

EFEITO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES E DA ADUBAÇÃO NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Eugenia uniflora* L., PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS¹

SAMANTA JAQUELINE DALANHOL², ANTONIO CARLOS NOGUEIRA³,
SÉRGIO GAIAD⁴, DAGMA KRATZ⁵

RESUMO- O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), da adubação e da composição do substrato no crescimento de mudas de *Eugenia uniflora*. As sementes foram germinadas em vermiculita média e repicadas para tubetes (100 cm³) contendo substratos à base de vermicomposto e casca de arroz carbonizada e, como controle, utilizou-se do substrato comercial à base de casca de pinus. Estes substratos foram testados com e sem inoculação micorrízica, adicionada ao substrato, como também se testaram a presença e a ausência de adubação de cobertura. Foram analisadas as propriedades físico-químicas dos substratos formulados. Avaliaram-se a altura, o diâmetro do colo, a agregação das raízes ao substrato, a biomassa seca aérea, a biomassa seca radicial e foram determinados a relação entre altura e diâmetro do colo e o índice de qualidade de Dickson. A inoculação com FMAs não influenciou no crescimento das mudas, enquanto a interação entre substratos e adubação foi significativa para a maioria das variáveis. A ausência de resposta aos FMAs foi, provavelmente, devido às altas concentrações de fósforo nestes substratos. Concluiu-se que o substrato à base de vermicomposto e casca de arroz carbonizada, na proporção de 20/80, pode ser utilizado na produção de mudas desta espécie.

Termos para Indexação: pitanga; micorriza; vermicomposto; casca de arroz carbonizada.

EFFECT OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI AND FERTILIZATION ON GROWTH OF SEEDLINGS OF *Eugenia uniflora* L., PRODUCED IN DIFFERENT SUBSTRATES

ABSTRACT- The aim of this study was to evaluate the effect of mycorrhizal fungi (AMF), the fertilization and substrate composition on growth of seedlings of *Eugenia uniflora*. The seeds were germinated in vermiculite and transplanted to plastic tubes (100 cm³) containing substrates with vermicompost and carbonized rice hull, and as a control, we used the commercial substrate prepared with pine bark. These substrates were tested with and without mycorrhizal inoculation, added to the substrate, but also tested the presence and absence of fertilization. The physicochemical properties of formulated substrates were analyzed. Were evaluated height, stem diameter, aggregation of roots to the substrate, air dry biomass, radicial dry biomass and were determined the relationship between height and stem diameter and Dickson quality index. Inoculation with AMF did not influence the growth of seedlings, whereas the interaction between substrates and fertilization was significant for most variables. The lack of response to AMF was probably due to high concentrations of phosphorus in these substrates. It was concluded that the substrate with vermicompost and carbonized rice hulls in the ratio of 20/80 can be used in the production of seedlings of this species.

Index terms: pitanga; mycorrhiza, vermicompost, carbonized rice hulls.

¹(Trabalho 266-14). Recebido em: 23-09-2014. Aceito para publicado em: 02-04-2015. Trabalho financiado pela CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

²Bióloga, MSc., Doutoranda em Ciências Biológicas (Botânica), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. E-mail: dalanholsj@gmail.com

³Eng. Florestal, Dr., Prof. Associado, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná. E-mail: nogueira@ufpr.br

⁴Eng. Florestal, Dr., Pesquisador A, Embrapa Florestas. E-mail: sergio.gaiad@embrapa.br

⁵Eng. Florestal, MSc., Doutoranda em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná. E-mail: dagkratz@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A pitanga (*Eugenia uniflora*) é uma planta semidecídua e ocorre do nordeste do Brasil ao norte da Argentina, sendo mais frequente nos planaltos do sul do País. É cultivada em pomares domésticos, para a produção de frutos, que são muito saborosos e ricos em vitamina C (CARVALHO, 2006; LORENZI, 2008). Devido à sua adaptabilidade aos diversos solos e climas, plantios comerciais dessa espécie podem ser encontrados em diversas partes do globo, sendo que o maior se encontra no Estado de Pernambuco, Brasil, produzindo entre 1.200 e 1.700 ton/ano. É comercializada principalmente na forma de polpa e tem sido amplamente exportada para o mercado europeu (SILVA, 2006).

Além disso, o aumento dos problemas ambientais e a necessidade de recuperação de áreas degradadas tem aumentado o interesse pelas espécies nativas brasileiras (CARVALHO FILHO et al., 2003), o que faz com que aumente a demanda por mudas florestais, principalmente as frutíferas. Muitas dessas espécies necessitam de pesquisas que aperfeiçoem sua produção a baixo custo e com qualidade (JOSÉ et al., 2005). De acordo com Silva et al. (2001), o uso de substratos adequados, associados ao emprego de fungos micorrízicos arbusculares, contribui para a formação de mudas com qualidade superior.

As principais funções do substrato são a sustentação e a nutrição da planta. O substrato pode ser de qualquer material ou mistura de materiais que contenham características físicas desejáveis para o desenvolvimento da muda, pois as propriedades químicas ideais podem ser alcançadas com a adubação (WENDLING; GATTO, 2002; GOMES; PAIVA, 2011). Quando se encontram em quantidades abaixo ou acima do adequado, podem causar sintomas de deficiência ou de toxidez, respectivamente. Para corrigir as deficiências, utiliza-se da adubação (TRATCH, 2009). Porém, a adubação pode inibir o crescimento de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), pois Ramos e Martins (2010) supõem que a alta absorção de fósforo pode dificultar a penetração das hifas nas raízes, resultando em baixa colonização.

Os FMAs associam-se acerca de 80% das famílias de plantas conhecidas. Entre estas, as espécies florestais e frutíferas brasileiras respondem bem à inoculação, sendo beneficiadas principalmente em relação à absorção de fósforo (BERBARA et al., 2006). As plantas micorrizadas são mais tolerantes ao estresse do transplantio e têm maior índice de sobrevivência no campo. A inoculação com inoculantes eficientes permite também reduzir o uso de fertilizantes e corretivos adicionados aos

substratos (MIRANDA, 2006), diminuindo o custo da produção de mudas.

Dessa forma, visando à produção de mudas de *E. uniflora* com maior qualidade, objetivou-se, neste trabalho, avaliar o efeito de FMAs, da adubação e da composição do substrato no crescimento de mudas dessa espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Propagação de Plantas da Embrapa Florestas, localizada em Colombo, Paraná, situada a 25°19'17" de latitude S e 49°09'39" de longitude W. O clima da região é classificado como Cfb (clima subtropical úmido), com verões frescos e geadas severas, de acordo com o Sistema Internacional de Köppen.

Os frutos de *E. uniflora* foram coletados da árvore e do chão (frutos íntegros) de 12 matrizes localizadas no município de Colombo, Paraná, os quais foram macerados em água, com ajuda de uma peneira, para facilitar a retirada das sementes. Também foi coletado material vegetal em época reprodutiva, herborizado e identificado no herbário do Laboratório de Ecologia da Embrapa Florestas. A exsiccata está tombada sob o número HFC 8957.

Após o beneficiamento, as sementes permaneceram à sombra para secagem superficial. Como sementeira, foram utilizadas caixas de polipropileno perfuradas, com dimensões de 14 cm de altura, 30 cm de largura e 37 cm de comprimento, as quais foram preenchidas com vermiculita média ocupando cerca de 75% do volume da caixa. Após a semeadura, as sementes foram cobertas com uma camada de vermiculita equivalente ao tamanho da semente e permaneceram em estufa de vidro até atingirem a altura adequada para a repicagem.

Quando as plântulas atingiram entre 5 e 10 cm (aproximadamente 40 dias após a semeadura), foi realizada a repicagem das plântulas para tubetes preenchidos com os seguintes substratos: S1 – 100% substrato comercial à base de casca de pinus; S2 – 50% vermicomposto (VM) + 50% casca de arroz carbonizada (CAC); S3 – 40% VM + 60% CAC; S4 – 30% VM + 70% CAC; S5 – 20% VM + 80% CAC; S6 – 10% VM + 90% CAC e S7 – 5% VM + 95% CAC. Para evitar o envelhecimento, as raízes foram podadas no momento da repicagem, permanecendo com tamanho entre 5 e 7 cm.

Antes da mistura dos substratos, o vermicomposto e o substrato comercial à base de casca de pinus foram esterilizados em autoclave a 120 °C (1 atm), por 40 minutos, a fim de garantir que somente os fungos micorrízicos do inóculo estariam

presentes nos substratos.

Os substratos foram homogeneizados manualmente, umedecidos e distribuídos em bandejas contendo tubetes de 100 cm³. Estas bandejas foram agitadas e preenchidas com mais substrato, sendo este procedimento repetido até os tubetes ficarem totalmente preenchidos.

Cada substrato foi testado com e sem inoculação micorrízica, para a qual se utilizou um inóculo comercial (mínimo de 12.000 esporos de fungos endomicorrízicos por grama do produto) contendo uma mistura dos seguintes fungos micorrízicos arbusculares: *Glomus brasilianum*, *Glomus clarum*, *Glomus deserticola*, *Glomus intraradices*, *Glomus margarita*, *Glomus monosporus* e *Glomus mosseae*. Utilizou-se de 700 g de inóculo para cada m³ de substrato, adequado conforme recomendação do fabricante, que é de 500 a 750 g por m³, o qual foi adicionado ao substrato logo após sua formulação.

Após a repicagem, as mudas permaneceram por 15 dias em estufa sombreada (sombrite 50%) para aclimação e, posteriormente, foram transferidas para estufa de vidro, onde permaneceram até o término do experimento, aos 180 dias. O sistema de irrigação da estufa sombreada consistiu em um minuto a cada hora (entre as 9h e 18h), enquanto na estufa de vidro foi quatro vezes ao dia, com duração de 10 minutos. Nos dias nublados ou chuvosos, o tempo de irrigação foi reduzido entre 20% e 50%.

Cada substrato também foi testado com e sem adubação de cobertura. Após a aclimação das mudas, iniciou-se a adubação de crescimento com 3 g L⁻¹ de Super Fosfato Simples, 4 g L⁻¹ de Ureia, 3 g L⁻¹ de Cloreto de Potássio e 0,025 g L⁻¹ de FTE BR 12 (7,1% Ca; 5,7% S; 1,8% B; 0,8% Cu; 2,0% Mn; 0,1 %Mo e 9,0 % Zn) na proporção de 6 litros de adubo para cada 1.000 mudas. Aos 150 dias, iniciou-se a adubação de rustificação que consistiu em Super Fosfato Simples (10 g L⁻¹), Sulfato de Amônio (4 g L⁻¹), Cloreto de Potássio (4 g L⁻¹) e FTE BR 12 (1 g L⁻¹) na proporção de três litros para cada 1.000 mudas, mantendo-se assim até o término do experimento, aos 180 dias, seguindo recomendações de Wendling et al. (2011) para espécies florestais nativas.

Esses sais foram dissolvidos em água e aplicados sobre as mudas com auxílio de regador, uma vez por semana. Cerca de 10 minutos após a aplicação do adubo, as mudas foram irrigadas para retirar o adubo que porventura ficou aderido às folhas. Para não haver diferença entre mudas adubadas e não adubadas, estas últimas também foram irrigadas, mesmo não tendo recebido adubação.

No término do experimento, aos 180 dias, avaliaram-se: altura, utilizando-se de régua, com precisão de 0,1 cm, tendo como limite a gema apical da muda; o diâmetro do colo, medido com paquímetro digital, com precisão de 0,01 mm. A agregação das raízes ao substrato (Figura 1), no qual se submeteu a muda à queda livre de um metro de altura, atribuindo nota zero para o torrão totalmente esboroado e dez para aquele que permaneceu totalmente íntegro (WENDLING et al., 2007); biomassa seca da parte aérea e do radicial, nos quais as mudas foram secas em estufa de circulação forçada a 60°C por 48 h e pesadas em balança analítica com precisão de 0,001 g.

Também foram calculados índices morfológicos: relação entre altura (H) e diâmetro do colo (DC) = H (cm)/DC (mm) e índice de qualidade de Dickson (IQD) = BST/(H/DC+BSA/BSR). Em que, BST = biomassa seca total (g); H = altura (cm); DC = diâmetro de colo (mm); BSA = biomassa seca aérea (g); BSR = biomassa seca radicial (g).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial (7x2x2), sendo sete diferentes substratos, com e sem inoculação micorrízica e com e sem adubação de cobertura, totalizando 28 tratamentos. Utilizou-se de cinco repetições de 20 mudas, para as variáveis altura e diâmetro do colo, e para as análises destrutivas utilizou-se de cinco repetições de 10 mudas por tratamento. Realizou-se o teste de Bartlett, para verificar a homogeneidade das variâncias entre os tratamentos, as que se mostraram homogêneas foram submetidas ao teste F e pelo teste de Tukey, e as médias foram comparadas ao nível de 5% de probabilidade de erro. Os dados não homogêneos foram transformados em Log (X) e após, quando negativos, utilizou-se também de X=X+C, sendo C um número inteiro. Os dados transformados foram utilizados somente na análise estatística, enquanto nas tabelas e figuras mantiveram-se os dados originais.

As análises físicas e químicas dos substratos foram realizadas no Núcleo de Solos e Ciclos Biogeoquímicos da Embrapa Florestas, respectivamente, nos Laboratórios de Física e Química do Solo. Determinaram-se: densidade aparente, porosidade total, capacidade de retenção de água (microporosidade), espaço de aeração (macroporosidade), matéria orgânica, pH (H₂O), condutividade elétrica (H₂O), macronutrientes (N disponível, P, K, S, Ca e Mg) e micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn).

Para a realização das análises, foram separados cerca de 2 litros de cada um dos substratos

a serem utilizados nos tratamentos, sem inóculo de micorrizas. As análises físicas foram realizadas seguindo a Instrução Normativa nº 17 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2007). Para as análises químicas, utilizou-se das metodologias de Nogueira e Souza (2005). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises físicas (densidade aparente, porosidade total, espaço de aeração e capacidade de retenção de água) e químicas (matéria orgânica, pH, condutividade elétrica), macronutrientes (cálcio, magnésio, potássio, fósforo, enxofre e nitrogênio disponível) e micronutrientes (cobre, ferro, manganês e zinco), nos substratos estudados, estão nas Tabelas 1 e 2.

A altura da parte aérea foi influenciada pela interação entre substratos e inoculação micorrízica, porém somente em dois substratos houve diferença para mudas com e sem inoculação, sendo que, para o substrato com 50% de vermicomposto, o melhor resultado foi para mudas sem inoculação, e, no substrato com 30% de vermicomposto, as mudas inoculadas apresentaram melhor crescimento (Figura 2A).

Ao contrário do observado neste estudo, Silva et al. (2008) verificaram que a inoculação micorrízica associada ao uso de vermicomposto como substrato estimulou o crescimento das mudas de *Annona muricata* em altura, dispensando o uso de fertilizantes. Por outro lado, os estudos de Silva et al. (2006) indicaram que o uso de FMAs não influenciou no crescimento das mudas e que as concentrações de 20% e 25% de vermicomposto utilizadas causaram um efeito negativo sobre os FMAs, sendo consideradas doses muito elevadas, assim como observado no presente estudo, pois diferentes espécies vegetais possuem diferentes graus de dependência a fungos micorrízicos e ainda existe falta de informação a este respeito para espécies florestais nativas.

De acordo com Silva et al. (2006), algumas plantas necessitam de mais de seis meses no viveiro para o estabelecimento da simbiose efetiva, principalmente quando se utilizam substratos ricos em nutrientes. Os mesmos autores também verificaram que a aplicação de FMAs não reduz o tempo de viveiro nem aumenta o crescimento das mudas, assim como observado para as mudas de *E. uniflora*. Porém, nas condições deste estudo, não seria possível manter as mudas inoculadas por mais tempo em viveiro, pois os tratamentos com adubação

já haviam atingido os valores ideais de altura para plantio a campo.

A altura das mudas de *E. uniflora* foi significativamente influenciada pela interação entre os substratos e a adubação. Em todas as concentrações de vermicomposto, as mudas adubadas apresentaram melhor crescimento, sendo estatisticamente superiores às mudas não adubadas, o que não ocorreu com o substrato comercial, no qual as mudas não apresentaram diferenças significativas nos tratamentos com ou sem adubação. Para as mudas adubadas, todos os substratos contendo vermicomposto e casca de arroz carbonizada foram superiores ao substrato comercial. Nas mudas não adubadas, o substrato comercial foi um dos melhores substratos, estatisticamente igual aos com concentrações de 30% a 50% de vermicomposto, que se deve provavelmente à adubação de base acrescentada à casca de pínus anteriormente à comercialização (Figura 2B).

Vandressen et al. (2007), trabalhando com cinco diferentes espécies arbóreas, verificaram que a adição de adubos ao substrato promoveu melhor crescimento das mudas quando comparadas ao controle sem adubação. Estes dados corroboram os deste estudo, mostrando que a adubação é um fator importante no crescimento das mudas de *E. uniflora*.

A adubação nos viveiros tem sido feita independentemente da qualidade nutricional dos substratos, utilizando geralmente substrato comercial com baixa fertilidade. O uso de substratos mais ricos em nutrientes pode ajudar a diminuir os custos com fertilizantes (GUERRINI; TRIGUEIRO, 2004), como foi observado neste estudo.

Steffen et al. (2011), testando diferentes concentrações de vermicomposto em mudas de *Eucalyptus grandis* e *Corymbia citriodora*, verificaram estabilização do crescimento das mudas em concentrações entre 20% e 60% de vermicomposto, e a resposta máxima em altura foi observada na concentração de 80% de vermicomposto. No atual estudo, observou-se crescimento gradual das mudas nas concentrações entre 5% e 20%, a partir da qual houve estabilização no crescimento.

Abreu et al. (2005) verificaram que a dose máxima de superfosfato simples a ser acrescentada ao substrato para mudas de *E. uniflora* é de 5 kg m⁻³, no qual as mudas apresentaram cerca de 16,5 cm de altura aos 180 dias. Valor abaixo dos encontrados no presente estudo, indicando que os substratos com casca de arroz carbonizada e vermicomposto, acrescidos de adubação, ocasionam melhor crescimento das mudas de *E. uniflora*.

A interação entre adubação e substratos foi

significativa para o diâmetro do colo de mudas de *E. uniflora*. Em todos os tratamentos, observou-se maior diâmetro do colo em mudas adubadas e constatou-se um crescimento gradual das mudas em todos os substratos, sendo que, conforme se aumentou a proporção de vermicomposto, verificou-se um incremento no diâmetro do colo das mudas. Nas mudas com adubação, os melhores substratos foram os com 20% a 50% de vermicomposto, enquanto para as mudas não adubadas, os melhores substratos ficaram entre 30% e 50% de vermicomposto (Figura 3).

Estes resultados diferem do encontrado por Danner et al. (2007), trabalhando com *Plinia* sp., pertencente à mesma família da espécie em estudo, os quais verificaram que o melhor substrato foi à base de casca de pinus, comparando-se com outros tratamentos contendo vermicomposto.

Caldeira et al. (2000), trabalhando com *Acacia mearnsii*, verificaram que doses entre 20% e 60% de vermicomposto foram as melhores para o incremento em diâmetro do colo das mudas, sendo que a concentração de 80% pode ser considerada tóxica, pois causou diminuição no crescimento das mudas. No presente estudo, verificou-se estabilização no crescimento das mudas após determinada concentração de vermicomposto, mas nenhuma das concentrações demonstrou toxicidade para as mudas.

A ausência de resposta à inoculação micorrízica na variável diâmetro do colo pode ser devido aos substratos com alta quantidade de nutrientes, causando supressão da colonização das raízes, como foi citado por Souza et al. (2009), trabalhando com *Schinus terebinthifolius*. Estes mesmos autores também verificaram diferenças significativas apenas entre os substratos estudados (30% de esterco bovino ou lodo de esgoto).

O nutriente P apresenta-se acima dos níveis adequados nos substratos com proporção de 30% a 50% de vermicomposto (GONÇALVES; POGGIANI, 1996). Apesar de este nutriente estar em altas concentrações, isto não acarretou em efeitos de toxicidade nas mudas de *E. uniflora*; ao contrário, pois os substratos que apresentaram estes níveis altos de P foram também os que proporcionaram maior crescimento das mudas.

O efeito danoso destas altas concentrações de P está relacionado à capacidade infectiva dos fungos micorrízicos arbusculares, a qual é diminuída ou simplesmente não ocorre quando há altas concentrações deste íon no substrato. Carneiro et al. (2004), trabalhando com *Cecropia pachystachya*, verificaram que a dose de 82,4 mg kg⁻¹ de P no substrato foi suficiente para inibir os benefícios

que os fungos poderiam promover no crescimento das plantas. Contudo, Chu et al. (2004) observaram efeitos da inoculação micorrízica em mudas de *Vochysia maxima* apenas com a adição de 90 mg dm⁻³ de super-fosfato simples ao substrato, indicando que esta limitação ao P pode mudar de acordo com a espécie em estudo.

Silva et al. (2006) também verificaram ausência de resposta dos FMAs no crescimento das mudas quando submetidas a altas doses de P (21-209 mg dm⁻³), as quais foram inferiores às encontradas neste estudo, sugerindo que realmente foram as altas doses de P que suprimiram a resposta das plantas aos FMAs.

Esta ausência na resposta aos FMAs também pode ser explicada pelo tamanho da semente. Lacerda et al. (2011) verificaram que a espécie *Hymenaea coubaril* não mostrou diferenças para mudas com e sem inoculação em nenhuma das épocas avaliadas, podendo ser devido à espécie possuir semente grande, que supre a necessidade de nutrientes da planta, sem que esta precise da simbiose nesta fase inicial de crescimento. Por ser uma espécie considerada secundária ou climax, o crescimento inicial das plântulas de *E. uniflora* em seu ambiente natural geralmente ocorre em locais sombreados, sob o dossel da floresta. Devido a isso, segundo Malavasi e Malavasi (2001), estas espécies precisam de mais carbono armazenado nas sementes para compensar a assimilação reduzida, visto que não conseguem realizar a fotossíntese sob condições restritivas de luz, fato que pode justificar a ausência de resposta à inoculação com FMAs.

Para a agregação das raízes ao substrato, apenas a interação entre adubação e substratos foi significativa. Para a maioria dos substratos, não houve diferença significativa entre as mudas adubadas e não adubadas. A melhor agregação das raízes foi verificada no substrato com 40% e 50% de vermicomposto sem adubação (Figura 3). Esperava-se que as mudas adubadas obtivessem melhor agregação, pois como observado por Souza et al. (2001), com *Eugenia dysenterica*, no substrato com adubação, a massa de matéria fresca da raiz foi maior que nos substratos sem adubo, sugerindo maior agregação do torrão. Porém as mudas de *E. uniflora* não adubadas apresentaram maior quantidade de raízes finas (fato observado durante as avaliações), provavelmente para melhorar a absorção de nutrientes que não estavam prontamente disponíveis, assim como estavam nas mudas adubadas, e isto ajudou a aumentar a integridade do torrão.

As médias de agregação das raízes ao substrato foram menores no substrato comercial,

comparando-se aos substratos com vermicomposto, apesar de estes não terem apresentado alta agregação. Acredita-se que esta baixa agregação seja decorrente da espécie, pois apresenta sistema radicial com uma raiz principal, bastante grossa e poucas raízes secundárias (SCREMIN-DIAS et al., 2006), e com esta baixa densidade de raízes, a agregação ao substrato torna-se dificultada.

Kratz et al. (2013), em estudos com a espécie *Eucalyptus benthamii*, verificaram que o substrato comercial também foi um dos substratos com menor índice de agregação, com valores próximos a 5, maior que o encontrado neste trabalho. Devido à baixa densidade de raízes da *E. uniflora*, provavelmente ocorreu diminuição proporcional nos valores de agregação, justificando a baixa agregação mesmo nos melhores substratos.

Correia et al. (2005), trabalhando com porta-enxertos de *Psidium guajava*, verificaram que o substrato contendo 50% de vermicomposto e 50% de casca de arroz carbonizada apresentou ótima agregação das raízes ao substrato, diferentemente do encontrado no presente estudo, no qual a agregação pode ser considerada razoável nesta mesma proporção de substrato.

Para a biomassa seca da parte aérea, observou-se que as mudas adubadas, foram estatisticamente superiores às não adubadas independentemente do substrato. Em relação aos substratos, verificou-se menor biomassa das mudas com adubo no substrato comercial e das sem adubo no substrato com 5% de vermicomposto, enquanto os substratos com concentração acima de 20% deste componente foram os com melhor crescimento (Figura 3).

Abreu et al. (2005), estudando diferentes doses de superfosfato simples e dois substratos (composto orgânico ou casca de pinus + areia + terra de subsolo [1:1:3]) no crescimento de mudas de *E. uniflora*, verificaram que as mudas sem adubação apresentaram cerca de 0,7 g de biomassa seca da parte aérea, enquanto as adubadas atingiram peso máximo de 1,45 g, valor inferior ao encontrado no atual trabalho. Isto mostra que não só a adubação faz as mudas atingirem seu crescimento máximo, como também a associação com substratos com características físico-químicas desejáveis pode elevar o crescimento das mudas, como observado neste trabalho com os substratos à base de vermicomposto e casca de arroz carbonizada.

A biomassa seca radicial foi superior na maioria das mudas adubadas, em relação às mudas não adubadas, sendo que somente o substrato comercial e o substrato com 40% de vermicomposto não mostraram diferenças significativas para a

adubação. Em relação aos substratos, houve maior incremento nas mudas adubadas entre 20% e 50% de vermicomposto, enquanto nas mudas não adubadas, os melhores substratos foram com 40% e 50% de vermicomposto (Figura 3).

Para Abreu et al. (2005), a biomassa seca radicial em mudas de *E. uniflora* também variou em função de diferentes doses de superfosfato simples, no qual observaram 0,4 g para mudas sem adubação e 0,53 g para a dose de 5 kg m⁻³ de substrato, causando diminuição do crescimento acima desta dose. Este valor é inferior ao encontrado no atual estudo, mostrando que as mudas desta espécie necessitam de uma adubação balanceada, incluindo diferentes macro e micronutrientes na nutrição da planta, pois no estudo de Abreu et al. (2005) as plantas foram fertilizadas apenas com nitrogênio, além das doses de superfosfato simples.

Voguel et al. (2001), trabalhando com *Hovenia dulcis*, e Caldeira et al. (2004), trabalhando com *Eucalyptus saligna*, verificaram um aumento gradual da biomassa seca aérea e radicial à medida que se aumentaram as proporções de vermicomposto no substrato, sendo que a maior concentração utilizada (40%) não foi suficiente para a estabilização do crescimento das mudas. Esses resultados diferem dos encontrados neste estudo, no qual a partir da concentração de 20% de vermicomposto já ocorre a estabilização no crescimento das mudas, sugerindo que concentrações acima desta são desnecessárias, visto que o vermicomposto tem maior custo de obtenção, comparando-se à casca de arroz carbonizada.

De acordo com Gonçalves e Poggiani (1996), substratos adequados para propagação de mudas podem ser obtidos pela mistura de 70% a 80% de composto orgânico e 20% a 30% de um resíduo orgânico incinerado. Porém, neste trabalho, verificou-se estabilização no crescimento das mudas nas maiores concentrações de vermicomposto, sugerindo que 20% são suficientes para o crescimento de mudas de *E. uniflora*, visto que o custo de obtenção da casca de arroz carbonizada é menor.

Para a relação entre altura e diâmetro do colo, praticamente não houve diferenças entre os tratamentos, mostrando que este índice (H/DC) não foi eficiente para diferenciar as mudas de *E. uniflora* em níveis de qualidade, da mesma forma como foi observado nas outras variáveis analisadas (Figura 3). De acordo com Carneiro (1995), a relação exprime o equilíbrio de desenvolvimento das mudas, aceitando-se valores entre 5,4 e 8,1 como os que representem equilibrado desenvolvimento da parte aérea. Neste trabalho, todos os valores encontram-

se dentro da faixa aceitável, demonstrando que as mudas apresentaram crescimento equilibrado, porém não evidenciou que as mudas não adubadas possuem menor qualidade, como nas outras variáveis analisadas.

Saidelles et al. (2009), trabalhando com *Enterolobium contortisiliquum* e *Apuleia leiocarpa*, e Cruz et al. (2006) com *Samanea inipinata* verificaram, também, que a relação entre altura e diâmetro do colo das mudas foi semelhante entre os tratamentos estudados, mesmo estes apresentando diferenças entre si para outras variáveis.

O índice de qualidade de Dickson foi eficiente na diferenciação das mudas em níveis de qualidade, assim como observado na maioria das variáveis morfológicas, considerando-se com maior qualidade

as mudas adubadas e os substratos compostos por 20% a 50% de vermicomposto (Figura 3).

De acordo com Gomes e Paiva (2011), o IQD é um bom índice de qualidade de mudas, pois leva em conta a robustez e o equilíbrio da distribuição de biomassa das mudas, sendo recomendado um valor mínimo de 0,20 (*Pseudotsuga menziesii* e *Picea abies*). Levando isto em consideração, as mudas adubadas apresentaram qualidade superior à das mudas não adubadas, corroborando os resultados obtidos em outras variáveis neste estudo.

Para as espécies *Eucalyptus grandis* e *Corymbia citriodora*, também se observou semelhança do IQD com os resultados obtidos nas outras variáveis (STEFFEN et al., 2011), corroborando este estudo.

TABELA 1 – Análises químicas e físicas nos substratos estudados: pH, condutividade elétrica (CE), densidade aparente (DA), matéria orgânica (MO), porosidade total (PT), espaço de aeração (EA) e capacidade de retenção de água (CRA).

Substratos	pH	CE	DA	MO	PT	EA	CRA
	(H ₂ O)	mS cm ⁻¹	Kg m ⁻³		%		
SC	6,06	0,76	317	33,55	58,15	26,01	32,14
50%VM+50%CAC	6,41	0,48	205	63,66	61,87	25,01	36,86
40%VM+60%CAC	6,44	0,46	124	64,68	65,18	29,84	35,35
30%VM+70%CAC	6,45	0,42	119	57,01	70,93	37,81	33,13
20%VM+80%CAC	6,54	0,33	138	53,38	76,83	46,87	29,96
10%VM+90%CAC	6,94	0,24	132	48,74	79,81	49,26	30,45
5%VM+95%CAC	7,25	0,19	72	32,19	83,03	50,78	32,45

SC – Substrato comercial à base de casca de pinus. VM – Vermicomposto. CAC – Casca de arroz carbonizada.

TABELA 2 – Concentração dos macronutrientes cálcio (Ca⁺²), magnésio (Mg⁺²), potássio (K⁺), fósforo (P), enxofre (S) e nitrogênio disponível (N_{disp}) e dos micronutrientes cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) nos substratos estudados.

Substratos	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	P	S	N _{disp}	Cu	Fe	Mn	Zn
	cmolc dm ⁻³			mg dm ⁻³						
SC	19,23	3,77	1,12	372,5	309,9	25,70	0,17	189,3	37,0	7,17
50%VM+50%CAC	9,17	6,43	3,59	946,3	102,7	28,40	3,13	215,7	132,7	49,33
40%VM+60%CAC	8,61	5,66	3,59	874,5	99,92	28,07	3,27	218,0	131,3	40,33
30%VM+70%CAC	7,63	2,96	3,42	923,7	72,29	26,67	3,27	219,0	165,3	51,33
20%VM+80%CAC	4,54	2,80	3,59	686,5	53,93	23,63	2,87	216,3	140,0	37,0
10%VM+90%CAC	2,53	2,21	3,42	477,7	45,99	22,07	2,27	127,3	103,0	21,0
5%VM+95%CAC	1,73	1,45	4,02	341,3	34,47	18,87	1,83	106,7	103,0	11,77

SC – Substrato comercial à base de casca de pinus. VM – Vermicomposto. CAC – Casca de arroz carbonizada.

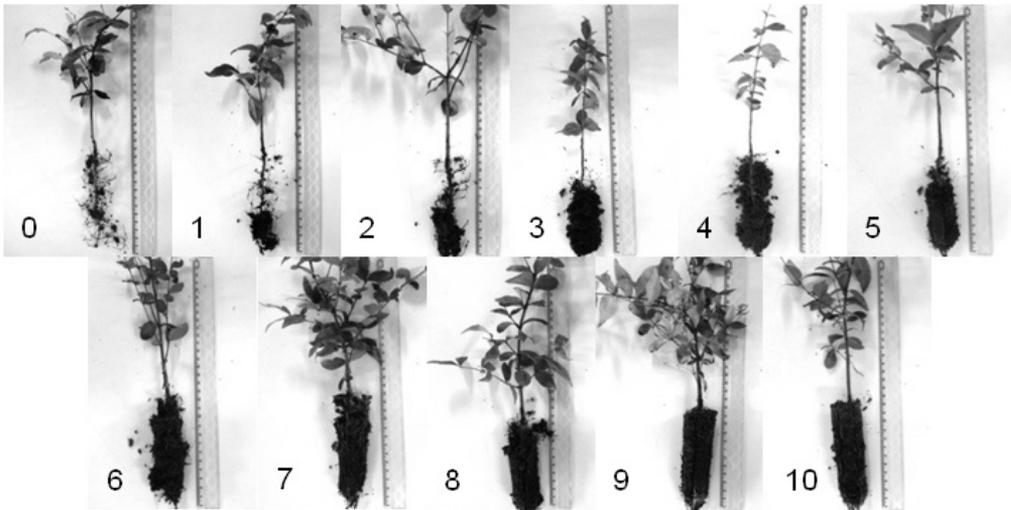


FIGURA 1 – Índices de agregação das raízes ao substrato em mudas de *Eugenia uniflora*.

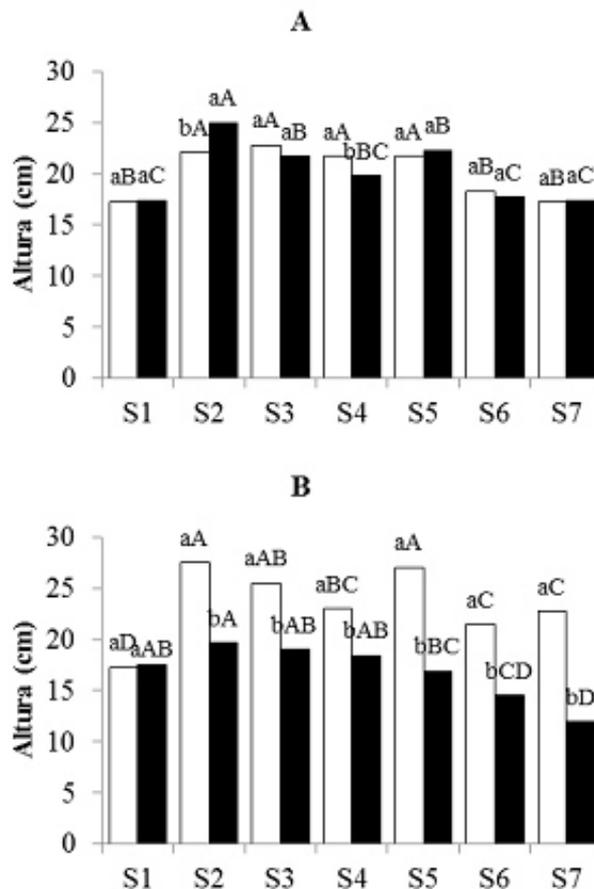


FIGURA 2 – Altura (cm) da parte aérea, em mudas de *E. uniflora* com (colunas brancas) e sem (colunas pretas) inoculação micorrízica (A) e adubação (B), produzidas em diferentes substratos. S1 – substrato comercial à base de casca de pinus; S2 – 50% vermicomposto (VM) + 50% casca de arroz carbonizada (CAC); S3 – 40% VM + 60% CAC; S4 – 30% VM + 70% CAC; S5 – 20% VM + 80% CAC; S6 – 10% VM + 90% CAC e S7 – 5% VM + 95% CAC.

Médias seguidas pelas mesmas letras, maiúsculas (entre substratos) e minúsculas (no substrato), não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

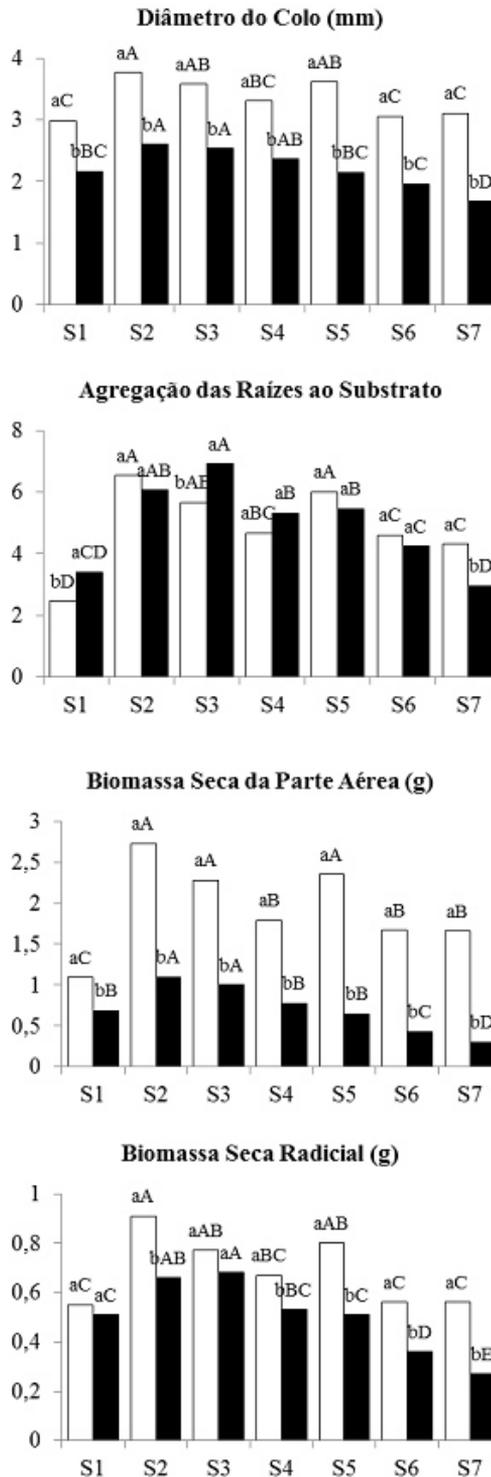


FIGURA 3 – Diâmetro do colo, agregação das raízes ao substrato, biomassa seca da parte aérea, biomassa seca radicial, relação altura e diâmetro do colo e índice de qualidade de Dickson em mudas de *E. uniflora* com (colunas brancas) e sem (colunas pretas) adubação, produzidas em diferentes substratos. S1 – substrato comercial à base de casca de pínus; S2 – 50% vermicomposto (VM) + 50% casca de arroz carbonizada (CAC); S3 – 40% VM + 60% CAC; S4 – 30% VM + 70% CAC; S5 – 20% VM + 80% CAC; S6 – 10% VM + 90% CAC e S7 – 5% VM + 95% CAC.

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas (entre substratos) e minúsculas (no substrato), não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

CONCLUSÃO

Não foi observado efeito da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no crescimento das mudas de *E. uniflora*, provavelmente devido aos altos níveis de fósforo nos substratos testados.

A adubação teve efeito significativo sobre o crescimento das mudas e o melhor substrato para a produção de mudas de *E. uniflora* foi o composto por 20% de vermicomposto e 80% de casca de arroz carbonizada.

REFERÊNCIAS

- ABREU, N.A.A.; MENDONÇA, V.; FERREIRA, B.G.; TEIXEIRA, G.A.; SOUZA, H.A.; RAMOS, J.D. Crescimento de mudas de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) em substratos com utilização de superfosfato simples. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.6, p.1117-1124, 2005.
- BERBARA, R.L.L.; SOUZA, F.A.; FONSECA, H.M.A.C. Fungos micorrízicos arbusculares: muito além da nutrição. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa SDA Nº 17. Métodos analíticos oficiais para análise de substratos para plantas e condicionadores de solo. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 maio 2007. Seção 1, n.99.
- CALDEIRA, M.V.W.; SCHUMACHER, M.V.; BARICHELLO, L.R.; VOGEL, H.L.M.; OLIVEIRA, L.S. Crescimento de mudas de *Eucalyptus saligna* Smith em função de diferentes doses de vermicomposto. **Floresta**, Curitiba, v.28, n.1/2, p.19-30, 2004.
- CALDEIRA, M.V.W.; SCHUMACHER, M.V.; TEDESCO, N. Crescimento de mudas de *Acacia mearnsii* em função de diferentes doses de vermicomposto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.57, p.161-170, 2000.
- CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451p.
- CARNEIRO, M.A.C.; SIQUEIRA, J.O.; DAVIDE, A.C. Fósforo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento de mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.34, n.3, p.119-125, 2004.
- CARVALHO FILHO, J.L.S.; BLANK, M.F.A.; BLANK, A.F.; RANGEL, M.S.A. Produção de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes ambientes, recipientes e composições de substratos. **Cerne**, Lavras, v.9, n.1, p.109-118, 2003.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 2 v., 627p.
- CHU, E.Y.; YARED, J.A.G.; MAKI, H.J.O. Efeitos da inoculação micorrízica e da adubação fosfatada em mudas de *Vochysia máxima* Ducke. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.28, n.2, p.157-165, 2004.
- CORREIA, D.; RIBEIRO, E.M.; LOPES, L.S.; ROSSETI, A.G.; MARCO, C.A. Efeito de substratos na formação de porta-enxertos de *Psidium guajava* L. cv. Ogawa em tubetes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.88-91, 2005.
- CRUZ, C.A.F.; PAIVA, H.N.; GUERRERO, C.R.A. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-casca (*Samanea inipinata* (Harms) Ducke). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.30, n.4, p.537-546, 2006.
- DANNER, M.A.; CITADIN, I.; FERNANDES JUNIOR, A.A.; ASSMANN, A.P.; MAZARO, S.M.; SASSO, S.A.Z. Formação de mudas de jaboticabeira (*Plinia* sp.) em diferentes substratos e tamanhos de recipientes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, n.1, p.179-182, 2007.
- GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. **Viveiros florestais (propagação sexuada)**. Viçosa: UFV, 2011. 116p.
- GONÇALVES, L.M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, 1996. CD-ROM.

- GUERRINI, I.A.; TRIGUEIRO, R.M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.28, p.1069-1076, 2004.
- JOSÉ, A.C.; DAVIDE, A.C.; OLIVEIRA, S.L. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Cerne**, Lavras, v.11, n.2, p.187-196, 2005.
- KRATZ, D.; WENDLING, I.; NOGUEIRA, A.C.; SOUZA, P.V.D. Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus benthamii*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.23, n.4, p.607-621, 2013.
- LACERDA, K.A.P.; SILVA, M.M.S.; CARNEIRO, M.A.C.; REIS, E.F.; SAGGIN JÚNIOR, O.J. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada no crescimento inicial de seis espécies arbóreas do cerrado. **Cerne**, Lavras, v.17, n.3, p.377-386, 2011.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. v.1, 384p.
- MALAVASI, U.C.; MALAVASI, M.M. Influência do tamanho e do peso da semente na germinação e no estabelecimento de espécies de diferentes estágios da sucessão vegetal. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.8, n.1, p.211-215, 2001.
- MIRANDA, J.C.C. **Porque a micorriza é importante para a produção agrícola, frutífera e florestal**. Agrosoft Brasil. 2006. Disponível em: <www.agrosoft.org.br/agropag/20721.htm>. Acesso em: jul. 2010.
- NOGUEIRA, A.R.A.; SOUZA, G.B. (Ed.). **Manual de laboratórios: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005.
- RAMOS A.C.; MARTINS, M.A. Fisiologia de micorrizas arbusculares. In: SIQUEIRA, J.O. et al. **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010. 716p.
- SAIDELLES, F.L.F.; CALDEIRA, M.V.W.; SCHIRMER, W.N.; SPERANDIO, H.V. Casca de arroz carbonizada como substrato para produção de mudas de tamboril-da-mata e garapeira. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.30, supl.1, p.1173-1186, 2009.
- SCREMIN-DIAS, E.; KALIFE, C.; MENEGUCCI, Z.R.H.; SOUZA, P.F. **Produção de mudas de espécies florestais nativas: manual**. Campo Grande: Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2006. 59 p.
- SILVA, D.K.A.; SILVA, F.S.B.; YANO-MELO, A.M.; MAIA, L.C. Uso de vermicomposto faveoce o crescimento de mudas de gravioleira (*Annona muricata* L. 'Morada') associadas a fungos micorrízicos arbusculares. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v.22, n.3, p.863-869, 2008.
- SILVA, M.A.; SILVA, F.S.B.; YANO-MELO, A.M.; MELO, N.F.; MAIA, L.C. Fungos micorrízicos arbusculares e vermicomposto na aclimação de *Alpinia purpurata* (Viell.) Schum e *Zingiber spectabile* Griff. (Zingiberaceae). **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v.20, n.2, p.249-256, 2006.
- SILVA, R.P.; PEIXOTO, J.R.; JUNQUEIRA, N.T.V. Influência de diversos substratos no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* DEG). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.2, p.377-381, 2001.
- SILVA, S.M. Pitanga. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.1, p.1, 2006. (1)
- SOUZA, E.R.B.; CARNEIRO, I.F.; NAVES, R.V.; BORGES, J.D.; LEANDRO, W.M.L.; CHAVES, L.J. Emergência e crescimento de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) em função do tipo e do volume de substratos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.31, n.2, p.89-95, 2001.
- SOUZA, R.C.; PEREIRA, M.G.; GIÁCOMO, R.G.; SILVA, E.M.R.; MENEZES, L.F.T. Produção de mudas micorrizadas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. Em diferentes substratos. **Floresta**, Curitiba, v.39, n.1, p.197-206, 2009.

- STEFFEN, G.P.K.; ANTONIOLLI, Z.I.; STEFFEN, R.B.; SCHIEDECK, G. Utilização de vermicomposto como substrato na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Corymbia citriodora*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.31, n.66, p.75-82, 2011.
- TRATCH, R. Adubação do pomar. In: CARVALHO, R.I.N. **Manejo sustentável do pomar doméstico**. Curitiba: Champagnat, 2009. 246p.
- VANDRESSEN, J.; NISHIDATE, F.R.; TOREZAN, J.M.D.; ZANGARO, W. Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e adubação na formação e pós-transplante de mudas de cinco espécies arbóreas nativas do sul do Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v.21, n.4, p.753-765, 2007.
- VOGEL, H.L.M.; SCHUMACHER, M.V.; BARICHELO, L.R.; OLIVEIRA, L.S.; CALDEIRA, M.V.W. Utilização de vermicomposto no crescimento de mudas de *Hovenia dulcis* Thunberg. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.11, n.1, p.21-27, 2001.
- WENDLING, I.; ADAMS, D.; TANNER, L.J.; FRACARO, L.C.; SANTOS, V.O.C.; VEIGA, J.N. **Rotinas e procedimentos adotados no laboratório de propagação de espécies florestais (LPEF) da EMBRAPA Florestas**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2011.
- WENDLING, I.; GATTO, A. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002. 145p.