 0,33 b	9,00 ± 1,73 a	11,90 ± 1,90 b
	Com inoculante	1,04 ± 0,28 c	1,50 ± 0,40 b	9,56 ± 1,61 a	13,10 ± 2,00 b
1250 <i>E. urograndis</i>	Sem inoculante	1,00 ± 0,29 c	1,39 ± 0,36 b	7,90 ± 1,49 b	11,90 ± 1,90 b
	Com inoculante	1,03 ± 0,27 c	1,53 ± 0,46 b	8,04 ± 1,06 b	13,10 ± 2,0 b
C01253 <i>E. urograndis</i>	Sem inoculante	0,77 ± 0,21 d	1,08 ± 0,35 c	7,91 ± 1,88 b	9,50 ± 1,90 c
	Com inoculante	0,74 ± 0,25 d	1,05 ± 0,38 c	7,87 ± 1,57 b	10,10 ± 2,20 c

Nota: Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey 5%.

Houve diferença significativa para o clone A211 *E. urograndis* aos 720 dias para a variável diâmetro, o tratamento com inoculação apresentou maior diâmetro quando comparado ao tratamento sem inoculação. Contudo aos 720 dias o clone que exibiu diâmetro superior foi o VM01 *E. urocan* seguido do clone A 217 *E. urograndis* e 373 *E. platyphylla*. Aos 1080 dias o clone que obteve o maior diâmetro foi A 217 *E. urograndis* seguido do VM01 *E. urocan*, 373 *E. platyphylla*, A211 *E. urograndis*, 1250 *E. urograndis*, sendo que o menor diâmetro foi observado para o clone C01253 *E. urograndis* (Tabela 3).

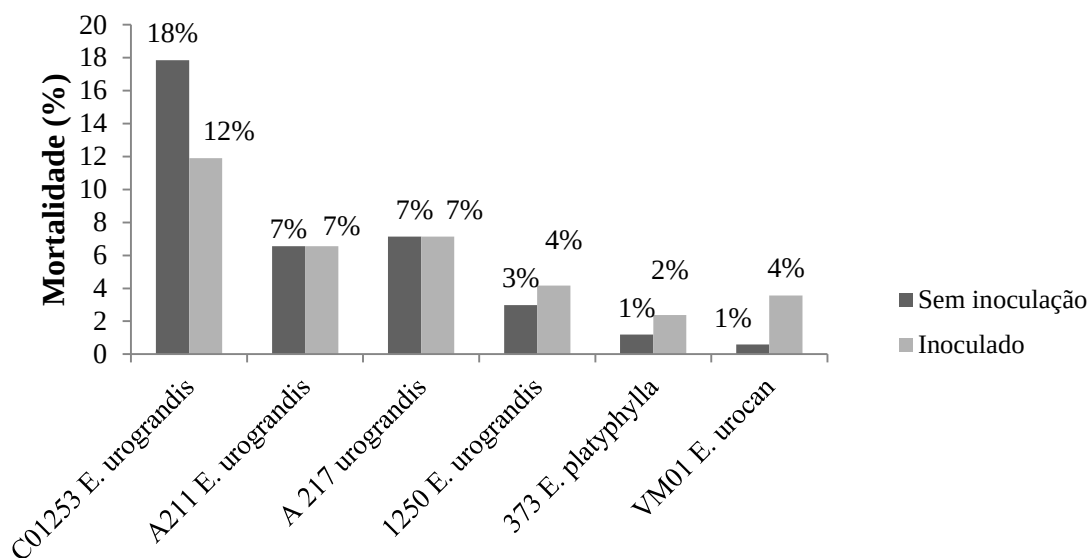
Tabela 3 - Diâmetro a altura do peito dos clones de eucalipto com e sem inoculação de ectomirrizas aos 720 e 1080 dias na fazenda Cristalina, São Domingos Araguaia - PA.

Clone	Tratamento	DAP (cm)	
		720 dias	1080 dias
A 217 <i>E. urograndis</i>	Sem inoculante	9,34 ± 1,80 a	12,95 ± 2,1 a
	Com inoculante	9,37 ± 1,85 a	13,70 ± 2,0 a
VM01 <i>E. urocan</i>	Sem inoculante	8,99 ± 1,40 a	12,80 ± 2,9 a
	Com inoculante	9,37 ± 1,35 a	13,05 ± 3,0 a
373 <i>E. platyphylla</i>	Sem inoculante	8,52 ± 1,25 a	12,26 ± 1,7 b
	Com inoculante	8,27 ± 1,51 a	12,32 ± 1,8 b
A211 <i>E. urograndis</i>	Sem inoculante	7,77 ± 1,45 b	11,85 ± 1,9 b
	Com inoculante	8,23 ± 1,35 a	12,35 ± 2,0 b
1250 <i>E. urograndis</i>	Sem inoculante	7,63 ± 1,44 b	11,75 ± 1,3 b
	Com inoculante	7,89 ± 1,08 b	11,87 ± 1,4 b
C01253 <i>E. urograndis</i>	Sem inoculante	7,17 ± 1,88 b	11,30 ± 2,0 b
	Com inoculante	7,09 ± 1,76 b	11,71 ± 1,8 b

Nota: Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey 5%.

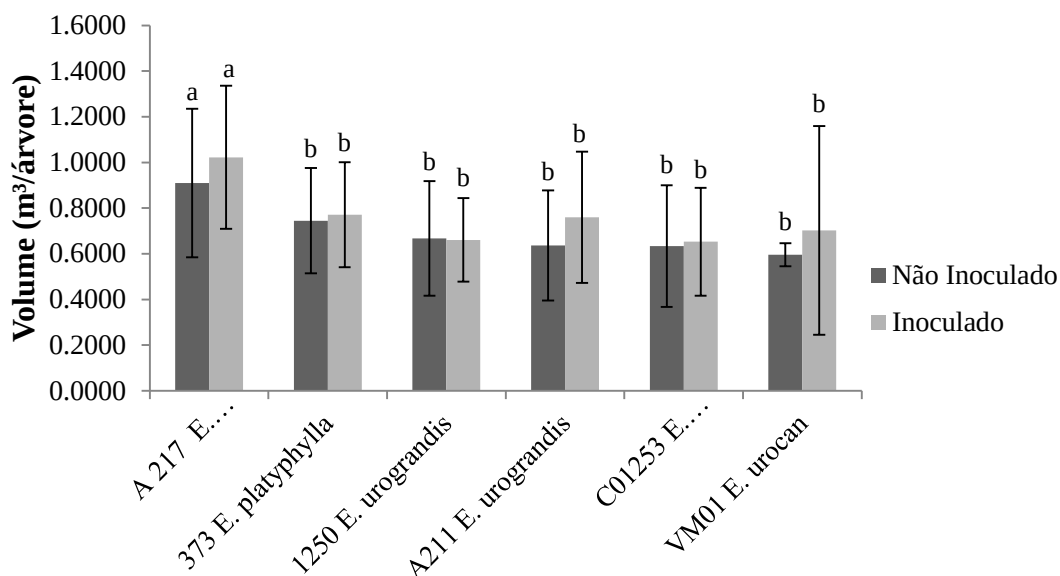
Os clones C01253 *E. urograndis*, A211 *E. urograndis* e A217 *E. urograndis* apresentaram as maiores taxa de mortalidade. O clone que apresentou a menor taxa de mortalidade foi VM01 *E. urocan*, seguido do 373 *E. platyphylla* e 1250 *E. urograndis*. Quando comparados o efeito do tratamento (com e sem a inoculação dos fungos) verificou-se que apenas o clone C01253 *E. urograndis* apresentou valores bem distintos, com maior taxa de mortalidade para o tratamento sem a inoculação (Figura 3).

Figura 3 - Mortalidade nos clones de eucalipto com e sem inoculação de endomicorrizas e ectomicorrizas aos 1080 dias na fazenda Cristalina, São Domingos do Araguaia-PA.



Quando comparados os valores do volume estimado a partir do emprego do fator de forma, verificou-se que os clones não apresentaram diferença estatística com e sem efeito do inoculante. No entanto, ao avaliar os diferentes tipos de clones constatou-se que o clone A 217 *E. urograndis* apresentou maior volume, os demais clones 373 *E. platyphylla*, 1250 *E. urograndis*, A211 *E. urograndis*, C01253 *E. urograndis* e VM01 *E. urocan* não diferiram estatisticamente entre si (Figura 4).

Figura 4 - Volume dos clones de eucalipto com e sem inoculação de endomicorrizas e ectomicorrizas na fazenda Cristalina, São Domingos do Araguaia-PA.



Nota: Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey 5%.

2.4 Discussão

Os resultados encontrados neste estudo corroboram com o de Mello (2006) que trabalhou com mudas de *Eucalyptus grandis* Hillex Maiden inoculadas com o fungo *Pisolithus microcarpus* em solo arenoso. No estudo foi verificado que as mudas inoculadas produzidas no substrato com fungo e sem fungo não exibiram diferenças quanto à altura, diâmetro e sobrevivência das mudas em campo aos 270 e 360 dias. Vale ressaltar que o substrato utilizado também foi em solo arenoso, bem como os resultados para a altura e diâmetro obtidos no seu estudo foram semelhantes ao encontrados neste estudo.

Trabalhando na produção de mudas de *Pinus elliottii* Engelm. micorrizadas em solo arenoso em casa de vegetação, Silva et al. (2003) analisaram o comportamento de mudas de pinus inoculadas com fungos ectomicorrízicos, em que os isolados utilizados foram do gênero *Pisolithus* sp. da região central do estado do Rio Grande do Sul. Constatou-se que os fungos ectomicorrízicos não foram eficientes na absorção de nitrogênio, fósforo e potássio da parte aérea, bem como os valores de altura da planta foram semelhantes aos deste trabalho não apresentando diferença significativa quando comparados com e sem o efeito do inoculante. A massa verde e seca da parte aérea, não mostrou diferença estatística em relação à testemunha para todos os isolados de inóculos utilizados. Porém, verificou-se que os fungos foram eficientes para as mudas de pinus e proporcionaram maior incremento no comprimento e área superficial específica radicular, sendo importante destacar que neste trabalho não se avaliou as raízes das plantas.

Ferreira et al. (2017), avaliaram o crescimento de espécies de *Eucalyptus* na região do Médio Paraíba do Sul e obtiveram valores de volume para *E. grandis*, *E. urograndis*, *E. urophylla* de 0,20, 0,18 e 0,13 m³/árvore aos 80 meses após o plantio. Neste estudo foi verificado o maior volume para o clone A 217 *E. urograndis* com 0,91 m³/árvore e sem inoculação e 1,02 m³/árvore sendo que o menor volume foi observado para o clone VM01 *E. urocan* com 0,60 e 0,70 m³/árvore com e sem a inoculação dos FMAs e ectomicorrizas.

Avelar (2016) e Souza (2005) comprovaram que o eucalipto apresenta elevada susceptibilidade à formação de ectomicorrizas que consequentemente promovem seu crescimento através da relação mutualística entre o fungo e planta. No entanto, o que ocorre geralmente é que a atividade dos simbiossiontes e a associação com as raízes de plantas estão sujeitas a variações nas condições de temperatura, umidade, matéria orgânica do solo, fósforo, nitrogênio, pH e aeração do solo, além de práticas de manejo e procedimentos efetuados durante a formação de mudas (SMITH; READ, 1997).

Sendo assim, os fatores condicionantes ao estabelecimento de cada fungo simbiote na planta e os que influenciam sua eficiência na promoção do crescimento e da adaptabilidade da planta ao ambiente não são totalmente conhecidos. É necessária a avaliação da importância da dupla simbiose para o eucalipto, em vista disso, alguns resultados mostram que pode haver preferência de alguns fungos em colonizarem determinados tipos de solos e plantas hospedeiras (SMITH; READ, 1997).

Contudo, a utilização de mudas inoculadas em programas de melhoramento pode levar à escolha de clones com melhores respostas ao uso de FMAs tanto nas condições de viveiro como em campo, como demonstrado por Mello et al., (2009) e Costa (2014). Ainda assim os resultados comprovam que os benefícios da simbiose podem variar mesmo entre diferentes clones de eucalipto que exibem semelhante intensidade de colonização (AVELAR, 2016).

No presente estudo, não foi possível detectar diferença estatística significativa dos benefícios proporcionados pelo inoculante três anos após o plantio. Possivelmente as micorrizas foram eficientes na manutenção e sobrevivência das plantas no campo. Portanto, devem-se considerar outros fatores, uma vez que as raízes das plantas não foram analisadas. Além disso, os herbicidas utilizados para o controle da vegetação espontânea podem impedir os fungos de desenvolver suas funções não interagindo com o vegetal. Fatores como a quantidade elevada

de fósforo no solo da área também pode ter neutralizado os efeitos da associação bem como o tempo de associação que pode ter sido insuficiente para que ocorresse de fato à interação.

2.5 Conclusão

- Três anos após o plantio de clones de eucalipto inoculados e não inoculados com os fungos micorrízicos arbusculares e ectomicorrízico não apresentaram diferença estatística para altura e diâmetro, no entanto quando se observa os valores médios para altura e diâmetro verifica-se que os clones sob efeito da inoculação tiveram os maiores valores médios.
- O clone A 217 *Eucalyptus urograndis* apresentou valores médios superiores para diâmetro e altura.
- Os clones VM01 *E. urocan*, 373 *E. platyphylla* e 1250 *E. urograndis*, apresentaram as menores taxas de mortalidade.
- Vale ressaltar que ainda faltam alguns anos para a cultura fechar o ciclo de corte e durante esse período será observado os efeitos dos tratamentos.

2.5.1 Recomendações

- Recomendam-se os clones VM01 *E. urocan*, A 217 *E. urograndis*, 373 *E. platyphylla* e 1250 *E. urograndis* por apresentarem os maiores valores em diâmetro, altura e menores taxa de mortalidade.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). Anuário estatístico da ABRAF 2012 ano base 2011. Brasília: ABRAF, 2012. p 140.

AVELAR, D. C. **Doses de inoculante ectomicorrízico em viveiro comercial de mudas clonais de eucalipto**. 2016. 55 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2016.

AYRES, M. et al. (Ed.). Bio estat. Aplicações estatísticas nas áreas das ciências médicas. 5. ed. Belém, 2007. 339p.

BRITO, V. N. et al. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada na produção de mudas de paricá. **Ciência Florestal**, vol. 27, n.2, p. 485-497, abr.-jun., 2017.

CAMPOS, D. T. S. et al. Colonização micorrízica em plantios de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, M.G. v.35, n. 5, p. 965-974, Set. 2011.

COSTA, L.S. **Eficiência de fungos ectomicorrízicos no crescimento do eucalipto a partir de mudas clonais inoculadas**. 2014. 49 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2014.

DINIZ, P. F. A. Influencia do fungo micorrízico arbuscular (*Glomus clarum*) sobre características biofísicas, nutricionais, metabólicas e anatômicas em plantas jovens de seringueira. 2007. 125 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2007.

FERREIRA, D. H. A. et al. Crescimento e Produção de Eucalipto na Região do Médio Paraíba do Sul, RJ. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.24, e 00131315. Out. 2017.

FONSECA, A. J. **Seleção de isolados de *Pisolithus* para mudas clonais de eucalipto em viveiro comercial**. 2013. 106f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2013.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Relatório IBÁ - 2017. 80 p. Disponível em: < http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf > Acesso em: 03 Mar. 2017.

MARX, D. H.; BRYAN, W. C.; CORDELL, C .E. Survival and growth of pine seedlings with *Pisolithus* ectomycorrhizae after two years on reforestation sites in North Caroline and Florida. **Forest Science**, Asheville, North Carolina, v. 23, p. 363-373, Sep. 1977.

MELLO, A. H. Fungos arbusculares e ectomicorrízicos em áreas de eucalipto e de campo nativo em solo arenoso. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 293-301, Agos. 2006.

MELLO, A.H. et al. Estabelecimento a campo de mudas de *Eucalyptus grandis* micorrizadas com *Pisolithus microcarpus* (UFSC Pt116) em solo arenoso. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 2, p. 149-155, Abr. 2009.

MIRANDA, D. L. C.; JUNIOR, V. B.; GOUVEIA, D. M. Fator de forma e equações de volume para estimativa volumétrica de árvores em plantio de *Eucalyptus urograndis*. **Scientia Plena**, Manaus, vol. 11, n. 3, p. 1-8, Fev. 2015.

OLIVETTI NETO, A. Qualidade de Cavacos de Eucalipto para Obtenção de Celulose Kraft. In: CONGRESO IBEROAMERICANO DE INVESTIGACIÓN EN CELULOSA Y PAPEL, 2., 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: Unicamp, 2002. 1 CD-Rom.

RAMOS, M. R. et al. Levantamento e Mapeamento de solos da fazenda Cristalina, São Domingos do Araguaia, PA. In: Amazon Soil, II Encontro Regional de Ciencia do Solo na Amazônia Oriental. **Anais...** Pará, UFRA, 2016.

SILVA, F. S.; ANTONIOLLI, Z. I.; ANDREAZZA, R. Produção de mudas de *Pinus elliottii* Engelm. micorrizadas em solo arenoso, **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 57-65, Dez. 2003.

SMITH, S. E.; READ, D. J.; HARLEY, J. L. **Mycorrhizal symbiosis**. 2. ed. San Diego, Califórnia: Academic, 1997. 605 p.

SOUZA, P.V.D. et al. Influência de substratos e fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento do porta-enxerto Flying Dragon (*Poncirus trifoliata*, var. monstruosa Swing.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jabotical, SP. v. 27, p. 285–287, Ago. 2005.

3 EFEITO DA INOCULAÇÃO DE MICRORGANISMOS INDUTORES DE CRESCIMENTO E ADUBAÇÃO QUÍMICA EM PARICÁ EM SOLO ARENOSO EM SÃO DOMINGOS DO ARAGUAIA – PA

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de Rizobactérias Promotoras do Crescimento em Plantas (RPCP) associadas a Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) e adubação química sob crescimento e mortalidade do paricá, no município de São Domingos do Araguaia, PA. O experimento foi instalado em blocos ao acaso com três repetições (três blocos) para cada tratamento, cada um com 49 indivíduos, totalizando 147 árvores por tratamento. O espaçamento entre as mudas foi de 3,0 x 3,0 metros. No total, foram utilizadas 588 árvores. Avaliou-se o crescimento do paricá sob a influência de quatro tratamentos: (T0) testemunha, (T1) adubação química convencional (termofosfato e na cobertura, NPK), (T2) inoculação com FMA, (T3) inoculação com FMA e uso de RPCP. A inoculação com RPCP e FMA no período avaliado não influenciou o desenvolvimento em diâmetro, altura e sobrevivência de plantas paricá. As plantas de paricá com adubação química convencional tiveram o melhor crescimento em altura, diâmetro e maior taxa de sobrevivência. A adubação química é recomendada nas plantações de paricá até os quatro anos de idade na região sudeste do estado do Pará.

Palavras-chave: Silvicultura; Paricá; Rizobactérias; Micorrizas.

ABSTRACT

The present study had as objective to evaluate the effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) associated with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and chemical fertilization under growth and mortality of paricá, in the city of São Domingos do Araguaia, PA. The experiment was set up in randomized blocks with three replicates (three blocks) for each treatment, each with 49 individuals, totaling 147 trees per treatment. The spacing between the seedlings was 3.0 x 3.0 meters. In total, 588 trees were used. It was evaluated the growth of paricá under the influence of four treatments: (T0) control, (T1) conventional chemical fertilization (thermophosphate and in the cover, NPK), (T2) inoculation with FMA, (T3) inoculation with AMF and use of PGPR. Inoculation with RPCP and FMA in the evaluated period did not influence the development in diameter, height and survival of paricá plants. The paricá plants with conventional chemical fertilization had the best growth in height, diameter and higher survival rate. Chemical fertilization is recommended in paricá plantations until the age of four in the southeastern region of the state of Pará.

Keywords: Forestry; Paricá; Rizobacteria; Mycorrhizae.

3.1 Introdução

A indústria brasileira de árvores plantadas constitui-se uma referência mundial por sua atuação marcada pela sustentabilidade, competitividade e inovação. Ela é responsável por fornecer inúmeros produtos e subprodutos além de exercer papel fundamental na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas; através da regulação dos ciclos hidrológicos, o controle da erosão e da qualidade do solo, a conservação da biodiversidade e o suprimento de oxigênio para o planeta. Além disso, colabora para a balança comercial através da geração de empregos e renda em todas as regiões do país, contribuindo para o desenvolvimento social, ambiental e econômico nacional (IBÁ, 2017).

No Brasil, as principais espécies usadas em plantios florestais são exóticas como as dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* que são utilizadas em programas de reflorestamento. Contudo, na região amazônica brasileira há espécies florestais nativas com potencial para a silvicultura de plantações que carecem de mais informações que possibilitem a produção de mudas em grande quantidade e qualidade, de modo a facilitar o manejo e o custo de produção, especialmente de espécies de ampla importância comercial como é o caso do paricá (SILVA, 2014). Os plantios de paricá ocupam aproximadamente 90 mil hectares de árvores plantadas, o que representa apenas 1,15% da área total plantada no Brasil, e estão localizados principalmente nos estados do Pará, Mato Grosso, Amazonas, Rondônia e Roraima (IBÁ, 2017).

O paricá, *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby, é uma espécie nativa da Amazônia, pertencente à família Fabaceae, utilizada na fabricação de laminados e compensados por produzir madeira leve (SABOGAL et al., 2006). A madeira do paricá exibe facilidade em relação à remoção da casca, laminação, secagem, prensagem e excelente acabamento (MARQUES et al., 2006). No estado do Pará, áreas reflorestadas com idade de seis anos alcançaram produção em volume de 38 m³/ha/ano, ou seja, possui incrementos em altura e diâmetro que permitem seu uso em poucos anos (CARVALHO, 2007). É intensamente utilizado nos programas de reflorestamento por apresentar rápido crescimento, plasticidade para se habituar em diferentes condições edafoclimáticas e ter potencial energético-madeireiro quando utilizado em sistemas agroflorestais (BRIENZA JUNIOR et al., 2008).

De maneira geral, as áreas destinadas ao reflorestamento apresentam solos com baixa disponibilidade de nutrientes sendo necessária a adoção de tecnologias que promovam melhorias no sistema de produção. Entre as técnicas que melhoram o desempenho das

culturas nessas áreas, encontra-se a inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (RPCP), que favorecem o crescimento das plantas e proporcionam uma melhor adaptação no campo (SOUSA et al., 2010).

Os FMAs em associação com as plantas hospedeiras promovem o aumento do nível de tolerância a situações de estresse abiótico, além de incrementar a área da superfície da raiz proporcionando maior habilidade na absorção de água e nutrientes do solo e maior taxa de crescimento e sobrevivência (NADEEM et al., 2014).

As RPCPs constituem uma ampla variedade de bactérias presentes no solo que, quando estão associadas com plantas, levam a um aumento substancial da área radicular que permite maior eficiência na retirada de água, macro e micronutrientes pelas plantas, além de apresentar um relativo efeito adverso sobre muitos microrganismos patogênicos (DA SILVEIRA, 2008).

Na região sudeste do estado do Pará há um histórico de desmatamento intenso, associado aos solos de baixa fertilidade. Para isso se faz necessário o uso de alternativas que possam aumentar a produtividade e o estabelecimento das culturas, através de meios que proporcionem melhor adaptação às condições de estresses bióticos e abióticos e, deste modo, aumentar a sobrevivência e o crescimento das plantas em capacidade de campo.

Este estudo visa analisar um plantio de paricá na região sudeste do Pará, avaliando a taxa de sobrevivência em campo, bem como o seu crescimento sob a inoculação de FMAs e RPCPs. As questões abordadas neste trabalho são: 1) O paricá sob a inoculação de RPCP associados com FMA apresenta melhor crescimento em diâmetro e altura? 2) O paricá sob a inoculação de RPCP associados a FMA apresenta menores taxas de mortalidade? Sendo assim, pressupõem-se as seguintes hipóteses: 1) As RPCPs associadas aos FMAs promovem o melhor crescimento em diâmetro e altura do paricá, 2) As RPCPs associadas aos FMAs proporcionam menores taxas de mortalidade em campo nos plantios de paricá.

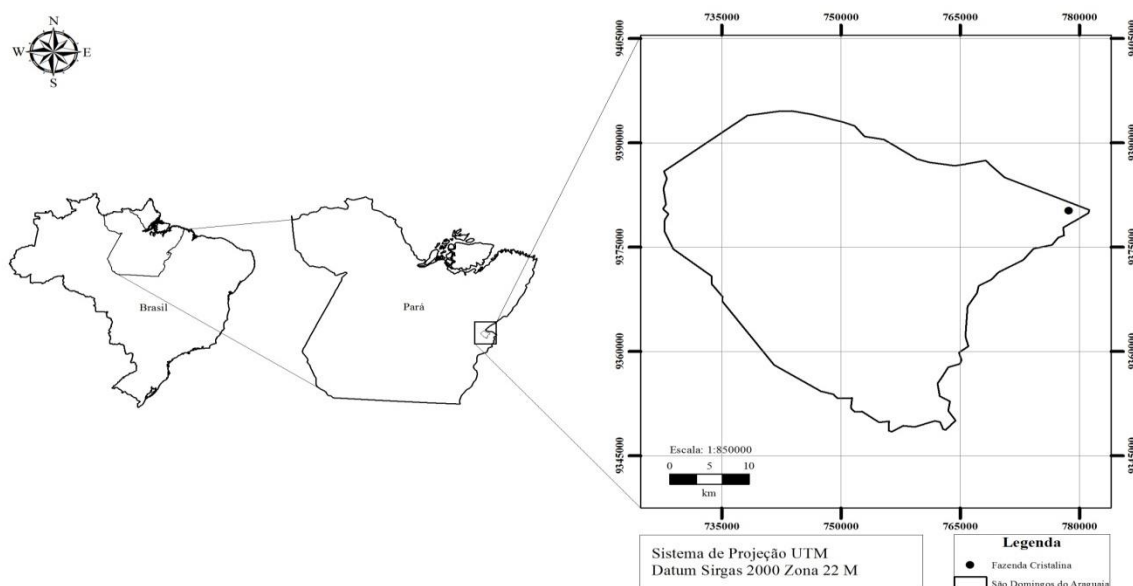
3.2 Material e métodos

2.2.1 Área de estudo

O estudo faz parte do projeto Biomas: contribuições para a proteção e uso sustentável das paisagens brasileiras (CNA/EMBRAPA), subprojeto AM05 “Avaliação do desenvolvimento de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke)

Barneby, Fabaceae) inoculados com microrganismos indutores de crescimento”. A parte experimental do projeto foi instalada na Fazenda Cristalina, município de São Domingos do Araguaia, região de Marabá, sudeste do estado do Pará em janeiro de 2015 (Figura 1). Localiza-se entre as coordenadas UTM: 22M 778722 E; 9380220 S, em uma área de 7.956 m² (0, 80 ha). A pecuária extensiva era desenvolvida na área de estudo desde a década de 80 até a instalação do experimento. Os solos da propriedade são arenosos, com baixos teores de carbono, baixa CTC e elevado teor de alumínio trocável. Os solos são profundos nas porções elevadas (Neossolos Quartzarênicos e Latossolos Vermelho-Amarelos) e rasos (Plintossolos Pétricos e afloramentos de rocha) nas porções mais baixas (RAMOS et al., 20016).

Figura 1 - Localização da Fazenda Cristalina, São Domingos do Araguaia-PA.



O clima da região é tropical semi-úmido (Aw/As) exibindo temperaturas médias mensais entre 22,9 °C e 32 °C, com média anual de 26° C, a precipitação anual é em torno 1.976 mm. O período mais chuvoso é de janeiro á março, e o mais seco vai de julho a setembro (RAMOS et al., 2016).

3.2.2 Implantação do experimento

Foi realizada uma amostragem de solo para a caracterização dos seus teores químicos e físicos (Tabela 1).

Tabela 1 - Características química e granulométrica do solo na profundidade 0-20 cm na Fazenda Cristalina, São Domingos do Araguaia-PA.

Prof.	P	Ca	Mg	K	Al	H+Al	Carbono	Areia	Silte	Argila
-------	---	----	----	---	----	------	---------	-------	-------	--------

(cm)	pH (H ₂ O)	(mg.kg ⁻¹)						-----cmolc dm ⁻³ -----		g dm ⁻³	-----g.kg ⁻¹ -----	
0-20	4,8	7,4	1,3	0,5	0,1	0,2	3,2	12,4	912	38	50	

Nota: Análise realizada no laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental. P = Fósforo; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; K = Potássio; Al = Alumínio; H + Al = Hidrogênio + Alumínio.

O preparo do terreno para o plantio foi feito com uma gradagem mecanizada para controle da vegetação espontânea em toda a área experimental, com posterior aplicação de herbicida. Foi feito o controle de formigas cortadeiras em toda a área e no entorno, onde foram aplicadas iscas formicidas granuladas de princípio ativo fipronil, na dose 8 g/m² de terra.

Foi realizada a aplicação de calcário dolomítico a lanço com leve incorporação em toda a área do experimento com uso de implementos mecanizados. Posteriormente, foi feito o plantio e adubação química, no tratamento específico, foram usados 400 g por cova de termofosfato (Yoorin) e 50 g de NPK (10-28-20) por cova além de 1 litro de hidrogel.

A primeira adubação de cobertura foi feita no primeiro ano aos 30, 60 e 90 dias após o plantio em duas covetas laterais localizadas de 10 a 15 cm da muda, em que foi distribuída metade da dose de cada lado da muda, 100 g/planta de NPK (10-28-20) em cada uma das três ocasiões. Repetiu-se o mesmo processo na segunda e terceira adubação de cobertura nos dois anos seguintes.

A manutenção do plantio consistiu no controle de formigas durante todo o período monitorado (quatro anos). Foram feitas capinas químicas nos meses antes da primeira e da segunda adubação de cobertura para manter o cultivo livre de plantas daninhas e com cuidado para que o produto não atingisse as folhas da planta para evitar a sua queima.

Foram utilizados quatro tipos de bactérias promotoras de crescimento, extraídas de espécies nativas de paricá em 2011 e obtidas da coleção de bactérias do Laboratório de Microbiologia da Faculdade de Ciências Biológicas da UFPA, campus Altamira, com os códigos de registro: EM09, EM31, EM36 e EM56. Estas bactérias foram identificadas por sequenciamento parcial da região codificante do RNA Ribossômico do genoma no Laboratório de Biotecnologia do Solo na Embrapa Soja, Londrina, PR. Foram denominadas *Enterobacter* sp., *Enterobacter aerogenes*, *Bacillus* sp. e *Pantoea* sp., respectivamente. Os fungos inoculados consistiram em uma mistura de fungos micorrízicos arbusculares (endomycorrízicos) da espécie *Glomus clarum* e *Glomus etunicatum* e foram doados da

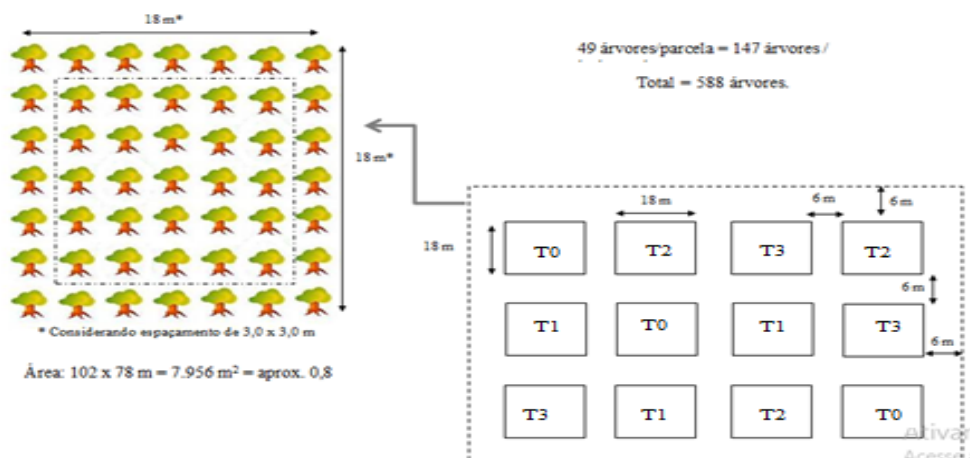
coleção da faculdade de Engenharia Agrônômica da UNIFESSPA em Marabá, PA. O inóculo constou de aproximadamente três gramas de uma mistura de esporos de FMAs em areia autoclavada, sendo que a inoculação ocorreu no momento do plantio das mudas em cada cova.

As bactérias utilizadas crescidas em placas de petri, com o meio de cultivo ágar nutriente foram suspensas em solução salina, ajustando a concentração por densidade óptica (escala de makfarland) para obtenção de 10^8 bactérias/mL. Dessa forma foram obtidos quatro frascos de 100 mL de suspensão bacteriana de cada espécie. Esses quatro frascos foram homogeneizados em um Becker de 500 mL e acrescido de 0,5% de carboximetilcelulose e cada planta recebeu 10 mL dessa suspensão, despejados com um Becker pequeno diretamente no colo da planta em campo.

3.2.3 Delineamento experimental

O experimento foi instalado seguindo o delineamento em blocos casualizados com três repetições (três blocos) para cada tratamento, cada repetição com 49 indivíduos, totalizando 147 árvores por tratamento. No total foram plantadas 588 árvores de paricá (Figura 2). Foi avaliado o desenvolvimento do paricá sob influência de quatro tratamentos: T0 - Testemunha; T1 - Adubação química convencional; T2 - Inoculação com FMAs; T3 - Inoculação com FMAs e uso de BPCPs.

Figura 2. Croqui do experimento utilizado para a inoculação de RPCPs e FMAs em mudas de paricá na fazenda Cristalina em São Domingos do Araguaia-PA.



Nota: T0 - Testemunha; T1 - Adubação química convencional; T2 - Inoculação com FMAs; T3 - Inoculação com FMAs e uso de RPCPs.

3.2.4 Variáveis analisadas

Utilizou-se fita métrica para medir o CAP (Circunferência a altura do peito), esse valor foi transformado para DAP (Diâmetro a altura do peito á 1,30 do solo) através da divisão por π . Para se medir a altura das plantas foi usado um Vertex. O volume da madeira de cada árvore de paricá foi obtido por meio da fórmula: $V = DAP^2 \times (\pi \div 4) \times h \times F_F$. Onde: V = volume de madeira da árvore (m^3); h = altura total da planta (cm); DAP = diâmetro a altura do peito (cm); F_F = fator de forma (0,48). O fator de forma utilizado para o cálculo do volume neste estudo foi o mesmo valor encontrado por Hoffmann et al. (2011), para estimar o volume de paricá, considerando três idades avaliadas (cinco, seis e sete anos) com espaçamento de 4 x 4 m, em povoamentos homogêneos, situados entre os municípios de Dom Eliseu e Paragominas - PA. Quantificou-se o número de plantas vivas do plantio de paricá e calculou-se a taxa de mortalidade (relação entre o número de plantas mortas e número de mudas plantadas).

3.2.5 Análise dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias quando significativas foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%. As planilhas para formação de banco de dados foram feitas no programa Excel e analisadas com auxílio de programas estatísticos Excel[®] 2010 e Bioestat (AYRES et al., 2007).

3.3 Resultados

As árvores de paricá sob a inoculação com as RPCPs e os FMAs apresentaram os menores valores em diâmetro quando comparados com o tratamento que recebeu a adubação química (T1), que se mostrou superior aos demais tratamentos aos 730 e 1095 e 1300 dias, ou seja, em todos os períodos analisados (Tabela 2). Sendo assim, observou-se que a presença desses microrganismos não proporcionou efeitos significativos sobre o diâmetro das árvores de paricá (T0, T2 e T3).

Tabela 2 - Diâmetro à altura do peito em árvores de paricá sob a inoculação de RPCPs e FMAs aos 730 e 1095 dias na fazenda Cristalina, São Domingos do Araguaia-PA. T0 - Testemunha; T1 - Adubação química convencional; T2 - Inoculação com FMAs; T3 - Inoculação com FMAs e uso de RPCPs.

Tratamentos	DAP (cm)
-------------	----------

	730 dias	1095 dias	1300 dias
T0	6,43 ± 1,78 b	10,60 ± 2,39 b	10,84 ± 2,49 b
T1	7,90 ± 1,90 a	11,52 ± 2,31 a	12,24 ± 2,20 a
T2	5,67 ± 1,80 b	10,13 ± 2,39 b	10,59 ± 2,39 b
T3	5,91 ± 1,74 b	10,33 ± 2,59 b	10,65 ± 2,73 b

Nota: Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Assim como para o diâmetro, a altura das árvores de paricá no tratamento com adubação química (T1), exibiu resultados superiores aos obtidos nos tratamentos com a inoculação de FMAs, RPCPs + FMAs e controle aos 180, 365, 545, 730, 1095 e 1300 dias (Tabela 3).

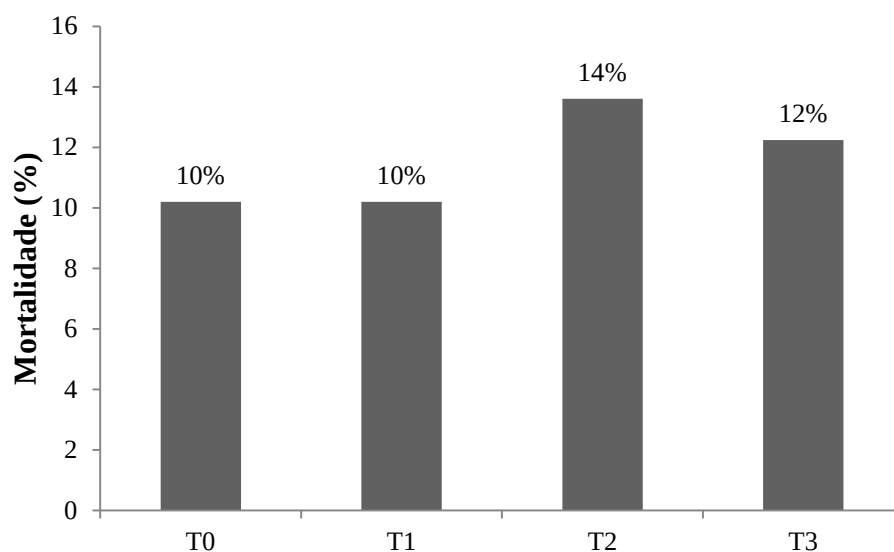
Tabela 3 - Altura das árvores de paricá sob a inoculação de FMAs e RPCPs aos 180, 365, 545, 730 e 1095 dias na fazenda Cristalina, São Domingos do Araguaia-PA. T0 - Testemunha; T1 - Adubação química convencional; T2 - Inoculação com FMAs; T3 - Inoculação com FMAs e uso de RPCPs.

Tratamentos	Altura (cm)					
	180 dias	365 dias	545 dias	730 dias	1095 dias	1300 dias
T0	0,67 ± 0,20 b	1,16 ± 0,34 b	1,41 ± 0,41 b	6,24 ± 2,01 b	10,85 ± 2,99 b	13,32 ± 3,70 b
T1	0,89 ± 0,24 a	1,71 ± 0,54 a	2,19 ± 0,74 a	8,10 ± 2,31 a	12,03 ± 2,72 a	16,43 ± 3,74 a
T2	0,66 ± 0,17 b	1,07 ± 0,29 b	1,28 ± 0,38 b	6,26 ± 4,63 b	10,45 ± 2,90 b	11,72 ± 2,71 b
T3	0,68 ± 0,20 b	1,12 ± 0,32 b	1,32 ± 0,43 b	5,73 ± 2,10 b	10,61 ± 2,83 b	13,06 ± 4,20 b

Nota: Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A mortalidade entre os tratamentos para a espécie de paricá foi estatisticamente diferente. Os tratamentos com a inoculação de FMAs (T2) e RPCPs + FMAs (T3) apresentaram maior taxa de mortalidade quando comparados com o tratamento controle (T0) e adubação química (T1), que tiveram o maior número de plantas sobreviventes (Figura 3).

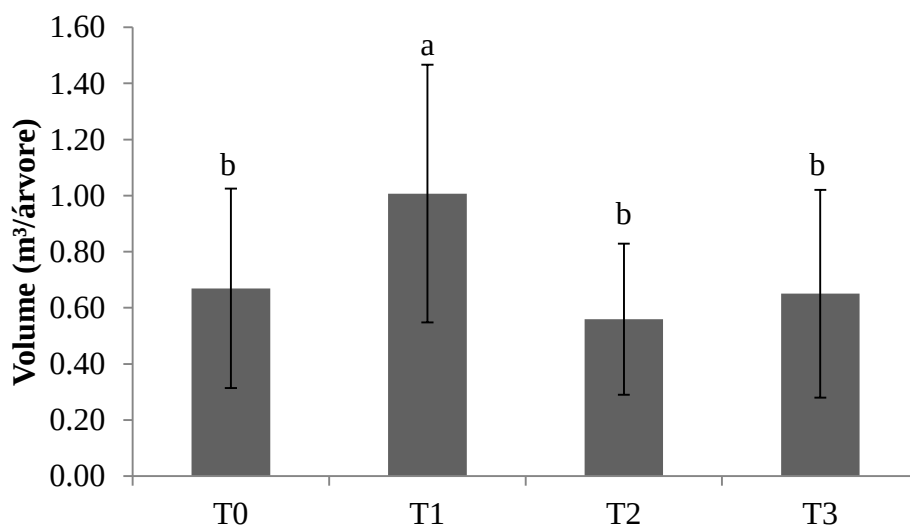
Figura 3 - Mortalidade em árvores de paricá sob a inoculação de RPCPs e FMAs na fazenda Cristalina, São Domingos Araguaia, PA.



Nota: T0 - Testemunha; T1 - Adubação química convencional; T2 - Inoculação com FMAs; T3 - Inoculação com FMAs e uso de RPCPs.

Quando comparados estatisticamente os valores para a variável volume, verificou-se que o tratamento com adubação química (T1) apresentou o maior valor, podendo ser explicado por expressar os valores superiores nas demais variáveis (DAP e Altura). Os demais tratamentos não diferiram estatisticamente (Figura 4).

Figura 4 - Volume das árvores de paricá sob a inoculação de RPCPs e FMAs na fazenda Cristalina, São Domingos Araguaia, PA.



Nota: Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey 5%. T0 - Testemunha; T1 - Adubação química convencional; T2 - Inoculação com FMAs; T3 - Inoculação com FMAs e uso de RPCPs.

3.4 Discussão

O diâmetro das árvores de paricá sendo superior para o tratamento com adubação química foi semelhante ao encontrado por Brito et al. (2017). Em tal estudo foi avaliado o efeito de fungos micorrizícos arbusculares - FMAs em diferentes doses de fósforo sobre o crescimento e conteúdos de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na parte aérea de mudas de paricá onde os FMAs utilizados foram *Rhizophagus clarus* e *Gigaspora margarita*. As mudas inoculadas exibiram menor diâmetro na ausência da adubação fosfatada.

Resultados que diferem deste estudo foram encontrados por Lucena et al. (2013), analisando a influência de FMAs em paricá cultivado no município de Dom Eliseu no estado do Pará em casa de vegetação, os autores notaram que as plântulas com efeito da inoculação (30 esporos de FMAs por vaso) tiveram o melhor desempenho no crescimento em altura, maior quantidade de folhas e maior massa da parte aérea quando comparados com o tratamento controle (somente terra) e solo adubado com adubação (NPK 10 – 28 - 20).

Vandresen et al. (2007), analisaram a inoculação de FMAs e adubação na formação e pós-transplante de mudas de cinco espécies arbóreas nativas do sul do Brasil: Sangra d'água (*Croton urucurana*), Sena (*Senna macranthera*), Angico (*Anadenanthera colubrina*), Louro branco (*Bastardiopsis densiflora*) e pata de vaca (*Bauhinia forficata*). A altura das mudas em campo não foi influenciada pela inoculação com FMAs.

Avaliando o efeito de FMAs e da adubação no crescimento de mudas de *Eugenia uniflora* produzidas em diferentes substratos, Dalanhol et al. (2016), constataram que a inoculação com FMAs não influenciou no crescimento das mudas, enquanto a interação entre substratos e adubação foi significativa para a maioria das variáveis. Os autores afirmam ainda que a falta de resposta aos FMAs foi, possivelmente, devido às concentrações de fósforo nestes substratos, chegando à conclusão de que o substrato à base de vermicomposto e casca de arroz carbonizada, na proporção de 20/80, podem ser utilizados na produção de mudas da espécie estudada.

Em *Campomanesia xanthocarpa* foi avaliado o efeito de micorrizas e da fertilização no crescimento de mudas produzidas em diferentes substratos por Dalanhol et al (2017). No trabalho notou-se que a inoculação com micorrizas não supria a adubação das mudas. Os autores constataram que mudas de espécies nativas carecem de adubação de cobertura e que, às vezes, é negligenciado pelo silvicultor por não haver retorno do investimento da produção. Ainda conforme Dalanhol et al. (2017), a inoculação com FMAs em mudas de *C.*

xanthocarpa não substitui a adubação de cobertura, a qual aumenta o crescimento das mudas, demonstrando ser imprescindível para a obtenção de mudas com qualidade.

Hoffmann et al. (2011) avaliando características dendrométricas em povoamentos homogêneos de paricá, situados entre os municípios de Dom Eliseu e Paragominas no estado do Pará, encontraram para árvores de cinco e de sete anos, volumes de 2,92 m³/árvore e 3,94 m³/árvore. Neste estudo foi observado o maior volume de 1,01 m³/árvore para o tratamento com adubação química e o menor volume para o tratamento com a inoculação com FMAs (T2) com volume de 0,56 m³/árvore aos quatro anos de idade.

Brito et al. (2017), investigando a influência da inoculação de FMAs e adubação fosfatada na produção de mudas de paricá sobre o crescimento e conteúdos de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na parte aérea das mudas, observou que a inoculação dos fungos proporciona maior crescimento e maior acúmulo de P, K, Mg e Ca na parte aérea em relação ao tratamento controle e com adubação fosfatada, com destaque para a inoculação com o FMA *Rhizophagus clarus* e o inóculo misto (*Rhizophagus clarus* + *Gigaspora margarita*). Os autores concluíram que as mudas podem ser produzidas em substratos contendo FMAs para melhor estado nutricional e crescimento, sem necessidade da adubação fosfatada, consistindo em uma alternativa viável para produção de mudas que constituirão projetos de reflorestamentos, diferindo do presente estudo.

Os resultados deste trabalho mostram que o investimento em adubação química garante um melhor estabelecimento das mudas no campo. Resultados que corroboram com estes foram de Vandresen et al. (2007) que, trabalhando com cinco espécies arbóreas: Sangra d'água, *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae); Sena, *Senna macranthera* (Collad.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae); Angico, *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (Fabaceae); Louro branco, *Bastardiopsis densiflora* (Hook. & Arn.) Hassl. (Malvaceae); e pata de vaca, *Bauhinia forficata* Link (Fabaceae), observaram a ausência de influência dos fungos micorrízicos no crescimento das mudas em viveiro. Além disso, a adição de adubo ao substrato promoveu melhor crescimento das mudas. Sendo assim, a ausência de resposta dos fungos e rizobactérias podem ser devido a algumas plantas necessitarem de mais tempo para estabelecimento da simbiose efetiva, podendo este tempo ser superior ao tempo da inoculação (SILVA et al., 2006).

Outro aspecto relevante está relacionado à região do presente estudo, pois as condições do solo (alto teor de P) influenciam na associação entre o fungo e o vegetal e, possivelmente, este seja o fator determinante do sucesso dos fungos e rizobactérias em neutralizar os efeitos da mineralização e do melhor desempenho das plantas de paricá.

3.5 Conclusão

- A inoculação com rizobactérias promotoras de crescimento em plantas - RPCP (*Enterobacter* sp., *Enterobacter aerogenes*, *Bacillus* sp. e *Pantoea* sp) e os fungos micorrízicos arbusculares - FMAs (*Glomus ethunicatum* e *Glomus Clarum*) não influenciaram no desenvolvimento em diâmetro, altura e sobrevivência das plantas de paricá quando comparados ao tratamento com adubação química até os quatro anos de idade.
- As plantas de paricá com adubação química apresentaram melhor crescimento em altura, diâmetro e maior taxa de sobrevivência.

3.5.1 Recomendações

- Recomenda-se a adubação química em plantios de paricá até os quatro anos de idade na região sudeste do estado do Pará por ser uma estratégia vantajosa em cultivos comerciais, uma vez que o ganho em altura, diâmetro e maior sobrevivência proporcionados são decisivos para o sucesso do plantio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYRES, M.; AYRES JUNIOR, M.; AYRES, D.L.; SANTOS, A.A.S. dos (Ed.). **Bio estat. Aplicações estatísticas nas áreas das ciências médicas**. 5. ed. Belém, 2007. 339p.
- BRITO, V. N. et al. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada na produção de mudas de paricá. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 485-497, Jun. 2017.
- BRIENZA JUNIOR, S. et al. Recuperação de áreas degradadas com base em sistema de produção florestal energético-madeireiro: indicadores de custos, produtividade e renda. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**. Belém, v. 4, n. 7, dez. 2008.
- CARVALHO, P.E.R. **Paricá - *Schizolobium amazonicum***. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 8p. (Embrapa-CNPQ. Circular Técnica, 142).

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. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal - SP, v.38, n. 1. 117-128, Fev. 2016.

DALANHOL, S. J. et al. Efeito de micorrizas e da fertilização no crescimento de mudas de *Campomanesia xanthocarpa* (MART.) O.BERG., produzidas em diferentes substratos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 931-945, jul. - set. 2017.

SILVEIRA, E. L. **Inoculações de bactérias promotoras de crescimento no cultivo de arroz em solução nutritiva**. 2008. 99 f. Doutorado (Doutorado em Microbiologia Agropecuária) Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2008.

HOFFMANN, R. G. et al. Caracterização dendrométrica de plantios de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) na região de Paragominas, PA. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v. 6, n. 4, p. 675-684. Out. 2011.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Relatório IBÁ - 2017. 80 p. Disponível em: < http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf > Acesso em: 03 Mar. 2017.

LUCENA, V. B. et al. Influência de fungos micorrízicos-arbusculares em paricá (*Schizolobium amazonicum*) cultivado no Estado do Pará. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 75, p. 235-241, jul./set. 2013.

MARQUES, L. C. T.; YARED, J. A. G.; SIVIERO, M. A. **A evolução do conhecimento sobre Paricá para o reflorestamento no estado do Pará**. Belém: Embrapa Pará, 2006. 5p.

NADEEM, S. M. et al. The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacterial (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments. **Biotechnology Advances**. v. 32. p. 429-448. Apr. 2014.

RAMOS, M. R. et al. Levantamento e Mapeamento de solos da fazenda Cristalina, São Domingos do Araguaia, PA. In: Amazon Soil, II Encontro Regional de Ciência do Solo na Amazônia Oriental. **Anais...** Pará, UFRA, 2016.

SABOGAL, A. E. et al. **Silvicultura na Amazônia Brasileira: avaliação de experiências e recomendações para implementação e melhoria de sistemas**. Belém: CIFOR, 2006. 190 p.

SILVA, S.; SIQUEIRA, J. O.; SOARES, C. R. F. S. Fungos micorrízicos no crescimento e na extração de metais pesados pela braquiária em solo contaminado. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, v.41, n.12, p.1749-1757, dez. 2006.

SILVA, R. F. et al. Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* em substratos orgânicos alternativos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 609-619, Set. 2014.

SMITH, S. E.; READ, D. J.; HARLEY, J. L. **Mycorrhizal symbiosis**. 2. ed. San Diego, Califórnia: Academic, 1997. 605 p.

SOUSA, C. S. et al. Fungos micorrízicos arbusculares no controle de *Meloidogyne incognita* em mudas de tomateiro. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 1, p. 15- 20, Mar. 2010.

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 Botânica Brasilica**, v.21, p. 753-765, Jan. 2007.

4 CONCLUSÕES GERAIS

- 1- Não houve diferenças de altura e diâmetro três anos após o plantio para o mesmo tipo de clone de eucalipto inoculado e não inoculado com os fungos micorrízicos *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum* e *Pisolithus microcarpus*.
- 2- O clone de eucalipto A 2017 *E. urograndis* apresentou valores médios superiores para diâmetro e altura. Os clones VM01 *E. urocan*, 373 *E. platyphylla* e 1250 *E. urograndis*, apresentaram as menores taxas de mortalidade.
- 3- A inoculação com rizobactérias promotoras de crescimento em plantas - RPCP (*Enterobacter* sp., *Enterobacter aerogenes*, *Bacillus* sp. e *Pantoea* sp) e os fungos micorrízicos arbusculares - FMA (*Glomus ethunicatum* e *Glomus clarum*) não influenciaram no desenvolvimento em diâmetro, altura e sobrevivência das plantas de paricá quando comparados ao tratamento com adubação química.
- 4- As plantas de paricá com adubação química apresentaram melhor crescimento em altura, diâmetro e menor taxa de mortalidade.
- 5- Vale ressaltar que ainda faltam alguns anos para as culturas fecharem o ciclo de corte e durante esse período será observado os efeitos dos tratamentos.