

**FUNGOS MICORRÍZICOS E ADUBAÇÃO FOSFATADA NA
PRODUÇÃO DE MUDAS DE PALMEIRA JUÇARA**

DÉBORAH SAMPAIO DE ALMEIDA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE

DARCY RIBEIRO

**CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
MARÇO – 2019**

FUNGOS MICORRÍZICOS E ADUBAÇÃO FOSFATADA NA
PRODUÇÃO DE MUDAS DE PALMEIRA JUÇARA

DÉBORAH SAMPAIO DE ALMEIDA

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientadora: Prof.^a Marta Simone Mendonça Freitas

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
MARÇO – 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

A447

Almeida, Déborah Sampaio de.

FUNGOS MICORRÍZICOS E ADUBAÇÃO FOSFATADA NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE PALMEIRA JUÇARA / Déborah Sampaio de Almeida. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2019.

88 f. : il.

Bibliografia: 66 - 79.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2019.

Orientadora: Marta Simone Mendonça Freitas.

1. Produção Vegetal. 2. Solos e Nutrição de Plantas. 3. Palmeira Juçara. 4. Fungos Micorrízicos Arbusculares. 5. Crescimento Vegetal. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

FUNGOS MICORRÍZICOS E ADUBAÇÃO FOSFATADA NA
PRODUÇÃO DE MUDAS DE PALMEIRA JUÇARA

DÉBORAH SAMPAIO DE ALMEIDA

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Aprovada em 27 de março de 2019

Comissão Examinadora

Dr.^a Sarah Ola Moreira (D.Sc., Genética e Melhoramento de Plantas) – INCAPER

Dr. Rômulo André Beltrame (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

Prof. Almy Junior Cordeiro de Carvalho (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

Prof.^a Marta Simone Mendonça Freitas (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF
(Orientadora)

A Deus, por toda providência.

A Nossa Senhora das Graças, por toda intercessão.

E a minha família, mãe, pai, irmã e noivo, por todo apoio e dedicação.

Eu amo muito vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e, especialmente, ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal pela oportunidade que me deram de estudar sem abrir mão do meu trabalho. Obrigada pelo voto de confiança.

Agradeço, imensamente, à minha orientadora, Prof.^a Marta Simone Mendonça Freitas, por ter aceitado me orientar, por ter confiado na minha capacidade e por ser sempre TÃO compreensiva e prestativa comigo. Muito obrigada, professora.

Ao Setor de Nutrição Mineral de Plantas, nas pessoas do Sr. Acácio (que não é gente, é anjo) e dos orientados da professora Marta, meus colegas e parceiros de sempre: Diego, Jéssica, Marlene, Thaisa, Thiago e Ygor. Galera, se não fosse tudo o que vocês fizeram por mim, definitivamente eu não teria conseguido. Aos colegas dos outros setores do Laboratório de Fitotecnia: Prof. Almy, e a equipe de apoio às minhas análises fisiológicas, Rozane, Rômulo e Paulo César, e à Ariane pelo transporte das minhas soluções nutritivas. À Andréia, do Setor de Microbiologia do Laboratório de Solos pela sua dedicação às minhas análises microbiológicas e ao apoio do Prof. Marco Antônio.

Obrigada a todos os amigos e amigas, principalmente Jean, Maria Juliana e Renata, que me acolheram, literalmente, e acudiram ao longo desses dois anos. À família Depolo, obrigada pelo apoio logístico no transporte do meu experimento, dificilmente conseguirei retribuir vocês por isso.

Obrigada ao Sr. Pedro Bortolote, pelas sementes de juçara e pela sabedoria compartilhada. O seu amor pela agricultura e o seu respeito à natureza fazem todo sentido pra mim.

Obrigada ao Prof. Willian Bucker Moraes, pela confiança e pelo apoio logístico na condução do experimento, e aos meus colegas do Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário - NUDEMAFI: Adan, Anatam, Breno, Guilherme, Isadora, Leonardo, Leônidas, Lucas, Matheus Ricardo, Matheus Shwan, Mila, Paula e Simone. E aos meus amigos do Departamento de Agronomia - UFES, em especial à Prof.^a Cíntia, que insistiu pra eu fazer a minha inscrição nesse mestrado, e a todos os professores e colaboradores que me apoiaram nessa jornada. Agradeço de coração.

Obrigada à minha equipe de dedicação total: minha irmã e meu noivo, pelos finais de semanas perdidos e noites adentro. Meu noivo então... Esse praticamente fez o mestrado junto comigo. Se eu pudesse, arrumaria um título de mestre para ele também. Mestre em me ajudar, em estar sempre do meu lado, em me apoiar, em cuidar de mim e me amar. Você merece muito, amor! Obrigada por não ter me deixado desistir, Bruno Fernandes de Sousa. Te amo.

Família: vocês me fizeram o que eu sou hoje. Então, se hoje eu sou mestre, vocês fizeram isso por mim também. Muito obrigada mãe, pai e irmã! E obrigada também à minha querida vovó Nelma, pelas orações de sempre. Eu amo muito vocês.

E a Deus... Obrigada, meu Senhor, por ter me dado uma Mãe intercessora, um Irmão misericordioso e um Espírito Santo consolador. Esses foram essenciais pra mim durante minha jornada. Tudo isso aqui é providência TUA. Eu creio e tomo posse.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Palmeira Juçara (<i>Euterpe edulis</i> Martius).....	4
2.1.1. Características da espécie	6
2.2. Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs)	7
2.3. Produção de mudas com Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs)	10
2.4. Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) e adubação fosfatada	12
2.5. Indicadores de qualidade de mudas	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1. Localização e delineamento experimental	15
3.2. Preparo do substrato	17
3.3. Preparo dos inóculos de FMAs.....	18
3.4. Produção e inoculação das mudas.....	18
3.4. Análises biométricas e quantificação da biomassa	19
3.6. Análises de indicadores de qualidade de mudas.....	20
3.7. Análises nutricionais	20
3.8. Avaliação da porcentagem de colonização micorrízica	21
3.9. Análises estatísticas	22
4. RESULTADO E DISCUSSÃO	23

4.1. Porcentagem de colonização micorrízica	23
4.2. Biometria da parte aérea das mudas de palmeira juçara	26
4.3. Biometria das raízes das mudas de palmeira juçara	35
4.4. Conteúdo dos macronutrientes.....	41
4.5. Indicadores de qualidade de mudas	46
5. RESUMO E CONCLUSÕES	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
APÊNDICES	68

RESUMO

ALMEIDA, Déborah Sampaio de. M.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; março de 2019. Fungos micorrízicos e adubação fosfatada na produção de mudas de palmeira juçara. Orientadora: Prof.^a Marta Simone Mendonça Freitas.

O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de palmito. Das espécies exploradas merece destaque a *Euterpe edulis* Martius, popularmente conhecida como palmeira juçara, que produz um palmito nobre de qualidade e sabor superior aos demais. A exploração intensiva e desordenada da espécie a incluiu na lista de espécies ameaçadas de extinção, afetando seu uso econômico e evidenciando seu manejo sustentável, com foco na produção de frutos. Tal fato aumentou a demanda e procura por mudas da espécie que, apesar de representarem alto custo no plantio, são preferidas em detrimento à semeadura direta, pela sua maior taxa de sobrevivência em campo. A inoculação de mudas com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) configura-se como estratégia biotecnológica viável. Nesse contexto, deve-se avaliar dosagens de fósforo (P) para otimizar o crescimento e a nutrição das plantas inoculadas, pois essa associação pode aumentar ou diminuir o crescimento das mudas, de acordo com disponibilidade desse nutriente no solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da inoculação de FMAs no crescimento e nutrição de mudas de palmito juçara, na ausência e presença de adubação fosfatada. O experimento foi

conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal do Espírito Santo, sob sombrite 50%. Utilizou-se delineamento experimental em blocos casualizados (DBC), com arranjo fatorial 2x4: duas doses de fósforo (0 e 50 mg dm⁻³ de solo), e quatro tratamentos fúngicos (*Rhizophagus clarus*; *Claroideoglossum etunicatum*; *Rhizophagus clarus* + *Claroideoglossum etunicatum*; e controle). O substrato utilizado foi previamente esterilizado, sendo composto pela mistura de solo + areia na proporção 1:2 v/v. Os inóculos fúngicos foram produzidos na Universidade Federal do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. As sementes da espécie foram obtidas em Rio Novo do Sul - ES. A semeadura e a inoculação ocorreram concomitantemente, em sacos plásticos de aproximadamente 2 kg. Após 226 dias iniciou-se a coleta do experimento, determinando-se: altura, diâmetro do coleto, área foliar, comprimento total da raiz, área superficial da raiz, volume de raiz, massa da matéria seca de parte aérea, massa seca da raiz, conteúdo de macronutrientes, relação altura/diâmetro, relação massa da matéria seca da parte aérea/massa da matéria seca da raiz, Índice de Qualidade do Desenvolvimento de mudas e a porcentagem de colonização micorrízica. Os resultados demonstram que a inoculação micorrízica adequada em conjunto com adubação fosfatada aumentam a qualidade das mudas de *E. edulis*. Em relação à porcentagem de colonização micorrízica, *R. clarus* foi superior, podendo ser considerada uma espécie fúngica benéfica ao crescimento e à nutrição de mudas da palmeira. O inóculo de *R. clarus* e o inóculo misto, na ausência da adubação fosfatada, proporcionaram incremento para todas as variáveis de crescimento comparadas ao controle, além de aumentar os conteúdos dos macronutrientes na massa da matéria seca da parte aérea das mudas. Portanto, o uso de inoculantes com FMAs proporciona efeitos benéficos para o crescimento e nutrição das mudas de palmeira juçara, resultando em plantas mais vigorosas, obtidas a partir de uma estratégia de baixo custo, o que representa uma economia de adubo fosfatado para a produção de mudas.

ABSTRACT

ALMEIDA, Déborah Sampaio de. M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; March de 2019. Mycorrhizal fungi and phosphate fertilization in the production of seedlings of palm juçara. Advisor: Prof^a Marta Simone Mendonça Freitas.

Brazil is the world's largest producer and consumer of palm heart. Of the species explored is noteworthy the *Euterpe edulis* Martius, popularly known as the juçara palm, which produces a noble palm heart of superior quality and taste. Its intensive and disorderly exploitation included it in the list of endangered species, affecting their economic use and evidencing the importance of its sustainable management. Due to that and to the increasing demand of the fruit, the search for seedlings of this specie has grown in the past few years. Although they represent a high cost in the planting, they are preferred in detriment to direct sowing, owing to their higher survival rate in the field. The seedlings inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) constitutes a viable biotechnological strategy. In this context, phosphorus (P) dosages should be evaluated to optimize the growth and nutrition of the inoculated plants, as this association may increase or decrease according to the availability of this nutrient in the soil. The objective of this study was to evaluate the AMF inoculation effect on growth and nutrition of juçara palm seedlings in the absence and presence of phosphate fertilizer. The experiment was conducted in a greenhouse at Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

under sombrite® 50%. A randomized block design (DBC), 2x4 factorial, was employed: two phosphorus doses (0 and 50 mg dm⁻³ of soil) and four fungal treatments (IN1 - *Rhizophagus clarus*; IN2 - *Claroideoglossum etunicatum*; IN3 - *Rhizophagus clarus* + *Claroideoglossum etunicatum*; and IN0 - control). The substrate used was composed of a sterilized mixture of soil + sand in the ratio 1: 2 v / v sterilized. Fungal inocula were produced in Universidade Federal do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. The seeds of *E. edulis* were obtained in Rio Novo do Sul - ES. Sowing and inoculation occurred concomitantly in plastic bags of about 2kg. After 226 days, the experiment was started, determining: height, shoot diameter, leaf area, total root length, root surface area, root volume, dry shoot mass, root dry mass, macronutrients content, height/diameter ratio, shoot dry mass/root dry mass ratio, Development Quality Index of seedlings and the percentage of mycorrhizal colonization. The results demonstrate that the adequate mycorrhizal inoculation together with phosphate fertilization increases the quality of *E. edulis* seedlings. Regarding the mycorrhizal colonization, *R. Clarus* was superior, it can be considered a fungal species beneficial to growth and nutrition juçara palm seedlings. The inoculum *R. clarus* and the mixed inoculum, in the absence of P fertilization, provided increase for all growth variables compared to the control, in addition to increasing the macronutrients content in the dry shoot of the seedlings. Therefore, the use of inoculants with AMF provides beneficial effects on growth and nutrition of juçara palm seedlings, resulting in more vigorous plants, obtained from a low-cost strategy, which represent a phosphate fertilizer savings for the production of seedlings.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é mundialmente conhecido por sua grande biodiversidade vegetal e animal, e tem um alto potencial para a produção acessível de várias matérias-primas devido à sua vasta amplitude e tradição de produção agrícola (Sgrott et al., 2012).

Uma das matérias primas produzidas no país que possui grande interesse econômico mundial é o palmito, pois o Brasil se configura como o maior produtor e exportador de palmito em conserva do mundo (Ribeiro et al., 2011) representando 95% do mercado mundial (Sgrott et al., 2012).

Dentre as espécies exploradas, *Euterpe edulis* Martius merece uma atenção especial, uma vez que a exploração intensiva de populações nativas a incluiu na lista vermelha de espécies ameaçadas de extinção, além de afetar o uso econômico (Sgrott et al., 2012).

Essa espécie é popularmente conhecida como: juçara, palmeira juçara, palmito-juçara ou palmiteiro. Ela produz um tipo de palmito nobre com qualidade e sabor superior. É uma espécie símbolo da Mata Atlântica, tanto pela sua importância ecológica quanto pelo seu valor cultural e interesse econômico (Guimarães e Souza, 2017).

Além do palmito, juçara também produz frutos arredondados, com uma polpa negra brilhante cobrindo a semente (Guergoletto et al., 2016), que, depois de despulpada, é consumida *in natura* ou utilizada para a fabricação de diferentes tipos de bebidas, sorvetes, doces e molhos. A polpa de juçara tem um importante

valor nutricional, possuindo teores consideráveis de proteínas, açúcares, fibras, além de uma fração lipídica com alto teor de ácidos gordos poliinsaturados, ácido oleico e menor teor de lipídios saturados. Adicionalmente, a polpa dos frutos da palmeira juçara é rica em compostos fenólicos (Borges et al., 2011).

O uso sustentável da palmeira juçara tem sido estimulado pela utilização dos seus frutos para a produção de polpa, que por possuir propriedades semelhantes à polpa dos frutos açazeiro (Siqueira et al., 2018), tem despertado o interesse da indústria alimentícia (Trevisan et al., 2015). No Espírito Santo, a polpa de juçara é congelada e transportada para outros estados, estimulando o plantio para exploração comercial de seus frutos (Godinho et al., 2018).

A expansão do cultivo dessa espécie por diversas regiões brasileiras, a execução de plantios ao longo do ano, a alta demanda por mudas de qualidade, bem como o manejo inadequado da cultura, tem aumentado a preocupação dos produtores em relação à etapa de produção de mudas (Santos et al., 2007). Isso vem ocorrendo porque a aquisição de mudas pode representar até 73% dos custos do plantio de palmeira juçara (Guimarães e Souza, 2017).

Todavia, apesar do alto custo, o uso de mudas em práticas de revegetação é o método preferido, devido a sua maior taxa de sucesso em relação à semeadura direta. Assim, estudos relacionados ao plantio, manejo e técnicas de produção de mudas, bem como a ecologia e dinâmica de crescimento desta palmeira, têm sido exigidos para práticas mais sustentáveis de exploração e reintrodução da espécie (Moreira et al., 2016).

Dentre as técnicas para a produção de mudas, a inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) é uma estratégia biotecnológica viável para a produção de mudas de juçara em viveiros, conforme demonstram os estudos de Sgrott et al. (2012) e Moreira et al. (2016).

A inoculação de mudas com fungos micorrízicos arbusculares geralmente resulta em um crescimento rápido, maior absorção de nutrientes e maior tolerância aos estresses ambientais transplante para o campo (Douds et al., 2007; Hu et al., 2009; Higo et al., 2010; Pellegrino et al., 2011), pois os FMAs associados às plantas hospedeiras aumentam a área da superfície da raiz e permitem maior capacidade de absorção de água e nutrientes do solo, proporcionando maior taxa de crescimento e sobrevivência (Nadeem et al., 2014).

Entretanto, de acordo Sgrott et al. (2012) esta técnica tem sido pouco empregada para a produção de mudas de espécies de palmeiras tropicais.

Existem indícios de que *E. edulis* associa-se naturalmente a fungos micorrízicos arbusculares (Medina et al., 2012), e estudos demonstram que a inoculação de fungos pode aumentar a acumulação de biomassa dessa palmeira após o transplante para o campo (Sgrott et al., 2012; Moreira et al., 2016).

Apesar dos registros demonstrarem o efeito positivo da inoculação micorrízica em mudas de palmeira juçara, os estudos apresentados não se atentaram para a influência das doses de fósforo no crescimento inicial e no estado nutricional das plantas. Todavia, sabe-se que a colonização e a eficiência dos fungos micorrízicos arbusculares são influenciadas pela disponibilidade desse nutriente no solo (Siqueira e Saggin-Junior, 2001).

Segundo Murrel e Fixen (2006), o fósforo de fertilizantes agrícolas provém basicamente da exploração de recursos minerais não renováveis, através da mineração e do processamento de rochas fosfáticas, que possuem considerável custo de exploração, e estarão exauridas até a metade deste século.

Por isso, Souza et al. (2011), indicam que pesquisas voltadas para a obtenção de plantas mais eficientes na aquisição de P serão imprescindíveis para garantir a sustentabilidade e a competitividade do agronegócio brasileiro, evidenciando, assim, a relevância de pesquisas envolvendo a simbiose micorrízica arbuscular, principalmente em condições de baixa disponibilidade desse nutriente, que é o caso dos solos brasileiros (Berbara et. al., 2006; Moreira; Siqueira, 2006; Miranda, 2008).

Partindo desse contexto, este trabalho objetiva avaliar o efeito da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares no crescimento e nutrição de mudas de palmeira juçara, na ausência e na presença de adubação fosfatada, a fim de verificar a aplicabilidade dessa técnica em produção de mudas dessa espécie de palmeira.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Palmeira Juçara (*Euterpe edulis* Martius)

As espécies da família Arecaceae, conhecidas popularmente como palmeiras, são um grupo importante de plantas dentro dos ecossistemas em que estão distribuídas, pois fornecem sombreamento às populações de mudas que brotam sobre o chão da floresta, e são importante fonte de alimento em florestas tropicais, especialmente para espécies de aves (Andreazzi et al., 2009). As palmeiras são plantas monocotiledôneas representadas por cerca de 2000 espécies, reunidas em 200 gêneros em todo planeta, sendo que no Brasil ocorrem cerca de 40 gêneros e 200 espécies (Souza e Lorenzi, 2005).

O valor econômico das espécies de palmeiras é alto, pois fornecem vários produtos como coco, óleos, fibras e palmito (Joly, 2002). Dentre esses, o palmito merece destaque, pois, segundo Ribeiro et al. (2011), o Brasil configura-se como o maior produtor e exportador de palmito em conserva do mundo, sendo responsável por 95% do mercado externo (Sgrott et al., 2012), com aproximadamente 75% desta produção provenientes de exploração predatória de palmeiras.

Das várias palmeiras que produzem palmito comestível, merece destaque a *E. edulis*. Essa é uma das espécies mais apreciadas (Oliveira, 2009), por produzir um tipo de palmito nobre, com maior qualidade e superioridade de sabor,

quando comparado ao palmito produzido pelas outras espécies do gênero *Euterpe* (Borges et al., 2011).

A *E. Edulis*, ou palmeira juçara, é uma espécie nativa da Mata Atlântica (Monteiro, 2017) e, por ter sido demasiadamente explorada durante muito tempo para a produção do palmito, atualmente encontra-se na lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção do Centro Nacional de Conservação da Flora (Cncflora, 2012).

Devido ao risco de extinção, a espécie possui manejo com restrições legais (Monteiro, 2017). O estado do Espírito Santo, por exemplo, possui a Instrução Normativa (IN) nº 003 de 31 de julho de 2013, lançada pelo Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (Idaf, 2013), que busca ampliar o uso dos frutos de juçara, por meio da implantação do Plano de Exploração Sustentável Simplificado para exploração e extração dos frutos dessa palmeira (SEAG, 2013).

Esta é uma alternativa que favorece a preservação da espécie, sendo menos impactante que a extração do palmito, pois mantém os indivíduos vivos (Monteiro, 2017). Além disso, a produção da polpa artesanal de juçara tem apresentado rendimento em volume e concentração de polpa, e em propriedades antioxidantes semelhantes, ou até superiores, ao açaí da Amazônia (*Euterpe oleracea* Martius). Outro fator relevante é que os frutos, depois de despolidos, fornecem não somente a polpa para ser consumida como alimento, mas também uma grande quantidade de sementes viáveis, que podem ser utilizadas para incremento da população dessa espécie, assim como, ser outra fonte de renda para os produtores que a exploram (Costa et al., 2008)

Com isso, o manejo de *E. edulis* para a produção de polpa tem se tornado uma estratégia de desenvolvimento socioeconômico, principalmente por meio de sistemas de manejo de base comunitária (Barroso et al., 2010; Farias, 2009; Silva Filho, 2005; Oliveira Junior, 2010; Macfadden, 2005; Souza, 2015), uma vez que seu cultivo em monocultura não é comum, por ser uma espécie de crescimento lento (Monteiro, 2017). Segundo Zambonim (2011), resgatar a viabilidade do uso econômico do *E. edulis* e sua presença na paisagem de agroecossistemas de pequenos agricultores inseridos na Mata Atlântica configura-se como uma potencial estratégia para tirar a espécie da lista de ameaçada de extinção.

2.1.1. Características da espécie

A juçara, *E. edulis*, é uma planta angiosperma monocotiledônea, da ordem Arecales e da família Arecaceae, que compreende todas as palmeiras. Pertence à subfamília Arecoideae, e possui diversos nomes populares, dentre estes: açai-do-sul, ensarova, içara, inçara, iičara, iuçara, jaçara, jiçara, juçara, palmito, palmeiro-doce, palmito-doce, palmito-branco, palmito-da-mata, palmito-doce, palmito-juçara, palmito-vermelho, ripa e ripeira. Possui sinonímia com as palmeiras *Euterpe equisquiza* Bertoni ex Hauman e *Euterpe globosa* Gaertn (Simon et al., 2012; Oliveira, 2011).

A palmeira juçara se distribui ao longo do litoral brasileiro, na costa atlântica. Ela pode ser encontrada desde a Bahia até o Rio Grande do Sul, ocorrendo ainda na Argentina e no Paraguai. Na Mata Atlântica ocorre principalmente em determinados tipos vegetacionais, como em: Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Densa. Raramente a espécie ocorre no bioma Cerrado (Oliveira, 2011; Marto, 2007).

E. edulis é uma palmeira de haste única, apresenta uma altura que varia de 5 a 12 metros (m), e diâmetro de 10 a 15 centímetros (cm) (Lorenzi, 2010). Essa espécie é incapaz de produzir perfilhos e rebrota, o que resulta na morte da planta após o corte para extração do palmito (Bourscheid et al., 2011). Devido a isso, a exploração do potencial de produção de frutos surgiu como uma forma de exploração sustentável e racional da espécie, sem a necessidade de derrubar as palmeiras (Muler et al., 2014). Os seus frutos são drupáceos e apresentam uma única semente no endocarpo, são esféricos, de cor que varia do roxo ao preto quando maduros (Saldanha, 2007). Estas bagas globosas pesam cerca de 1 grama, com um diâmetro variando de 1 a 1,5cm. O mesocarpo é carnoso e muito fino com a semente constituindo 85% do fruto (Bicudo et al., 2014). A palmeira *E. edulis* produz frutos abundantemente entre os meses de março a junho (Lorenzi, 2010), cada cacho produz de 3 a 5 quilos de frutos (Bourscheid et al., 2011), e um quilo de frutos contém aproximadamente 750 unidades (Lorenzi, 2010).

As sementes são ricas em endosperma ou albume, um tecido nutritivo utilizado pelo embrião para seu desenvolvimento, com alto teor de reservas e que protege o embrião lateral. O formato da semente é arredondado, de cor amarelada e envolta por uma cobertura fibrosa (Saldanha, 2007).

O palmito, parte comestível da palmeira, encontra-se na parte superior do estipe, entre o término do tronco e a parte onde nascem as folhas, protegido por um conjunto de bainhas bem desenvolvidas. As folhas podem chegar até três metros de comprimento e são alternas, só há uma folha em cada nó, elas são pinadas, com estrutura em forma de pena, estreitas e longas, e compostas por inúmeros folíolos pendentes (Marto, 2007).

Suas raízes são fasciculadas e pouco profundas (Saldanha, 2007). A inflorescência é do tipo panícula, caracterizada por uma raque central da qual partem ramificações (ráquias) que sustentam as flores, sendo que em cada ráquila estão dispostas flores unissexuais, ou seja, masculinas e femininas na mesma planta, formando um conjunto que se chama tríade, caracterizado por ter uma flor feminina no meio de duas masculinas (Saldanha, 2007).

É uma planta perenifólia, ombrófila, mesófila ou levemente hidrófila. Ocorre no estrato médio da floresta. As sementes servem para produção de polpa, e fornecem alimento para fauna, como mamíferos e aves, encarregados de sua dispersão. É adequado o uso da palmeira juçara para enriquecimento de vegetação secundária, em estado de regeneração, pois esta é tolerante ao sombreamento definitivo ou temporário (Ponte et al., 2010).

Se desenvolve melhor numa temperatura média anual que varia entre 17 e 26°C, tolerando extremos, como até 7 geadas anuais e secas que perduram por até 3 meses, com déficit hídrico leve. O palmito é suscetível ao ataque de fungos e insetos como coleópteros (Marto, 2007; Kageyama et al., 2010).

2.2. Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs)

As associações micorrízicas são divididas em seis tipos diferentes: Arbuscular, Arbutóide, Ericóide, Ecto, Monotropóide e Orquidóide, sendo algumas delas muito específicas, encontradas em apenas algumas famílias de plantas terrestres (Siqueira, 1996; Smith e Read, 2008). Dentre essas associações, nas últimas décadas, vem ocorrendo o reconhecimento da importância funcional e ecológica da simbiose de plantas com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) (Carneiro et al. 2011).

Os fungos micorrízicos arbusculares, filo Glomeromycota, classe Glomeromycetes, são simbiontes obrigatórios que vivem associados com raízes

de plantas (Parniske, 2008). De acordo com Redecker et al. (2013) e Schüßler e Walker (2010), atualmente os FMAs estão divididos em 4 ordens (Glomerales, Diversisporales, Paraglomerales e Archaeosporales), 11 famílias, 27 gêneros e aproximadamente 296 espécies (Tabela 1).

A tabela 1 apresenta a classificação de Fungos Micorrízicos Arbusculares, com base em Redecker D., Schüßler A., Stockinger H., Stürmer S.L., Morton J.B., Walker C. (2013). O consenso dessa classificação é baseado em evidências para a classificação de fungos micorrízicos arbusculares do filo Glomeromycota, com referência em Redecker et al. (2013) e Schüßler e Walker (2010).

Na ordem Glomerales estão os fungos formadores de micorrizas, compreendendo exclusivamente os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), que formam simbiose com mais de 80% das famílias de plantas (Smith e Read, 2008; Berbara et al., 2006). Além de ser a mais ancestral, a ordem Glomerales tem a maior ocorrência entre plantas tropicais e de interesse agrícola (Goi e Souza, 2006).

Ainda que exista alguma variação estrutural, os FMAs são, na sua maioria, caracterizados pela presença de hifas intrarradiculares (inter ou intracelulares), micélio extrarradicular (hifas que conectam a raiz ao solo), arbúsculos (hifas finamente ramificadas envolvidas na troca de nutrientes), e esporos formados no micélio extrarradicular. Certas espécies de plantas, ainda podem formar estruturas intrarradiculares, as vesículas, porção alargada da hifa que se enchem com lipídios, os chamados fungos micorrízicos vesicular-arbusculares (Peterson et al., 2004). De acordo com Siqueira et al. (2002), as vesículas são consideradas fontes de reservas, os esporos, responsáveis pela disseminação e sobrevivência dos micro-organismos, e os arbúsculos, considerados como estruturas características dos FMAs.

Os FMAs têm potencial para aumentar a absorção de nutrientes e estimular o crescimento da planta (Douds Jr. et al., 2008). Através da relação trófica estabelecida entre planta-hospedeiro, as plantas fornecem fotoassimilados resultantes da fotossíntese ao fungo que, em troca, fornece às plantas uma melhor absorção dos nutrientes no solo, ocasionando assim, um estabelecimento mútuo entre ambos (Marshener e Dell, 1994; Parniske, 2008).

Tabela 1. Classificação das espécies micorrízicas

Filo Glomeromycota				
Classe Glomeromycetes				
Ordem	Família	Gênero	Nº de espécies	
Glomerales	Glomeraceae	<i>Dominikia</i>	10	
		<i>Funneliformis</i> ¹	9	
		<i>Glomus</i>	75	
		<i>Kamienskia</i>	2	
		<i>Rhizophagus</i> ²	15	
		<i>Sclerocystis</i> ³	10	
		<i>Septoglomus</i>	10	
	Claroideoglomeraceae	<i>Claroideoglomus</i> ⁴	8	
	Diversisporales	Gigasporaceae	<i>Bulbospora</i> ⁵	1
			<i>Cetraspora</i>	1
<i>Dentiscutata</i>			2	
<i>Gigaspora</i>			8	
<i>Intraornatospora</i> ⁶				
<i>Paradentiscutata</i> ⁶				
<i>Racocetra</i>			13	
<i>Scutellospora</i>			32	
Acaulosporaceae			<i>Acaulospora</i> ⁷	49
Pacisporaceae			<i>Pacispora</i>	7
Diversisporaceae		<i>Corymbiglomus</i> ⁶	4	
		<i>Diversispora</i> ⁸	16	
		<i>Otopora</i> ⁶	1	
	<i>Redeckera</i>	3		
	<i>Tricispora</i> ⁶			
	Sacculosporaceae	<i>Sacculospora</i> ⁶	1	
Paraglomerales	Paraglomeraceae	<i>Paraglomus</i>	4	
Archaeosporales	Geosiphonaceae	<i>Geosiphon</i>	1	
	Ambisporaceae	<i>Ambispora</i>	9	
	Archaeosporaceae	<i>Archaeospora</i> ⁹	2	
Afiliação taxonômica desconhecida		<i>Entrophospora</i>	3	
TOTAL: 4	11	27	0	

(1) antigo grupo *Glomus* Aa, '*Glomus mosseae* clade'; (2) antigo grupo *Glomus* Ab, '*Glomus intraradices* clade'; (3) base no antigo Grupo *Glomus* Ab; (4) antigo grupo *Glomus* B, '*Glomus claroideum* clade'; (5) provas insuficientes; (6) provas insuficientes, mas nenhuma ação formal foi tomada; (7) incluindo a antiga *Kuklospora*; (8) antigo grupo *Glomus* C; (9) incluindo antiga *Intraspora*.

Os efeitos benéficos dos FMA para o crescimento das plantas são bem descritos e principalmente relacionados aos aumentos da absorção de P (Smith e Read, 2008), sendo mais evidentes em condições de baixa disponibilidade de nutrientes (Parniske, 2008).

Além disso, os FMAs podem competir com agentes patogênicos do solo em locais de infecção e ativar as respostas de defesa das plantas (Tahat et al., 2010; Wehner et al., 2010). Eles também são capazes de aumentar a tolerância aos estresses abióticos, como a seca, a salinidade e a contaminação por metais pesados e, por isso, têm sido considerados cada vez mais essenciais para o manejo sustentável dos sistemas agrícolas, de acordo com Gianinazzi et al. (2010).

2.3. Produção de mudas com Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs)

Aguiar e Silva Junior (1992) analisaram o plantio de juçara pelo processo de semeadura direta e por inserção de mudas, percebendo que a inserção de mudas apresenta níveis de sobrevivência superiores ao da semeadura direta. E, em relação ao custo, perceberam que o plantio por semeadura direta foi menor do que o sistema de mudas. Fernandes (2009) também constatou que mudas e plantulas apresentam um percentual de sobrevivência superior ao de frutos semeados.

Além disso, a aquisição de mudas pode representar até 73% dos custos do plantio de palmeira juçara (Guimarães e Souza, 2017). Entretanto, apesar do alto custo, o uso de mudas da palmeira em práticas de revegetação é preferido, justamente pela maior taxa de sucesso quando comparado à semeadura direta. Assim, estudos relacionados ao plantio, manejo e técnicas de produção de mudas, bem como a ecologia e dinâmica de crescimento desta palmeira, têm sido exigidas para práticas mais sustentáveis de exploração e reintrodução (Moreira et al., 2016).

Nesse contexto, mudas de boa qualidade apresentam maior potencial de sobrevivência e crescimento após o plantio, muitas vezes dispensando o replantio e reduzindo a demanda por tratamentos culturais de manutenção. Mudas de boa qualidade são desejáveis e devem apresentar-se vigorosas, com folhas de tamanho e coloração típicas da espécie e, ainda, em bom estado nutricional. O

padrão de qualidade de mudas varia entre as espécies, sendo que o objetivo é alcançar uma qualidade em que as mudas assegurem a capacidade de oferecer resistência às condições adversas que podem ocorrer após o plantio (Carneiro, 1995).

As plantas perenes costumam passar por uma fase de formação de mudas em viveiros, tornando a inoculação artificial, com uma determinada população de espécies de fungos micorrízicos pré-selecionados. Essa é uma prática viável, que pode ser executada sem onerar o custo de produção (Chu et al., 2004).

Os benefícios esperados da inoculação de mudas de palmeira juçara podem fornecer contribuições importantes para o sucesso do seu uso sustentável, contribuindo para a produção comercial e não comercial de mudas (Moreira et al., 2016).

A inoculação com FMAs tem sido pouco testada para espécies de palmeiras tropicais (Sgrott et al., 2012). No entanto, dois registros da produção de mudas de *E. Edulis* inoculadas com FMAs foram encontrados na literatura, são eles:

- Sgrott et al. (2012), que avaliaram o efeito da inoculação micorrízica no crescimento e parâmetros fisiológicos de *Archontophoenix alexandrae* (F. Muell.) H. Wendl. e Drude e *E. edulis* Mart, e constataram incremento na acumulação de biomassa e crescimento das mudas após transplante para o campo, e em condições de estufa, mesmo na ausência de promotores de crescimento, e em solos tropicais pobres em fósforo; e
- Moreira et al. (2016), que também verificaram aumento no desenvolvimento inicial de mudas de palmeira juçara inoculadas, constatando que a inoculação com FMAs pode ser uma estratégia promissora para melhorar a propagação dessa espécie.

Apesar dos registros demonstrarem o efeito positivo da inoculação micorrízica em mudas de palmeira juçara, ambos os autores não se atentaram para a influência das doses de fósforo no crescimento inicial e no estado nutricional das plantas. Todavia, sabe-se que a colonização e a eficiência dos fungos micorrízicos arbusculares são influenciadas pela disponibilidade desse nutriente no solo (Siqueira e Saggin-Junior, 2001).

2.4. Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) e adubação fosfatada

A produção comercial de mudas de qualidade está vinculada ao fornecimento de nutrientes, especialmente de fósforo, elemento importante para o estabelecimento das culturas, uma vez que, o substrato utilizado possui fertilidade natural extremamente baixa (Schumacher et al., 2004). Entre as alternativas mais econômicas e sustentáveis para o fornecimento de nutrientes para a produção de mudas está o uso de microrganismos.

Na natureza, os FMAs estão associados a 90% das espécies de plantas (Wang e Qiu, 2006), incluindo árvores, arbustos, ervas e plantas cultivadas. A absorção de nutrientes não móveis no solo, como P, é o principal benefício promovido pelos fungos às plantas, resultando em maiores taxas de crescimento e melhor nutrição; por outro lado, os fungos recebem carboidratos translocados da planta às raízes o que também favorece seu crescimento e esporulação (Smith e Read, 2008).

Os fungos micorrízicos arbusculares promovem melhoria no estado nutricional das plantas, em virtude de as hifas fúngicas possuírem alta capacidade de absorção de nutriente e maior facilidade de acesso aos microporos que às raízes, e, portanto, exploram de maneira mais eficiente o solo. Além disto, as hifas produzem e exsudam compostos orgânicos que atuam na solubilização de fosfatos, promovendo a disponibilização de P e de outros nutrientes minerais essenciais para o crescimento das plantas (Lima e Souza, 2014).

Entretanto, o funcionamento da relação trófica nas micorrizas é muito influenciado pelo meio externo, destacando-se a disponibilidade de P, como já bem documentado para espécies arbóreas tropicais (Zangaro et al., 2000; Siqueira e Saggin Junior, 2001). Como as micorrizas arbusculares são geralmente inibidas em condições de elevada disponibilidade de fósforo (Kaminski e Rheinheimer, 1994), a adição de P suficiente para otimizar o crescimento das mudas pode reduzir a colonização, sendo que esse efeito dependente da espécie vegetal e do fungo inoculado (Rheinheimer et al., 1997). Em solo deficiente em P, a aplicação de pequena quantidade desse elemento favorece a colonização e esporulação dos FMAs (Fernandes et al., 1987).

Em estudos com FMAs e espécies arbóreas pode ser necessário avaliar diferentes dosagens de P para otimizar o crescimento e a nutrição das plantas,

pois as associações fungo-hospedeiro mediadas por diferentes dosagens de fósforo variam com as espécies envolvidas (Samarão et al., 2011), bem como, essa interação pode aumentar ou diminuir de acordo com a disponibilidade de P no solo (Yang et al., 2014).

Diversos trabalhos avaliaram os efeitos da disponibilidade de P sobre a colonização micorrízica em espécies arbóreas (Carneiro et al., 2004; Chu et al., 2004; Mello et al., 2008; Balota et al., 2011; Lacerda et al., 2011; Samarão et al., 2011; Brito et al., 2017; Freitas et al., 2017; Silva et al., 2017; Silva et al., 2018) e, em suma, sabe-se que esse nutriente não torna as plantas imunes à colonização, mas apenas reduzem a intensidade da micorrização (Silva et al., 2017).

Assim sendo, os benefícios da aplicação conjunta da adubação fosfatada e de inoculantes micorrízicos devem ser avaliados em testes de eficiência, empregando-se isolados de FMAs benéficos para a espécie vegetal de interesse e as doses de P recomendada (Silva et al., 2017), especialmente, para mudas de palmeira juçara, para qual se desconhecem os efeitos dessa interação.

2.5. Indicadores de qualidade de mudas

O desempenho das mudas em campo se dá com maior efetividade em plantas que apresentam as maiores dimensões entre os parâmetros determinadores de qualidade das mudas (Ceconi et al., 2006). Contudo, apesar de as características morfológicas poderem ser consideradas isoladamente, recomenda-se que os seus valores sejam relacionados, por meio de equações, (Freitas et al., 2017) para que não ocorram falhas no momento da seleção das mesmas.

Daí a importância da avaliação das relações entre os parâmetros morfológicos determinadores do padrão de qualidade de mudas. Dentre essas estão a relação da altura da parte aérea com o diâmetro do coleto, a relação da massa da matéria seca da parte aérea com a massa da matéria seca de raiz, e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD).

A relação altura/diâmetro do coleto é um parâmetro que indica a qualidade das mudas a serem levadas a campo, uma vez que é esperado equilíbrio em seu desenvolvimento (Campos e Uchida, 2002). Segundo Artur et al. (2007), essa

relação altura/diâmetro reflete o acúmulo de reservas, e assegura maior resistência e melhor fixação da muda no solo.

Para Carneiro (1995), a relação altura/diâmetro do coleto deve situar-se entre 6 e 10. Birchler et al. (1998) recomendam que este valor seja inferior a 10 para espécies florestais, de forma a garantir a qualidade das mudas. Outros autores indicam relação altura diâmetro entre 2 e 3,5, para plantas de haste mais firmes, e entre 7 e 4, para menor firmeza da haste (Gonçalves et al., 2000; Gomes et al., 2003; Caldeira et al., 2008a; Davide e Faria, 2008).

A distribuição de massa na muda, por sua vez, é indicada pela relação massa da matéria seca da parte aérea/massa da matéria seca da raiz. Para Gomes e Paiva (2011), a melhor relação entre a massa da matéria seca da parte aérea e a respectiva massa da matéria seca de raiz é equivalente a 2,0 para mudas de qualidade (Freitas et al., 2017).

Caldeira et al. (2008b) constataram a importância da análise dessa relação quando as mudas vão para o campo, pois a parte aérea das mudas não deve ser muito superior à parte aérea da raiz, devendo haver equilíbrio entre elas, em função dos possíveis problemas no que se refere à absorção de água e nutrientes para a parte aérea.

Já o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), proposto inicialmente por Dickson et al. (1960), também conhecido como Índice de Qualidade de Desenvolvimento de mudas, é um parâmetro que leva em consideração as variáveis mais importantes para avaliar a qualidade de mudas, sendo sua aplicação calibrada inicialmente para as mudas de espécies exóticas de interesse na silvicultura (Rossa et al., 2013), e posteriormente estendida às demais espécies de interesse para agricultura.

Esse índice considera para o seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa da planta, tanto na parte aérea como na radicular (Fonseca et al., 2002). Por isso é considerado um bom indicador de qualidade das mudas (Gomes e Paiva, 2011).

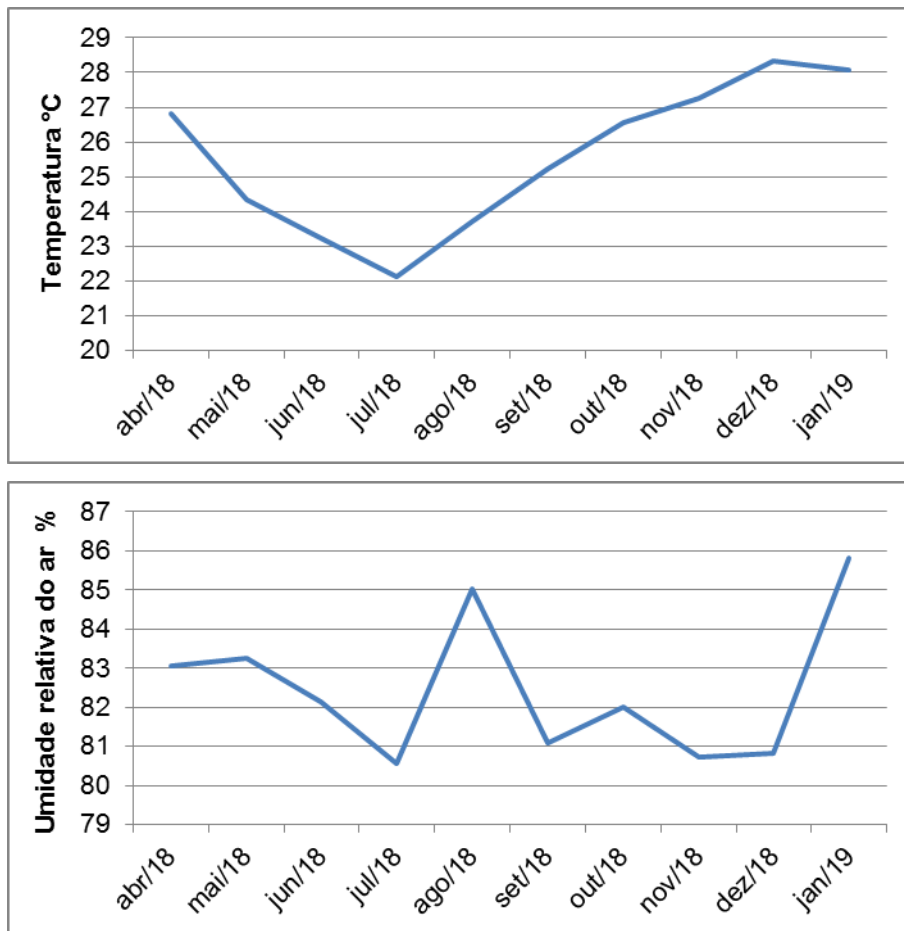
3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e delineamento experimental

O experimento foi realizado na casa de vegetação, na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), localizada do Campus Alegre, ES (coordenados 24K 240881.11E UTM 7703505.39S), entre os meses de abril de 2018 a janeiro de 2019.

A casa de vegetação é do tipo estufa, com controle automatizado de irrigação e monitoramento de temperatura. A temperatura e umidade registradas durante a condução do experimento computaram respectivamente uma média de 26°C e 82% de umidade relativa do ar, sendo essas aferidas por um aparelho coletor de dados de temperatura e umidade portátil, tipo Data Logger (Figura 1), instalado no interior da casa de vegetação. Foi colocado um sombrite 50% sobre o experimento, considerando a recomendação de Aguiar et al. (2002) para sombreamento de mudas da espécie.

Figura 1. Temperatura e umidade relativa do ar, médias mensais registradas no período de condução do experimento.



Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados (DBC), com arranjo fatorial 2x4. O primeiro fator representa as duas doses de fósforo (P), 0 e 50 mg dm⁻³, aplicadas ao substrato. O segundo fator representa três tratamentos fúngicos, *Rhizophagus clarus* (IN1), *Claroideoglossum etunicatum* (IN2), inóculo misto (*Rhizophagus clarus* + *Claroideoglossum etunicatum*) (IN3), e o controle sem inóculo (IN0). Os tratamentos tiveram quatro repetições e cada parcela experimental foi composta cinco sacos plásticos de polietileno, com capacidade de aproximadamente 2 kg, contendo duas plantas cada.

3.2. Preparo do substrato

O solo utilizado para a condução do experimento foi coletado na profundidade de 0-20 cm, na unidade do colégio agrícola, localizado na cidade de Campos dos Goytacazes/RJ, peneirado em malha de 2 mm e misturado com areia na proporção de 1:2 (v/v), com base no volume.

Na sequência, o substrato foi esterilizado em autoclave (121°C por uma hora) por duas vezes, a fim de eliminar os fungos nativos do material coletado. As análises químicas do substrato foram realizadas no Laboratório de Análises de Solo da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, campus Campos dos Goytacazes/RJ (Tabela 2).

Tabela 2. Características químicas do substrato (solo + areia na proporção de 1:2 'v/v'). Laboratório de Análises de Solo da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, Campos dos Goytacazes – RJ

pH (H ₂ O)	P --- mg dm ³ ---	K ---	Ca	Mg -----	Na cmol _c dm ³	Al -----	H+Al	C %	MO g dm ³
6,3	6,0	50,0	1,9	1,0	0,1	0,0	1,2	1,0	16,4
SB ---	T cmol _c dm ³ ---	T ---	m ---- % ----	V ----	Fe	Cu -----	Zn mg dm ³ -----	Mn -----	B
3,1	4,4	3,1	0,0	71,5	42,5	0,6	3,7	89,1	-

Ao substrato foram aplicadas as doses de fósforo, utilizando como fonte KH₂PO₄, para os tratamentos com incremento em P. Os teores de K do substrato foram elevados para 113 mg dm⁻³ por meio do fornecimento de K₂SO₄ nos tratamentos sem incremento de P, e KH₂PO₄ nos tratamentos com P.

Na sequência, o substrato foi transferido para os sacos plásticos, onde permaneceu incubado por 45 dias. Após esse período, realizou-se a análise de P no solo em todos os tratamentos com o extrator Mehlich⁻¹, obtendo-se os seguintes resultados: 6 e 36 mg dm⁻³, respectivamente para as doses de 0 e 50 mg dm⁻³ P, aplicadas ao substrato.

3.3. Preparo dos inóculos de FMAs

Duas espécies de FMAs, *Rhizophagus clarus* Nicolson & Schenck e *Claroideoglossum etunicatum* Becker & Gerd, provenientes do banco de inóculo do setor de microbiologia do solo do Laboratório de Solos da UENF, foram multiplicadas em associação com milho (*Zea mays*), no período de 90 dias, cultivadas em vasos com capacidade de 5 kg, com substrato previamente esterilizado. As sementes de milho ficaram submersas em solução de hipoclorito a 0,5% por 15 minutos, para desinfecção e, posteriormente, foram lavadas com água deionizada por quatro vezes consecutivas.

Após 90 dias, as partes aéreas foram cortadas e os vasos cobertos com sacos de papel, e mantidos sem irrigação por um mês, para facilitar a esporulação dos fungos. Na sequência, a mistura do solo, contendo as raízes colonizadas e esporos dos FMAs, foi conservada em câmara fria a 4°C, até a execução do experimento.

A extração dos esporos de cada espécie de FMAs foi realizada por meio da metodologia de peneiramento úmido (Gerdemann e Nicolson, 1963). A quantidade de esporos encontrados foi de 710 por 50 cm³ de solo para inóculo de *R. clarus*; e 2400 por 50 cm³ de solo para o inóculo de *C. etunicatum*.

3.4. Produção e inoculação das mudas

As sementes de *E. edulis* foram obtidas na propriedade do senhor Pedro Menegardo Bortolotti, situada sob as coordenadas 24K 298437.50E UTM 7697184.45S, na localidade de São Vicente, zona rural do Município de Rio Novo do Sul – ES, a uma altitude média de 400 metros. As sementes obtidas foram aproveitadas do beneficiamento do fruto da juçara pela agroindústria, estando essas previamente despulpadas e escarificadas.

A semeadura aconteceu no dia 22/05/2018, ocasião em que três sementes foram enterradas no substrato previamente preparado, a uma profundidade de aproximadamente um centímetro da superfície, uma em cada saco de muda. Concomitantemente, nos tratamentos contendo os FMAs, foram inoculados 30 cm³ saco⁻¹ da mistura de solo e raízes colonizadas, aplicados a uma profundidade

aproximada de 5 cm da superfície do substrato, para cada tratamento correspondente, deixando-se os tratamentos controle sem inoculação.

Durante a condução do experimento, mantiveram-se irrigações diariamente, variando de duas a três vezes ao dia, em função das condições de temperatura e umidade da casa de vegetação. Aos 102 dias após sementeira foi realizado o desbaste, deixando-se duas plântulas por saco de muda.

Aos 81, 116 e 151 dias após a sementeira, aplicou-se uma dose de 20 mg dm^{-3} de N, utilizando-se como fonte nitrato de amônio (NH_4NO_3), para todos os tratamentos. Aos 171, 185 e 203 dias após sementeira, foi aplicada a solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950), sem fósforo, para manutenção do experimento até a data da sua conclusão.

3.4. Análises biométricas e quantificação da biomassa

A altura (H) e o diâmetro do coleto (DC) das mudas foram mensurados a cada 15 dias, iniciando no dia 12/09/2018, até a análise final do experimento, cujo intuito era identificar o momento em que mudas atingissem a altura comercial recomendada por Aguiar et al. (2002), de 30 cm. A altura foi determinada com auxílio de uma régua milimetrada, medido da base do caule ao ponto máximo de alcance das folhas e o diâmetro do coleto com auxílio de um paquímetro digital milimetrado, na base no caule (coleta).

Ao final de 226 dias após sementeira iniciou-se a coleta do experimento. A parte aérea foi separada das raízes e pesada, por unidade experimental, utilizando-se uma balança digital com precisão de três casas decimais, para determinação da massa da matéria fresca da parte aérea (MFPA).

Posteriormente foram destacadas as folhas de cada uma das unidades da parcela experimental para determinação da área foliar (AF), mensurada com auxílio do aparelho medidor de área foliar (modelo LI-3100 LICOR, Lincoln, NE, USA).

O material da parte aérea foi acondicionado em sacos de papel e colocados em estufa de ventilação forçada a 70°C, por 7 dias, até atingirem massa constante e, após a secagem, foram pesados utilizando-se uma balança digital com precisão de três casas decimais para determinação da massa da matéria seca de parte aérea (MSPA).

As raízes, por sua vez, foram retiradas dos sacos de mudas, lavadas em água corrente até completa retirada do substrato e pesadas, utilizando-se uma balança digital com precisão de três casas decimais, para determinação massa fresca da raiz (MFR). Desse material, foram coletados e armazenados, em álcool etílico 50%, fragmentos de raízes finas para posterior determinação da porcentagem de colonização micorrízica.

Na sequência, as raízes de cada unidade experimental foram digitalizadas em scanner para determinação do comprimento total de raiz (CTR), área superficial de raiz (ASR), volume de raiz (VR), e diâmetro de raiz (DR) utilizando o software "*WinRhizo*". Posteriormente, o material da raiz foi acondicionado em sacos de papel e colocados em estufa de ventilação forçada a 70°C, por 5 dias, até atingirem massa constante e, após a secagem, foram pesados utilizando-se uma balança digital com precisão de três casas decimais para determinação da massa seca da raiz (MSR).

3.6. Análises de indicadores de qualidade de mudas

A partir das análises biométricas e quantificação da biomassa foi possível determinar os seguintes indicadores de qualidade de mudas: a relação altura/diâmetro do coleto; a relação massa da matéria seca da parte aérea/massa da matéria seca da raiz; e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), também conhecido como Índice de Qualidade de Desenvolvimento de mudas (Dickson et al., 1960). O IQD considera os parâmetros comprimento da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), massa da matéria seca da parte aérea (MSPA), massa da matéria seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST) das mudas, conforme a Equação 1:

$$\text{IQD} = \text{MST (g)} / [\text{H(cm)} / \text{DC (mm)} + \text{MSPA (g)} / \text{MSR(g)}] \quad (1)$$

3.7. Análises nutricionais

Após a determinação da massa da matéria seca da parte aérea, o material foi triturado em moinho tipo Wiley, usando peneira de 20 mesh, e acondicionado

em tubos plásticos hermeticamente fechados. Posteriormente, o material foi submetido a análises químicas para determinação dos teores dos macronutrientes e posterior cálculo dos conteúdos.

Para a determinação dos teores de N, o material vegetal foi submetido à digestão sulfúrica, na qual o nitrogênio foi determinado pelo método de Nessler (Jackson, 1965), e os teores de P, K, Ca, Mg e S foram determinados usando plasma (ICPE-9000) da marca Shimadzu®, após digestão com HNO_3 e H_2O_2 , em sistema de digestão aberta (Peters, 2007). A partir do valor da massa da matéria seca da parte aérea e dos respectivos teores de N, P, K, Ca, Mg e S, foram calculados os conteúdos dos nutrientes por parte aérea das plantas.

3.8. Avaliação da porcentagem de colonização micorrízica

A partir dos fragmentos de raízes finas armazenados em álcool etílico 50%, coletados na etapa de lavagem das raízes, foi determinada a porcentagem de colonização micorrízica, de acordo com a metodologia descrita por Sgrott et al. (2012). Para coloração das raízes foi utilizada a metodologia de Koske e Gemma (1989), adaptada por Sgrott et al. (2012), para a espécie. De acordo com esses autores, para obter resultados satisfatórios durante a coloração fez-se necessário a adaptação, pois os procedimentos originais da metodologia resultaram em raízes escuras que prejudicaram a visualização adequada das estruturas fúngicas.

O método analítico seguiu as seguintes etapas: 1º) as raízes foram imersas em uma solução de 10% de KOH por 72 horas, com troca de solução a cada 24 horas; 2º) as raízes em KOH foram colocadas em banho-maria, a 90°C, durante 60 minutos; 3º) Na sequência, as raízes foram lavadas sob água da torneira e imersas em uma solução alcalina de H_2O_2 durante 30 minutos; 4º) após a lavagem, as raízes foram colocadas numa solução de HCl a 1% durante 20 minutos; 5º) Depois da remoção de HCl, as raízes foram cobertas por uma solução de 0,05% de azul de tripano, e deixadas por outros 60 minutos em banho-maria à 90°C; 6º) as raízes foram mantidas em água destilada a 4°C até a análise. Para verificar a colonização da raiz, 10 pedaços de raízes finas, de aproximadamente um centímetro, foram depositados com o auxílio de uma pinça sobre uma lâmina com PVLG (polivinil-lacto-glicerol) e cobertos com uma

lamínula. As estruturas fúngicas (hifas, arbúsculos e vesículas) em cada raiz foram avaliadas sob microscópio com uma ampliação de 100x.

3.9. Análises estatísticas

Os dados obtidos do experimento fatorial (2x4) foram comparados através da análise de variância, seguida do teste de Tukey a 5%, utilizando o programa SANEST (Zonta et al., 1984) para o processamento dos dados.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1. Porcentagem de colonização micorrízica

Neste estudo, a porcentagem de colonização micorrízica foi significativamente afetada pelos fatores fungo e doses de fósforo. De modo geral, a colonização variou de 18,33% para o tratamento com *C. etunicatum* na dose 50 mg dm⁻³ de P, a 58,33% para o tratamento com *R. clarus* na dose 0 mg dm⁻³ de P, não sendo detectada colonização micorrízica nos tratamentos controles, comprovando assim, a ausência de contaminação nesses tratamentos (Tabela 3).

Na dose 0 mg dm⁻³ de P, além do tratamento controle sem inóculo, foi possível observar a ausência de colonização micorrízica no tratamento com o isolado de *C. etunicatum*, evidenciando que esse isolado fúngico não é infectivo em raízes de palmeira juçara sob baixa disponibilidade de fósforo. Foi detectada presença de estruturas fúngicas de *C. etunicatum* apenas sob a dose 50 mg dm⁻³ de P (Tabela 3).

Freitas et al. (2004) constataram que, esse mesmo isolado fúngico só apresentou benefícios para plantas de menta quando foi adicionado fósforo ao substrato, todavia, foi o fungo menos eficiente em promover o crescimento das plantas em relação às outras espécies, o que também foi observado neste trabalho.

Tabela 3. Porcentagem de colonização micorrízica das mudas de palmeira juçara em função dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e adubação fosfatada, aos 226 dias após a semeadura.

Doses de P (mg dm ⁻³)	Tratamentos fúngicos				
	IN0	IN1	IN2	IN3	Média
0	0,00 bA	58,33 aA	0,00 bB	55,00 aA	28,33
50	0,00 cA	40,00 aB	18,33 bA	35,00 aB	23,33
Média	0,00	49,17	9,17	45,00	25,83
C.V. (%)	12,91				

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). IN1 - *Rhizophagus clarus*; IN2 - *Claroideoglossum etunicatum*; IN3 - inóculo misto (*Rhizophagus clarus* + *Claroideoglossum etunicatum*); IN0 - controle, sem fungo.

É válido ressaltar que, para uma mesma espécie vegetal, a resposta à inoculação micorrízica pode variar, desde levemente negativa até altamente positiva, dependendo do fungo a ela associado (Rodrigues et al., 2018). Deve-se, ainda, considerar que o fungo representa um dreno de fotoassimilados e que, mesmo tratando-se de uma simbiose bem regulada, pode haver um desbalanço fisiológico na relação (Siqueira et al., 2007).

Os tratamentos com *R. clarus* e o inóculo misto apresentaram maiores taxas de colonização na ausência de adubação fosfatada e decréscimo da colonização quando o fósforo foi adicionado ao solo. Esse mesmo comportamento foi observado na produção de mudas em embaúba (Carneiro et al., 2004), e de acerola (Balota et al., 2011).

A diminuição na porcentagem de colonização micorrízica com o aumento de P no solo é considerada normal, podendo, em muitos casos, ser relacionada também com o estado nutricional das plantas (Balota et al., 2011). Segundo Smith e Read (2008), plantas bem nutridas teriam mecanismos para reduzir o desenvolvimento ou a atividade de FMAs nas raízes, objetivando reduzir o custo energético que a manutenção do fungo representa para a planta, o que possivelmente, pode ter acontecido com a colonização dos inóculos de *R. clarus* e misto nas mudas de palmeira juçara, após a adição de fósforo.

Diversos trabalhos relatam maior taxa de colonização micorrízica para a espécie *R. clarus* (sinonímia = *Glomus clarum*), tanto isolada quanto em combinação com outros fungos em associação com espécies arbóreas. Dentre esses, pode-se citar os trabalhos de Mello et al. (2008), em mudas de acácia-negra; de Lacerda et al. (2011), em espécies arbóreas do cerrado; de Silva et al. (2017), em mudas cedro-australiano; de Brito et al. (2017), em mudas de paricá; e de Rodrigues et al. (2018), em mudas de teca. Esses resultados demonstram que a espécie fúngica *R. clarus* possui um alto potencial infectivo, sendo benéfica ao crescimento e nutrição de mudas e, quando comparado ao isolado de *C. etunicatum*, esse fungo apresentou preferência associativa com as raízes das mudas de palmeira juçara.

Sgrott et al. (2012) e Moreira et al. (2016) ao avaliar a porcentagem de colonização micorrízica em mudas de palmeira juçara, relatam dificuldade na quantificação dessa variável em função das características morfológicas e anatômicas das raízes de *E. edulis*. Moreira et al. (2016) recomendam que os estudos visando identificar mais claramente a colonização micorrízica pelos FMA em raízes de *E. edulis* devem considerar um tempo de cultivo mais longo de mudas.

Seguindo essa recomendação, este estudo postergou as avaliações para além dos seis meses após inoculação, conseguindo alcançar dados efetivos de porcentagem de colonização micorrízica nas mudas de palmeira juçara. Registrou para essa espécie valores de porcentagem de colonização micorrízica variando de 18 a 58%, aproximadamente, em função dos isolado fúngicos testados, e das doses de fósforo aplicadas ao solo. A porcentagem de colonização da raiz de espécies de palmeiras relatadas na literatura varia de 13 a 53% em *Bactris gasipaes* (Sudo et al., 1996; Silva Junior e Cardoso, 2006), 4 a 33% em *Desmoncus orthacanthos* (Ramos-Zapata et al., 2006), 27 a 86% em *Phoenix dactylifera* (Jaiti et al., 2007), 4 a 4,2% em *Astrocaryum mexicanum* (Núñez-Castillo e Álvarez-Sánchez, 2003), e 1,5 a 8% em *Phoenix canariensis* (Morte e Honrubia, 2002).

4.2. Biometria da parte aérea das mudas de palmeira juçara

Foram verificados efeitos significativos da interação entre os tratamentos fúngicos e as doses de fósforo aplicadas para as variáveis biométricas: altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), área foliar (AF) e massa da matéria seca da parte aérea (Tabela 4).

Tabela 4. Altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), área foliar (AF) e massa da matéria seca da parte aérea (MSPA) das mudas de palmeira juçara em função dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e adubação fosfatada, aos 226 dias após a semeadura.

Tratam. fúngicos	H (cm)		DC (mm)		AF (cm ²)		MSPA (g)	
	0 P	50 P	0 P	50 P	0 P	50 P	0 P	50 P
IN0	21,33bB	26,71aA	7,31bB	9,16abA	75,71bB	131,58aA	0,98bB	1,70abA
IN1	27,28aA	27,70aA	8,87aB	9,85aA	136,04aA	147,31aA	1,60aB	1,79aA
IN2	22,48bB	25,86aA	6,91bB	8,68bA	80,98bB	123,86aA	1,02bB	1,52bA
IN3	26,83aA	27,08aA	8,83aB	9,28abA	119,57aA	137,56aA	1,53aB	1,73abA
Média geral	25,66		8,61		119,08		1,48	
C.V. (%)	5,46		5,53		11,79		8,38	

Médias seguidas de mesma letra minúscula e maiúscula na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). IN1 - *Rhizophagus clarus*; IN2 - *Claroideoglossum etunicatum*; IN3 - inóculo misto (*Rhizophagus clarus* + *Claroideoglossum etunicatum*); IN0 - controle, sem fungo.

Os tratamentos inoculados com *Rhizophagus clarus* e com inóculo misto (*Rhizophagus clarus* + *Claroideoglossum etunicatum*), foram os que atingiram as maiores médias em altura ao final do experimento, 27,28 cm e 27,70 cm, e 26,83 cm e 27,08 cm, respectivamente, para as doses 0 e 50 mg dm⁻³ de P aplicadas. Além disso, esses foram os tratamentos que exibiram alturas médias mais próximas da recomendação comercial para a espécie, de 30 cm (Aguiar et al. 2002) (Tabela 4).

No geral, a altura média das mudas foi de 25,66 cm, com variações entre 21,33 cm (mínima para o tratamento controle na dose 0 mg dm⁻³ de P), e 27,70 cm (máxima para o tratamento *Rhizophagus clarus* na dose 50 mg dm⁻³ de P). Na ausência de adubação fosfatada, os tratamentos fúngicos contendo *Rhizophagus clarus* e o *Rhizophagus clarus* + *Claroideoglobus etunicatum*, não diferiram entre si, e foram os que proporcionaram os maiores incrementos em altura às mudas, de 28% e 26%, respectivamente, quando comparados ao tratamento controle, na dose 0 mg dm⁻³ P.

O tratamento fúngicos com *Claroideoglobus etunicatum* não diferiu do controle, na dose 0 mg dm⁻³ P, e, juntos, esses tratamentos foram os que apresentaram as menores médias em altura, 21,33 cm e 22,48 cm, respectivamente, não diferindo estatisticamente entre si. Na presença de adubação fosfatada, os tratamentos fúngicos não diferiram entre si, mas os destaques permaneceram para *Rhizophagus clarus* (27,70 cm) e o *Rhizophagus clarus* + *Claroideoglobus etunicatum* (27,08 cm) (Tabela 4).

Dentre os parâmetros para avaliação do crescimento de mudas, a altura das plantas é a variável mais utilizada em viveiros comerciais, por ser de fácil mensuração e por ser um método não destrutivo (Pierin Neto, 2015).

Os resultados obtidos neste trabalho são superiores aos encontrados por Sgrott et al. (2012) e Moreira et al. (2016), ao avaliarem o efeito de FMAs no crescimento inicial de *E. edulis*. Aos 160 dias após inoculação, Sgrott et al. (2012) registraram médias de 15,52 cm de altura para tratamentos inoculados com uma mistura de espécies de FMAs (*Acaulospora koskei*, *Scutellospora heterogama*, *Gigaspora albida*, *Rhizophagus clarum*), e, 15,70 cm de altura para o tratamento controle, não havendo diferença significativa entre os tratamentos.

Moreira et al. (2016) registraram médias variando entre 16,15 cm e 18,25 cm de altura, 180 dias após inoculação, sendo a menor referente ao tratamento controle e a maior referente ao tratamento fúngico constituído de inóculos produzidos pelo método *on-farm* (Douds Jr. et al., 2008), a partir de esporos de FMAs coletados em solos de fragmentos com alta incidência de juçara. Moreira et al. (2016) também não encontraram diferenças significativas para altura entre os tratamentos fúngicos e o controle.

Sgrott et al. (2012) mencionam em seu trabalho que a ausência de efeito micorrízico em fases iniciais do crescimento das mudas pode ser explicada pelo

grande tamanho das sementes da palmeira juçara. Essa espécie de palmeira tem grandes sementes com altas reservas nutritivas no endosperma, o que é importante para o início da germinação e fornece nutrientes necessários até o estabelecimento das mudas (Meerow, 1991). Venturi e Paulilo (1998) ao avaliarem o esgotamento das reservas de sementes e o efeito da nutrição mineral nas plântulas de *E. edulis* constataram que nos estágios iniciais de crescimento, dentro dos cinco primeiros meses após semeadura, as mudas ainda apresentaram dependência das reservas de suas sementes.

Ambos os trabalhos, Sgrott et al. (2012) e Moreira et al. (2016), referentes à produção de mudas de palmeira juçara inoculadas com FMA, além de registrarem médias máximas de altura inferiores às deste trabalho, não se aproximaram à faixa comercial recomendada para mudas dessa espécie (Aguilar et al., 2002).

Considerando que o tempo necessário para alcançar esses índices é de seis a oito meses (Silva et al., 2015), os resultados do presente trabalho demonstram a viabilidade e os efeitos positivos na inoculação de fungos micorrízicos no crescimento de mudas de juçara, pois os tratamentos com *Rhizophagus clarus* e o *Rhizophagus clarus* + *Claroideoglossum etunicatum* alcançaram valores médios bem próximos ao recomendado para comercialização de mudas da espécie, em intervalo de tempo inferior ao máximo indicado para alcance dessa faixa de altura.

Dessa forma, o emprego de fungos micorrízicos constitui-se como alternativa para otimização da obtenção de mudas, pois permite abreviar o tempo de formação da muda, o que aumenta a produtividade do viveiro, a rotatividade na ocupação da infraestrutura e a eficiência de utilização de mão-de-obra especializada, de acordo com Silveira et al. (2003).

Para o tratamento controle e inoculado com *Claroideoglossum etunicatum*, a adubação fosfatada proporcionou incrementos na altura das mudas de palmeira juçara. Já nos tratamentos inoculados com *Rhizophagus clarus* e o *Rhizophagus clarus* + *Claroideoglossum etunicatum*, a adubação fosfatada não proporcionou diferença significativa entre as médias de altura das mudas, comparadas entre as doses 0 e 50 mg dm⁻³ de P (Tabela 4).

Os resultados demonstraram que o uso de FMA proporciona maior eficiência na absorção de fósforo pela planta, o que é considerado um fator

importante no uso e racionalização da adubação fosfatada (Moreira e Siqueira, 2006). Segundo Silva et al. (2017), a produção de hifas extrarradiculares aumenta a eficiência na absorção de nutrientes pelas raízes, uma vez que as plantas micorrizadas têm acesso às mesmas formas de P disponíveis que as plantas não micorrizadas.

Alguns estudos demonstram os efeitos da inoculação micorrízica e da adubação fosfatada na altura de mudas de espécies arbóreas. Silva et al. (2018) observaram efeito linear da altura de mudas de guanandi, em função da interação entre as doses de P_2O_5 aplicadas e a associação com FMAs, constatando que plantas inoculadas cresceram mais que nos tratamentos sem micorrizas. Para acácia-negra, Mello et al. (2008) também observaram interação significativa entre os fatores inoculação com FMAs e as doses de P para a variável a altura. Chu et al. (2004) verificaram que a inoculação de mudas de quaruba com fungos micorrízicos (*Glomus mosseae*, *Gigaspora* sp. e *Acaulospora* sp.), resultou em benefícios para o crescimento em altura da planta, isso concomitante à aplicação de superfosfato.

Estudando a produção de mudas de paricá com FMAs e adubação fosfatada, Brito et al. (2017) também encontraram efeito significativo da interação entre os fatores estudados para a variável altura.

Esses autores observaram que, na ausência da adubação fosfatada, a inoculação dos FMAs proporciona maior incremento em altura das mudas de paricá, nos tratamentos inoculados com *Rhizophagus clarus* e com o inóculo misto, 29,1% e 19,9%, respectivamente, quando comparadas ao controle. Esses estudos corroboram os resultados os obtidos neste trabalho e demonstram a eficiência dos FMAs para promoção do crescimento das plantas, mesmo em condições de baixa disponibilidade de P.

Em relação ao parâmetro diâmetro do coleto, na ausência de adubação fosfatada, o tratamento inoculado com *Rhizophagus clarus* e o tratamento misto (*Rhizophagus clarus* + *Claroideoglomus etunicatum*), diferiram significativamente dos demais tratamentos fúngicos, e apresentaram as maiores médias de diâmetro 8,87 e 8,83 mm, respectivamente, o que corresponde à aproximadamente 21% de incremento, quando comparados ao controle. Na presença de P, os mesmos tratamentos permaneceram em destaque, com as maiores médias, porém não

diferiram entre si quando comparados ao controle sem inóculo na dose 50 mg dm⁻³ de P (Tabela 4).

Ambos tratamentos, fúngicos e o controle, não inoculados, apresentaram médias de diâmetro superiores na presença de adubação fosfatada, quando comparados aos seus tratamentos correspondentes na dose zero de fósforo. Os tratamentos contendo o inóculo *Claroideoglossum etunicatum*, por sua vez, foram os que apresentaram as menores médias (Tabela 4).

Vale destacar, portanto, que o tratamento contendo inóculo misto não diferiu entre as doses de fósforo testadas, evidenciando o potencial desse inóculo para promover o incremento em diâmetro das mudas de palmeira juçara na ausência de adubação fosfata.

O diâmetro das mudas é uma das características mais importante para classificação de mudas com alto padrão de qualidade (Trazzi et al., 2012). De acordo com Duarte et al. (2015), as mudas devem apresentar valores de diâmetros de colo de modo a melhorar o equilíbrio do crescimento da parte aérea, ou seja, um maior diâmetro indica melhor captação e translocação de nutrientes na planta.

Sgrott et al. (2012) não observaram diferença significativa no diâmetro de colo das mudas de *E. edulis* inoculadas com FMAs, aos 160 dias após inoculação. Moreira et al. (2016), por sua vez, observaram diferença significativa para essa variável aos 180 dias, após inoculação com FMAs, mostrando que, independente dos FMAs utilizados, a presença de micorrizas aumentou o diâmetro das mudas quando comparadas ao tratamento controle, sem inoculação.

É importante ressaltar a significativa influência do tempo na manifestação de efeitos micorrízicos e no alcance de padrões de comercialização de mudas. Silva et al. (2015) relatam que, embora não haja registros precisos de padrões para comercialização de mudas de juçara, recomenda-se plantar mudas com no mínimo 5 mm de diâmetro do colo, sendo, para isso, necessário de seis a oito meses de viveiro.

Em relação à produção de mudas micorrizadas e à adubação fosfatada, a literatura aponta diferentes resultados para espécies arbóreas florestais. Para a variável diâmetro em mudas de paricá, Brito et al. (2017) demonstram que a inoculação com a espécie *Rhizophagus clarus* e o inóculo misto, na ausência da adubação fosfatada, proporcionaram incremento de 27,1 e 15,7%,

respectivamente, em relação ao controle. Entretanto, com incremento das doses de P no solo não foi observado efeito significativo para essas espécies de fungos.

Carneiro et al. (2004) também encontraram maiores diâmetro em mudas em embaúba inoculadas com FMAs, diferindo significativamente das plantas sem inoculação. Esses resultados confirmam que a inoculação com FMAs, aliada à ausência de aplicação fósforo, favorece o aumento do diâmetro das mudas de embaúba, aumentando seu vigor e facilitando o seu estabelecimento no ambiente.

Aguiar et al. (2004) ao avaliar mudas algaroba inoculadas em solo não-esterilizado observaram que o diâmetro do colo foi significativamente maior nas plantas inoculadas com FMAs nativos e com adição de 40 mg de P por kg solo. Silva et al. (2018) acharam resposta positiva no diâmetro das mudas de guanandi, com a aplicação de doses de até 2000 g de P_2O_5 por m^{-3} de solo na presença de FMAs, com valores superiores, quando comparado com os tratamentos na ausência de FMAs.

Para mudas de cedro-australiano a inoculação com os isolados *Claroideoglossum etunicatum* e *Acaulospora colombiana*, em baixos teores de P no solo, proporcionou um maior diâmetro do caule das plantas, em relação às plantas não inoculadas (Silva et al., 2017). Estes resultados evidenciam os benefícios da inoculação no vigor das mudas de cedro-australiano quando produzidas em baixa disponibilidade de P no solo.

Para a área foliar das mudas de palmeira juçara, na ausência de adubação fosfatada, os tratamentos inoculados com *Rhizophagus clarus* e com o inóculo misto (*Rhizophagus clarus* + *Claroideoglossum etunicatum*) diferiram significativamente dos demais, e apresentaram as maiores médias, 136,04 e 119,57 cm^2 , com incremento de 80% e 58%, respectivamente, quando comparados ao controle não inoculado. O tratamento controle e o tratamento com inóculo de *Claroideoglossum etunicatum* não diferiram entre si na dose 0 $mg\ dm^{-3}$ P, e apresentaram as menores áreas foliares, de 75,71 e 80,98 cm^2 , respectivamente (Tabela 4).

Na presença da adubação fosfatada, os tratamentos não diferiram entre si, mas houve um aumento significativo da área foliar dos tratamentos controle e com inóculo de *Claroideoglossum etunicatum*, de 74% e 64%, respectivamente, quando comparados aos seus correspondentes na dose 0 $mg\ dm^{-3}$ P (Tabela 4).

A área foliar expressa a dimensão do aparelho fotossintético das plantas, o que determina sua produtividade (Leite et al., 2017). Nesse sentido a mensuração da área foliar é importante e pode auxiliar a avaliação do estado fisiológico de uma planta (Brito, 2013).

Para produção de mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K.), palmeira da mesma família que o *E. edulis*, a área foliar de plantas micorrizadas foi significativamente superior às das não inoculadas, resultando em plantas mais desenvolvidas e, portanto, com capacidade de plantio precoce em condições de campo e com expectativa de melhor desempenho (Silva et al., 1998).

Avaliando a contribuição dos FMAs para o crescimento inicial e a absorção de fósforo da palmeira *Desmoncus orthacanthos* Martius, também da família Arecaceae, Ramos-Zapata et al. (2009) observaram que os valores da área foliar responderam significativamente aos tratamentos com P, mas não ao tratamento micorrízico.

Também é possível observar a influência da inoculação micorrízica sobre o parâmetro área foliar em outras espécies arbóreas florestais. Barbieri et al. (2011) registraram maior aumento da área foliar em mudas de urucum inoculadas com *Glomus clarum* (sinonímia = *Rhizophagus clarus*), sob diferentes doses de fósforo, aos 120 dias, sendo o controle (sem fungo e sem fósforo) o tratamento com menor área foliar. Nunes et al. (2009) ao testar a eficiência de FMAs sobre o crescimento de porta-enxerto de pessegueiro, registraram que a área foliar de plantas infectadas com *Acaulospora* sp., *G. clarum* e *G. etunicatum*, foram semelhantes, com valores superiores aos observados em plantas não inoculadas.

Brito et al. (2017) estudando a produção de mudas de paricá com FMAs e adubação fosfatada, observaram que na ausência da adubação fosfatada as plantas inoculadas com as espécies *Rhizophagus clarus* e o inóculo misto proporcionaram incrementos de 49% e 75% na área foliar, em relação ao controle, respectivamente.

De acordo com Silva et al. (2004), o aumento da taxa fotossintética de plantas submetidas à inoculação com FMAs está diretamente relacionado ao aumento da área foliar, o que proporciona, conseqüentemente, o aumento do crescimento vegetativo e acúmulo de biomassa fresca e seca.

Esse fato pode ser observado pela resposta da inoculação na produção de massa da matéria seca da parte aérea (MSPA) das mudas de palmeira juçara,

inoculadas com *Rhizophagus clarus* e o inóculo misto (*Rhizophagus clarus* + *Claroideoglossum etunicatum*), que, na ausência de adubação fosfatada, foi significativamente maior do que no tratamento controle, com incrementos de 64% e 57%, respectivamente (Tabela 4).

A massa da matéria seca da parte aérea das plantas de palmeira juçara do tratamento controle e do inoculado com *Claroideoglossum etunicatum* proporcionaram as menores médias para a variável, de 0,98 e 1,02 g, respectivamente, não diferindo significativamente entre si na dose 0 mg dm⁻³ de P (Tabela 4).

Na presença de adubação fosfatada, houve destaque para a média da massa da matéria seca da parte aérea do tratamento com *Rhizophagus clarus* (1,79 g), que diferiu significativamente do tratamento com *Claroideoglossum etunicatum* (1,52 g), com a menor média, e não diferindo dos demais tratamentos, misto e controle, na mesma dose. A adição de 50 mg dm⁻³ de P proporcionou incrementos na produção de massa da matéria seca da parte aérea das mudas de palmeira juçara, quando comparados aos tratamentos na ausência de P (Tabela 4).

Para produção de mudas de *E. edulis* inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares, Sgrott et al. (2012) não encontraram diferença significativa na massa da matéria seca da parte aérea, cinco meses após inoculação, sob condições de viveiro. Porém, 24 meses após, já em condições de campo, as mudas previamente inoculadas tiveram incremento de aproximadamente 50% na produção de massa da matéria seca da parte aérea em relação ao tratamento controle, não inoculado. Moreira et al. (2016) avaliando o crescimento inicial de mudas de *E. edulis* inoculadas com FMAs, também constataram que, independente da espécie de FMAs utilizada, as mudas inoculadas apresentaram maior produção de massa da matéria seca da parte aérea que o tratamento controle.

No caso de produção de mudas de espécies arbóreas que serão transplantadas a campo sob condições de estresse, a produção de massa da matéria seca da parte aérea pode ser uma variável que facilite e, portanto, influencie de forma positiva a sua sobrevivência à campo. Deste modo, atenção especial deve ser dada aos tratamentos que influenciem de forma mais significativa essa variável (Silva et al., 2017). E, segundo Rodrigues et al. (2018),

o maior crescimento das plantas proporcionado pela inoculação com os fungos micorrízicos é importante na diminuição do tempo de produção das mudas (tempo de viveiro), bem como para o crescimento inicial após o plantio no campo.

Para produção de mudas de pupunheira, palmeira da mesma família que *E. edulis*, inoculadas com FMAs, Silva et al. (1998) registraram 140% de aumento na produção de massa da matéria seca da parte aérea em relação ao tratamento controle (sem inóculo). Sugai et al. (2011) observaram incrementos na produção de massa da matéria seca na parte aérea de até 66,7%, em mudas de angico inoculados com as espécies fúngicas *G. etunicatum* e *Gigaspora margarita* em conjunto. Em mudas de clones de eucalipto a inoculação com espécies fúngicas micorrízicas favoreceu a produção de massa da matéria seca da parte aérea das plantas, promovendo incrementos de até 107%, quando comparados tratamento controle (Lima e Souza, 2014).

Schiavo et al. (2010) também verificaram que a colonização de mudas de acácia e cambaí-amarelo, promoveu aumento na produção de massa da matéria seca da parte aérea, de 49,6% e 51,8%, respectivamente. Esses estudos ratificam os resultados deste trabalho, demonstrando o potencial do uso de FMAs para o aumento da produção de massa da matéria seca da parte aérea de mudas.

Pouyú-Rojas et al. (2006), ao trabalhar com 16 espécies florestais de distintos grupos sucessionais com inoculação de diferentes FMA, constataram diferenças entre os distintos FMA testados na colonização de mudas de espécies arbóreas e na produção de MSPA. Nesse trabalho, os incrementos de massa da matéria seca da parte aérea, devidos à inoculação, atingiram valores expressivos para algumas espécies indicando que a dose de P empregada ($0,02 \text{ mg L}^{-1}$) foi adequada para avaliar os efeitos dos FMAs, corroborando outros estudos com espécies nativas no sudeste brasileiro (Siqueira et al., 1998) e com este estudo.

Santos et al. (2008), avaliando o crescimento inicial de espécies nativas em solos de áreas de mineração de bauxita, relataram incremento com relação à massa da matéria seca da parte aérea devido à inoculação com FMAs em comparação ao tratamento não inoculado, sendo que, na ausência de inoculação, a produção de massa da matéria seca da parte aérea foi mínima para todas as espécies avaliadas.

Em mudas de algarora em solo esterilizado, Aguiar et al. (2004) constataram interação entre as espécies de fungos micorrízicos arbusculares

introduzidas e a adição de fósforo, favorecendo a produção de massa seca. Esses mesmos autores relatam que as diferentes respostas apresentadas pelas mudas podem ser determinadas pela interação entre as espécies de FMA e pela espécie de planta em determinado nível de fósforo no solo. Esse relato corrobora os resultados deste trabalho, uma vez que a estatística também mostrou efeito da interação entre os fatores fósforo e fungos para as mudas de palmeira juçara.

Em mudas de cedro-australiano, Silva et al. (2017) também observaram interações entre os fatores (níveis de P x inoculação com FMA) para a produção de massa da matéria seca da parte aérea. Na dose de 25 mg dm⁻³ P, houve efeito positivo da inoculação de *Claroideoglobus etunicatum* e *Acaulospora colombiana*, em relação ao tratamento não inoculado. Já a aplicação de 250 mg de P por dm⁻³ de solo aumentou a produção de massa seca das mudas, com destaque para os tratamentos inoculados com *Dentiscutata heterogama*, *Gigaspora margarita* e *Acaulospora morrowiae*.

Segundo Saggin Júnior e Siqueira (1995), a magnitude da eficiência simbiótica pode diferir entre os FMAs. Bressan et al. (2001) mostram que doses baixas de P podem aumentar a micorrização e a eficiência dos fungos micorrízicos em promover aumento na matéria seca, entretanto, altas doses desse nutriente podem afetar negativamente a micorrização.

4.3. Biometria das raízes das mudas de palmeira juçara

O comprimento total de raiz (CTR), a área superficial de raiz (ASR), o volume de raiz (VR) e o diâmetro da raiz (DR) foram influenciados pela interação entre os tratamentos fúngicos e as doses de fósforo aplicadas (Tabela 5 e 6). Entretanto para massa da matéria seca da raiz (MSR), os efeitos foram isolados (Tabela 7).

Nota-se que, para comprimento e área de raiz os tratamentos inoculados com *Rhizophagus clarus* e com inóculo misto foram os que proporcionaram as maiores médias. O tratamento com *Claroideoglobus etunicatum*, por sua vez, obteve a menor média (Tabela 5). Embora as grandezas de comprimento e área sejam distintas, existe uma correspondência entre elas, o que pode explicar o comportamento similar dessas variáveis.

O volume de raiz apresentou a mesma tendência das demais variáveis apresentadas neste estudo, com destaque para os tratamentos com *Rhizophagus clarus* e inóculo misto, sem diferenciação estatística, e as menores médias para os tratamentos controle e com *Claroideoglomus etunicatum*, também sem diferenciação estatística entre eles (Tabela 5).

Tabela 5. Comprimento total da raiz (CTR), área superficial da raiz (ASR), e volume de raiz (VR) das mudas de palmeira juçara em função dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e adubação fosfatada, aos 226 dias após a semeadura.

Tratamentos fúngicos	CTR		ASR		VR	
	(cm)		(cm ²)		(cm ³)	
IN0	412,94	ab	87,78	ab	1,50	b
IN1	473,90	a	107,41	a	1,95	a
IN2	376,85	b	85,22	b	1,55	b
IN3	478,26	a	107,30	a	1,94	a
Média Geral	435,49		96,93		1,73	
C.V. (%)	15,97		15,27		15,62	

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). CTR - Comprimento total da raiz; ASR - área superficial da raiz; VR - volume de raiz; IN1 - *Rhizophagus clarus*; IN2 - *Claroideoglomus etunicatum*; IN3 - inóculo misto (*Rhizophagus clarus* + *Claroideoglomus etunicatum*); IN0 - controle, sem fungo.

Em condições de baixa disponibilidade P, as plantas desenvolveram uma série de estratégias adaptativas para ocupar e utilizar o solo em busca de P (Zhang et al., 2009), as características morfológicas e da arquitetura da raiz são as mais importantes para essa busca (Wang et. al. 2010). Por isso, as associações de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) com plantas são consideradas primordiais para o aumento da absorção desse elemento, principalmente em condições de baixa disponibilidade (Chaves e Reis, 2011).

Estudando diferentes doses de fósforo em mudas de *E. edulis*, avaliando o comprimento de raízes das mudas aos 12 meses após semeadura, e seguindo o procedimento de escanear as raízes (Tennant, 1975), Lima et al. (2008) não

encontraram diferenças significativas das doses de fósforo para a essa variável. Essa referência corrobora os nossos resultados, pois, apesar de não considerar a presença de microrganismos no solo, o resultado também não apresentou efeito do fósforo para comprimento de raízes na mesma espécie.

Bovi et al. (1994) avaliando a inoculação de híbridos de palmiteiro (*E. oleracea* x *E. edulis*) com FMAs (*G. clarum*, *G. etunicatum* e *A. scrobiculata*) ainda em sementeira, observaram a superioridade no desenvolvimento de mudas inoculadas com *G. clarum* e *A. scrobiculata*, em relação àquelas com *G. etunicatum* e à testemunha. Essas mudas apresentaram, aos oito meses de idade, aumentos significativos no comprimento de suas raízes em função da inoculação. O comportamento da espécie *G. etunicatum* e do tratamento controle observado por Bovi et al. (1994) se reproduz neste trabalho, bem como a superioridade de mudas inoculadas com *Glomus clarum* (sinonímia = *Rhizophagus clarus*).

Moreira e Siqueira (2006) afirmam que plantas micorrizadas aumentam suas raízes, em comprimento e profundidade. Em conformidade com essa afirmação, Swaminathana e Srinivasanb (2006) observaram que a inoculação com FMA proporcionou maior comprimento raízes totais em mudas de teca.

A inoculação micorrízica de mudas de angico em solos do cerrado com FMAs nativo do solo, preservado natural, promoveu maior sistema radicular do que aqueles que foram inoculados com FMAs que não eram nativos, favorecendo assim, o crescimento das raízes (Sugai et al., 2011).

Entre os tratamentos de FMAs estudados, a mistura de *G. etunicatum* e *G. margarita* promoveu mais raízes do que a mistura *G. etunicatum* e *P. brasilianum*. Esses resultados indicam que a diversificação de fungos micorrízicos e a combinação de diferentes isolados podem favorecer o crescimento das raízes.

Em relação à área das raízes, Nadeem et al. (2014) afirmam que as associações micorrízica arbusculares com plantas aumentam a área da superfície da raiz, permitindo maior capacidade de absorção de água e nutrientes do solo, o que proporciona maior taxa de crescimento e sobrevivência das plantas. Isso foi observado neste trabalho, principalmente para inóculo de *Rhizophagus clarus* e para o inóculo misto, que além de registrarem maiores médias para área de raiz, também proporcionaram maiores médias em todos os parâmetros biométricos analisados.

Para a variável diâmetro da raiz (DR), houve efeito significativo da interação entre os tratamentos fúngicos e as doses de fósforo aplicadas. Na ausência da adubação fosfatada, o tratamento inoculado com *Rhizophagus clarus* foi superior ao tratamento controle, sem inóculo (Tabela 6).

Tabela 6. Diâmetro da raiz (DR), em milímetros, das mudas de palmeira juçara em função dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e adubação fosfatada, aos 226 dias após a semeadura.

Doses de P (mg dm ⁻³)	Tratamentos fúngicos								
	IN0		IN1		IN2		IN3		Média
0	0,33	bA	0,37	aA	0,37	abA	0,35	abA	0,35
50	0,36	aA	0,35	aA	0,36	aA	0,37	aA	0,36
Média	0,35		0,36		0,36		0,36		0,36
C.V. (%)	4,90								

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). IN1 - *Rhizophagus clarus*; IN2 - *Claroideoglomus etunicatum*; IN3 - inóculo misto (*Rhizophagus clarus* + *Claroideoglomus etunicatum*); IN0 - controle, sem fungo.

Em relação às doses de fósforo, os tratamentos não diferiram entre si, apesar do efeito significativo da interação. Esse resultado demonstra a importância de estudos dos efeitos da adubação fosfatada e inoculação micorrízica, pois, segundo Silva et al. (2017), esses estudos permitem a obtenção de curvas de adubação fosfatada que possam indicar em qual quantidade e com quais isolados fúngicos são obtidas as melhores respostas para a produção de mudas.

De acordo com Zambonim (2011), uma maior quantidade de raízes propicia, por sua vez, uma maior interação do sistema solo-planta no que diz respeito aos eventos físico-químicos e biológicos, influenciando positivamente a formação e estabilização dos agregados do solo. Esse mesmo autor aponta que, o sistema radicular do *E. edulis* fasciculado e abundante seria um indicativo de

que essa palmeira é capaz de promover acentuadas interações físico-químicas e biológicas no solo.

Medina et al. (2012) constataram a presença de estruturas típicas de associação micorrízica arbuscular nas raízes, e a presença de esporos desses fungos em diversas áreas de ocorrência da palmeira juçara, no município de Rio Pomba, Minas Gerais. Considerando a existência da ocorrência natural e espontânea dessa associação micorrízica com *E. edulis*, vale ressaltar a importância do conhecimento dessa interação para o favorecimento de parâmetros biométricos relacionados às raízes dessa espécie. E essa associação torna-se ainda mais relevante para *E. edulis*, pois de acordo com Moreira et al. (2016), essa espécie apresenta um sistema radicular com muitas raízes espessas indicando alta dependência micorrízica.

Foi possível observar o efeito significativo dos fungos no aumento da massa da matéria seca da raiz das mudas de palmeira juçara, com destaque para o tratamento inoculado com a espécie *Rhizophagus clarus* (0,46 g) que, apesar de não ter diferido dos demais tratamentos fúngicos, diferiu significativamente do tratamento controle (sem inóculo), com um incremento de 21%. As mudas de palmeira juçara responderam significativamente à adição da dose de fósforo, com um incremento de 24% da massa da matéria seca da raiz, quando comparados às mudas na dose 0 mg dm⁻³ P (Tabela 7).

Sgrott et al. (2012) ao avaliar, a palmeira juçara inoculada com FMAs, em condições de campo, após 24 meses, verificaram que plantas previamente inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares, em condições de viveiro, produziram maior matéria seca de raiz do que aquelas que não haviam sido micorrizadas, apresentando um incremento na ordem de 21-24%.

Moreira et al. (2016) realizaram uma avaliação, 180 dias após inoculação, demonstrando que a inoculação com FMA melhorou o desenvolvimento inicial das mudas de palmeira juçara, e que independentemente da origem do inóculo utilizado, houve um incremento de 61% na massa da matéria seca da raiz das mudas.

Tabela 7. Massa da matéria seca da raiz (MSR), em gramas, das mudas de palmeira juçara em função dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e adubação fosfatada, aos 226 dias após a semeadura.

Tratamentos fúngicos	Média	Doses de P	
IN0	0,38 B		
IN1	0,46 A	(mg dm ⁻³)	Média
IN2	0,40 Ab	0	0,38 b
IN3	0,45 Ab	50	0,47 a
Média Geral		0,42	
C.V. (%)		13,29	

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). IN1 - *Rhizophagus clarus*; IN2 - *Claroideoglomus etunicatum*; IN3 - inóculo misto (*Rhizophagus clarus* + *Claroideoglomus etunicatum*); IN0 - controle, sem fungo.

Também houve aumento da produção de massa da matéria seca de raiz devido à maioria dos tratamentos de inoculação para as quatro espécies nativas, produzidas em solos de áreas de mineração de bauxita (Santos et al., 2008), apresentando incremento máximo de até 93 vezes em relação ao tratamento não inoculado. Sugai et al. (2011) observaram benefícios no desenvolvimento da massa da matéria seca de raiz de mudas de angico inoculadas com *G. etunicatum* e *G. margarita*, em solo natural preservado com fungos nativos.

De acordo com Lacerda et al. (2011), a elevada produção de raízes possibilita o sucesso do estabelecimento de mudas em condições de campo. As seis espécies arbóreas do Cerrado avaliadas por esses autores apresentaram, em valores absolutos, sistema radicular mais pesado quando foram inoculadas com FMA, variando de 18% para o ingá a 69% para a caroba, quando comparados à ausência de inoculação com FMA.

Carneiro et al. (2004) avaliando o efeito da inoculação de mudas de embaúba com fungos micorrízicos arbusculares (FMA), em diferentes doses de P₂O₅, observaram apenas efeito da inoculação sobre a matéria seca de raízes (MSR), sendo que as plantas inoculadas apresentaram maior produção de raízes diferindo significativamente das plantas sem inoculação, corroborando os resultados deste trabalho.

A produção de matéria seca de raízes foi também influenciada pelos tratamentos nas mudas de sete espécies florestais, por Pouyú-Rojas e Siqueira (2000). Esses autores não observaram diferenças significativas da inoculação fúngica em doses elevadas de nutrientes para mudas de açoita-cavalo, embaúba e sesbânia, ao contrário do que foi observado em todas as espécies em condições de fertilidade baixa.

Brito et al. (2017) avaliando o efeito de fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada na produção de mudas de paricá, verificaram na ausência de adubação fosfatada, incrementos de 188 e 182%, respectivamente, da massa da matéria seca da raiz de mudas inoculadas com o *Rhizophagus clarus* e inóculo misto, em relação ao tratamento controle.

Com os resultados demonstrados até aqui, pode-se recomendar a utilização de FMAs em programas de adubação para melhorar a qualidade de mudas de palmeira juçara. Contudo, apesar de as características morfológicas poderem ser consideradas isoladamente para determinação da qualidade de mudas, recomenda-se que os seus valores sejam relacionados (Freitas et al., 2017), para que não ocorram falhas no momento da seleção das mesmas.

4.4. Conteúdo dos macronutrientes

O conteúdo dos nutrientes da parte aérea expressa a capacidade dos fungos micorrízicos arbusculares em promover o aumento na absorção de nutrientes do solo. Neste trabalho, os conteúdos de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) da massa da matéria seca da parte aérea das mudas de palmeira juçara foram influenciados pela interação das doses de P, com tratamentos fúngicos (Tabela 8). Esses resultados demonstram a importância da inoculação micorrízica e da adubação fosfatada para o estado nutricional de mudas dessa espécie.

Na ausência de adubação fosfatada, os conteúdos do macronutrientes foram estatisticamente superiores nas mudas de juçara inoculadas com *Rhizophagus clarus* e com inóculo misto (*Rhizophagus clarus* + *Claroideoglossum etunicatum*), quando comparados ao tratamento controle. Os incrementos para o conteúdo de macronutrientes desses tratamentos foram de: 61% e 56% para N; 249% e 225% para P; 61% e 69% para K; 71% e 71% para Ca; 93% e 87% para

Mg; e 63% e 53% para S, respetivamente para *Rhizophagus clarus* e para inóculo misto, comparados ao tratamento controle (sem inóculo na dose 0 mg dm⁻³ de P).

Tabela 8. Conteúdo dos macronutrientes, em miligramas por planta, das mudas de palmeira juçara em função dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e adubação fosfatada, aos 226 dias após a sementeira.

Tratamentos fúngicos	N		P		K	
	(mg planta ⁻¹)					
	0 P	50 P	0 P	50 P	0 P	50 P
IN0	13,03 bB	24,17 aA	0,63 bB	2,36 bA	12,21 bB	20,64 aA
IN1	20,93 aB	26,50 aA	2,20 aB	3,00 aA	19,71 aA	21,47 aA
IN2	13,90 bB	22,40 aA	0,66 bB	2,01 bA	13,40 bB	17,80 aA
IN3	20,30 aB	25,86 aA	2,05 aB	2,77 aA	20,61 aA	21,04 aA
Média geral	20,89		1,96		18,36	
C.V. (%)	10,40		10,20		12,40	

Tratamentos fúngicos	Ca		Mg		S	
	(mg planta ⁻¹)					
	0 P	50 P	0 P	50 P	0 P	50 P
IN0	6,38 bB	12,90 aA	2,93 bB	6,21 aA	2,66 bB	3,86 abA
IN1	10,91 aB	13,12 aA	5,65 aB	6,63 aA	4,33 aA	4,35 aA
IN2	6,87 bB	12,00 aA	2,95 bB	5,48 aA	2,68 bB	3,49 bA
IN3	10,92 aA	12,53 aA	5,49 aA	6,28 aA	4,07 aA	4,10 abA
Média geral	10,70		5,20		3,69	
C.V. (%)	10,40		11,20		8,92	

Médias seguidas de mesma letra minúscula e maiúscula na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). IN1 - *Rhizophagus clarus*; IN2 - *Claroideoglomus etunicatum*; IN3 - inóculo misto (*Rhizophagus clarus* + *Claroideoglomus etunicatum*); IN0 - controle, sem fungo.

Os conteúdos de N, K, Ca e Mg não foram influenciados pelos tratamentos fúngicos na dose 50 mg dm⁻³ de P. Já os conteúdos de P e S foram influenciados, observou-se que os tratamentos com *R. clarus* e com inóculo misto não diferiram entre si para os conteúdos de P, mas foram estatisticamente superiores aos

tratamentos controle sem inóculo e com *C. etunicatum*, na dose 50 mg dm⁻³ de P (Tabela 8).

Para os conteúdos de S, o tratamento com *R. clarus* diferiu significativamente do tratamento com *C. etunicatum*, mas ambos não diferiram dos demais tratamentos na dose 50 mg dm⁻³ de P (Tabela 8).

Com a adição da dose de 50 mg dm⁻³ de P, houve um aumento dos conteúdos de macronutrientes em todos os tratamentos. Contudo, nos tratamentos com *R. clarus* e com inóculo misto, a aplicação do fósforo não diferiu dos conteúdos de K e S das mudas de palmeira juçara na dose 0 P (Tabela 8). Isso também foi observado para os conteúdos de Ca e Mg, nos tratamentos com inóculo misto (Tabela 8).

Esses resultados demonstram que a utilização de fungos micorrízicos arbusculares é eficiente mesmo na ausência de adubação fosfatada, possibilitando dispensar a suplementação desses nutrientes em mudas de palmeira juçara, o que representa uma economia de insumos para a produção de mudas.

Moreira et al. (2016) registraram maior acúmulo de N, P, K, Ca e Mg na massa da matéria seca da parte aérea de mudas de palmeira juçara inoculadas com FMAs, seis meses após inoculação, demonstrando efeito significativo dessa associação para nutrição das plantas. Esses autores observaram também os menores conteúdos de nutrientes no tratamento controle, enfatizando que a inoculação com FMAs é uma estratégia promissora para a produção de mudas.

Esse estudo (Moreira et al., 2016) ratifica os resultados obtidos neste trabalho, em todo seu aspecto, considerando que estudos avaliando os efeitos da inoculação de FMAs na nutrição mineral de *E. edulis* são escassos. Sgrott et al. (2012) observaram diversos benefícios da inoculação micorrízica de mudas de *E. edulis*, mas não fizeram avaliações dos nutrientes na parte aérea das plantas.

Lima et al. (2008), 12 meses após a aplicação da adubação fosfatada, avaliaram o crescimento de mudas de euterpe *E. edulis* em resposta à diferentes doses de fósforo e concluíram que o P não alterou os teores de nutrientes nas plantas. Esses autores encontraram a seguinte sequência de absorção de nutrientes na parte aérea de *E. edulis*: N > Ca > K > Mg > P > S, mas não se atentaram para quantificar o conteúdo desses nutrientes nas plantas. Ressalta-se

que o conteúdo expressa efetivamente a quantidade de nutriente por unidade de biomassa, refletindo melhor a acumulação dos nutrientes nas plantas.

Em relação ao conteúdo de nutrientes, Silva et al. (2017) observaram interações significativas entre as doses de fósforo e a inoculação com FMAs no acúmulo de P, N, Ca e S, na parte aérea de mudas de cedro-australiano. Na maior dose de P aplicada (250 mg dm^{-3}), os autores verificaram um aumento do conteúdo de todos nutrientes na parte aérea das mudas em relação à menor dose (25 mg dm^{-3}), e isso se deve principalmente à maior produção de biomassa devido à adubação fosfatada.

Esses resultados se assemelham muito aos encontrados neste trabalho e evidenciam a existência de um sinergismo entre a adubação fosfatada e inoculação micorrízica, com relação ao acúmulo de nutrientes, como observado por Silva et al. (2017) em mudas de cedro-australiano.

A aplicação de doses crescentes de P no solo proporcionou incrementos no conteúdo deste elemento na parte aérea de todos os tratamentos inoculados com FMAs, em mudas de gravioleira. As plantas não-inoculadas não conseguiram aumentar a aquisição de P, indicando o efeito positivo da colonização micorrízica na produção de mudas dessa espécie (Samarão et. al., 2017).

Em mudas de paricá, o conteúdo de P na parte aérea aumentou linearmente em resposta às doses P e à inoculação com FMAs, conforme observado por Brito et al. (2017). Esses autores observaram que mudas micorrizadas, na ausência da adubação fosfatada, apresentaram maior conteúdo de P em relação ao controle. Já a aplicação dos inóculos de *Rhizophagus clarus* e o misto promoveram incremento no conteúdo de P de 229% e 284%, respectivamente, em relação ao controle, também na ausência da adubação fosfatada.

Dessa forma, pode-se considerar que a associação dos FMAs com as mudas de paricá foi efetiva para absorção desse nutriente, tal como foi para as mudas de palmeiras juçara, verificada neste trabalho. Ressalta-se que os valores de incremento no conteúdo de P em função dos tratamentos com o mesmo isolado fúngico de *R. clarus* e com inóculo misto, foram bem próximos entre si na ausência de adubação fosfatada, ambos na ordem de 200%.

Para as mudas de paricá Brito et. al. (2017) observaram que as espécies *Rhizophagus clarus* e o inóculo misto, na ausência de P, também apresentaram

incremento para conteúdo de K, Ca e Mg em relação ao controle, demonstrando que os FMAs, além do P, também contribuem para a maior aquisição de outros nutrientes essenciais crescimento e o metabolismo vegetal.

Já o conteúdo de N da parte aérea das mudas de paricá não foi influenciado pela inoculação com os FMAs, nem pelas doses de P aplicadas, como foi observado por Lima e Souza (2014) para alguns clones de eucalipto. Entretanto, a translocação de nitrogênio pelo fungo pode representar um incremento significativo na absorção de N pela planta, como demonstrado por Tanaka e Yano (2005), para milho, e reforçado por Silva et al. (2017), para mudas cedro-australiano e por Moreira et al. (2016), para mudas de palmeira juçara.

Machineskii et al. (2009) constataram que os fungos micorrízicos *G. margarita* e *G. clarum* estimulam o maior acúmulo de nutrientes em mudas de peroba-rosa, sendo esse acúmulo significativo para os macronutrientes P, K, Ca e Mg. Lima e Silva (2014) concluíram que simbiose micorrízica favoreceu o crescimento de plantas e a absorção dos nutrientes N, P e K, em mudas de eucalipto. Rodrigues et al. (2018) por sua vez, verificaram que a inoculação de mudas de teca com *Rhizophagus clarus* proporcionou incrementos de 76% e 84% no conteúdo de K e S nas folhas das plantas, comparativamente à testemunha, enquanto que para o conteúdo de P, não foi verificado aumento significativo, indicando que a aquisição do P pode variar entre as associações hospedeiro x FMA.

Os fungos micorrízicos promovem melhoria no estado nutricional das plantas, em virtude de as hifas fúngicas possuírem alta capacidade de absorção de nutriente e maior facilidade de acesso a microporos do que à raízes, e, portanto, exploram de maneira mais eficiente o solo. Além disto, as hifas produzem e exsudam compostos orgânicos que atuam na solubilização de fosfatos, promovendo a disponibilização de P e outros nutrientes para as plantas (Lima e Souza, 2014).

A maior acumulação de nutrientes nos tecidos das plantas sugere maior potencial de sobrevivência e maior qualidade das mudas. Neste aspecto, o uso de inoculantes com FMAs proporciona efeitos benéficos para o crescimento e a nutrição das mudas, resultando em plantas mais vigorosas e obtidas a partir de uma estratégia de baixo custo de produção, conforme aponta Moreira et al. (2016). Esses mesmos autores relatam que esses benefícios são ainda mais

significativos em plantas como *E. edulis*, uma vez que essa é uma espécie ameaçada de extinção, que possui dificuldades de germinação e estabilização no campo. Desse modo, o aumento da taxa de sobrevivência é considerado um dos fatores-chave para o sucesso da reintrodução e conservação dessa espécie, bem como para sua produção comercial.

4.5. Indicadores de qualidade de mudas

Para mudas de palmeira juçara, a relação altura/diâmetro foi de 3,0, valor que atende às recomendações desse índice para plantas de haste firme (Gonçalves et al., 2000; Gomes et al., 2003; Caldeira et al., 2008a; Davide e Faria, 2008). Essa variável só foi influenciada pelas doses de fósforo aplicadas, sendo o maior índice apresentado para as plantas na dose 0 mg dm⁻³ P e o menor apresentado pelas plantas na dose 50 mg dm⁻³ de P (Tabela 9).

Tabela 9. Relação altura x diâmetro das mudas de palmeira juçara em função dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e adubação fosfatada, aos 226 dias após a semeadura.

Dose de P (mg dm ⁻³)	Média
0	3,08 a
50	2,91 b
Média Geral	3,00
C.V. (%)	5,75

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

Quanto menor for o valor dessa relação, maior será a qualidade e capacidade das mudas sobreviverem e se estabelecerem em campo (Araújo et al., 2014), pois esse valor irá demonstrar o equilíbrio entre as partes da planta. Mudas com diâmetro do coleto menor apresentam dificuldades de se manterem

eretas após o plantio, e o tombamento pode resultar em morte ou deformações, que comprometendo sua qualidade (Cunha et al., 2005).

Esse resultado demonstra que a relação das mudas de palmeira juçara com a adubação fosfatada é indicativa de que o seu desenvolvimento está condicionado à disponibilidade de P no solo. Por isso, a relação altura/diâmetro foi menor para as mudas quando na presença de adubação fosfatada, sendo essas as consideradas mais aptas para no pós-plantio.

Essa variável é reconhecida como uma das melhores, senão a melhor indicadora do padrão de qualidade de mudas (Moreira e Moreira, 1996). Geralmente é a mais indicada para determinar a capacidade de sobrevivência de mudas no campo (Daniel et al., 1997), por considerar características viáveis e de fácil mensuração, além de não destruir as mudas (Oliveira et al., 2008). No entanto, são escassas as referências desse índice para produção de mudas sob efeito de adubação fosfatada e inoculação com FMAs para palmeiras.

Brito (2013) demonstrou que mudas de paricá inoculadas com *G. Clarum* proporcionaram os menores índices na relação altura/diâmetro, permitindo inferir um maior percentual de sobrevivência no transplante para o campo, devido aos menores índices. Já em relação ao fósforo, houve uma tendência quadrática para a relação altura/diâmetro, com o aumento das doses de P aplicadas ao substrato. Caione et al. (2012) observaram, para a mesma espécie, que o tratamento completo com fósforo proporcionou os melhores índices para sobrevivência das mudas no transplante para o campo.

Na relação massa da matéria seca da parte aérea/massa da matéria seca da raiz das mudas de palmeira juçara, houve efeito dos fatores fungos e fósforo isoladamente. Os tratamentos fúngicos com *Rhizophagus clarus* e o inóculo misto apresentaram os maiores valores para esse índice, 3,71 e 3,64, respectivamente, não diferindo do tratamento controle sem inóculo, com 3,47. O tratamento com *Claroideoglossum etunicatum* apresentou o menor valor para essa relação (3,21), diferindo significativamente dos demais tratamentos fúngicos, sem diferir do controle sem inóculo (Tabela 10).

Embora a literatura recomende uma relação massa da matéria seca da parte aérea/massa da matéria seca da raiz equivalente a 2,0 para mudas de qualidade (Gomes e Paiva, 2011), observamos neste estudo que os tratamentos fúngicos que mais se distanciaram desse valor de referência, foram os que

apresentaram, até então, os melhores resultados para os parâmetros avaliados. Isso se explica pelo fato de que a massa seca da raiz pode não expressar diretamente sua capacidade e eficiência de absorção, uma vez que essas estão mais relacionadas ao diâmetro das raízes do que propriamente à sua massa.

Tabela 10. Relação massa seca da parte aérea x massa seca da raiz das mudas de palmeira juçara em função dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e adubação fosfatada, aos 226 dias após a semeadura.

Tratamentos fúngicos	Média	Doses de P	
IN0	3,47 ab		
IN1	3,71 a	(mg dm ⁻³)	Média
IN2	3,21 b	0	3,39 b
IN3	3,64 a	50	3,62 a
Média Geral		3,51	
C.V. (%)		8,59	

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). IN1 - *Rhizophagus clarus*; IN2 - *Claroideoglossum etunicatum*; IN3 - inóculo misto (*Rhizophagus clarus* + *Claroideoglossum etunicatum*); IN0 - controle, sem fungo.

A formação de pelos radiculares aumenta consideravelmente o diâmetro da raiz de uma planta com relativamente pouco investimento em matéria seca (Bucher, 2007). E, de modo geral, as hifas fúngicas tendem a acompanhar esses pelos (as raízes mais finas das plantas), formando uma rede de hifas, referidos como micélio externo que, em conjunto, formam a camada denominada micorrizosfera (Moreira e Siqueira, 2006). Nessa camada que as micorrizas atuam para aumentar a eficiência da absorção de nutrientes pelas raízes, resultando em plantas mais bem nutridas e vigorosas.

Já os resultados apresentados para a relação massa da matéria seca da parte aérea/massa da matéria seca da raiz em função da aplicação de fósforo, são similares aos resultados encontrados para a relação altura/diâmetro, em que os menores índices se mostraram sob a aplicação da dose 50 mg dm⁻³ de P. Esse

resultado reforça que o desenvolvimento satisfatório das mudas de juçara está condicionado à disponibilidade de P no solo.

Moreira et al. (2016) não encontraram diferença significativa entre os tratamentos inoculados com FMAs e o controle sem inóculo para a relação massa da matéria seca da parte aérea/massa da matéria seca da raiz, no crescimento inicial de mudas de *E. edulis*, seis meses após inoculação. Todavia, esses autores observaram que os tratamentos inoculados foram os que apresentaram os valores da relação massa da matéria seca da parte aérea/massa da matéria seca da raiz mais próximos ao valor de referência desse índice, variando de 2,69 a 2,76.

Em mudas de paricá, Brito (2013) observou efeitos significativos da interação entre os tratamentos fúngicos e as doses de fósforo aplicadas. Nesse estudo, houve diferenciação entre os tratamentos fúngicos nas doses 0 e 120 mg dm⁻³ de substrato, sendo as menores médias apresentadas pelo inóculo *G. Clarum* e o misto (*G. clarum* + *G. margarita*), demonstrando que na presença desses fungos houve um melhor equilíbrio no desenvolvimento das mudas. Houve também um decréscimo da relação massa da matéria seca da parte aérea/massa da matéria seca da raiz com o aumento das doses de fósforo, o que também foi observado neste trabalho.

Para as mudas de palmeira juçara, tanto os tratamentos fúngicos quanto as doses de fósforo foram significativas para a construção de um melhor IQD, apesar da não interação entre esses fatores. Para os tratamentos fúngicos, manteve-se o destaque para *Rhizophagus clarus* (0,33) e para o inóculo misto (0,32), que apresentaram os maiores valores para o IQD, com incrementos na ordem de 22 e 18%, respectivamente, quando comparados ao tratamento controle sem inóculo (Tabela 11).

Em relação ao fósforo, quando houve a aplicação da dose 50 mg dm⁻³ de P, os tratamentos apresentaram médias de IQD superiores (0,33) aos tratamentos na dose 0 mg dm⁻³ de P (0,26), com 27% de incremento (Tabela 11). Isso demonstra que as mudas de palmeira juçara são responsivas à aplicação de fósforo ao solo, mas os resultados dessa aplicação não superaram os valores do índice atribuídos ao efeito dos fungos sobre a qualidade do desenvolvimento das mudas da espécie.

Tabela 11. Índice de Qualidade de Desenvolvimento (IQD) das mudas de palmeira juçara em função dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e adubação fosfatada, aos 226 dias após a semeadura.

Tratamentos fúngicos	Média	Doses de P	
IN0	0,27 b		
IN1	0,33 a	(mg dm ⁻³)	Média
IN2	0,27 b	0	0,26 b
IN3	0,32 a	50	0,33 a
Média Geral		0,29	
C.V. (%)		11,23	

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). IN1 - *Rhizophagus clarus*; IN2 - *Claroideoglossum etunicatum*; IN3 - inóculo misto (*Rhizophagus clarus* + *Claroideoglossum etunicatum*); IN0 - controle, sem fungo.

De acordo com Gomes e Paiva (2011), para que as mudas sejam consideradas de qualidade, o IQD deve ser maior que 0,20. Esse valor recomendado foi proposto para espécies de coníferas, e aplicado a várias outras espécies (Viégas, 2015). Dessa forma, um maior valor desse índice sugere maior qualidade e capacidade das mudas de sobreviverem no campo, podendo variar de espécie para espécie (Cabreira et al., 2017). Sáenz et al. (2010) sugeriram intervalos de valores: menor que 0,2 para IQD baixo; de 0,2 a 0,4 para IQD médio; e maior que 0,5 para IQD alto.

Apesar de estarem próximos aos referenciados na literatura, não é possível afirmar que os valores encontrados nesse trabalho representam um bom IQD para o crescimento das mudas de palmeira juçara. Ainda são muito escassas as informações sobre esse índice, principalmente no que diz respeito aos valores de IQD específicos, que determinadas espécies devem atingir para estarem aptas a serem expedidas do viveiro para o campo (Thomaz, 2007; Caldeira et al., 2008a; Caldeira et al., 2008b).

Para espécies nativas, portanto, são necessárias mais pesquisas para que o IQD possa ser utilizado de forma confiável, pois se tem observado que para cada espécie ou grupo específico, os valores de IQD para indicar qualidade das

mudas são variáveis (Caldeira et al., 2014). Portanto, tal índice deve ser avaliado com extrema atenção (Cabreira et al., 2017).

São escassos também estudos que determinam o IQD de mudas produzidas em resposta a adubação fosfatada à inoculação com FMAs, pois a maioria dos trabalhos se atém em avaliar o efeito de substratos e recipientes na determinação desse índice.

Leite et al. (2017) estudando o efeito da adubação fosfatada e inoculação com fungos micorrízicos na produção de mudas de timbaúba, não encontraram benefícios da inoculação micorrízica, mas notaram que o incremento de P afetou o IQD das plantas, com resposta superior na maior dose de P aplicada (200 mg Kg⁻¹ solo). Foi verificado efeito da interação entre os fatores fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada no IQD de mudas de paricá, de acordo com os resultados obtidos por Brito (2013). Essa autora concluiu que o incremento positivo alcançado com as doses de P e a inoculação com os FMA demonstraram que esses fatores interferem diretamente e positivamente na qualidade das mudas de paricá.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), sob sombrite, com o objetivo de avaliar o efeito da inoculação de FMAs no crescimento e nutrição de mudas de palmito juçara, na ausência e presença de adubação fosfatada. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados (DBC), com arranjo fatorial 2x4: duas doses de fósforo (0 e 50 mg dm⁻³ de solo) e quatro tratamentos fúngicos (IN1 - *Rhizophagus clarus*; IN2 - *Claroideoglossum etunicatum*; IN3 - *Rhizophagus clarus* + *Claroideoglossum etunicatum*; e IN0 - controle). O substrato utilizado (solo + areia, 1:2 v/v) foi previamente esterilizado. Os inóculos fúngicos foram produzidos na UENF. As sementes de *E. edulis* foram obtidas em Rio Novo do Sul - ES. A semeadura e inoculação ocorreram concomitantemente, em sacos plásticos de aproximadamente 2 kg. Após 226 dias, iniciou-se a coleta do experimento, determinando-se: altura, diâmetro do coleto, área foliar, comprimento total da raiz, área superficial da raiz, volume de raiz, massa da matéria seca de parte aérea, massa da matéria seca da raiz, relação altura/diâmetro, relação massa da matéria seca de parte aérea/massa da matéria seca da raiz; Índice de Qualidade do Desenvolvimento (IQD) de mudas e a porcentagem de colonização micorrízica. Obtiveram-se os seguintes resultados:

- Em relação à porcentagem de colonização micorrízica constatou-se que a espécie fúngica *R. clarus* e o inóculo misto possuem um alto potencial

infectivo, sendo benéficos ao crescimento e nutrição de mudas e, quando comparado ao isolado de *C. etunicatum*, esses inóculos apresentaram preferência associativa com as raízes das mudas de palmeira juçara.

- Para o crescimento das mudas de palmeira juçara, os tratamentos contendo os inóculos de *R. clarus* e o misto (*R. clarus* + *C. etunicatum*), apresentaram os melhores resultados.
- Para a produção de biomassa, a massa da matéria seca da parte aérea, os inóculos de *R. clarus* e o misto demonstraram os melhores resultados. Todos os inóculos testados proporcionaram incremento na massa seca da raiz, quando comparados ao controle sem inóculo, sendo a média geral dos tratamentos superior na dose 50 mg dm⁻³ de P.
- O incremento em fósforo e a inoculação com *R. clarus* e o com o inóculo misto, são fatores que interferem direta e positivamente na qualidade das mudas de palmeira juçara. A relação altura/diâmetro foi significativa para as doses de fósforo aplicadas, sendo melhor na dose 50 P. Para a relação massa da matéria seca da parte aérea/massa da matéria seca da raiz os maiores valores estiveram relacionados à presença dos inóculos de *R. clarus* e o misto. E o índice de qualidade de desenvolvimento (IQD) confirmou o destaque dados aos tratamentos inoculados aos tratamentos inoculados com *R. clarus* e com inóculo misto.
- A inoculação com *R. clarus* e com o inóculo misto contribuem para a maior conteúdo de N, P, K, Ca, Mg e S.

Com isso, conclui-se que a inoculação de mudas de palmeira juçara com FMAs é uma alternativa biotecnológica viável, além de ser uma estratégia de baixo custo, o que a torna amplamente recomendável para produção comercial de mudas dessa espécie.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, F.F., Silva Junior, N.L. (1992) Observações sobre o comportamento de *Euterpe edulis* Mart. (palmito-doce) em mata ciliar. Anais do Congresso Nacional sobre Essências Nativas, 2, São Paulo: Instituto Florestal, Publicado na Revista do Instituto Florestal, 4:679-683.
- Aguiar, F.F.A., Schaefer, S.M., Lopes, E. A., Toledo, C. B. (2002) Produção de mudas de palmito-juçara: *Euterpe edulis* Mart. São Paulo: Governo do estado de São Paulo-Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 16p.
- Aguiar, R. L. F., Maia, L. C., Salcedo, I. H., Sampaio, E. V. S. B. (2004) Interação entre fungos micorrízicos arbusculares e fósforo no desenvolvimento da algaroba [*Prosopis juliflora* (Sw) DC]. *R. Árvore*, 28 (4):589-598.
- Andreazzi, C.S., Pires, A.S.E., Fernandez, F.A.S. (2009) Mamíferos e palmeiras neotropicais: interações em paisagens fragmentadas. *Oecol. Bras.*, 13:554-574.
- Araújo, E.C., Costa, R.S., Lopes, E.C., Daher, R.F., Fernandes, M.E.B. (2014) Qualidade das mudas de espécies arbóreas de mangue cultivadas em viveiro e diferentes substratos. *Acta Ambiental Catarinense*, 11(1):21-32.
- Artur, A.G., Cruz, M.C.P., Ferreira, M.E., Barretto, V.C.M., Yagi, R. (2007) Esterco bovino e calagem para formação de mudas de guanandi. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42 (6):843-850.
- Balota, E.L., Machineski, O., Stenzel, N.M.C. (2011) Resposta da acerola à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em solo com diferentes níveis de fósforo. *Bragantia*, 70 (1):166-175.
- Barbieri, D.J., Braga, L.F., Sousa, M.P., Roque, C.G. (2011) Análise de crescimento de *Bixa orellana* L. sob efeito da inoculação micorrízica e adubação fosfatada. *Rev. Bras. Pl. Med.*, 13 (2):129-138.

- Barroso, R.M., Reis, A., Hanazaki, N. (2010) Etnoecologia e etnobotânica da palmeira juçara (*Euterpe edulis* Martius) em comunidades quilombolas do Vale do Ribeira, São Paulo. *Acta Botanica Brasílica*, 24 (2):518-528.
- Berbara, R.L.L., Souza, F.A., Fonseca, H.M.A.C. (2006) III - Fungos Micorrízicos Arbusculares: Muito além da nutrição. SBCS, Nutrição Mineral de Plantas, 432p.
- Bicudo, M.O.P., Ribani, R.H., Beta, T. (2014). Anthocyanins, phenolic acids and antioxidante properties of juçara fruits (*Euterpe edulis* M.) along the on-tree ripening process. *Plant Foods for Human Nutrition*, 69:142-147.
- Birchler, T., Rose, R.W., Royo, A., Pardos, M. (1998) La planta ideal: revision del concepto, parametros definitorios e implementacion practica. *Investigacion Agraria, Sistemas y Recursos Forestales*, 7 (1-2):109-121.
- Borges, G.S.C., Vieira, F.G.K., Copetti, C., Gonzaga, L.V., Zambiasi, R.C., Filho, J.M., Fett, R. (2011). Chemical characterization, bioactive compounds, and antioxidant capacity of Jussara (*Euterpe edulis*) fruit from the Atlantic Forest in southern Brazil. *Food Research International*, 44:2128-2133.
- Bourscheid, K., Siminski, A., Fantini, A.C., Mac Fadden, J. (2011). *Euterpe edulis* – Palmito juçara. Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro - Região Sul. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p.179-183.
- Bovi, M.L.A., Silva, E.M.R., Spiering, S.H., Barbosa, A.M.M., Consolini, F., Silva, L.R.C., Silveira, A. P. D (1994). Inoculação de híbridos de palmitero (*Euterpe oleracea* X *E. edulis*) com fungos micorrízicos vesículo-arbusculares. Resumo da Reunião Brasileira sobre Micorrizas, 5, Florianópolis: EDEME, p.41.
- Bovi, M.L.A., Godoy Junior, G., Saes, L.A. Pesquisas com os gêneros *Euterpe* e *Bactris* no Instituto Agrônomo de Campinas (1987). Anais do Encontro Nacional de pesquisadores em palmito, 1, Curitiba: EMBRAPA/CNPF, p.1-44.
- Bressan, W., Siqueira, J.O., Vasconcellos, C.A., Purcino, A.A.C. (2001) Fungos micorrízicos e fósforo, no crescimento, nos teores de nutrientes e na produção do sorgo e soja consorciados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36 (2):315-323.
- Brito, V.N. (2013) Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada na produção de mudas de paricá. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, 63p.
- Brito, V.N., Tellechea, F.R.F., Heitor, L.C., Freitas, M.S.M., Martins, M.A. (2017) Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada na produção de mudas de paricá. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 27 (2):485-497.
- Bucher, M. (2007) Functional biology of plant phosphate uptake at root and mycorrhiza interfaces. *New Phytologist*, 173:11-26.

- Cabreira, G.V., Leles, P.S.S., Alonso, J.M., Abreu, A.H.M., Lopes, N.F., Santos, G.R. (2017) Biossólido como componente de substrato para produção de mudas florestais. *Floresta*, 47 (2):165-176.
- Caione, G., Lange, A., Schoninger, E.L. (2012) Crescimento de mudas de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) em substrato fertilizado com nitrogênio, fósforo e potássio. *Scientia. Forestalis*, 40 (94):213-221.
- Caldeira, M.V.W., Blum, H., Balbinot, R., Lombardi, K.C. (2008a) Uso do resíduo do algodão no substrato para produção de mudas florestais. *Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais*, 6:191-202.
- Caldeira, M.V.W., Rosa, G.N., Fenilli, T.A.B., Harbs, R.M.P. (2008b) Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. *Scientia Agraria*, 9 (1):27-33.
- Caldeira, M.V.W., Delarmelina, W.M., Lübe, S.G., Gomes, D.R., Gonçalves, E.O., Alves, A.F. (2012) Biossólido na composição de substrato para a produção de mudas de *Tectona grandis*. *Revista Floresta*, 42 (1): 77-84.
- Campos, M.A.A., Uchida, T. (2002) Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37 (3):281-288.
- Carneiro, J.G.A. (1995) Produção e controle de qualidade de mudas florestais. Curitiba: UFPR/ FUPEF, 451 p.
- Cardoso, E.J.B.N. (1986) Interaction of mycorrhiza, phosphate and manganese in soybean. In: Azcon-Aguilar, C. e Barea, J. M., (eds) *Mycorrhizas in integrated systems from genes to plant development*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, p.304-306.
- Carneiro, M.A.C, Siqueira, J.O., Davide, A.C. (2004) Fósforo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento de mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec). *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 34 (3): 119-125.
- Carneiro, R.F.V., Martins, M.A., Araújo, A.S.F., Nunes, L.A.P.L. (2011) Inoculação Micorrízica Arbuscular e Adubação Fosfatada no Cultivo de Forrageiras Consorciadas. *Archivos Zootecnia*, 60 (232):1191-1202.
- Carneiro, J.G.A. (1995) Produção e controle de qualidade de mudas florestais. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.
- Ceconi, D.E., Poletto, I., Brun, E.J., Lovato, T. (2006) Crescimento de mudas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.) sob influência da adubação fosfatada. *Cerne*, 12 (3):292-299.
- Chaves, P.O., Reis, J.C.C. (2011) Rizosferas de árvores acumuladoras de fósforo na Amazônia Brasileira. *Universitas Scientiarum*, 16 (2):111-118.

- Chu, E.Y., Yared, J.A.G., Maki, H.J.O. (2004) Efeitos da inoculação micorrízica e da adubação fosfatada em mudas de *Vochysia maxima* Ducke. *R. Árvore*, Viçosa-MG, 28 (2):157-165.
- Cncflora - Centro Nacional de Conservação da Flora. (2012) *Euterpe edulis* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012. Disponível em: <<http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Euterpeedulis>>. Acessado em: 25/02/2018.
- Costa, E.A.D., Gonçalves, C., Moreira, S.R., Corbellini, L.M. (2008). Produção de polpa e sementes de palmeira juçara: alternativa de renda para a mata atlântica. *Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária*, 1 (2):60-66.
- Cunha, A.O., Andrade, L.A., Bruno, R.L.A., Silva, J.A.L., Souza, V.C. (2005) Efeitos de substratos e dimensões de recipientes na qualidade de mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl. *Revista Árvore*, 29 (4):507-516.
- Daniel, O., Vitorino, A.C.T., Alovisei, A.A., Mazzochin, L., Tokura, A.M., Pinheiro, E.R.P., Souza, E.F. (1997) Aplicação de fósforo em mudas de *Acacia mangium* Willd. *Revista Árvore*, 21 (2):163-168.
- Dansi, C., Rabello, H., Fia, J.P. (2012) Uso de bioindicadores como constatação de sustentabilidade ambiental em sistemas agroflorestais em região sul serrana do Espírito Santo. *Anais do Congresso Brasileiro de Reflorestamento Ambiental*, 2, Guarapari: CEDAGRO.
- Davide, A.C., Faria, J.M.R. Viveiros florestais. (2008) *In: Davide, A.C.; Silva, E.A.A. (eds). Produção de sementes e mudas de espécies florestais*. 1. ed. Lavras: UFLA, 2008, cap.2, p.83-94.
- Dickson, A., Leaf, A.L., Hosner, J.F. (1960) Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forestry Chronicle*, 36:10-13.
- Douds, D.D., Nagahashi, G., Reider, C., Hepperly, P.R. (2007) Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi increases the yield of potatoes in a high P soil. *Biol. Agric. Hortic.*, 25:67-78.
- Douds Jr., D.D., Nagahashi, G., Reider, C., Hepperly, P.R. (2008) Choosing a mixture ratio for the on-farm production of AM fungus inoculum in mixtures of compost and vermiculite. *Compost Science and Utilization*, 16 (1):52-60.
- Duarte, M.L., Paiva, H.N. de, Alves, M.O., Freitas, A.F., Maia, F.F., Goulart, L.M.L. (2015) Crescimento e qualidade de mudas de Vinhático (*Platymenia foliolosa* Benth.) em resposta à adubação com potássio e enxofre. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 25:221-229.
- Farias, M. (2009) Reinventando a relação humano - *Euterpe edulis*: do palmito ao açaí. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Florianópolis – SC, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 85p.

- Fernandes, A.B., Siqueira, J.O., Menezes, M.A., Guedes, G.A.A. (1987) Efeito diferenciado do P sobre o estabelecimento e efetividade da simbiose endomicorrízica em milho e soja. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, Campinas, 11 (2):101-108.
- Fernandes, F.C.L. (2009) Palmito de juçara (*Euterpe edulis* Mart.): uma revisão segundo um modelo de cadeia produtiva. Monografia (Engenharia Florestal) – Seropédica – RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, 29p.
- Freitas, M.S.M., Martins, M.A., Vieira, I.J.C. (2004) Produção e qualidade de óleos essenciais de *Mentha arvensis* em resposta à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares. *Pesq. agropec. bras.*, 39 (9):887-894.
- Freitas, E.C.S., Paiva, H.N., Leite, H.G., Oliveira Neto, S. N. (2017) crescimento e qualidade de mudas de *Cassia grandis* Linnaeus f. em resposta à adubação fosfatada e calagem. *Ciência Florestal*, 27 (2):509-519.
- Fonseca, E.P., Valéri, S.V., Miglioranza, E., Fonseca, N.A.N., Couto, L. (2002) Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. *Revista Árvore*, Viçosa, 26 (4):515- 523.
- Gerdemann, J.W., Nicolson, T.H. (1963) Spores of mycorrhizal *Endogone* extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, 46:235-244.
- Gianinazzi, S., Gollotte, A., Binet, M.N., Van Tuinen, D., Redecker, D., Wipf, D. (2010) Agroecology: the key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystems services. *Mycorrhiza*, 20 (20):519-530.
- Godinho, T.O., Moreira, S.O., Moreira, D.F., Falcon, M.L.T., Goularte, L.F. (2018) Caracterização morfoagronômica de frutos de juçara coletados na região serrana do estado do Espírito Santo. Anais do Encontro sobre Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul, 8, Simpósio Nacional do Morango, 8, Pelotas: Embrapa.
- Goi, S.R., Souza, F.A. (2006) Diversidade de microrganismos do solo. *Floresta e Ambiente*, p.46-65.
- Gomes, J.M., Leite, H.G., Xavier, A., Garcia, S.L.R. (2003) Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização NPK. *Revista Árvore*, 27 (2):113-127.
- Gomes, J. M., Paiva, H. N. (2011) Viveiros florestais: propagação sexuada. Série Didática. Viçosa: Editora UFV, 116 p.
- Gonçalves, J.L.M., Santarelli, E.G., Moraes, S.P.N., Manara, M.P. (2000) Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: Gonçalves, J. L. M., Benedetti, V., editors. *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: USP, p. 309-350.
- Grace, C., Stribley, D.P. (1991) A safer procedure for routine staining of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycological Research*, Cambridge, 95 (10):1160-1162.

- Guergoletto, K.B., Costabile, A., Flores, G., Garcia, S., Gibson, G.R. (2016) In vitro fermentation of juçara pulp (*Euterpe edulis*) by human colonic microbiota. *Food Chemistry*, 196:251–258.
- Guimarães, L.A.O.P. e Souza, R.G. (2017) Palmeira Juçara: Patrimônio Natural da Mata Atlântica no Espírito Santo. Vitória: Incaper, 68p.
- Higo, M., Isobe, K., Kang, D.J., Ujiie, K., Drijber, R.A., Ishii, R. (2010) Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi or crop rotation with mycorrhizal plants improves the growth of maize in limed acid sulfate soil. *Plant Prod. Sci.*, 13:74-79.
- Hoagland, D.R., Arnon, D. I. (1950) The water culture method for growing plants without soils. Berkeley: *California Agricultural Experimental Station*, 347 p.
- Hu, J., Lin, X., Wang, J., Dai, J., Cui, X., Chen, R., Zhang, J. (2009) Arbuscular mycorrhizal fungus enhances crop yield and P-uptake of maize (*Zea mays* L.): A field case study on a sandy loam soil as affected by long-term P deficiency fertilization. *Soil Biol. Biochem.*, 41:2460-2465.
- Incaper - Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (2013). Normas de plano de exploração sustentável simplificado para extração do fruto da palmeira juçara (*Euterpe edulis*). Disponível em: <<https://idaf.es.gov.br/assinada-instrucao-normativa-sobre-extracao-d>>. Acessado em: 22/02/18.
- Jackson M.L. (1965) Soil chemical analysis, 5 ed. Englewood Cliffs, Prentice-Hall. 498p.
- Jaiti, F., Meddich, A., El Hadrami, I. (2007) Effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungi in the protection of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) against bayoud disease. *Physiol. Molec. Plant Pathol.*, 71:166-173.
- Joly, A.B. (2002) Botânica: introdução à taxonomia vegetal. 13ª ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 777p.
- Oliveira Junior, C.J.F., Neves, Y.T.R., Junqueira, P.S. (2010) População caiçara, mata atlântica e situação atual do palmito-juçara (*Euterpe edulis* Mart.) na região do Rio Una da Aldeia (Iguape-SP), entorno da Estação Ecológica Jureia-Itatins. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, 34 (6):1065-1073.
- Kageyama, P.Y. Mendes, F. B. G.; Silva, B. B. (2010) Juçara. SAF espécies: <http://safespecies.blogspot.com.br/2010/04/jucara.html> em: 22/02/18.
- Kaminski, J., Rheinheimer, D.S. (1994) Micorrização da Pensacola afetada por culturas precedentes. Taxa de crescimento e absorção de fósforo. *Reunião Brasileira Sobre Micorrizas*, 2, Florianópolis: Ed. da UFSC. p.38.
- Koske, R.E., Gemma, J.N. (1989) Observations on ' sporocarps ' of the VA mycorrhizal fungus *Rhizophagus litchii*. *Mycological Research*, 92 (4):488-490.

- Lacerda, K.A.P., Silva, M.M.S., Carneiro, M.A.C., Reis, E.F., Saggin Júnior, O.J. (2011) Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada no crescimento inicial de seis espécies arbóreas do Cerrado. *Cerne*, 17 (3):377-386.
- Leite, T.S., Dombroski, J.L.D., Freitas, R.M.O., Leite, M.S., Rodrigues, M.R.O. (2017) Produção de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* e partição de assimilados em resposta à adubação fosfatada e inoculação com fungos micorrízicos. *Ciência Florestal*, 27 (4):1157-1166.
- Lima, L.S.H., Franco, E.T.H., Schumacher, M.V. (2008) Crescimento de mudas de *Euterpe edulis* Martius em resposta a diferentes doses de fósforo. *Ciência Florestal*, 18 (4):461-470.
- Lima, F.S., Sousa, C.S. (2014) Crescimento e nutrição de mudas de clones de eucalipto inoculadas com fungos micorrízicos. *Pesq. Agropec. Trop.*, 44 (2):110-118.
- Lorenzi, H. (2010). *Flora brasileira: Arecaceae (palmeiras)*. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora. 382 p.
- Macfadden, J. (2005) A produção do açaí a partir dos frutos do palmitero (*Euterpe edulis* Martius) na mata atlântica. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Florianópolis – SC, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 100p.
- Machineski, O., Balota, E.L., Colozzi Filho, A., Andrade, D.S., Souza, J.R.P. (2009) Crescimento de mudas de peroba rosa em resposta à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares. *Ciência Rural*, 39 (2):567-570.
- Marschner, H., Dell, B. (1994) Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and Soil*, Netherlands, 159 (1):89-102.
- Martins, C.C., Bovi, M.L.A., Spiering, S.H. (2009a) Umedecimento do substrato na emergência e vigor de plântulas de pupunheira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 31 (1):224-230.
- Martins, C.C., Nakagawa, J., Bovi, M.L.A. (2009b) Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de açaí. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 31 (1):231-235.
- Marto, G.B.T. (2007) *Euterpe edulis* (Palmito-juçara): <http://www.ipef.br/identificacao/euterpe.edulis.asp> em: 22/02/18 página mantida pelo Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais – IPEF, São Paulo.
- Medina, J. M., Moreira, S.L.S., Alves, R.C., Martins, M.L., Campos, A.N.R. (2012) Fungos Micorrízicos Arbusculares em *Euterpe edulis* Martius (Palmeira Juçara) no Município de Rio Pomba/MG. *Vértices*, 14 (2):159-167.
- Meerow, A.W. (1991) Palm seed germination. Fort Lauderdale: IFAS Cooperative Extension Service, p. 274.
- Mello, A.H., Kaminski, J., Antonioli, Z.I., Santos, L.C., Souza, E.L., Schirmer, G.K., Goulart, R.M. (2008) Influência de substratos e fósforo na produção de mudas

- micorrizadas de *Acacia mearnsii* de Wild. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 18 (3):321-327.
- Miranda, J.C.C. (2008) Cerrado: micorriza arbuscular: ocorrência e manejo. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 169 p.
- Monteiro, R.B. (2017) Estrutura e distribuição espacial de *Euterpe edulis* em um fragmento florestal no município de Alegre - ES. Monografia (Engenharia Florestal) – Jerônimo Monteiro – ES, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, 39p.
- Moreira, F.M.S., Moreira, F.W. (1996) Característica de germinação de 64 espécies de leguminosas florestais nativas da Amazônia, em condições de viveiro. *Acta Amazônica*, 26 (1-2):3-16.
- Moreira, F.M.S., Siquera, J.O. (2006) Microbiologia e bioquímica do solo. 2. ed. atual. e ampl. Lavras: Editora UFLA, p. 729.
- Moreira, S.L.S., Prates Júnior, P., Fernandes, R.B.A., Cunha, A.C.M.M., Campos, A.N.R. (2016) Growth and nutrients uptake in *Euterpe edulis* Martius inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi. *Pesq. Agropec. Trop.*, Goiânia, 46 (2):169-176.
- Morte, A., Honrubia, M. (2002) Growth response of *Phoenix canariensis* to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi. *Palms*, 46:76-80.
- Muler, A.E., Rother, D.C., Brancalion, P.S., Naves, R.P., Rodrigues, R.R., Pizo, M.A. (2014). Can overharvesting of a non-timber-forest-product change the regeneration dynamics of a tropical rainforest? The case study of *Euterpe edulis*. *Forest Ecology and Management*, 324:117-125.
- Murrel, T.S.; Fixen, P E. (2006) Improving fertilizer phosphorus effectiveness: challenges for the future. Anais do International Symposium On Phosphorus Dynamics In The Soil-Plant Continuum, 3, Uberlândia: Embrapa Milho e Sorgo, p.150-151.
- Nadeem, S.M., Maqshoof, A., Zahir, A.Z., Arshad, J., Muhammad, A. (2014) The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments. *Biotechnology advances*, New York, 32 (2):429-448.
- Núñez-Castillo, O., Álvarez-Sánchez, F.J. (2003) Arbuscular mycorrhizae of the palm *Astrocaryum mexicanum* in disturbed and undisturbed stands of a Mexican tropical forest. *Mycorrhiza*, 13:271-276.
- Nunes, J.L.S., Souza, P.V.D., Marodin, G.A.B., Fachinello, J.C. (2009) Eficiência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento do porta-enxerto de pessegueiro 'Aldrighi'. *Bragantia*, 68 (4):931-940.
- Oliveira, R.B., Lima, J.S.S., Souza, C.A.M., Silva, C.A., Martins Filho, S. (2008) Produção de mudas de essências florestais em diferentes substratos e acompanhamento do desenvolvimento em campo. *Ciênc. Agrotec.*, 32 (1):122-128.

- Oliveira, V.E. (2009) Qualidade de mudas de *Euterpe edulis* Mart. e de *Archontophoenix alexandrae* Wendl. & Drude produzidas em diferentes recipientes. Monografia (Engenharia Florestal) – Seropédica – RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, 25p.
- Oliveira, L.C. (2011) Palinologia, citogenética e conteúdo de DNA nuclear em espécies do gênero *Euterpe*. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Lavras – MG, Universidade Federal de Lavras – UFLA, 92p.
- Parniske, M. (2008) Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. *nature reviews microbiology*. 6:763-775.
- Pellegrino, E., Bedini, S., Avio, L., Bonari, E., Giovannetti, M. (2011) Field inoculation effectiveness of native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi in a Mediterranean agricultural soil. *Soil Biol. Biochem.*, 43: 367-376.
- Peters, J.B. (2007) Wisconsin Procedures for Soil Testing, Plant Analysis and Feed & Forage Analysis: Plant Analysis. Department of Soil Science, College of Agriculture and Life Sciences, University of Wisconsin-Extension, Madison, WI. Disponível em: <<https://datcp.wi.gov/Documents/NMProcedures.pdf>>. Acessado em: 22/02/2018.
- Peterson, R.L., Massicotte, H.B., Melville, L.H. (2004) Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology. Nº 46325: Canada, 173p.
- Phillips, J.M., Hayman D.S. (1970) Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, 55:157-160.
- Pierin Neto, L. (2015) Influência do recipiente na qualidade de mudas de *Euterpe edulis* Martius (juçara) e *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (araucária). Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal) – Curitiba – PR, Universidade Federal do Paraná – UFPR, 51p.
- Ponte, A.N.L., Carneiro, D.S., Júnior, N.B.O., Silva, P.M., De Aguiar, V.R. (2010) Revisão bibliográfica sobre o palmito juçara (*Euterpe edulis*). Curso de Ciências Biológicas das Faculdades Integradas do Vale do Ribeira. Disponível em: <http://unifia.edu.br/revista_eletronica/revistas/gestao_foco/artigos/ano2012/palmito_jucara.pdf>. Acessado em: 22/02/2018.
- Pouyú-Rojas, E., Siqueira, J.O. (2000) Micorriza arbuscular e fertilização do solo no desenvolvimento pós transplante de mudas de sete espécies florestais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35 (1):103-114.
- Pouyú-Rojas, E., Siqueira, J.O., Santos, J.G.D. (2006) Compatibilidade simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares com espécies arbóreas tropicais. *R. Bras. Ci. Solo*, 30:413-424.

- Ramos-Zapata, J.A., Orellana, R., Allen, E.B. (2006) Mycorrhizal dynamics and dependence of *Desmoncus orthacanthos* Martius (Arecaceae), a native palm of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Interciencia*, 31:364-370.
- Ramos-Zapata, J., Orellana, R., Guadarrama, P., Medina-Peralta, S. (2009) Contribution of Mycorrhizae to Early Growth and Phosphorus Uptake by a Neotropical Palm. *Journal of Plant Nutrition*, 32:855–866.
- Ramos, S.L.F., Macedo, J.L.V., Martins, C.C., Lopes, R., Lopes, M.T.G. (2011) Tratamentos pré-germinativos e procedência de sementes do tucumã-do-amazonas na produção de mudas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 33:962-969.
- Redecker, D., Schüßler, A., Stockinger, H., Stürmer, S.L., Morton, J.B., Walker, C. (2013) An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota). *Mycorrhiza*, 23 (7):515-531.
- Reis, M.S., Guerra, M.P. (1999) Inventário dos Recursos Florestais da Mata Atlântica. Exploração, Utilização dos Recursos, Impactos Atuais e Potencialidades de Manejo. *Euterpe edulis* Martius (Palmito). Florianópolis: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica/UFSC.
- Rheinheimer, D.S., Ernani, P.R., Santos, J.C.P. (1997) Influência da micorriza no crescimento do *Trifolium riograndense* e na predição de absorção de fósforo por um modelo mecanístico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 21:191-197.
- Ribeiro, T.M., Martins, S.V., Lana, V.M., Silva, K.A. (2011) Sobrevivência e crescimento inicial de plântulas de *Euterpe edulis* Mart. transplantadas para clareiras e sub-bosque em uma floresta estacional semidecidual, em Viçosa, MG. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, 35 (6):1219-1226.
- Rodrigues, L.A., Barroso, D.G., Figueiredo, F.A.M.M.A. (2018) Fungos micorrízicos arbusculares no crescimento e na nutrição mineral de mudas de *Tectona grandis* L. F. *Ciência Florestal*, 28 (1):25-34.
- Rossa, U.B., Angelo, A.C., Nogueira, A.C., Bognola, I.A., Pomianoski, D.J.W., Soares, P.R.C., BARROS, L.T.S. (2013) Fertilização de liberação lenta no crescimento de mudas de paricá em viveiro. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 33 (75): 227-234.
- Sáenz, R.J.T., Ramírez, F.J.V., Flores, H.J.M., Sanches, A.R., Ruiz, J.A.P. (2010) Calidad de planta en viveros forestales de clima templado em Michoacán. *Folleto Técnico*. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Mich. México. 50 p.
- Saggin Júnior, O.J., Siqueira, J.O. (1995) Avaliação da eficiência simbiótica de fungos endomicorrízicos para o cafeeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 19 (1):221-228.

- Saldanha, C.W. (2007) Conservação in vitro de *Euterpes edulis* Martius através da embriogênese somática. Dissertação (Mestrado em Geomática) – Santa Maria - RS, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, 108p.
- Samarão, S.S., Rodrigues, L.A., Martins, M.A., Manhães, T.N., Alvim, L.A.M. (2011) Desempenho de mudas de gravioleira inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em solo não-esterilizado, com diferentes doses de fósforo. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, 33 (1):81-88.
- Santos, A.F., Tesmann, D.J., Vida, J.B., Santana, D.L.Q. (2007) Manejo fitossanitário em viveiros de palmeiras para palmito. Colombo: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 9 p.
- Santos, J.G.D., Siqueira, J.O., Moreira, F.M.S. (2008) Eficiência de fungos micorrízicos arbusculares isolados de solos de áreas de mineração de bauxita no crescimento inicial de espécies nativas. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:141-150.
- Schüßler, A., Walker, C. (2010) The Glomeromycota. A species list with new families and new genera. Disponível em: <[http:// www.AMF-phylogeny.com](http://www.AMF-phylogeny.com)>. Acessado em: 17/03/18.
- Schumacher, M.V., Ceconi, D.E., Santana, C.A. (2004) Influência de diferentes doses de fósforo no crescimento de mudas de angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida* (Bentham) Brenan). *Revista Árvore*, 28 (1):149-155.
- Schiavo, J.A., Martins, M.A., Rodrigues, L.A. (2010) Crescimento de mudas de *Acacia mangium*, *Sesbania virgata* e *Eucalyptus camaldulensis*, inoculadas com fungos micorrízicos, em casa-de-vegetação e em cava-de-extração de argila. *Acta Sci., Agron.*, 32 (1):171-178.
- SEAG, Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca, Instrução Normativa N°003 de 31 de julho de 2013, Vitória-ES. 2p.
- Sgrott, A.F., Booz, M.R., Pescador, R., Heck, T.C., Stümer, S.L. (2012) Arbuscular mycorrhizal inoculation increases biomass of *Euterpe Edulis* and *Archontophoenix Alexandrae* after two years under field conditions. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 36 (4):1103-1112.
- Silva, E.M.R., Sudo, A., Almeida, D.L., Matos, R.M.B., Pereira, M.G., Bovi, M.L.A., Machado, C.T.T. (1998) Ocorrência e Efetividade de Fungos Micorrízicos em Plantas Cultivadas. Seropédica: Embrapa Agrobiologia. Embrapa - CNPAB, p. 25.
- Silva, M.A., Cavalcante, U.M.T., Silva, F.S.B., Soares, S.A.G., Maia, L.C. (2004) Crescimento de mudas de maracujazeiro doce (*Passiflora alata* Curtis) associadas a fungos micorrízicos arbusculares (Glomeromycota). *Acta Botanica Brasílica*, 18:981-985.
- Silva, F.A.M., Souza, I.V., Zanon, J.A., Nunes, G.M., Silva, R.B., Ferrari, S. (2015) Produção de mudas de juçara com resíduos agroindustriais e lodo de esgoto compostados. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, 9 (2):109-121.

- Silva, E.P., Ferreira, P.A.A., Furtini-Neto, A.E. Soares, C.R.F.S. (2017) Micorrizas arbusculares e fosfato no desenvolvimento de mudas de cedro-australiano. *Ciência Florestal*, 27 (4):1269-1281.
- Silva, E.N., Tavares, A.T., Silva, C.P., Ferreira, T.A., Carline, J.V.G., Nascimento, I.R. (2018) Fungos micorrízicos arbusculares e doses de fósforo no desenvolvimento de mudas de guanandi. *Nativa, Sinop*, 6 (3):246-251.
- Silva Filho, J.L.V. (2005) Análise econômica da produção e transformação em arpp, dos frutos de *Euterpe edulis* Mart. em açaí no município de Garuva estado de Santa Catarina. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Florianópolis – SC, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 60p.
- Silva Junior, J.P., Cardoso, E.J.B.N. (2006) Micorriza arbuscular em cupuaçu e pupunha cultivados em sistema agroflorestal e em monocultivo na Amazônia Central. *Pesq. Agropec. Bras.*, 41:819-825.
- Silveira, A.P.D., Silva, L.R., Azevedo, I.C., Oliveira, E., Meletti, L.M.M. (2003) Desempenho de fungos micorrízicos arbuscular na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo em diferentes substratos. *Bragantia*, 62 (1):89-99.
- Simon, A.A., Borchardt, I., Benez, M.C. (2012) Perspectivas e potencialidades de produção e de mercado dos produtos da sociobiodiversidade de Santa Catarina. Catarina. Florianópolis: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa – EPAGRI, 32 p.
- Siqueira, J.O., Carneiro, M.A.C., Curi, N., Rosado, S.C.S., Davide, A.C. (1998) Mycorrhizal colonization and mycotrophic growth of native woody species as related to sucessional groups in Southeastern Brazil. *For. Ecol. Manag*, 107:241-252.
- Siqueira, J.O., Saggin-Júnior, O.J. (2001) Dependency on arbuscular mycorrhizal fungi and responsiveness of Brazilian native wood species. *Mycorrhiza*, 11 (5):245-255
- Siqueira, J.O., Lambais, M.R., Stürmer, S.L. (2002) Fungos Micorrízicos arbusculares. Características, associação simbiótica e aplicação na agricultura. *Biotechnol. Ci. Desenv.*, 25:12-21.
- Siqueira, J.O., Soares, C.R.F. S., Santos, J.G.D., Carneiro, M.A.C. (2007) Micorrizas e degradação do solo: caracterização, efeitos e ação recuperadora. *Tópicos em Ciência do Solo*, 5:219-306.
- Siqueira, A.P.S., Santos, K.F.S., Barbosa, T.A., Freire, L.A.S., Camêlo, Y.A. (2018) Technological differences between açaí and juçara pulps and their sorbets. *Brazilian Journal of Food Technology*, 21:e2017047.
- Siqueira, J.O. (1996) Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas. Lavras: Universidade Federal de Lavras, p.39-65.
- Smith, S.E., Read, D.J. (2008) Mycorrhizal Symbiosis. 3ª ed. Califórnia: Academic Press, p.605.

- Souza, V.C.; Lorenzi, H. (2005) Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Nova Odessa: Plantarum, 106-125 p.
- Souza, F.A., Gomes, E.A., Vasconcelos, M.J.V. (2011) Micorrizas arbusculares: perspectivas para aumento da eficiência de aquisição de fósforo (P) em Poaceae – gramíneas. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo. 30 p.
- Souza, S.E.X.F. (2015) Manejo de *Euterpe edulis* Mart. para produção de polpa de fruta: subsídios a conservação da biodiversidade e fortalecimento comunitário. Tese (Doutorado em Ciências) – Piracicaba – SP, Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP – ESALQ, 152p.
- Sudo, A., Silva, E.M.R., Bovi, M.L.A., Almeida, D.L., Cozzolino, K. (1996) Produção de mudas de pupunheira colonizadas por fungos micorrízicos arbusculares. *R. Bras. Ci. Solo*, 20:529-532.
- Sugai, M.A.A., Collier, L.S., Saggin-Júnior, J.O. (2011) Inoculação micorrízica no crescimento de mudas de angico em solo de cerrado. *Bragantia*, 70 (2):416-423.
- Swaminathan, C., Srinivasan, V.M. (2006) influence of microbial inoculants on seedling production in teak (*Tectona grandis* L.f.) *Journal of Sustainable Forestry*, 22 (3-4):63-76.
- Tahat, M.M., Kamaruzaman, S., Othman, R. (2010) Mycorrhizal fungi as a biocontrol agent. *Plant Pathology Journal*, 9 (4):198-207.
- Tanaka, Y., Yano, K. (2005) Nitrogen delivery to maize via mycorrhizal hyphae depends on the form of N supplied. *Plant, Cell Environment*, 28:1247-1254.
- Tennant, D.A. (1975) A test of a modified line intersects method of estimating root length. *Journal of Ecology*, 63:995-1001.
- Thomaz, R. (2007) Crescimento e nutrição de mudas de *Pinus taeda* no estado do rio grande do sul. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Santa Maria – RS - Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, 64p.
- Trazzi, P.A., Caldeira, M.V. W., Colombi, R., Gonçalves, E.O. (2012) Qualidade de mudas de *Murraya paniculata* produzidas em diferentes substratos. *Revista Floresta*, Curitiba, 42 (3):621-630.
- Trevisan, A.C., Fantini, A.C., Schmitt-Filho, A.L., Farley, J. (2015) Market for amazonian açai (*Euterpe oleraceae*) stimulates pulp production from Atlantic Forest juçara berries (*Euterpe edulis*). *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 39 (7):762-781.
- Venturi, S., Paulilo, M.T.S. (1998) Esgotamento das reservas na semente de *Euterpe edulis* Mart. e efeito da nutrição mineral nas plântulas. *Acta. bot. bras.*, 12 (3):215-220.

- Viégas, L.B. (2015) Viabilidade do recipiente biodegradável na produção de mudas florestais nativas. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Botucatu – SP, Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, 157 p.
- Vieira, M.E. (2017) Micorrizas arbusculares e fósforo em jambu (*Acmella oleracea*) (L) R.K Jansen. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, 67p.
- Walder, F., Niemann, H., Natarajan, M., Lehmann, M. F., Boller, T., Wiemken, A. (2012) Mycorrhizal networks: common goods of plants shared under unequal terms of trade. *Plant physiology*, New York, 159 (2):789-797.
- Wang, B., Qiu, Y.-L. (2006) Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. *Mycorrhiza*, 16:299-363.
- Wang, X., Shen, J., Liao, H. (2010) Acquisition or utilization, which is more critical for enhancing phosphorus efficiency in modern crops? *Plant Science*, 179 (4):302-306.
- Wehner, J., Antunes, P.M., Powell, J.R., Mazukatow, J., Rillig, M.C. (2010) Plant pathogen protection by arbuscular mycorrhizas: a role for fungal diversity? *Pedobiologia*, 53 (3):197-201.
- Yang, G., Liu, N., Lu, W., Wang, S., Kan, H., Zhang, Y., Xu, L., Chen, Y. (2014) The interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and soil phosphorus availability influences plant community productivity and ecosystem stability. *Journal of Ecology*, London, 102 (4):1072-1082.
- Zambonim, F.M. (2011) Agrossilvicultura de *Euterpe Edulis* Martius: efeitos nas características físicas e químicas do solo e proposta de recomendação de adubação da cultura no Estado de Santa Catarina. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais) – Seropédica – RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, 88p.
- Zangaro, W., Bononi, V.L.R., Trufen, S.B. (2000) Mycorrhizal dependency, inoculum potential and habitat preference of native woody species in South Brazil. *J. Trop. Ecol.*, 16:603-622.
- Zangaro, W., Nisizaki, S.M.A., Domingos, J.C.B., Nakano, E.M. (2003) Mycorrhizal response and successional tatus in 80 woody species from south Brazil. *J. Trop. Ecol.*, 19:315-324.
- Zhang, H., Huang, Y., Ye, X., Shi, L., Xu, F. (2009) Genotypic differences in phosphorus acquisition and the rhizosphere properties of *Brassica napus* in response to low phosphorus stress. *Plant Soil*, 320 (1):91-102.
- Zonta, E.P., Machado, A.A., Silveira Júnior, P. (1984). Sistema de análises estatísticas para microcomputadores (SANEST). Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 151 p.

APÊNDICES

Tabela 1 A. Valores de probabilidade pelo teste F para as fontes de variação e coeficientes de variação (C.V.) obtidos na análise de variância dos parâmetros biométricos: altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), área foliar (AF), massa da matéria seca da parte aérea, comprimento total da raiz (CTR), área superficial da raiz (ASR), volume de raiz (VR), diâmetro da raiz (DR) e massa da matéria seca da raiz de mudas de palmeira juçara em função dos fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada, aos 226 dias após a semeadura.

Fator de Variação	H (cm)	DC (mm)	AF (cm ²)	MSPA (g)	CTR (cm)	ASR (cm ²)	VR (cm ³)	DR (mm)	MSR (g)
Fungo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,007	0,003	0,338	0,023
Fósforo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,641	0,833	0,941	0,520	0,000
Fungo x Fósforo	0,004	0,022	0,014	0,001	0,155	0,195	0,168	0,035	0,185
C.V. (%)	5,464	5,532	11,785	8,379	15,969	15,272	15,624	4,902	13,292

Tabela 2 A. Valores de probabilidade pelo teste F para as fontes de variação (F.V.), e coeficientes de variação (C.V.) obtidos na análise de variância da porcentagem de colonização micorrízica (PCM) e dos índices: relação altura/ diâmetro do coleto (H/DC), massa da matéria seca da parte aérea/ massa da matéria seca da raiz (MSPA/MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de palmeira juçara em função dos fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada, aos 226 dias após a semeadura.

Fator de Variação	IQD	H/DC	MSPA/MSR	PCM
Fungo	0,002	0,111	0,016	0,000
Fósforo	0,000	0,011	0,041	0,002
Fungo x Fósforo	0,077	0,398	0,109	0,000
C.V. (%)	11,229	5,750	8,588	12,913

Tabela 3 A. Valores de probabilidade pelo teste F para as fontes de variação, e coeficientes de variação (C.V.) obtidos na análise de variância do conteúdo de N, P, K, Ca, Mg e S na massa da matéria seca da parte aérea de mudas de palmeira juçara em função dos fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada, aos 226 dias após a semeadura.

Fator de Variação	N	P	K (mg/planta)	Ca	Mg	S
Fungo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fósforo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fungo x Fósforo	0,050	0,000	0,011	0,001	0,001	0,003
C.V. (%)	10,379	10,228	12,420	10,421	11,223	8,918



Figura 1 A. Produção e inoculação das mudas de palmeira juçara.



Figura 2 A. Biometria de altura e diâmetro do coleto de mudas de palmeira juçara.



Figura 3 A. Quantificação da biomassa de mudas de palmeira juçara.

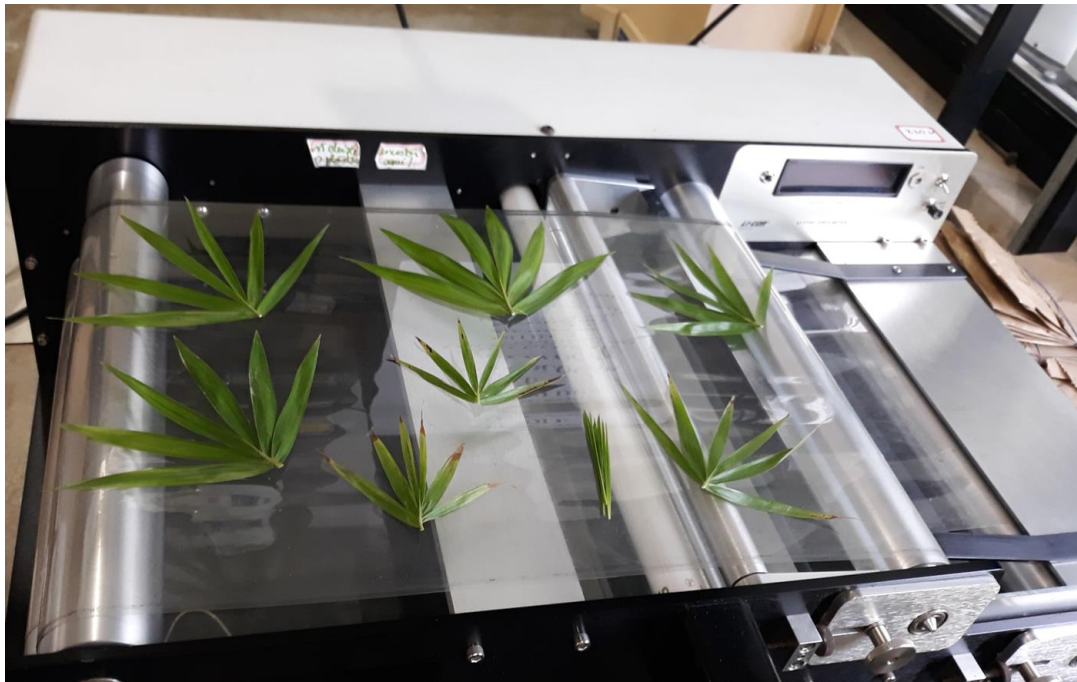


Figura 4 A. Mensuração da área foliar de mudas de palmeira juçara.



Figura 5 A. Mensuração biométrica de raízes de palmeira juçara.



Figura 6 A. Preparo das raízes para análise de porcentagem de colonização micorrízica.

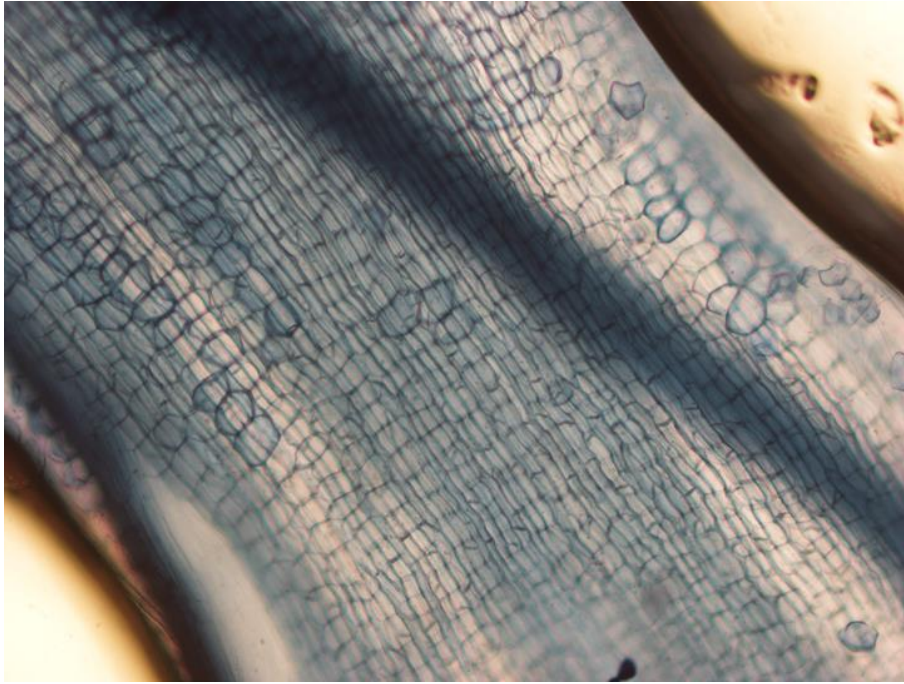


Figura 7 A. Raiz de palmeira juçara sem evidência de colonização micorrízica.

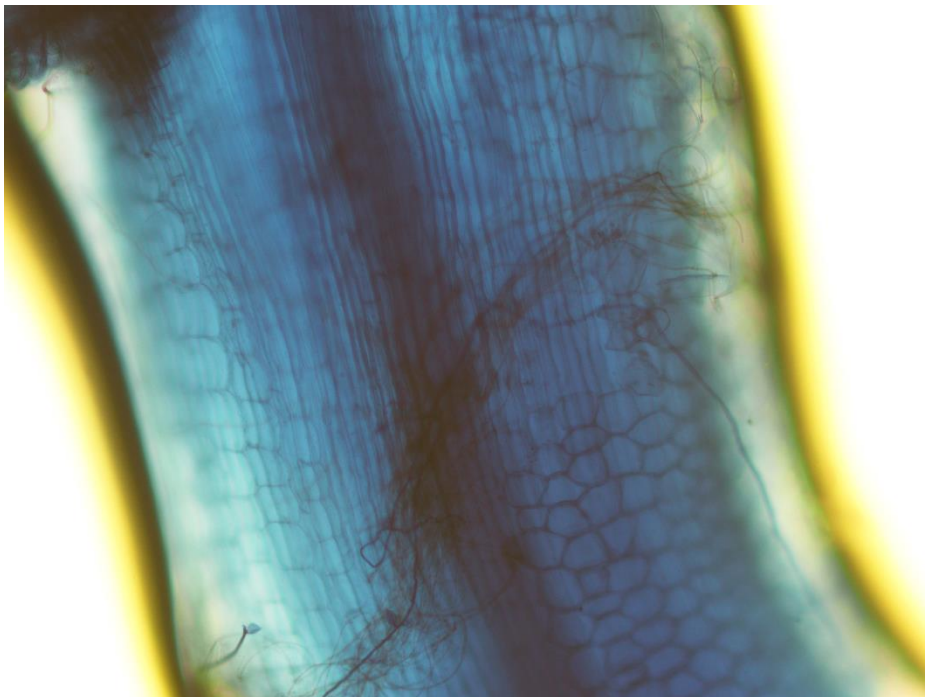


Figura 8 A. Raiz de palmeira juçara com hifas fúngicas micorrízicas.



Figura 9 A. Mudanças de palmeira juçara inoculadas com FMAs em casa de vegetação.



Figura 10 A. Mudanças de palmeira juçara inoculadas com FMAs 226 após semeadura.

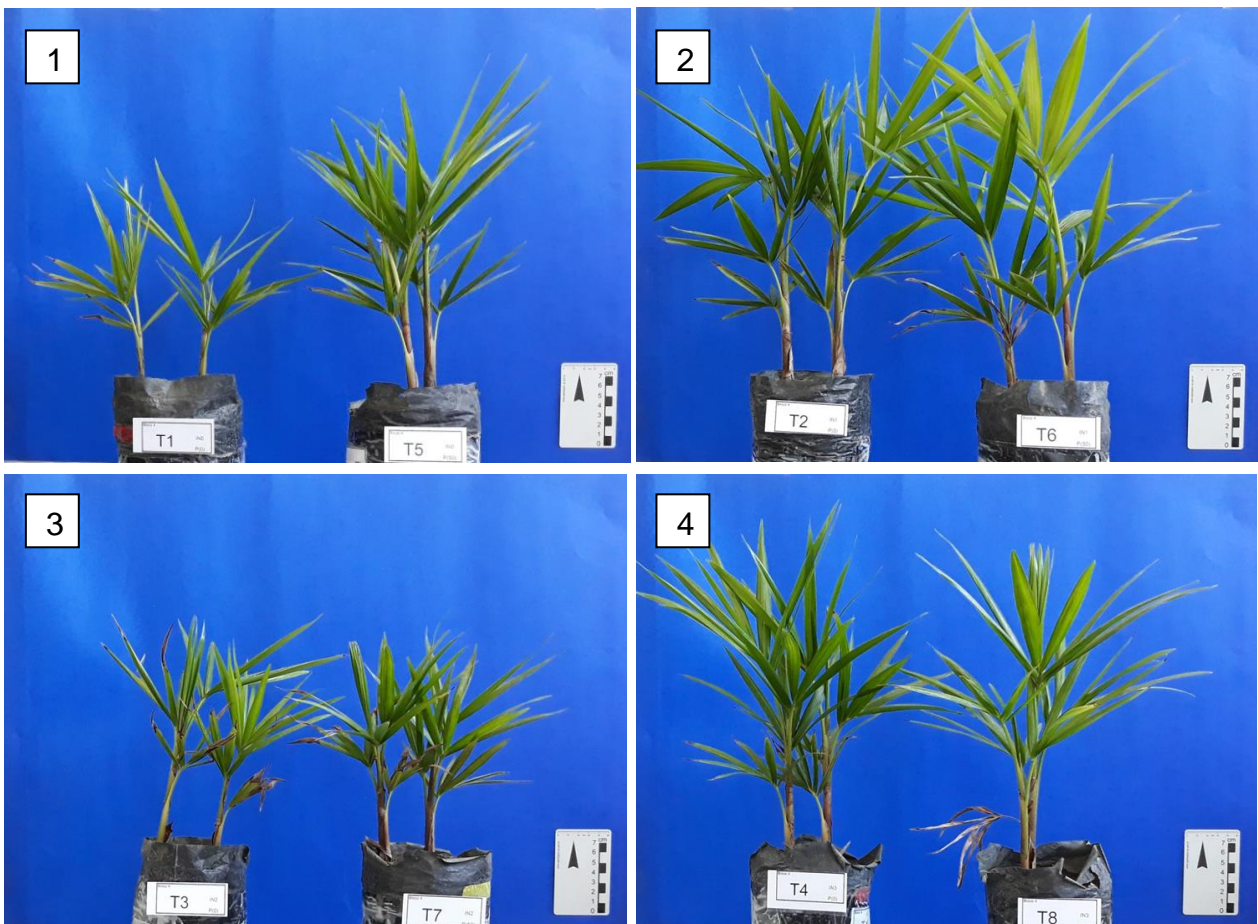


Figura 11 A. Mudanças de palmeira juçara inoculadas fungos micorrízicos arbusculares, com e sem adição de fósforo. 1 - tratamentos não inoculados, na dose 0 e 50 mg dm⁻³, respectivamente; 2 - tratamentos inoculados com *Rhizophagus clarus*, na dose 0 e 50 mg dm⁻³, respectivamente; 3 - tratamentos inoculados com *Claroideoglomus etunicatum*, na dose 0 e 50 mg dm⁻³, respectivamente; 4 - tratamentos inoculados com *Rhizophagus clarus* + *Claroideoglomus etunicatum*, na dose 0 e 50 mg dm⁻³, respectivamente.