

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

JHONNY KELVIN DIAS MARTINS

**PRODUÇÃO DE MUDAS E REVEGETAÇÃO DE BASE
DE POÇO EM ÁREAS DE EXPLORAÇÃO DE
PETRÓLEO NO NORTE DO ESTADO DO ESPÍRITO
SANTO**

São Mateus – ES

Julho de 2020

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

**PRODUÇÃO DE MUDAS E REVEGETAÇÃO DE BASE
DE POÇO EM ÁREAS DE EXPLORAÇÃO DE
PETRÓLEO NO NORTE DO ESTADO DO ESPÍRITO
SANTO**

JHONNY KELVIN DIAS MARTINS

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para a obtenção do título de mestre em Agricultura Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Ribeiro Pires

São Mateus – ES

Julho de 2020

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de
Bibliotecas - SÍBI/UFES e elaborada pelo autor

M379p Martins, Jhonny Kelvin Dias, 1991-
Produção de mudas e revegetação de base de poço em áreas de
exploração de petróleo no norte do estado do Espírito Santo /
Jhonny Kelvin Dias Martins. - 2020.
73 f. : il.

Orientador: Fábio Ribeiro Pires.

Coorientadores: Adriano Alves Fernandes, Luis Fernando
Tavares de Menezes.

Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) -
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário
Norte do Espírito Santo.

1. Recuperação de áreas degradadas. 2. Manejo e conservação
do solo. 3. Poços de petróleo. 4. Revegetação. I. Pires, Fábio
Ribeiro. II. Fernandes, Adriano Alves. III. de Menezes, Luis
Fernando Tavares. IV. Universidade Federal do Espírito Santo.
Centro Universitário Norte do Espírito Santo. V. Título.

CDU: 63

**PRODUÇÃO DE MUDAS E REVEGETAÇÃO DE BASE
DE POÇO EM ÁREAS DE EXPLORAÇÃO DE
PETRÓLEO NO NORTE DO ESTADO DO ESPÍRITO
SANTO**

JHONNY KELVIN DIAS MARTINS

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para a obtenção do título de mestre em Agricultura Tropical.

Aprovado: 17 julho de 2020



Prof. Dr. Fábio Ribeiro Pires
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

O coração do homem pode
fazer planos, mas a resposta
certa vem dos lábios do Senhor.

Provérbios 16: 1

AGRADECIMENTOS

A toda minha família, que sempre me apoiou e nunca me deixou faltar nada para que pudesse continuar na formação acadêmica, em especial aos meus pais, Geremias Martins Ribeiro e Maria Izabel Dias Ribeiro, que mesmo nas condições que tinham me deram as melhores condições possíveis.

Ao meu grande amor, Simone dos Santos Nascimento, pelo apoio incondicional, paciência e companheirismo.

Ao meu orientador Fábio Ribeiro Pires, pela oportunidade, confiança e sabedoria durante esses dois anos de orientação.

À Universidade Federal do Espírito Santo, em especial aos professores e pesquisadores da Pós-graduação em Agricultura Tropical pelo conhecimento oferecido durante o curso.

Ao professor Adriano Alves Fernandes e ao professor Luis Fernando Tavares Menezes, pela coorientação.

A Dra. Leila Beatriz Silva Cruz, pelas contribuições para a correção da dissertação.

Aos meus colegas de laboratório Henrique, Felipe, Kerwin, Raquel, Bianca e Rayane por me auxiliarem nas avaliações dos experimentos e pelos momentos de descontração.

À Petrobras (Petróleo Brasileiro S. A.) que pelo seu Centro de Pesquisa CENPES incentivou o desenvolvimento da pesquisa e fornecimento da bolsa de estudo.

À Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), pela atribuição de estimular a pesquisa e a adoção de novas tecnologias para o setor.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para esta conquista.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO.....	ii
ABSTRACT	iv
INTRODUÇÃO GERAL.....	vi
1. CAPÍTULOS.....	vii
1.1 CAPÍTULO 1- PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi EM SUBSTRATO ARENOSO E ARGILOSO SOB NÍVEIS DIFERENTES DE MATÉRIA ORGÂNICA.....	1
1.1.1 Resumo	1
1.1.2 Abstract	2
1.1.3 Introdução.....	3
1.1.4 Material e Métodos	4
1.1.5 Resultados e discussão	8
1.1.6 Conclusão.....	20
1.1.7 Referências	21
2.2 CAPÍTULO 2- MANEJO DO SOLO E TÉCNICAS DE PLANTIO NA REVEGETAÇÃO DE BASES DE POÇO DE PRODUÇÃO DE PETRÓLEO EM ÁREA DE RESTINGA	25
2.2.1 Resumo	25
2.2.2 Abstract	26
2.2.3 Introdução.....	27
2.2.4 Material e métodos	29
2.2.5 Resultados e Discussão	32
2.2.5.1 Atributos Morfológicos da aroeira (<i>Schinus terebinthifolius</i>)	32
2.2.5.2 Atributos Químicos do Solo.....	39
2.2.5.3 Atributos Morfológicos do Rabo de Bugio (<i>Dalbergia ecastophyllum</i>)	45
.....	45
2.2.5.4 Atributos Químicos do Solo.....	50
2.2.6 Conclusão.....	54
2.2.7 Referências	54

RESUMO

MARTINS, Jhonny Kelvin Dias; M.Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; julho de 2020; **Produção de mudas e revegetação de base de poço em áreas de exploração de petróleo no norte do estado do Espírito Santo**; Orientador: Fábio Ribeiro Pires; Coorientador: Adriano Alves Fernandes, Luiz Fernando Tavares Menezes.

A restauração de áreas degradadas constitui um dos maiores desafios das atividades ligadas ao meio ambiente, portanto, para se obter êxito em projetos de recuperação de áreas degradadas um dos fatores mais importantes é a produção e a qualidade das mudas. Além disso, é necessário utilizar técnicas que possibilitem o desenvolvimento das espécies em áreas de restinga e indicar quais se adaptam a um determinado tipo de degradação. Visando a recuperação e o manejo de áreas degradadas dois experimentos foram desenvolvidos. No primeiro experimento objetivou-se produzir mudas de qualidade de *Schinus terebinthifolius* Raddi com diferentes substratos e concentrações de matéria orgânica. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas: a parcela principal foi composta por dois tipos substratos (arenoso e argiloso) e a subparcelas composta por cinco concentrações de MO (0; 15; 25; 50 e 75% v/v), com cinco repetições. Usou-se como fonte de matéria orgânica o esterco bovino. Os resultados indicaram interação significativa entre os tratamentos, com as maiores médias obtidas quando aplicada 50% de MO na composição com o substrato argiloso. O constituinte orgânico no substrato foi muito importante, pois o desenvolvimento das mudas foi prejudicado quando produzidas apenas na areia ou na argila, obtendo mudas de baixa qualidade. O segundo experimento foi realizado com objetivo de avaliar a influência do manejo do solo e de técnicas de plantio sobre espécies nativas empregadas na revegetação de uma base de poço de produção de petróleo e gás desativada. O delineamento experimental foi em blocos casualizados – DBC, em esquema fatorial (2x3) com 5 repetições, composto por duas formas de manejo do solo quanto ao seu preparo: 1) retirada da base argilosa e cultivo sobre o substrato arenoso; e 2) preparo da base argilosa com Subsolagem + Gradagem e cultivo sobre o substrato preparado, submetido a três técnicas de plantio: plantio da espécie nativa com bromélia; plantio da espécie nativa com adubação química e

orgânica na cova; e plantio de espécie nativa sem adubação e sem a presença da bromélia (testemunha). Foram utilizadas as espécies nativas aroeira (*Schinus terebinthifolius*) e rabo de bugio (*Dalbergia ecastophyllum*). As duas espécies se mostraram promissoras na revegetação da área da base de poço de petróleo/ou gás desativadas em área de restinga. O uso da técnica de plantio com adubação e o manejo do solo argiloso apresentaram os melhores resultados avaliativos, tanto, nos quesitos morfológicas das espécies como na avaliação dos atributos químicos do solo, evidenciando potencialidade na revegetação e recuperação da área degradada.

Palavras chave: Espécies nativas, manejo do solo, solo argiloso e arenoso.

ABSTRACT

MARTINS, Jhonny Kelvin Dias; M.Sc .; Federal University of Espírito Santo; July 2020; **Seedling production and well-based revegetation in oil exploration areas in the northern state of Espírito Santo**; Advisor: Fábio Ribeiro Pires; Co-supervisor: Adriano Alves Fernandes, Luiz Fernando Tavares Menezes.

The restoration of degraded areas is one of the biggest challenges of activities related to the environment, therefore, to be successful in projects to recover degraded areas, one of the most important factors is the production and quality of seedlings. In addition, it is necessary to use techniques that enable the development of species in restinga areas and indicate which adapt to a certain type of degradation. In order to recover and manage degraded areas, two experiments were carried out. In the first experiment, the objective was to produce quality seedlings of *Schinus terebinthifolius* Raddi with different substrates and concentrations of organic matter. The experimental design used was in randomized blocks, in a subdivided plot scheme: the main plot was composed of two types of substrates (sandy and clayey) and the subplots consisted of five OM concentrations (0; 15; 25; 50 and 75% v / v), with five repetitions. Bovine manure was used as a source of organic matter. The results indicated a significant interaction between treatments, with the highest averages obtained when 50% OM was applied to the composition with the clay substrate. The organic constituent in the substrate was very important, as the development of the seedlings was impaired when produced only in sand or clay, obtaining low quality seedlings. The second experiment was carried out in order to evaluate the influence of soil management and planting techniques on native species used in the revegetation of a deactivated oil and gas well base. The experimental design was in randomized blocks - DBC, in a factorial scheme (2x3) with 5 repetitions, composed of two forms of soil management regarding their preparation: 1) removal of the clay base and cultivation on the sandy substrate; and 2) preparation of the clayey base with Subsoiling + Grating and cultivation on the prepared substrate, submitted to three planting techniques: planting the native species with bromeliad; planting the native species with chemical and organic fertilization in the pit; and planting of native species without fertilization and without the presence of bromeliad (control). The native species aroeira (*Schinus terebinthifolius*) and howler tail (*Dalbergia ecastophyllum*) were used. Both species showed promise in

revegetation of the area of the base of an oil / gas well deactivated in a sandbank area. The use of the planting technique with fertilization and the management of the clayey soil presented the best evaluative results, both in the morphological aspects of the species and in the evaluation of the chemical attributes of the soil, showing potentiality in the revegetation and recovery of the degraded area.

Key words: Native species, soil management, clayey and sandy soil.

INTRODUÇÃO GERAL

Para a produção e qualidade das mudas que serão utilizadas na recuperação das áreas degradadas, uma das fases mais importantes é a escolha do substrato. O substrato exerce influência marcante na arquitetura do sistema radicular e no estado nutricional das plantas, afetando significativamente a qualidade das mudas que irão para o campo (CARNEIRO, 1983). Não existe um substrato que seja satisfatório para todas as espécies, por isso é necessário estudos e pesquisas para reconhecimento do melhor substrato para cada uma, como intuito de obter mudas de qualidade e de baixo preço para recuperar as áreas degradadas.

Sendo assim a *Schinus terebinthifolius* é uma espécie nativa do Brasil, se destaca por ser uma pioneira, principalmente em áreas de restingas, importante na recuperação de áreas degradadas. Como tal, a produção e qualidade das mudas é essencial e o tipo de composição do substrato afeta diretamente o bom desenvolvimento na fase de viveiro e posteriormente no desenvolvimento da espécie em campo e na recuperação da área degradada.

O litoral norte do estado do Espírito Santo apresenta extensas áreas degradadas ou em processo de degradação, entre tais formações, destaca-se a área de restinga, considerada por Suguio e Tessler (1984) como uma vegetação que se desenvolve sobre depósitos litorâneos que formam extensas planícies arenosas quaternárias, ocorrendo desde dunas até as planícies costeiras, cujas fisionomias variam desde o tipo herbáceo reptante praiano até floresta fechada (OLIVEIRA FILHO; e CARVALHO 1993).

A exploração de petróleo em área de restinga é importante para o desenvolvimento econômico e social da região, no entanto, essa atividade pode ocasionar alterações no solo e na vegetação local, isso porque, no início da atividade, é retirada toda a vegetação da área e adicionada uma camada argilosa compactada para as operações de exploração. Após a desativação do poço é necessário realizar a recuperação do solo e da vegetação da área.

Diante do exposto, foram realizado dois experimentos, considerando a importância da produção e da qualidade das mudas e a revegetação de base de poços de exploração de petróleo no norte do estado do Espírito Santo, assim dividido em dois capítulos.

1. CAPÍTULOS

1.1 CAPÍTULO 1- PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Schinus terebinthifolius* Raddi EM SUBSTRATO ARENOSO E ARGILOSO SOB NÍVEIS DIFERENTES DE MATÉRIA ORGÂNICA

1.1.1 Resumo

Mudas de qualidade são fundamentais para plantios visando à recuperação de áreas degradadas. No processo de produção de mudas, o substrato adequado é fator inicial preponderante para permitir um bom desenvolvimento das plantas. Neste sentido, objetivou-se avaliar o desenvolvimento e a qualidade de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) em função dos substratos argiloso e arenoso contendo diferentes concentrações de matéria orgânica. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas: a parcela principal foi composta por dois tipos substratos (arenoso e argiloso) e a subparcelas composta por cinco concentrações de matéria orgânica (0; 15; 25; 50 e 75% v/v), com cinco repetições, usou-se como fonte de matéria orgânica o esterco bovino. As variáveis analisadas fora: índice de velocidade de emergência (IVE), altura da muda (H), diâmetro do coleto (DC), número de folhas (NF), comprimento de raiz (CR), volume de raiz (VR), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSAP), massa seca total (MST) e índice de qualidade de Dickson (IQD). Os resultados indicaram interação significativa entre os tratamentos, com as maiores médias obtidas quando aplicada 50% de matéria orgânica na composição com o substrato argiloso. O constituinte orgânico no substrato foi importante, pois o desenvolvimento das mudas foi prejudicado quando produzidas apenas na areia ou na argila, obtendo mudas de baixa qualidade.

Palavras-chave: Qualidade, aroeira, Recuperação de áreas degradadas, Esterco bovino.

1.1.2 Abstract

Production of *Schinus terebinthifolius* Raddi seedlings in a sandy and clay substrate under different levels of organic matter

Quality seedlings are essential for planting in order to recover degraded areas. In the seedling production process, the appropriate substrate is a preponderant initial factor to allow a good development of the plants. In this sense, the objective was to evaluate the development and quality of aroeira seedlings (*Schinus terebinthifolius* Raddi) as a function of the clayey and sandy substrates containing different concentrations of organic matter. The experimental design used was in randomized blocks, in a split-plot scheme: the main plot was composed of two types of substrates (sandy and clayey) and the sub-plot was composed of five concentrations of organic matter (0; 15; 25; 50 and 75% v / v), with five replications, bovine manure was used as a source of organic matter. The variables analyzed outside: emergence speed index (IVE), seedling height (H), stem diameter (DC), number of leaves (NC), root length (CR), root volume (VR), mass root dryness (MSR), shoot dry matter (MSAP), total dry mass (MST) and Dickson's quality index (IQD). The results indicated a significant interaction between treatments, with the highest averages obtained when 50% organic matter was applied to the composition with the clay substrate. The organic constituent in the substrate was important, because the development of the seedlings was impaired when produced only in sand or clay, obtaining low quality seedlings.

Keywords: Quality, Aroeira, recovery of degraded areas, Bovine manure.

1.1.3 Introdução

Para o planejamento e execução de projetos ambientais visando a recuperação de áreas degradadas, é necessário pensar na manutenção da vegetação natural, indicando a necessidade do desenvolvimento de pesquisas que otimizem a produção de mudas nativas de baixo custo, capaz de atender aos objetivos dos plantios (KRATKA e CORREA, 2015).

A produção de mudas representa etapa fundamental e de suma relevância, contudo, uma das dificuldades encontradas na produção de mudas florestais nativas é o crescimento lento. (TSUKAMOTO et al., 2013).

Costa et al. (2008) evidenciam que mudas provenientes de viveiros constituem uma das fases mais importantes do processo de implantação de povoamentos florestais ou no uso comercial, pois mudas de baixa qualidade podem comprometer todas as operações seguintes. Neste sentido, faz-se necessário a elaboração de estratégias visando à qualidade dessas mudas.

A escolha do substrato ideal é uma da etapa mais importante para a produção de mudas de qualidade de uma determinada espécie. Deve-se observar, principalmente, suas características físicas, químicas e biológicas, além da relação custo/benefício e disponibilidade no mercado (SANTOS et al., 2013).

Muitos são os materiais que podem ser usados, na sua composição original ou combinados (LIMA et al., 2017). Porém, segundo Caldeia et al. (2014), estes substratos podem apresentar incompatibilidade no crescimento das plantas, pois quando os componentes do substrato são misturados, as suas propriedades químicas e físicas são alteradas, formando novas propriedades, que são diferentes daquelas individualizadas quando utilizados como substrato único. A fase sólida do substrato deve ser constituída por uma mistura de partículas minerais e orgânicas, tornando-se necessária a busca de materiais alternativos que permitam melhorar as propriedades física e química dos substratos.

O estudo do arranjo percentual na escolha do substrato a ser utilizado na produção de mudas é importante, já que serão fontes de nutrientes atuando no crescimento e no desenvolvimento da planta na fase de viveiro e posteriormente no período inicial em campo. Nesse sentido, a matéria orgânica é um dos componentes fundamentais do substrato, tanto pela finalidade básica de aumentar a capacidade de retenção de água quanto pelo fornecimento de nutrientes (CALDEIRA et, al 2014).

Além disso, seu uso contribui para a produção de substratos alternativos em substituição aos comerciais, diminuindo o custo de produção, pois, geralmente, são provenientes de resíduos orgânicos na agropecuária (SILVA et al., 2010).

Cada espécie tem sua exigência nutricional e comportamento específico, assim a escolha do substrato que venha a atender o melhor desenvolvimento e qualidade da muda é de suma importância. Conforme, Piras et al. (2017) a *Schinus terebinthifolius* é uma árvore nativa da América do sul e central, é considerada uma planta pioneira, pertencente à família Anacardiaceae, dióica, popularmente conhecida como aroeira vermelha, aroeira-pimenteira e pimenta brasileira. Além de ser uma espécie utilizada para fins comerciais pode ser empregada na recuperação de áreas degradadas, tanto em beira de rios, córregos e em várzeas úmidas de formação secundárias, quanto em terrenos secos e pobres.

O uso do esterco bovino, como fonte de matéria orgânica para substratos para a produção de mudas, é largamente utilizado pois proporciona um ótimo custo/benefício. No entanto, o emprego de um substrato orgânico inadequado pode ocasionar irregularidade ou até mesmo nulidade da germinação; logo, o substrato constitui um dos fatores mais complexos da produção de mudas (ARAÚJO e SOBRINHO, 2011). Muitas são as alternativas disponíveis de matéria orgânica para a construção de substrato de mudas, sendo importante demonstrar qual é a proporção a ser utilizada na produção de mudas de espécies cultivadas ou de reflorestamento.

Neste sentido, objetivou-se avaliar o desenvolvimento e a qualidade de mudas de aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius*) em função dos substratos argiloso e arenoso contendo diferentes concentrações de matéria orgânica.

1.1.4 Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Espírito Santo – Campus São Mateus, situada a aproximadamente 38 m de altitude nas coordenadas geográficas de latitude sul 18° 40' 36" e longitude oeste 39° 51' 35". A região apresenta clima do tipo Aw (tropical úmido), segundo a classificação de Koppen (ALVARES et al., 2013). Conduzido no período de setembro a novembro de 2019, com duração de 60 dias após a semeadura, foi instalado em casa de vegetação medindo 8,0 x 20 m com sombrite 50%.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas. A parcela principal correspondeu a dois tipos substratos (arenoso e argiloso) e a subparcelas composta por cinco concentrações de matéria orgânica (0; 15; 25; 50; 75% v/v), com cinco repetições. Cada repetição foi composta por nove mudas. Foi utilizado como fonte de MO o esterco bovino, oriundo de propriedade rural da região, isento de resíduos. O esterco bovino ficou armazenado em tonéis de 50 L, por dois meses, e a cada cinco dias foi feito o revolvimento do composto orgânico para a completa mineralização.

Para composição dos substratos utilizados no experimento foram coletadas amostras de solo arenoso e solo argiloso, provenientes do horizonte subsuperficial (0,0-0,50 m de profundidade) representativos dos solos encontrados na região dos tabuleiros costeiros, no norte do Espírito Santo. Cada solo foi caracterizado quanto à textura e aos atributos químicos (Tabela 1); foram homogeneizados, utilizando-se peneira com malha de 5,0 mm e, posteriormente, de posse da análise de solo, cada tratamento recebeu 250,0 g m⁻³ de calcário dolomítico. Foram novamente homogeneizados em proporções volumétricas, conforme as concentrações de MO descritas anteriormente, para composição dos tratamentos.

TABELA 1. Análise química e textural dos substratos arenoso e argiloso na camada 0-0.50m.

Manejo	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	Areia Silte Argila		
									H ₂ O	g Kg ⁻¹	mg dm ⁻³
Arenoso	5,3	0,6	1,7	20,5	0,3	0,1	0,0	0,0	961	15	24
Argiloso	5,9	0,7	3,3	55,0	0,9	0,3	0,0	0,5	120	85	795

pH em água 1:2,5; P: extrator Mehlich⁻¹ e determinação por colorimetria; K: extrator Mehlich⁻¹ e determinação por espectrofotometria de chama; Ca e Mg: extrator KCl 1 mol/L e determinação por espectrometria de absorção atômica; Al: extrator KCl 1 mol/L e determinação por titulometria. H + Al: extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L pH 7,0 e MO: oxidação de carbono via úmida com dicromato de potássio em meio ácido (H₂SO₄).

Os recipientes empregados na produção de mudas foram tubetes de forma cônica, com capacidade de 290,0 cm³, com dimensões de 19,0 cm de altura e 5,4 cm de diâmetro interno, que foram acondicionados em bandejas dispostas em bancadas suspensas, a 80,0 cm do solo.

Sementes de aroeira (*S. terebinthifolius*) foram obtidas de plantas desenvolvidas a campo e ficaram armazenadas em sacos de papel em um

refrigerador com temperatura de 10°C e umidade de 40%, por um período de dois meses. No laboratório, as sementes foram separadas de acordo com a coloração do seu epicarpo, selecionando para o experimento somente frutos avermelhados (frutos maduros). As sementes foram extraídas dos frutos, friccionando levemente as mesmas em peneira sob a água corrente até que fosse retirado todo o seu epicarpo. Após esse processo as sementes foram acondicionadas em becker de vidro, imersas por 15 minutos em solução contendo 1% do fungicida Captan® e lavadas com água destilada.

A semeadura foi realizada manualmente distribuindo-se, três sementes por tubete e após 10 dias após a emergência foi realizado o desbaste, deixando uma planta por tubete. As mudas permaneceram na casa de vegetação por 60 dias após a semeadura, sendo irrigadas, por aspersão, quatro vezes dia⁻¹, por 15 minutos, representando uma precipitação média de 8 mm dia⁻¹, mantendo-as constantemente umedecidas.

Foram avaliadas as seguintes variáveis: índice de velocidade de emergência (IVE) por meio da contagem diária das plântulas, conforme proposto por Maguire (1962):

$$IVE = \frac{E1}{N1} + \frac{E2}{N2} + \dots + \frac{En}{Nn} \quad (1)$$

Maguire (1962)

Em que:

IVE = índice de velocidade de emergência.

E1, E2, ..En = número de plântulas computadas na primeira contagem até a última contagem.

N1, N2, ... Nn = número de dias da semeadura à primeira até a última contagem.

O diâmetro de coleto (DC) foi medido na muda ao nível do substrato, com uso de um paquímetro digital, em milímetros; altura da parte aérea (H), determinada a partir do coleto da muda até a inserção da última folha completamente desenvolvida, com auxílio de uma régua graduada em centímetros, e ainda o número de folhas (NF).

O volume da raiz (VR) foi determinado seguindo metodologia descrita por Silva et al. (2006), na qual as raízes são lavadas em água corrente e colocadas em uma proveta graduada, contendo volume específico de água e, ao adicionar-se as raízes, determina-se o volume de água deslocada, sendo este valor equivalente ao volume ocupado pelas raízes, onde 1,0 mL equivale a 1,0 cm³. Comprimento da raiz (CR), utilizou-se uma régua graduada em centímetros.

Para determinar a massa seca das plantas, as mudas foram separadas em parte aérea (MSPA) e raiz (MSR), acondicionadas em sacos de papel, identificadas e colocadas para secar em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, até atingirem peso constante, e então pesados em balança semi-analítica Gehaka® modelo BK300 com precisão de 0,01 g. A partir desses dados foi obtida a massa seca total (MST), calculada por meio da soma da MSPA e da MSR, e o índice de qualidade de Dickson (IQD), obtido através da Equação (DICKSON et al., 1960).

$$IQD = \frac{MST}{\frac{H}{DC} + \frac{MSPA}{MSR}}$$

(2)

Dickson et al. (1960)

Em que:

MST = massa seca total, em g.

MSPA = massa seca da parte aérea, em g.

MSR = massa seca de raiz, em g.

H = altura da muda, em cm.

DC = diâmetro do coleto, em mm.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$). Sendo os resultados significativos foi realizada a comparação de médias, utilizando-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. E, para variáveis quantitativas, ajustadas equações de regressão. As análises foram realizadas com o programa computacional GENES (Cruz, 2016).

1.1.5 Resultados e discussão

O resumo da análise de variância mostra que houve efeito significativo para a interação entre os fatores substrato e concentração de MO ($p \leq 0,01$) para as variáveis: altura da muda (H), diâmetro do coleto (DC), número de folhas (NF), comprimento de raiz (CR), volume de raiz (VR), massa seca da raiz (MSR), massa seca total e índice de qualidade de Dickson (IQD) (Tabela 2). No entanto, para as variáveis índice de velocidade de emergência (IVE) e massa seca da parte aérea (MSPA) os substratos não diferiram e não houve interação com a concentração de MO. Constatou-se, entretanto, que o coeficiente de variação (CV%) de todas as variáveis analisadas apresentaram valores inferiores à 10%, que, de acordo com Pimentel-Gomes (2009), pode ser classificado como baixo.

Para o IVE somente foram significativos para os níveis de MO, apresentando ajuste de equação polinomial de segundo grau (Figura 1). Observa-se que o coeficiente de correlação 0,9164 é considerado alto, indicando que a emergência das sementes de aroeira respondem positivamente ao incremento das concentrações de MO no substrato. Resultados semelhantes foram encontrados por Araújo e Sobrinho (2011), avaliando o desempenho do IVE na produção de mudas de (*Enterolobium Contortisiliquum* (Vell.) Morong), alcançando o melhor índice com o substrato que recebeu a adição de MO usando como fonte o esterco bovino. Esse comportamento sugere que os substratos em referência favoreçam a emergência das plântulas, possivelmente por apresentar menor impedimento físico à emergência.

A MO, fornecida na forma de esterco bovino, também tem alta capacidade de retenção de água e elevada porosidade, sendo assim, capaz de alterar significativamente a amplitude térmica do substrato de acordo com a concentração utilizada. Conforme Vitória et al. (2017), as sementes de aroeira têm a capacidade de germinar dentro de uma determinada faixa de temperatura, característica para cada espécie, mas como em qualquer reação química, existe uma temperatura ótima na qual o processo se realiza mais rápido e eficientemente. Assim a MO pode interferir positivamente nestes parâmetros germinativos.

A taxa máxima do IVE encontrado foi de 8,67 sementes dia^{-1} e seria obtida com a aplicação da concentração de 60,36% de MO, usando-se como fonte o esterco bovino, de acordo com a equação $\hat{Y} = -0,0011x^2 + 0,1328x + 4,699$. A alta velocidade de germinação, seguida pela emergência das plântulas, são características de

interesse na produção de mudas, pois quanto mais rápida a emergência da plântula, menos vulnerável ela estará às adversidades do ambiente (MARTINS et al., 2012).

Ressalta-se ainda que um IVE satisfatório é resultado de várias características da semente, devendo esta ser proveniente de uma adequada padronização e intactas, sem nenhum tipo de dano. Conforme trabalho realizado por Vitória et al. (2017) o estágio de maturação dos frutos de aroeira e o seu armazenamento pode interferir diretamente no IVE obtendo índices satisfatórios quando o fruto é colhido no estágio plenamente maduro (coloração avermelhado). A qualidade das sementes está relacionada de forma direta ao seu potencial fisiológico, representado pela germinação e ou vigor, expressando sua capacidade de originar plântulas normais (PEREIRA et al., 2011).

TABELA 2. Resumo da análise de variância para índice de velocidade de emergência (IVE), altura da muda (H), diâmetro do coleto (DC), número de folhas (NF), comprimento de raiz (CR), volume de raiz (VR), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca total e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Schinus terebinthifolius*, cultivadas sob dois substratos (arenoso e argiloso) e concentrações de matéria orgânica, 60 dias após a semeadura.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio									
		IVE	H	DC	NF	CR	VR	MSR	MSPA	MST	IQD
Substrato (A)	1	13.54 ^{ns}	907.63 ^{**}	4.28 ^{**}	3.63 ^{ns}	111.84 ^{**}	15.75 ^{ns}	19.38 ^{**}	0.79 ^{ns}	3.31 ^{**}	0.016 ^{ns}
Mat. Orgânica (B)	4	168.67 ^{**}	1975.0 ^{**}	6.87 [*]	84.34 [*]	337.82 ^{**}	116.85 ^{**}	15.96 [*]	5.00 [*]	174.64 ^{**}	1.12 [*]
Interação A x B	4	9.55 ^{ns}	43.07 ^{**}	0.71 ^{**}	19.86 ^{**}	14.18 ^{**}	16.25 ^{**}	2.60 ^{**}	1.08 ^{ns}	19.61 ^{**}	0.42 ^{**}
CV% A		9.78	9.57	8.29	8.44	9.67	9.27	9.13	9.25	5.06	8.27
CV% B		10.0	8.13	9.03	8.67	8.81	8.66	9.61	10.00	9.54	6.59

ns= não significativo, ** e * significativo ao nível de 1% e 5%, respectivamente, pelo teste F.

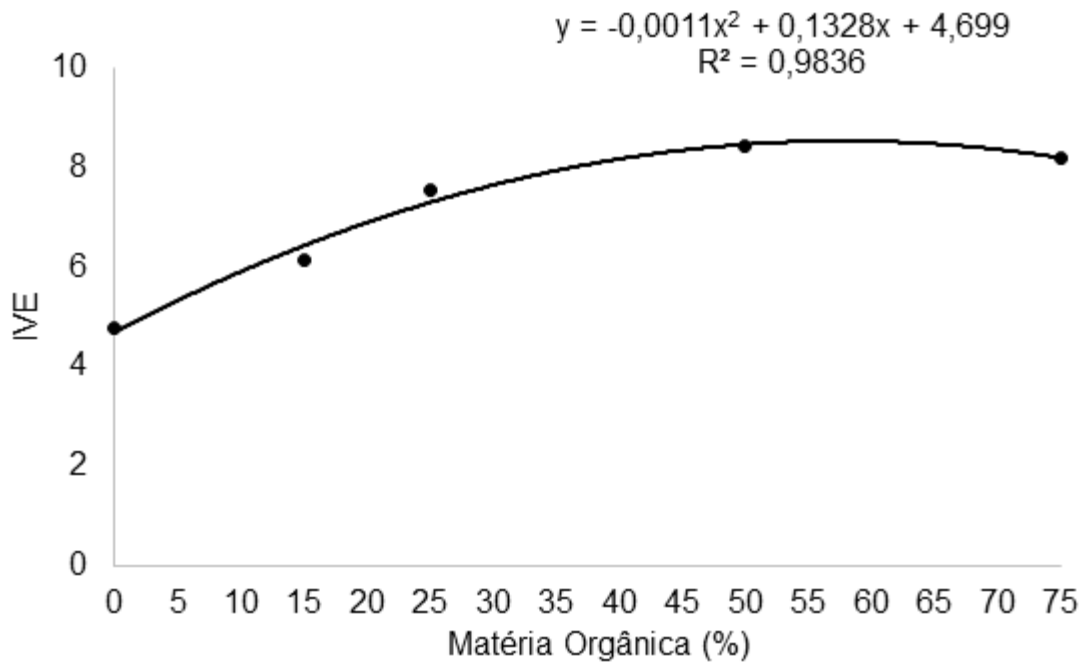


FIGURA 1. Efeito da concentração da matéria orgânica sobre o índice de velocidade de emergência (IVE) das sementes de *Schinus terebinthifolius*.

O incremento de MO na composição do substrato afetou positivamente o crescimento das plantas, constatando-se efeito significativo para a altura da planta (H) e diâmetro do coleto (DC) na interação com os substratos arenoso e argiloso (Figura 2A e 2B).

Observa-se, que para a H quando aplicado a concentração de 62% de MO no substrato argiloso conforme a equação polinomial ($\hat{Y} = -0,0108x^2 + 1,2975x + 8,1409$) obtém o ponto máximo de 47 cm, este mesmo comportamento é observado no substrato arenoso, no entanto constatou redução de 27% na altura da planta (Figura 2A). O baixo desempenho vegetativo da aroeira no substrato arenoso pode ser explicado pelo fato de que os substratos com maior teor de areia são pobres quimicamente, por apresentarem baixa capacidade de troca de cátions e reduzida área de superfície específica, acarretando menor retenção de água e elevada perda de água e nutrientes por percolação (SIMANSKY et al. (2019).

Para o DC a concentração de MO de 50% apresentou o maior desenvolvimento quando associada ao substrato argiloso, no entanto concentrações acima desse valor causou redução do DC em ambos os substratos (Figura 2B). Resultados semelhantes foram encontrados por Kratka e Correia (2015), que avaliaram o crescimento inicial de aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva*) em diferentes substratos, e

verificaram que a concentração de MO de 50%, utilizando o esterco bovino, proporcionou um desenvolvimento maior no diâmetro do coleto em substrato com maior teor de argila.

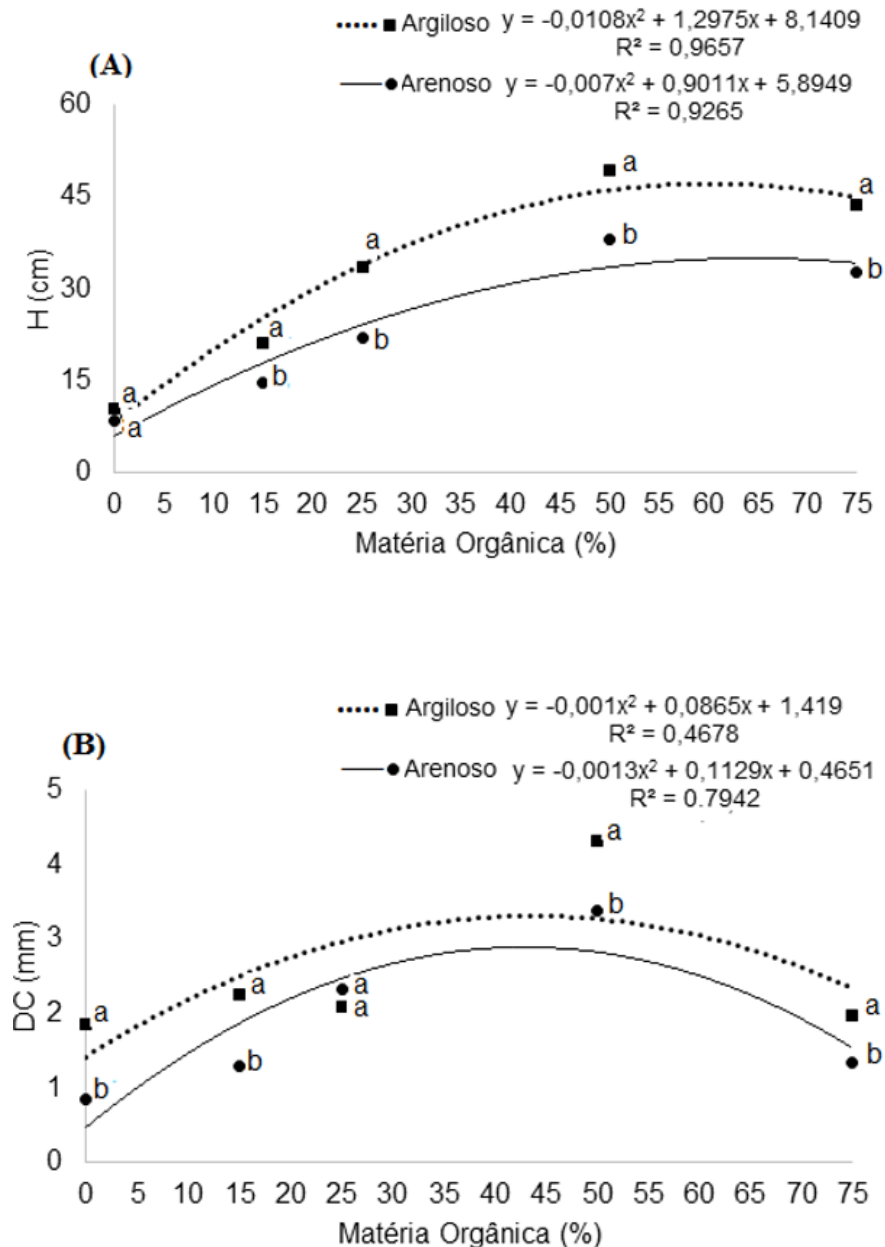


FIGURA 2. Altura (A) e diâmetro do coleto (B) de mudas de *Schinus terebinthifolius*, cultivadas em substratos arenoso e argiloso, 60 dias após a semeadura, em função da concentração de matéria orgânica. **Médias seguidas pela mesma letra, comparando os dois substratos em cada dose, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Estes resultados podem estar associados ao fato de que o solo argiloso, por possuir mais cargas negativas, exibem maior CTC, ao contrário dos solos arenosos, que são pobres em cargas elétricas, favorecendo a lixiviação dos nutrientes. De

acordo com Kurtz et al. (2012), o tipo de solo pode ter grande influência na magnitude do processo de lixiviação, devido ao predomínio da forma de nitrato (NO_3^-), que é altamente móvel nos substratos arenosos.

Observa-se que com a concentração de MO acima de 62%, houve redução nos parâmetros de crescimento em ambos os substratos (Figura 2A). À medida que a concentração de nutrientes aumenta além da adequada, o crescimento pode diminuir em decorrência da toxicidade (TAIZ e ZEIGER, 2013). As mudas, todavia, não exibiram sinais de intoxicação, o que pode indicar que um percentual muito elevado de MO pode resultar em um efeito contrário na planta, inibindo a síntese de substâncias e afetando o desenvolvimento vegetativo.

Nota-se que os substratos compostos apenas por areia ou por argila, sem adição de MO, apresentaram desenvolvimento inferior ao das mudas quando comparado aos substratos que utilizaram as concentrações de MO (Figura 2A e 2B). Como não foi realizada adubação nos tubetes, provavelmente, a quantidade de nutrientes disponíveis nos solos originais, sem a adição da adubação orgânica, não foi suficiente para a manutenção e crescimento das plantas. Nessa fase de desenvolvimento das mudas de aroeira, são requeridas elevadas concentrações de N e P nos substratos. Lima et al. (2017), avaliando a composição do substrato em que foi adicionada a MO como fonte o esterco bovino, evidenciaram que estes substratos tinham teores bem mais elevados de N, P, K, Ca, Mg, o que proporcionou a boa formação das mudas. Além disso, durante a formulação dos substratos, fatores como a origem do material, as formas de obtenção, a ausência ou as baixas concentrações de elementos tóxicos devem ser considerados (KRATZ et al., 2013).

Nesse sentido, Delarmelina et al. (2014) relatam em seu trabalho, que se a intenção for produzir mudas com boa H e/ou DC, por exemplo, deve-se usar de 40 a 80% de composto orgânico na formulação do substrato. Portanto, a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto são variáveis de fácil mensuração e não destrutíveis, consideradas características importantes para indicar a capacidade de sobrevivência de mudas florestais em campo. No presente trabalho, auxiliaram na definição da concentração de MO a ser utilizada para a produção de mudas de aroeira. Mudas maiores em altura e diâmetro do coleto facilitam as operações de plantio, diminuindo principalmente as perdas por danos físicos no transporte e no manuseio no campo (TSUKAMOTO et al., 2013).

Para as variáveis número de folhas (NF) e comprimento da raiz (CR) houve interação dos fatores MO e o uso do substrato arenoso e argiloso (Figura 3A e 3B). Ao aplicar 50% de MO, o substrato arenoso obteve aumento, na média do NF, de 21% superior ao substrato argiloso (Figura 3A). A área foliar correlaciona-se diretamente com a área da superfície fotossintetizante útil, assim obtendo aumentando os parâmetros de crescimento da muda. Este comportamento observado no substrato arenoso pode ter sido uma resposta compensatória das mudas, em termos de crescimento, investindo na formação da parte aérea.

Resultados semelhantes foram encontrados por Sales et al. (2017), com diferentes fontes de MO na propagação da *S. terebinthifolius*, onde evidenciaram que os melhores resultados foram obtidos nos tratamentos que utilizaram como fonte de MO oriundo do esterco bovino, aumentando diretamente o número de folhas. Esse aumento demonstra que plantas com maior número de folhas tem aptidão para condições de campo, por apresentarem maior área fotossinteticamente ativa e, posteriormente, maior desenvolvimento (SILVA et al., 2016). No entanto, analisando o CR, na concentração de 50% de MO, essa situação é inversa, sendo o substrato argiloso superior ao arenoso em 18% (Figura 3B), evidenciando que a produção de mudas no substrato arenoso proporcionou maior desenvolvimento no NF, diferente do substrato argiloso que na mesma concentração de MO obteve maior incremento no CR. Esses resultados podem estar relacionados, pois as mudas de aroeira quando cultivadas no substrato arenoso tendem a investir os seus fotoassimilados na parte aérea, diferentemente de quando é cultivada no substrato argiloso. Estudos têm mostrado que substratos ricos em MO propiciam maior crescimento das mudas, com boa formação do sistema radicular e melhor balanço nutricional (LIMA et al., 2017).

Neste sentido, é importante salientar que um sistema radicular com maior comprimento promove maior exploração do solo, tendo elevada eficiência na absorção de água e nutrientes, já que alcança maior profundidade no perfil do solo. Esta característica é influenciada pela disponibilidade de água, nutrientes, resistência à penetração e aeração na mistura do substrato, somada ao efeito da MO na melhoria de seus atributos físicos e químicos, com reflexos positivos na produção de mudas.

Observa-se que, quando aplicada a concentração acima de 50% de MO, ocorre diminuição no CR em ambos os substratos utilizados (arenoso e argiloso), seguindo a mesma tendência para H e DC. Esses resultados podem estar associados com o

alto teor de MO no substrato, podendo ocasionar excesso de umidade e redução da aeração, o que prejudica o processo de nitrificação, pois este depende de oxigênio.

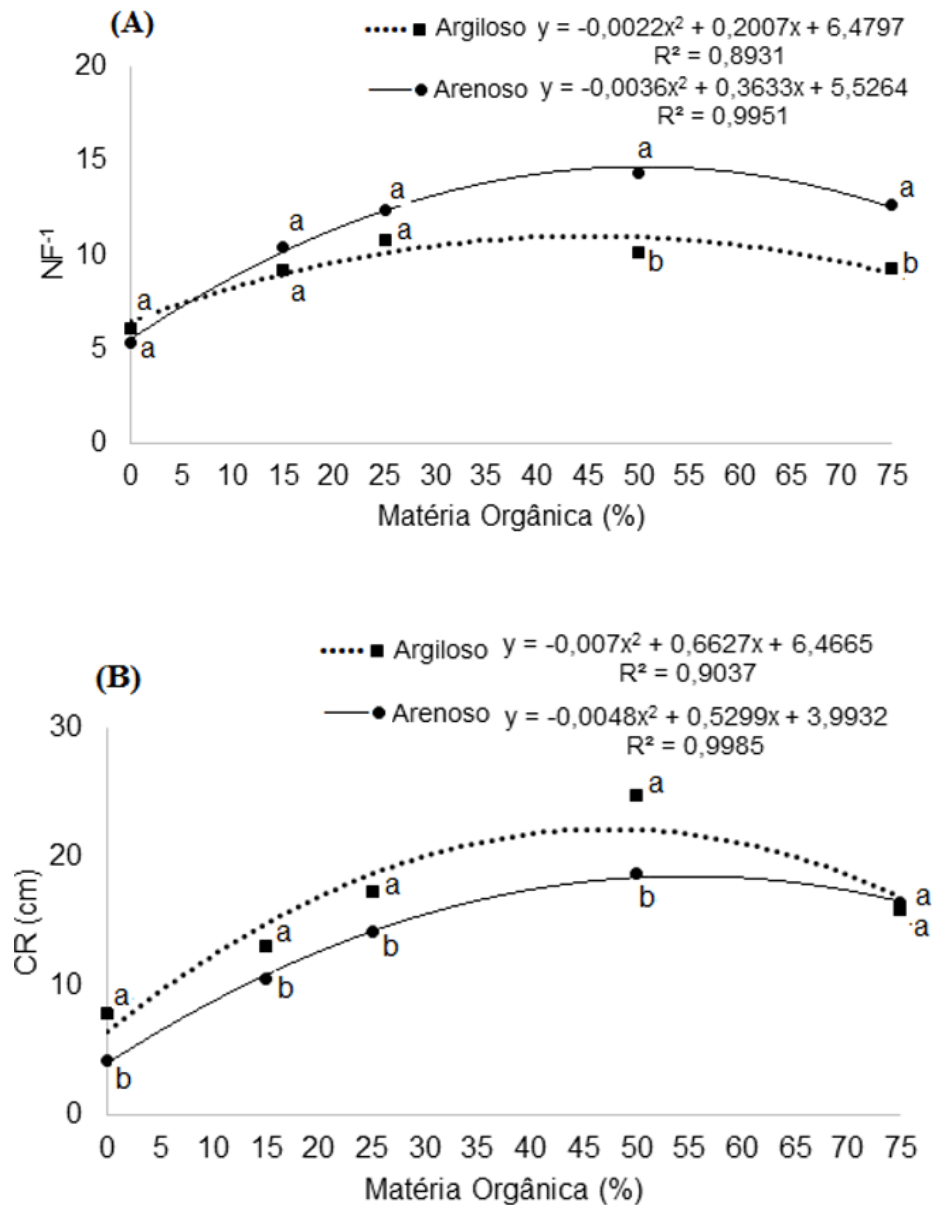
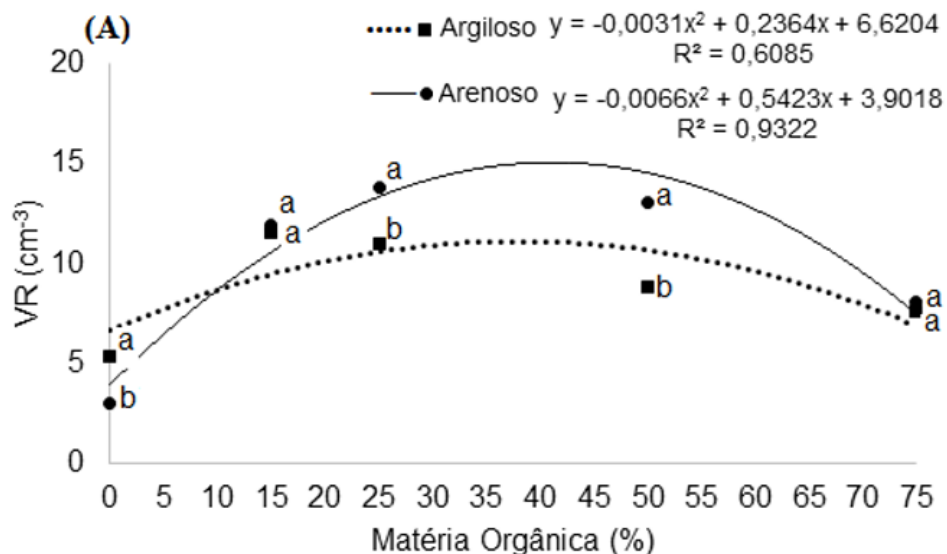


FIGURA 3. Número de folhas (A) e comprimento da raiz (B) de mudas de *Schinus terebinthifolius*, cultivadas em substratos arenoso e argiloso, 60 dias após a semeadura, em função da concentração de matéria orgânica. **Médias seguidas pela mesma letra, comparando os dois substratos em cada dose, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na Figura 4A e 4B, evidenciam os valores referentes ao volume de raiz (VR) e massa seca da raiz (MSR). Observa-se que o comportamento para VR quando aplicada a concentração de MO de 40% em ambos os substratos encontrasse o ponto máximo de eficiência da adição de MO, no entanto o substrato arenoso proporcionou o melhor resultados, tendo um incremento de 26% no VR (Figura 4A).

Provavelmente, a presença de maior número de macroporos na areia, associado com a MO, proporcionou maior desenvolvimento das raízes. De acordo com Pereira et al. (2012), o comportamento observado no VR e na MSR pode estar associado também à capacidade de retenção de água desses substratos, pois a MO tende a influenciar diretamente essa relação.

No entanto, observa-se que a concentrações elevadas de MO proporcionou redução do VR em ambos os substratos, evidenciando que concentrações acima de 40%, podem causar desequilíbrio nutricional afetando diretamente o desenvolvimento das raízes. Esse mesmo comportamento é observado na MSR no substrato arenoso (Figura 4B), todavia, acima de 45% de MO, e no substrato argiloso acima de 40%, já há redução da MSR. Resultado semelhantes foram encontrados por Oliveira et al. (2014), que observaram que mudas produzidas com maior teor de esterco bovino apresentaram redução do sistema radicular, afetando diretamente a formação da muda. De acordo com Lima et al. (2017), o teor de MO pode ocasionar a elevação da concentração de determinado nutriente ou associação antagônica entre eles, promovendo distúrbios de ordem fisiológicas no vegetal, sendo o provável motivo para os resultados observados.



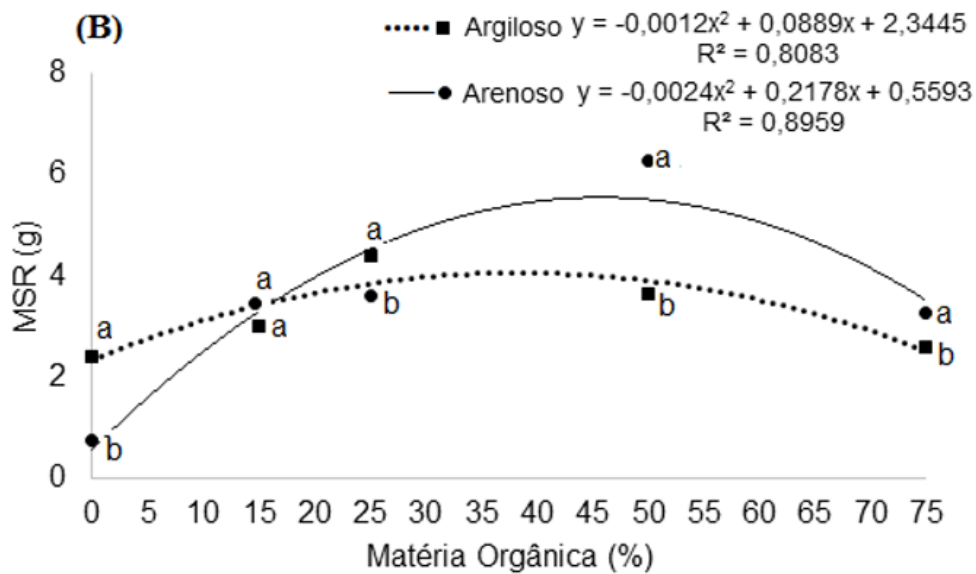


FIGURA 4. Volume de raiz (A) e massa seca de raiz (B) de mudas de *Schinus terebinthifolius*, cultivadas em substratos arenoso e argiloso, 60 dias após a semeadura, em função da concentração de matéria orgânica. **Médias seguidas pela mesma letra, comparando os dois substratos em cada dose, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A massa seca da parte aérea (MSPA) apresentou ajuste de equação polinomial de segundo grau, $\hat{Y} = -0,0021x^2 + 0,1866x + 2,3201$, e obteve coeficiente de correlação 0,9546, considerado alto, mostrando forte correlação entre as concentrações de MO e a MSPA das mudas de aroeira (Figura 5). Essa relação indica que, quando adicionadas as concentrações de MO, tem-se o investimento de fotoassimilados para o crescimento da parte aérea. Quando não há adição de matéria orgânica a MSPA é de 2,57g, enquanto o ponto máximo da MSPA é de 6,46g, quando adicionada a concentração de MO de 44%, o que representa um aumento de 151% na MSPA. Toledo et al. (2015) constataram que a formulação de substratos orgânicos, através do uso de resíduos orgânicos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, também promoveu o incremento de MSPA.

No entanto, à medida que a concentração de MO se eleva ocorre a diminuição da MSPA. A análise dos resultados dessa variável indicou resultados semelhantes aos observados por Lima et al. (2017). Estes autores avaliaram substratos com diferentes fontes de MO e o esterco bovino proporcionou ajuste cúbico, com máxima eficiência na percentagem de 64%, evidenciando que à medida que aumentaram a proporção de esterco bovino ocorreu a redução dos parâmetros de crescimento na muda. Essa redução pode ser resultado da quantidade de nutrientes na composição

do substrato, causando um eventual efeito depressivo, ou consequência da maior retenção de umidade com consequente redução no teor de oxigênio (OLIVEIRA et al., 2013). Esse mesmo efeito foi verificado por Pereira et al. (2010) e Mesquita et al. (2012) ao estudarem mudas de tamarindeiro e mamoeiro, respectivamente, formadas à base de diferentes proporções de MO. Nesse sentido, vários estudos mostram o efeito negativo à medida que aumentam as doses de composto orgânico.

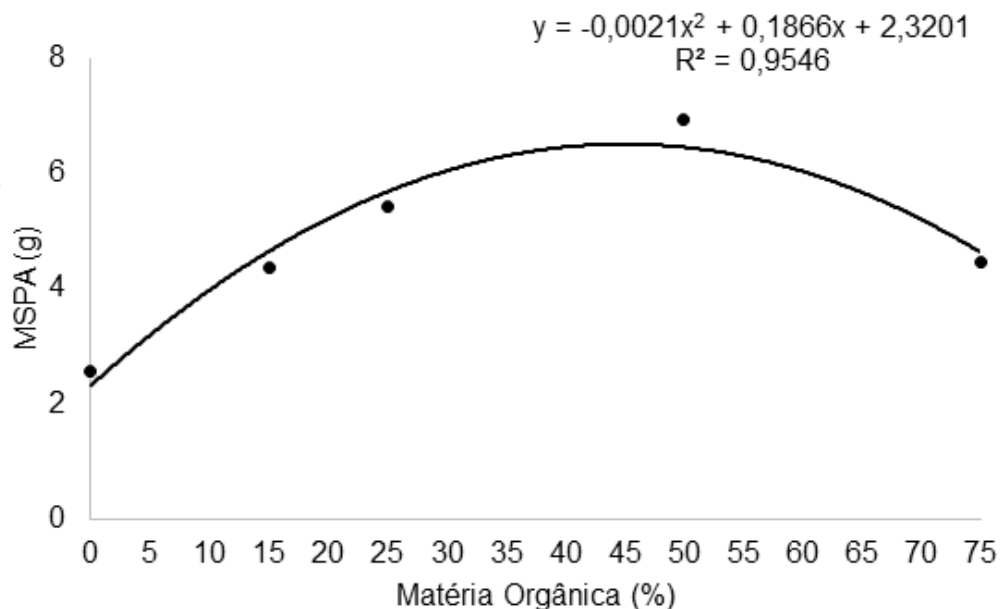


FIGURA 5. Efeito da concentração da matéria orgânica sobre a massa seca da parte aérea (MSPA) das mudas de *Schinus terebinthifolius*, 60 dias após a semeadura.

Ao avaliar a massa seca total (MST) das mudas de aroeira, observa-se, que pela derivada da equação encontrasse o ponto máximo de eficiência quando aplicado a concentração de 45% MO em ambos os substratos, no entanto essa concentração no substrato arenoso se obtém ganho na MST de 13% (Figura 6A).

Quanto maior for o valor de MST melhor será a qualidade das mudas produzidas, refletindo na estabilização da mesma em campo, sendo mudas mais resistentes. Cruz et al. (2006), avaliando mudas de *Samanea inopinata*, relataram que a MST deve ser levada em consideração para produzir mudas de qualidade, e que quanto maior o valor, melhor será o sucesso em campo, principalmente para espécies florestais. A utilização de MO nos substratos fizeram com que as mudas tivessem uma maior produção de biomassa seca até a concentração de 50%.

Analisando-se o índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de aroeira, a concentração de 45% de MO apresentou as melhores médias em ambos os substratos, arenoso e argiloso de 1,3 (Figura 6B). O IQD vem sendo utilizado como um bom indicador de qualidade de mudas, pois leva em consideração as características morfológicas (DIAS et al., 2016), dando noções da robustez (relação H/DC) e do equilíbrio de distribuição da biomassa (relação MSPA/MSR) assim alcançando maior chance de sobrevivência após o transplântio (BINOTTO et al., 2010).

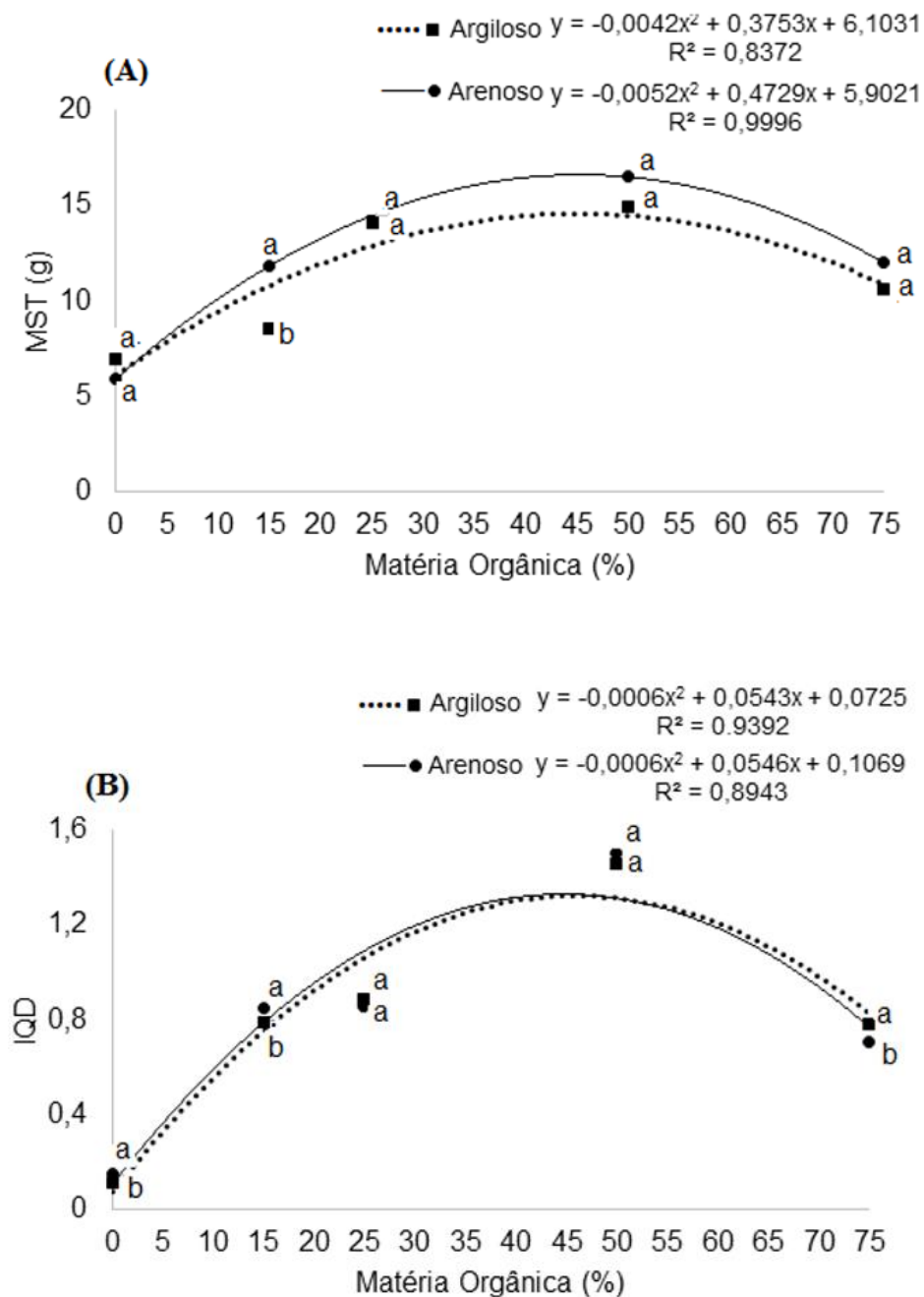


FIGURA 6. Massa seca total (A) e índice de qualidade de Dickson (B) de mudas de *Schinus terebinthifolius*, cultivadas em substratos arenoso e argiloso, 60 dias após a

semeadura, em função da concentração de matéria orgânica. **Médias seguidas pela mesma letra, comparando os dois substratos em cada dose, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

De acordo com Caldeira et al. (2012) o IQD deve ter o valor acima de 0,20, pois quanto maior o índice, melhor é a qualidade da muda produzida. Pelos resultados, pode-se inferir que tanto o solo arenoso como o argiloso, que receberam MO na composição do substrato, estão superiores a esse valor. Todavia, quando a aroeira foi cultivada em solos sem MO, o IQD ficou abaixo do valor mínimo preconizado, ou seja, resultaram em mudas de qualidade inferior. No entanto, são escassas na literatura as informações a respeito dos valores de IQD que as mudas de determinada espécie devem atingir para estarem aptas a serem expedidas do viveiro (TSUKAMOTO et al., 2013).

Lima et al. (2017), avaliando a qualidade de mudas de aroeira-do-sertão, também encontram resultados semelhantes no valor de IQD quando utilizaram concentrações do esterco bovino no substrato, evidenciando que em concentrações acima de 65% ocorre uma redução do IQD. No presente trabalho, nota-se este mesmo comportamento, quando aplicadas concentrações de MO maiores que 50% nos substratos, resultando na queda no IQD (Figura 6B). Assim, ao adicionar a maior concentração de MO em ambos os substratos, não significou aumento nos parâmetros de crescimento das plantas analisadas.

1.1.6 Conclusão

A utilização de diferentes concentrações de matéria orgânica nos substratos arenoso e argiloso influenciou significativamente os parâmetros biométricos e índices de qualidade das mudas de *Schinus terebinthifolius*.

A concentração de matéria orgânica de 45% proporcionou ganho na massa seca total e no índice de qualidade de Dickson, obtendo o melhor desenvolvimento das mudas.

O uso de substrato arenoso ou argiloso sem a adição de matéria orgânica resultou na obtenção de mudas de qualidade inferior.

1.1.7 Referências

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ARAÚJO, A.P. de.; SOBRINHO, S. de, P. Germinação e produção de mudas de tamboril *Enterolobium contortisiliquum* (vell.) morong) em diferentes substratos. **Revista Árvore**, v. 35, n.3, p.581-588, 2011.

BINOTTO, A.F.; LUCIO, A.D.; LOPES, S.J. Correlations between growth variables and the Dickson quality index in forest seedlings. **Cerne**, v.16, n.4, p.457-464, 2010

CALDEIRA, M.V.W.; FAVALESSA, M.; GONÇALVES, E.O.; DELARMELINA, W.M.; SANTOS, F.E.V.; VIERA, M. Lodo de esgoto como componente de substrato para produção de mudas de *Acacia mangium* Wild. **Comunicata Scientiae**, v.5, n.1, p.34-43, 2014.

CALDEIRA, M.V.W.; DELARMELINA, W.M.; LUBE, S.G.; GOMES, D.R.; GONÇALVES, E. O.; ALVES, A.F. Biossólido na composição de substrato para a produção de mudas de *Tectona grandis*. **Floresta**, v. 42, n. 1, p. 77 - 84, 2012

CARNEIRO, J.G.A. Variações na metodologia de produções de mudas florestais afetam os parâmetros morfo-fisiológicos que indicam a sua qualidade. **Série Técnica FUIPEP**, v. 12, n.1, p. 1-40, 1983.

CRUZ, C.D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**. v.38, n.4, p.547-552, 2016.

DELARMELINA, W.M.; CALDEIRA, M.V.W.; FARIA, J.C.T.; GONÇALVES, E.O.; ROCHA, L.F. Diferentes substratos para a produção de mudas de *Sesbania virgata*. **Floresta Ambient**. v.21 n.2, p. 224-233, 2014.

DIAS, I.M.; BARRETO, I.D. de C.; FERREIRA, R.A. Efeito de dosagens de fertilizante fosfatado na determinação de volume ótimo de produção de mudas de espécies florestais nativas. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.15, n.4, p.471-475, 2016

DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v.36, n.1, p.10-13, 1960.

KRATKA, P.C.; CORREIA, C.R.M.A. Crescimento inicial de aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva* allemão) em diferentes substratos. **Revista Árvore**, v.39, n.3, p.551-559, 2015.

KRATZ, D.; WENDLING, I.; NOGUEIRA, A.C.; SOUZA, P.V. de. (Propriedades físicas e químicas de substratos renováveis. **Revista Árvore**, v. 37, n.6, p.1103-1113, 2013.

KURTZ, C.; ERNANI, P.R.; COIMBRA, J.L.M.; PRTRY, E. Rendimento e conservação de cebola alterados pela dose e parcelamento de nitrogênio em cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36 n.3, p. 865-875, 2012.

LIMA, K.S.L.; MAOURA, M.C.F.; SANTOS, C. C.; NASCIMENTO, K. P. C.; DUTRA, A. S. Produção de mudas de aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) em resíduos orgânicos. **Revista Ceres**, v.64 n.1, p.001-011, 2017.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seeding emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.2, p. 176-177, 1962.

MARTINS, C.C.; BORGES, A. da S.; PEREIRA, M.R.R.; LOPES, M.T.G. Posição da semente na sementeira e tipo de substrato sobre a emergência e crescimento de plântulas de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake. **Ciência Florestal**, v.22, n.4, p.845-852, 2012.

MESQUITA, E.F. de; CHAVES, L.H.G.; FREITAS, B.V.; SILVA, G.A.; SOUSA, M.V.R.; ANDRADE, R. Produção de mudas de mamoeiro em função de substratos contendo esterco bovino e volumes de recipientes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, n.1, p.58-65, 2012.

OLIVEIRA, F.T.; HAFLE, O.M.; MENDONÇA, V.; MOREIRA, J.N.; MENDONÇA, L.F. Fontes e proporções de materiais orgânicos na germinação de sementes e crescimento de plantas jovens de goiabeira. **Revista Brasileira Fruticultura**. v.35, n.3. p. 866-874, 2013.

OLIVEIRA, L.C.; COSTA, E.; SOBRINHO, M.F.O.; BINOTTI, F.F.S.; MARUYAMA, W. I.; ALVES, A.C. esterco bovino e fibra de coco na formação de mudas de baruzeiro. **Revista de Agricultura Neotropical**, v1, n.2, p. 42-51. 2014

OLIVEIRA FILHO, A.T.; CARVALHO, D.A. Florística e fisionomia da vegetação no extremo norte do litoral da Paraíba. **Revista Brasileira de Botânica**, v.16 n.3, p.115-130, 1993.

PEREIRA D.C.; GRUTZMACHER P.; BERNARDI F.H.; MALLMANN L. S.; COSTA L.A. M.; COSTA M.S.S.M. Produção de mudas de almeirão e cultivo no campo, em sistema agroecológico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.10, p. 1100-1106, 2012.

PEREIRA, M.F.S.; TORRES, S.B.; LINHARES, P.C.F.; PAIVA, A.C.C.; PAZ, A.E.S.; DANTAS, A.H. Qualidade fisiológica de sementes de coentro [*Coriandrum sativum* (L.)]. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.13, n.1, p.518-522, 2011.

PEREIRA, P.C.; MELO, B.de; FREITAS, R.S. de; TOMAZ, M.A.; FREITAS, C. de J.P. Mudas de tamarindeiro produzidas em diferentes níveis de matéria orgânica adicionada ao substrato. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 3, p. 152-159, 2010.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. Ed., Piracicaba: Fealq, 2009. 451p.

PIRAS, A.; MARZOUKI, H.; FALCONIERI, D.; SILVIA, P.; GONÇALVES, M.; CAVALEIRO, C.; SALGUEIRO, L. Chemical Composition and Biological Activity of Volatile Extracts from Leaves and Fruits of *Schinus terebinthifolius* Raddi from Tunisia. **Records of Natural Products**, v.11, n.1, p.9-16, 2017.

SALES, R. A.; SALES, R. A.; NASCIMENTO, T. A.; SILVA, T. A.; BERILLI, S. S.; SANTOS, R. A. Influência de diferentes fontes de matéria orgânica na propagação da *Schinus terebinthifolius* Raddi, **Revista Scientia Agraria**, v. 18 n. 4, p. 99-106, 2017.

SANGOI, L.; ERNANI, P.R.; LECH, V.A.; RAMPAZZO, C. Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação da uréia e manejo dos restos culturais de aveia em dois solos com texturas contrastantes. **Ciência Rural**, v.33, n.1, p.65-70, 2003.

SANTOS, L.W.; COELHO, M. de F.B; AZEVEDO, R.A.B. Qualidade de mudas de pau-ferro produzidas em diferentes substratos e condições de luz. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 74, p. 151-158, 2013.

SILVA, F.A.M.; VILAS-BOAS, R.L.; SILVA, R.B. da. Resposta da alface à adubação nitrogenada com diferentes compostos orgânicos em dois ciclos sucessivos. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.32, n.1, p.131-137, 2010.

SILVA, M.A.V.; FERREIRA, W.M.P.; ANDRADE, V.M.S.; COSTA, J.M.N. Influência das condições microclimáticas no crescimento do milho BR 106, cultivado sob sementeira direta **Rev. de Ciências Agrárias** v.39 n.3, p. 383-394, 2016

SILVA, M. T. H.; MARTINS, A. B. G.; ANDRADE, R. A. Enraizamento de estacas de pitaya vermelha em diferentes substratos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.19, n.1, p. 61-64, 2006.

SIMANSKY, V.; JURIGA, M.; JONCZAK, J.; UZAROWICZ, L.; STEPIENET, W. How relationships between soil organic matter parameters and soil structure characteristics are affected by the long-term fertilization of a sandy soil. **Geoderma**, v.342, n.1, p.75-84, 2019.

SUGUIO, K. AND M.G. TESSLER, **Planícies de cordões litorâneos quaternários do Brasil**: origem e nomenclatura. in Restingas: origem, estrutura e processos, UFF: Universidade Federal Fluminense - Rio de Janeiro. p. 15-25, 1984.

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**, v. 31, n. 66, p. 75-82, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E (2013) **Fisiologia Vegetal**. 5ª ed. Porto Alegre, Artmed. 848p.

TOLEDO, F.H.S.F; VENTURIN, N.; CARLOS, L.; DIAS, B.A.S.; VENTURIN, R.P.; VENTURIN, R.P.; MACEDO, R.L.G. Composto de resíduos da fabricação de papel e

celulose na produção de mudas de eucalipto. **Revista Brasileira de Engenharia agrícola ambiental**, v. 19, n. 7, p. 711-716, 2015.

TSUKAMOTO, F.A de A.; CARVALHO, J.L.O.; COSTA, R.B. da.; DALMOLIN, Â.C.; BRONDANI, G.E. Regime de Regas e Cobertura de Substrato Afetam o Crescimento Inicial de Mudas de *Myracrodruon urundeuva*. **Floresta e Ambiente**, v.20, n.2, p.521-529, 2013.

VITÓRIA, R.Z.; OLIVEIRA, F.T.G.; POSSE, S.C.P.; ARAMTES, S.D.; SHMILDT, O.; VIANA, A.; MALIKOUSKI, R.G.; BARROS, B.L.A. Qualidade fisiológica de sementes de aroeira em função da maturação dos frutos sob diferentes temperaturas de germinação. **Nucleus**, v.15, n.2, p. 575-582, 2018.

2.2 CAPÍTULO 2 - MANEJO DO SOLO E TÉCNICAS DE PLANTIO NA REVEGETAÇÃO DE BASES DE POÇO DE PRODUÇÃO DE PETRÓLEO EM ÁREA DE RESTINGA

2.2.1 Resumo

Ao final da utilização de poços de extração de petróleo e gás, faz-se necessária a recuperação da área. Desta forma, objetivou-se avaliar a influência do manejo do solo e de técnicas de plantio sobre espécies nativas empregadas na revegetação de uma base de poço de produção de petróleo e ou/gás desativada em área de restinga, no norte do estado do Espírito Santo. O experimento foi composto por duas formas de manejo do solo quanto ao seu preparo: 1) retirada da base argilosa e cultivo sobre o substrato arenoso; e 2) preparo da base argilosa com Subsolagem + Gradagem e cultivo sobre o substrato preparado, submetido a três técnicas de plantio: plantio da espécie nativa com bromélia; plantio da espécie nativa com adubação química e orgânica na cova; e plantio de espécie nativa sem adubação e sem a presença da bromélia (testemunha). Foram utilizadas as espécies nativas de *Schinus terebinthifolius* Raddi e *Dalbergia ecastophyllum*. Foram analisadas as variáveis morfológicas taxa de mortalidade (TM), taxa de crescimento absoluto das espécies (TCA), altura da planta (ALT), diâmetro do caule (DC) e ainda atributos químicos do solo. As duas espécies se mostraram promissoras na revegetação da área da base de poço de petróleo/ou gás desativada, em área de restinga. O uso da técnica de plantio com adubação e o manejo do solo argiloso apresentaram os melhores resultados avaliativos, tanto para os atributos morfológicos das espécies como na avaliação dos atributos químicos do solo, evidenciando potencialidade na revegetação e recuperação da área degradada.

Palavras chave: Adubação, aroeira, rabo de bugio, recuperação.

2.2.2 Abstract

SOIL MANAGEMENT AND PLANTING TECHNIQUES IN THE REVEGETATION OF OIL PRODUCTION WELL BASES IN RESTINGA ZONE

At the end of the use of oil and gas extraction wells, it is necessary to recover the area. Thus, the objective was to evaluate the influence of soil management and planting techniques on native species used in the revegetation of a deactivated oil and / or gas well base in a restinga area, in the north of the state of Espírito Santo . The experiment consisted of two forms of soil management regarding their preparation: 1) removal of the clayey base and cultivation on the sandy substrate; and 2) preparation of the clayey base with Subsoiling + Grating and cultivation on the prepared substrate, submitted to three planting techniques: planting the native species with bromeliad; planting the native species with chemical and organic fertilization in the pit; and planting of native species without fertilization and without the presence of bromeliad (control). Native species of *Schinus terebinthifolius Raddi* and *Dalbergia ecastophyllum* were used. The morphological variables, mortality rate (TM), absolute species growth rate (TCA), plant height (ALT), stem diameter (DC) and chemical attributes of the soil were analyzed. Both species showed promise in revegetation of the deactivated oil / gas base area, in a sandbank area. The use of the planting technique with fertilization and the management of the clayey soil presented the best evaluative results, both for the morphological attributes of the species and in the evaluation of the chemical attributes of the soil, showing potentiality in the revegetation and recovery of the degraded area.

Keywords: Fertilization, aroeira, howler tail, recovery.

2.2.3 Introdução

A cada dia vem crescendo a preocupação com a preservação dos recursos naturais e do meio ambiente, visando desenvolvimento sustentável, buscando equilíbrio entre as questões econômicas, ambientais e sociais. A ocorrência de áreas degradadas no mundo é crescente, e no Brasil, o cenário não é diferente. Extensas áreas encontram-se degradadas basicamente por atividades antrópicas resultantes do crescimento econômico, causando remoção da camada fértil do solo e exposição dos horizontes de baixa fertilidade (MACHADO et al. 2013).

O processo de extração de petróleo e gás são de suma importância para o desenvolvimento tecnológico e social, porém, fatores negativos aliam-se ao desenvolvimento desse tipo de exploração, como é o caso do desmatamento e degradação do solo, além de ocasionar a diminuição da biodiversidade local, apesar das rígidas normas de precauções adotadas. No caso da indústria do petróleo, os principais impactos ambientais são caracterizados pela degradação dos solos, com a retirada da vegetação e preparo do solo durante a instalação de bases, causando danos à fauna e à flora da região (MATOS, 2010).

Para a instalação da base de extração, principalmente em solos arenosos, os quais geralmente estão em área de restinga, é necessário o estabelecimento de uma base sólida para a operação, e isso é feito com a adição de uma camada argilosa compactada. Além de causar redução na infiltração de água e na capacidade de armazenamento de água, deficiência de oxigênio, alta resistência à penetração de raízes, aumento da densidade do solo e perda da matéria orgânica, proporcionando ao solo maior suscetibilidade à erosão (GUIMARÃES et al., 2013; JESUS et al., 2016; NEVES et al., 2016).

De acordo com o Decreto lei 97.632/89, estabelece que ao final da atividade de mineração, a área deve ser recuperada, buscando o retorno do sítio degradado, de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo, visando à obtenção de estabilidade do meio ambiente (BRASIL, 1989).

A recuperação de áreas degradadas principalmente em ambiente de restinga é um processo lento e que exige monitoramento constante, portanto, constitui-se em um desafio, principalmente com relação ao resgate da estrutura da vegetação, no tocante à sua composição e funções ecológicas (CARVALHO, 2011; SUHARTOYO et al.,

2012). Por isso, a necessidade do uso de técnicas de restauração ecológica para o restabelecimento dos processos ambientais (LIMA et al., 2015). Trata-se de criar condições para o restabelecimento de complexas redes de relações ecológicas entre solo, plantas, animais e microclima, que permitam o reequilíbrio dinâmico da natureza em áreas hoje desprovidas dessas condições (REIS et al., 1999).

Uma das formas de recuperação dessas jazidas é a revegetação com espécies nativas do bioma. Essa técnica requer a seleção de espécies adequadas, que suportem as condições da área e acelerem a reconstituição do processo de sucessão natural (SHEORAN et al., 2010; JESUS et al., 2016), somada ao uso de técnicas de revegetação com o plantio de espécies nativas ou com plantas que visam facilitar a recuperação e a manutenção da flora local (FONTES, 1991; ARAÚJO, 2006; PEREIRA et al., 2015).

Segundo Alves e Souza (2008), em áreas degradadas pela remoção da vegetação e do solo ou de parte de suas camadas, levando à exposição do horizonte C ou, ainda, do subsolo, tem-se buscado a recuperação por meio da revegetação nativa e por técnicas de preparo do solo, pois é de amplo conhecimento a inter-relação da vegetação com a morfologia, a química e a biologia do solo.

O uso inadequado, onde a vegetação natural foi suprimida, técnicas conservacionistas podem ser aplicadas para o reestabelecimento do equilíbrio natural da área. O reflorestamento e a revegetação de áreas degradadas são exemplos de técnicas vegetativas que podem fazer uso da restauração, nas quais poderão estar inseridas práticas mecânicas e edáficas (FERREIRA et al., 2018). A diferenciação entre as técnicas vegetativas a serem aplicadas é fundamental na eficácia da melhoria do processo regenerativo, pois cada uma é utilizada de acordo com objetivos específicos (GUILLOZET et al., 2014).

O uso da adubação pode proporcionar o rápido crescimento e estabilização das espécies, no entanto, em locais com limitações ambientais a regeneração natural pode ser potencializada através do plantio de espécies facilitadoras. A capacidade de estabelecimento em condições limitantes, a atração da fauna, o crescimento rápido e a grande deposição de serapilheira são características desejáveis para essas espécies (CHADA et al., 2004). Entretanto, são escassas as informações ou trabalhos relacionados ao uso de técnicas de recuperação da vegetação em áreas compactadas artificialmente sobre restingas.

Sendo assim, diante da real demanda por estudo específico e criterioso, objetivou-se com o presente trabalho avaliar práticas de revegetação de áreas de exploração e produção de petróleo e gás natural, em base desativada em ambiente de restinga, comparando técnicas de preparo e manejo do solo, utilizando diferentes espécies nativas e planta facilitadora.

2.2.4 Material e métodos

O experimento foi implantado no município de São Mateus – ES, em área de restinga, em uma base de poço de exploração de petróleo desativada. O clima da região é quente e úmido (tipo Aw de Köppen), com estação seca no outono-inverno e estação chuvosa na primavera-verão (ALVARES et al., 2013).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados – DBC, em esquema fatorial (2x3) com 5 repetições, composto por duas formas de manejo do solo quanto ao seu preparo: 1) retirada da base argilosa e cultivo sobre o substrato arenoso; e 2) preparo da base argilosa com Subsolação + Gradagem e cultivo sobre o substrato preparado (Figura 1), submetido a três técnicas de plantio para introdução das espécies nativas: plantio da espécie nativa com Bromélia; plantio da espécie nativa com adubação química e orgânica na cova; e plantio de espécie nativa sem adubação e sem a presença da bromélia (testemunha).



FIGURA 1. Vista geral do experimento, demarcado para implantação dos tratamentos nas parcelas, sendo: retirada da base argilosa e cultivo sobre o substrato arenoso (A)

e preparo da base argilosa com Subsolação + Gradagem e cultivo sobre o substrato preparado (B).

Visando à revegetação da área, foram escolhidas as espécies com base nas características da vegetação da própria área em estudo, assim priorizando espécies nativas da área de restinga (Tabela 1). Após a aplicação das técnicas de preparo do solo, foi realizada a calagem três meses antes da instalação do experimento, conforme Prezotti et al. (2007), elevando a saturação por base para 70%, aplicando-se de forma manual a lanço.

TABELA 1. Principais características das espécies utilizadas

Espécies	Nome Popular	Família	Grupo Ecológico
<i>Dalbergia ecastaphyllum</i>	Rabo de bugio	Fabaceae	Pioneira
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Aroeira	Anacardiaceae	Pioneira

Fonte: IEMA (2018).

Nas parcelas que receberam os tratamentos com adubação química e orgânica na cova e plantio de espécie nativa sem adubação e sem a presença da bromélia (testemunha), o plantio foi realizado dispondo-se as mudas com espaçamento de 0,5 x 0,5 m entre elas e 0,25 m de borda da parcela. Já no tratamento com bromélia foram utilizadas três bromélias por parcelas, plantadas na forma triangular, espaçadas de 0,5 x 0,5 m e com 0,20 m de borda da parcela, plantando-se quatro mudas da espécie nativa com espaçamento de 0,20 m entre as mudas (Figura 2). As parcelas foram separadas por corredores de 1 m.

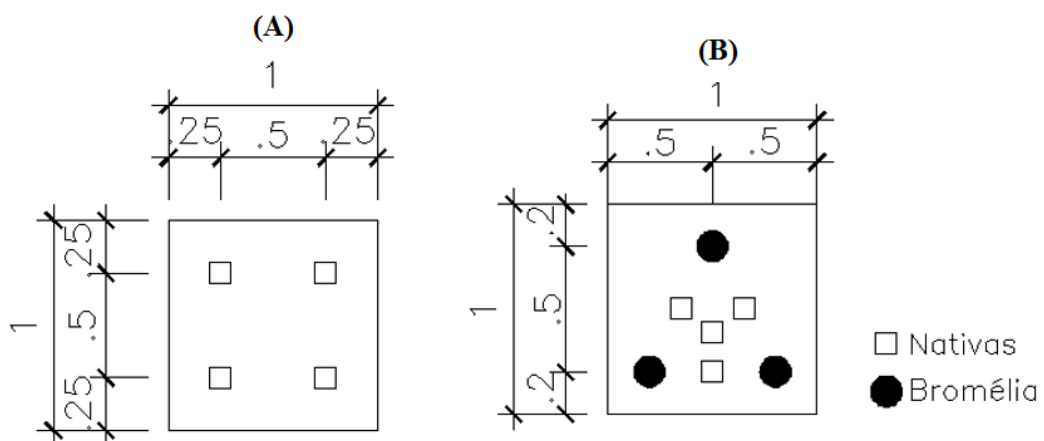


FIGURA 2. Disposição das mudas na parcela com os tratamentos sem bromélia (A) e com bromélia (B).

As mudas foram adquiridas em um viveiro credenciado da região de São Mateus, ES. O tratamento com adubação química e orgânica no plantio, foi composto 2 litros por cova de esterco bovino curtido e 100g de NPK 04-14-08, homogêneos com o substrato retirado na abertura das covas. Nos três primeiros meses após o plantio foi realizada a irrigação de manutenção do experimento para evitar o estresse hídrico e permitir o estabelecimento das plantas.

Foi utilizado o sistema de irrigação localizado (gotejamento) automatizado, com emissores autocompensantes, com pressão de serviço do equipamento de 20 Mca e vazão de cada emissor de $1,6 \text{ L h}^{-1}$, o espaçamento entre emissores foi de 0,50 m. A irrigação era acionada uma vez por semana e irrigava duas vezes ao dia, por um período de 30 minutos.

As variáveis analisadas foram: taxa de mortalidade das plantas (TM) durante os três primeiros meses após o plantio, realizado de acordo com o proposto por Brancalion et al. (2015), em que se avaliou a proporção de plantas mortas presentes na unidade amostral, sendo consideradas plantas mortas aquelas ausentes do local determinado da cova ou pelas plantas que apresentaram o caule seco e desprovido de folhas. Após 18 meses do plantio das espécies os parâmetros morfológicos avaliados foram: altura da planta (ALT), determinada a partir do nível do solo até o ápice da planta, com auxílio de uma trena graduada em centímetros; diâmetro do caule (DC), mensurado no nível do solo, com auxílio de paquímetro digital, com precisão em milímetros; a taxa de crescimento absoluto das espécies (TCA), realizada após a estabilização do experimento a cada dois meses, por um período de 12 meses. Os resultados foram então ajustados na equação sugerido por Reis e Muller (1979), conforme descrito:

$$\text{TCA} = \frac{H2 - H1}{T2 - T1}$$

(1)

Em que: H1 e H2 representa a variação da altura da planta em duas amostras consecutivas tomadas nos tempos T1 e T2, cm mes^{-1} .

A caracterização química do solo da área, considerada o tempo zero (CRT0), foi realizada antes do início do experimento (Tabela 2). Após 18 meses de condução foram novamente coletadas amostras para as análises químicas do solo, na profundidade de 0-0,10 m, em cada parcela experimental. Posteriormente, foram secas ao ar, peneiradas em malha de 2 mm de abertura obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA). Foram avaliados pH, P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, MO, SB, V, T, t de acordo com Embrapa (1997).

TABELA 2. Análise química e textural da área experimental em tempo zero (CRT0) na camada 0-0,10 m

Manejo	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	Areia	Silte	Argila
	H ₂ O	g Kg ⁻¹	mg dm ⁻³		Cmolc dm ⁻³			g kg ⁻¹			
Arenoso	5,4	1,6	7,0	57,5	0,8	0,7	0	3,7	953	8	39
Argiloso	5,6	5,0	5,2	27,5	0,3	0,2	0	2,7	180	90	730

pH em água 1:2,5; P: extrator Mehlich⁻¹ e determinação por colorimetria; K: extrator Mehlich⁻¹ e determinação por espectrofotometria de chama; Ca e Mg: extrator KCl 1 mol/L e determinação por espectrometria de absorção atômica; Al: extrator KCl 1 mol/L e determinação por titulometria. H + Al: extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L pH 7,0 e MO: oxidação de carbono via úmida com dicromato de potássio em meio ácido (H₂SO₄).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$). Cada espécie foi avaliada separadamente com os devidos tratamentos. Para os resultados significativos foram comparadas as médias, utilizando o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, com o auxílio do Software estatístico GENES (CRUZ, 2016).

2.2.5 Resultados e Discussão

2.2.5.1 Atributos Morfológicos da aroeira (*Schinus terebinthifolius*)

A análise de variância indicou efeito significativo para as variáveis altura da planta (ALT) e diâmetro do caule (DC), em relação ao manejo do solo adotado e a técnica de plantio, havendo interação significativa ($p \leq 0,01$). No entanto, a taxa de mortalidade (TM) não foi influenciada pelo manejo do solo e nem pela a interação entre os fatores, entretanto evidenciou efeito significativo ($p \leq 0,01$) para a técnica de plantio adotada (Tabela 3).

TABELA 3. Resumo da análise de variância para a Altura (ALT), Diâmetro do caule (DC), Taxa de Mortalidade (TM), em relação ao manejo do solo e à técnica de plantio utilizados em plantas de Aroeira (*Schinus terebinthifolius*)

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio		
		ALT	DC	TM
Manejo do Solo (A)	1	13504.4**	1518.3**	333.3 ^{ns}
Técnica de Plantio (B)	2	11514.4**	634.2**	1083.3**
Interação A x B	2	2667.8**	164.3**	83.3 ^{ns}
CV%	-	17.17	17.51	15.52

^{ns} = não significativo, ** e * significativo ao nível de 1% e 5%, respectivamente, pelo teste F.

Ao avaliar a interação dos fatores manejo do solo e técnica de plantio, evidencia-se que, independente do tratamento, o manejo do solo argiloso apresentou as maiores médias em relação ao manejo do solo arenoso no desenvolvimento ALT das plantas de aroeira (*Schinus terebinthifolius*) (Tabela 4).

TABELA 4. Altura (cm) das plantas de Aroeira (*Schinus terebinthifolius*) em relação ao manejo do solo, submetido a diferentes técnicas de plantio: sem adubação (T), com adubação (C/A) e o uso da bromélia como planta facilitadora (C/Bro), 18 meses após o plantio.

Manejo do solo	Técnicas de plantio		
	T	C/A	C/Bro
ARENOSO	37,65 Bb	68,55 Ba	38,50 Bb
ARGILOSO	60,75 Ab	148,70 Aa	62,55 Ab

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na horizontal, e maiúscula, na vertical, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Conforme Carvalho (1994), a aroeira não apresenta preferência por um solo distinto, ocorrendo em solos arenosos e argilosos. No entanto, em solos argilosos e com níveis de fertilidade baixa ou média o desenvolvimento da espécie foi mais acentuado com relação ao cultivo em solos arenosos.

Resultados semelhantes foram encontrados por Longo et al. (2005), onde avaliando a recuperação de áreas degradadas por mineração de cassiterita, verificaram maior altura das espécies florestais introduzidas nas áreas onde havia alguma estruturação do horizonte superficial, diferindo significativamente das áreas

que não apresentavam tal estruturação, ou seja, melhores condições do solo auxiliaram no melhor desenvolvimento das plantas.

De acordo com os dados obtidos (Tabela 4), nota-se que, ao implantar as mudas de aroeira com o uso da adubação (C/A), o desenvolvimento após 18 meses foi superior às médias dos demais tratamentos (T e C/Bro). O uso da adubação no plantio, associado ao manejo do solo argiloso, resultou em aumento da altura de plantas de 116,9% comparativamente à adubação no plantio no solo arenoso. Estes resultados podem estar associados ao fato de que o solo argiloso, por possuir mais cargas negativas, exibem maior CTC, ao contrário dos solos arenosos, que são pobres em cargas elétricas, favorecendo a lixiviação dos nutrientes. De acordo com Sangoi et al. (2008), o tipo de solo pode influenciar na magnitude do processo de lixiviação, já que solos argilosos possuem maior capacidade de retenção de nitrogênio, por exemplo, principalmente na forma de NH_4^+ , do que solos arenosos, afetando diretamente o desenvolvimento das plantas.

A altura das plantas, quando aplicadas as técnicas de plantio T e C/Bro, não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 4). Tais resultados podem ser justificados pois a quantidade e o tipo de nutrientes disponíveis (fertilidade do solo) afetam, de maneira marcante, o crescimento vegetativo da planta, o que ocorreu com o tratamento T. No caso C/Bro constatou-se que as plantas ficaram muito adensadas, causando assim competição por nutrientes, visto que nestas duas técnicas não foram adicionados nem um tipo ou forma de nutriente ao solo.

Resultados semelhantes foram encontrados por Souza et al. (2009), que obtiveram maiores respostas para altura nas plantas de *S. terebinthifolius* que receberam adubação no plantio. Esses autores sugerem que a elevada resposta de algumas espécies parece ser por causa da sua maior taxa de crescimento, requerendo, desse modo, uma maior quantidade de nutrientes para atender à sua demanda nutricional, o que, em última análise, permite a expressão do potencial de produção de biomassa das espécies de crescimento inicial mais acentuado.

A aroeira obteve a maior média para o diâmetro do caule quando foi cultivada sobre o solo argiloso com aplicação da técnica de plantio C/A, superior T e ao uso C/Bro como planta facilitadora, entretanto avaliando os manejos do solo quando aplicado as técnicas de plantio T e C/Bro não diferiram entre si (Tabela 5).

TABELA 5. Diâmetro do caule (mm) das plantas de Aroeira (*Schinus terebinthifolius*) em relação ao manejo do solo, submetido a diferentes técnicas de plantio: sem adubação (T), com adubação (C/A) e o uso da bromélia como planta facilitadora (C/Bro), 18 meses após o plantio

Manejo do solo	Técnicas de plantio		
	T	C/A	C/Bro
ARENOSO	9,27 Bb	15,41 Ba	7,70 Bb
ARGILOSO	15,41 Ab	37,53 Aa	19,70 Ab

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na horizontal, e maiúscula, na vertical, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O manejo do solo argiloso juntamente C/A no plantio proporcionou ganho no diâmetro do caule (DC) de 143% em relação ao mesmo tratamento no solo arenoso. Esses resultados, segundo Luttge e Scarano (2004), podem ser justificados pois a espécie implantada em ambiente com funcionamento e dinâmica que proporciona a melhoria nas características físicas e na fertilidade do solo, pode apresentar novos comportamentos fisiológicos decorrentes da interação com o meio ecológico.

Em trabalho realizado por Souza et al. (2001) em área degradada pela extração de areia, as plantas de *S. terebinthifolius* alcançaram DC de 11,0 mm, 12 meses após o plantio, quando essas receberam adubação de plantio no solo com característica de textura argilosa com a aplicação de adubo (2 L cova⁻¹ de esterco + NPK 20-05-15, 75g). Diâmetro superior a esse foram encontrados no presente trabalho (37,53 mm) com a aplicação de 2 L cova⁻¹ de esterco bovino + 100g de NPK 04-14-08. Para Souza et al. (2006) e Carneiro (1995), o DC é importante no crescimento e no potencial de sobrevivência da planta, sendo que maiores diâmetros proporcionam maior capacidade de formação e crescimento de raízes.

O efeito dos dois manejos do solo no comportamento da aroeira fica nítido ao se verificar que o DC tem o mesmo valor (15,41 mm) no solo arenoso com adubação e no solo argiloso sem a adição de adubos (Tabela 5). Ou seja, para revegetação das bases de poço, é possível cultivar a aroeira com menor custo de implantação com o manejo químico do solo, sem necessidade de remoção da camada argilosa que foi colocada artificialmente para construção da base. Todavia, para se obter resultados ainda melhores, devem-se utilizar as adubações química e orgânica.

A maior taxa de mortalidade (TM) foi observada na técnica de plantio C/Bro como planta facilitadora, obtendo 20% de plantas mortas ao longo dos três primeiros meses após o plantio, seguida pela técnica de plantio T. No entanto, quando se fez o uso da adubação a taxa de mortalidade foi nula, isto é, 100% das mudas de aroeira plantadas com adubo sobreviveram (Tabela 6).

A adubação de plantio (C/A) da aroeira foi importante para que ocorresse a baixa taxa de mortalidade, podendo-se expressar como um insumo fundamental para programas de recuperação ambiental de áreas degradadas. Segundo Knowles e Parrotta (1995), para espécies florestais nativas a taxa de mortalidade deve ficar abaixo de 10%, para que plantios em áreas degradadas para que obtenham sucesso.

Chiamolera et al. (2011) obtiveram resultados semelhante em relação à taxa de sobrevivência de *S. terebinthifolius*, mostra que a espécie possui índices satisfatórios no campo quando recebe adubação de plantio, independentemente da área onde é conduzida, concordando com Carvalho (2003), o qual ressalta as altas taxas de sobrevivência obtidas nos plantios experimentais, variando de 67 a 100%.

De fato, a alta taxa de sobrevivências das espécies nativas é reconhecida em projetos de recuperação, principalmente devido ao alto valor adaptativo dessas espécies às condições locais, permitindo, em curto prazo, proteção e enriquecimento do solo, abrigo e alimento para a fauna, perenização do regime hídrico e recuperação da paisagem (SANSEVERO et al., 2011).

TABELA 6. Avaliação da Taxa de Mortalidade (TM) das plantas de Aroeira (*Schinus terebinthifolius*) em relação ao manejo do solo, submetido a diferentes técnicas de plantio: sem adubação (T), com adubação (C/A) e o uso da bromélia como planta facilitadora (C/Bro), de 3 meses após o plantio.

Técnicas de Plantio	TM (%)
T	5,0 b
C/A	0,0 c
C/Bro	20,0 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na horizontal, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

O aumento da TM da aroeira quando se utilizou a bromélia como planta facilitadora (C/Bro) pode estar relacionado com a competição por água, nutrientes e

luz, pois no início do experimento a bromélia tinha a altura média de 0.5 m e as mudas de aroeira em média de 0.3 m. A espécie, por ser pioneira demanda maior intensidade luminosa, apresentando uma capacidade fotossintética e fisiológica ativa maior, demandando quantidade de água para incorporar biomassa (GONÇALVES et al., 2003).

O adensamento da aroeira com a bromélia, no início, pode ter ocasionado excesso de sombreamento assim retardando o seu crescimento. Quando as plantas são expostas a uma quantidade de luz insuficiente pode comprometer o desenvolvimento vegetativo ou até mesmo a causar a sua morte (TAIZ et al., 2017).

Conforme Scalon et al. (2006), avaliando o desempenho vegetativo da *S. terebinthifolia*, quando é cultivada em pleno sol, sem que se tenha impedimentos que venham a interferir a absorção de luz, a taxa de sobrevivência é maior do que aquelas que são cultivadas em consorcio sombreadas.

De acordo com a Figura 3, ao avaliar a taxa de crescimento absoluto (TCA), foram observadas variações entre as técnicas de plantio adotadas, sendo que C/A apresentou a maior taxa em ambos os manejos de solo, destacando-se, no entanto, o manejo no solo argiloso (Figura 3B). A TCA fornece uma estimativa da velocidade média de crescimento das plantas ao longo do ciclo de desenvolvimento. Assim, os resultados evidenciam que ao introduzir a espécie aroeira (*S. terebinthifolius*) com C/A essa velocidade média é potencializada.

Esses resultados estão em consonância com Mesquita et al. (2012), que verificaram aumento expressivo na TCA das plantas que receberam adubo orgânico e químico no plantio. Uma das hipóteses para a TCA ser elevada quando e aplicada a técnica de plantio C/A pode ser que a aplicação da adubação orgânica no solo aumenta o acúmulo de solutos orgânicos como carboidratos solúveis totais, açúcares como sacarose, aminoácidos livres, proteínas solúveis e além de outras substâncias vitais, nas células das plantas. Consequentemente, proporcionado desenvolvimento, principalmente nos primeiros meses após o plantio, condicionando assim que a planta expresse todo o seu potencial de crescimento vegetativo. Além disso, é favorável uma taxa de mineralização mais lenta para aumentar a disponibilidade de nutrientes durante o período de desenvolvimento, benefícios estes que a adubação orgânica tende a proporcionar (ANTUNES et al., 2016).

Observa-se que as técnicas de plantio T e C/Bro no manejo do solo arenoso (Figura 3A) apresentaram comportamento semelhantes em relação a TCA, no

entanto, houve variação entre o mês três ao mês nove, isso é, no decorrer acumulativo de seis meses, o tratamento com C/Bro apresentou aumento na TCA de 28% em relação a T. Castanho et al. (2015a), em uma revisão sobre estudos de facilitação em dunas costeiras, mostraram que o crescimento de espécies que se estabelecem em associação a outras espécies apresenta ganhos significativos no desenvolvimento vegetativo comparados com o crescimento em áreas expostas, sem o uso de plantas facilitadoras. Todavia, isso é evidenciado até um certo período de tempo, pois pode variar com a espécie que se deseja usar na revegetação. As espécies com taxa de crescimento acelerado são prejudicadas.

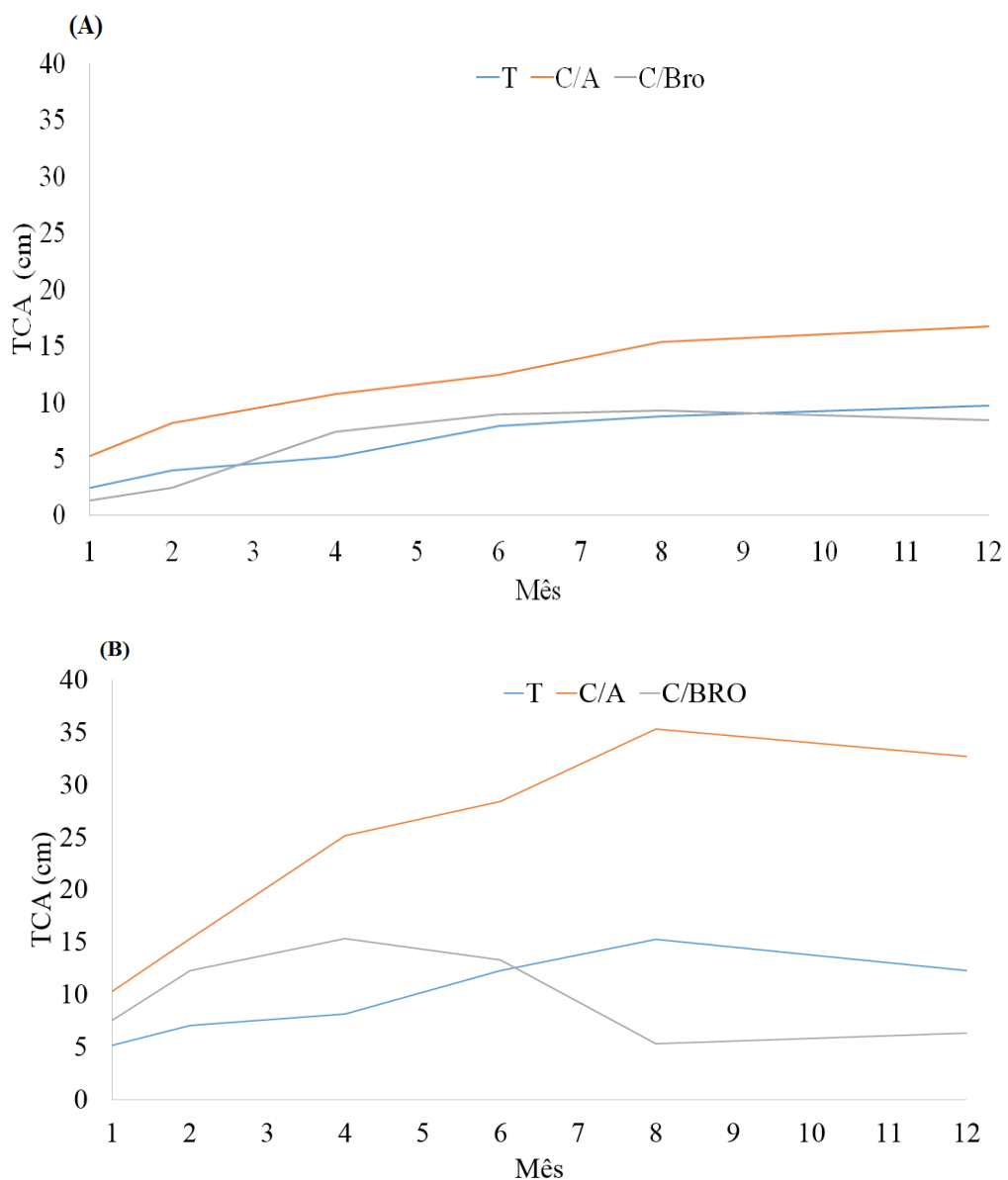


FIGURA 3. Avaliação da Taxa de crescimento absoluto (TCA) das plantas de Aroeira (*Schinus terebinthifolius*) durante 12 meses após a estabilização do experimento, no sistema de manejo do solo arenoso (A) e manejo do solo argiloso (B), submetido a

diferentes técnicas de plantio: sem adubação (T), com adubação (C/A) e o uso da bromélia como planta facilitadora (C/Bro).

O uso da técnica de plantio C/Bro como planta facilitadora, no desenvolvimento vegetativo da aroeira no manejo do solo argiloso (Figura 3B), cumpre com seu papel, proporcionando maior TCA nos quatro primeiros meses após a estabilização do experimento, com ganho médio acumulado de 60%, comparativamente com à T que apresentou, até então, a menor TCA. Em ambientes de restinga, algumas espécies colonizadoras atuam como plantas facilitadoras durante o estágio inicial da espécie que está sendo facilitada, melhorando as condições microclimáticas e aumentando a disponibilidade de água (CASTANHO e PRADO, 2014). No entanto, a partir do quarto mês ocorre uma queda gradativa da TCA do tratamento C/Bro e aumento na T, ocorrendo que, a partir do sexto mês a TCA se inverte e se torna maior na T. Há uma queda acentuada na TCA na técnica de plantio C/Bro, de 60% e, após o oitavo mês, uma tendência à estabilização. Esses resultados evidenciam que após o sexto mês da estabilização do experimento começa a ocorrer a competição por nutriente e por espaço entre a aroeira e a bromélia. No solo arenoso, a evidência desta competição foi muito menos acentuada e ocorreu apenas partir do nono mês (Figura 3A).

Resultados semelhantes foram evidenciado por Dalatoso (2016), onde constatou que em área de restinga a influência da facilitação depende de fatores como a histórico da área e o estágio de desenvolvimento dos organismos beneficiados, pois o balanço entre facilitação e competição pode oscilar em diferentes estágios de vida da planta beneficiada. Assim, é comum encontrar espécies que se comportam como beneficiadas quando são jovens, mas se tornam competidoras quando amadurecem (ARMAS e PUGNAIRE, 2009).

2.2.5.2 Atributos Químicos do Solo

O resumo da análise de variância mostra que houve efeito significativo para o manejo do solo e os atributos químicos avaliados, pH, P, K, Na, Ca, Mg, M.O ($p \leq 0,01$), e para as técnicas de plantio observa-se efeito significativo para o P, K, Mg ($p \leq 0,01$) e M.O ($p \leq 0,05$), ocorrendo interação significativa para, P, K, Ca, Mg, MO ($p \leq 0,01$). No entanto, para os atributos químicos SB, H+Al, t, T e V não houve efeito significativo para nenhuma das fontes de variação (Tabela 7).

O coeficiente de variação (CV %) para os atributos químicos do solo, ficou abaixo de 10%, isso implica em uma alta confiança dos dados estatísticos, pois o CV% constituiu-se numa estimativa do erro experimental em relação à média geral do ensaio.

TABELA 7. Resumo da análise de variância para os atributos químicos do solo, após 18 meses do plantio da aroeira (*Schinus terebinthifolius*)

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio											
		pH	P	K	Na	Ca	Mg	H+Al	SB	t	T	V	M.O
Manejo do Solo (A)	1	0.6**	217.77**	1686.7**	1233.38**	9.273**	0.665**	0.533 ^{ns}	18.50 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.004 ^{ns}	94.5**
Técnica de Plantio (B)	2	0.26 ^{ns}	136.40**	1577.5**	0.048 ^{ns}	0.470**	0.126**	0.046 ^{ns}	0.026 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.051 ^{ns}	13.0*
Interação A x B	2	0.07 ^{ns}	84.03**	1577.5**	0.38 ^{ns}	0.420**	0.099**	0.066 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.04 ^{ns}	16.5**
CV%	-	5.79	7.68	8.47	9.64	5.04	9.87	9.28	5.63	6.41	8.19	9.16	9.05

ns= não significativo, ** e * significativo ao nível de 1% e 5%, respectivamente, pelo teste

Ao analisar a interação entre o manejo do solo e as técnicas de plantio adotadas, na avaliação dos atributos químicos do solo, observa-se, que quando a aroeira foi introduzida C/A, os nutrientes, P, K e Ca, se destacaram estatisticamente por apresentarem as maiores médias, quando está é manejada sobre o solo argiloso (Tabela 8).

Os resultados evidenciam que C/A da aroeira, no manejo do solo argiloso, o teor de P obteve aumento de 84%, comparativamente ao mesmo tratamento no solo arenoso. Falcão e Silva (2004), em estudos realizados, indicaram que a adsorção de fósforo em solos arenosos é menor que em solos com maior teor de argila, sendo que a capacidade de adsorção de fósforo apresentou correlação positiva com o teor de argila.

O aumento do P, deve-se principalmente pela adubação de plantio, que forneceu 2 L cova⁻¹ de esterco bovino e 100 g cova⁻¹ de NPK 04-14-08. Porém, os teores de P no manejo do solo arenoso não sofreram alterações pelos tratamentos, mantendo-se estatisticamente semelhantes aos teores de P da caracterização da área em tempo zero (CRT0), indicando que ao longo de 18 meses as concentrações de P no manejo do solo arenoso não sofreram alterações ou influência quando a aroeira foi introduzida no manejo do solo arenoso. Resultados semelhantes foram obtidos por Barbosa (1994), ao avaliar diferentes manejos de solo nas concentrações de nutrientes na aroeira, o qual observou que o P não sofreu alterações em solos de textura arenosa.

TABELA 8. Atributos químicos do solo em função do manejo do solo adotado, submetido a diferentes técnicas de plantio: sem adubação (T), com adubação (C/A) e o uso da bromélia como planta facilitadora (C/Bro), 18 meses após o plantio da Aroeira (*Schinus terebinthifolius*)

Manejo do Solo	Técnicas de plantio			
	CRT0	T	C/A	C/Bro
----- P (mg dm ⁻³) -----				
Arenoso	7,06 Aa	7,72 Aa	8,89 Ba	9,34 Ba
Argiloso	5,28 Bc	8,53 Ac	16,41 Aa	10,89 Ab
----- K (mg dm ⁻³) -----				
Arenoso	57,50 Aa	25,01 Ab	28,33 Bb	25,06 Bb
Argiloso	27,50 Bc	25,57 Ac	71,33 Aa	45,92 Ab
----- Ca (cmolc dm ⁻³) -----				
Arenoso	0,87 Aa	0,31 Bb	0,38 Bb	0,52 Bb
Argiloso	0,39 Bc	1,36 Ab	2,42 Aa	1,73 Ab

----- Mg (cmolc dm ⁻³) -----				
Arenoso	0,71 Aa	0,11 Bb	0,14 Bb	0,16 Bb
Argiloso	0,23 Bc	0,40 Ab	0,67 Aa	0,38 Ab
----- MO (g Kg ⁻¹) -----				
Arenoso	1,66 Bb	1,56 Bb	2,89 Ba	1,90 Bb
Argiloso	5,00 Ab	5,25 Ab	10,63 Aa	5,11 Ab

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na horizontal, e maiúscula, na vertical, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. **CRT0: caracterização da área em tempo zero.

Pode-se observar alterações nos teores de K e Ca, no manejo do solo arenoso. Ao analisar estes mesmos nutrientes na caracterização da área em tempo zero (CRT0), nota-se uma redução média de 54% e 53% respectivamente após o plantio e cultivo da aroeira (*S. terebinthifolius*), independentemente da técnica de plantio adotada. Todavia, essa situação é diferente ao analisar os teores no manejo do solo argiloso após 18 meses o plantio no tratamento C/A (Tabela 8).

Os teores de K e Ca, reduziram ao longo de 18 meses após o plantio da aroeira no manejo do solo arenoso, provavelmente, decorrente da alta taxa de lixiviação. Resultados semelhantes foram encontrados por Werle et al. (2008), que evidenciaram que as perdas de K e Ca, geralmente, são maiores em solos que apresentam textura arenosa a média se comparado aos argilosos, devendo-se destacar que o tipo de argila também influencia na maior ou menor retenção destes nutrientes. Além disso, Melloni et al. (2008) ressaltam que, na camada superficial do solo, a maior exposição do terreno às ações da chuva e do vento poderiam contribuir para o empobrecimento nutricional dessas áreas.

Por outro lado, os teores de K, Ca e Mg, obtiveram incremento de 151%, 536,8%, 378,5% respectivamente no solo, quando utilizada a técnica de plantio C/A no sistema de manejo argiloso, comparativamente com a mesma técnica no solo arenoso. Trabalho realizado Alcântaras et al. (2000) também se constatou incremento das concentrações de K, Ca, Mg, em solo degradado, com aplicação de diferentes tipos de resíduos no solo.

Em relação ao teor de MO, evidenciou-se que o uso da técnica de plantio C/A no solo argiloso, houve aumento de 628% quando comparado com o arenoso. Não houve diferença entre CRT0, S/A e C/Bro (Tabela 8).

O aumento do teor de MO no solo argiloso ao longo dos 18 meses após o plantio da aroeira indica efeito da ciclagem de nutrientes, podendo justificar os teores mais altos encontrados para os atributos P, K, Ca e Mg. Isso refletiu diretamente nos

parâmetros de desenvolvimento vegetativo da aroeira quando esta foi conduzida no solo argiloso com adubação.

A aroeira apresenta grande potencial para aportar matéria orgânica, no solo, além de produzir serrapilheira de baixa relação C/N. Essas propriedades influenciam de forma positiva a ciclagem de nutrientes em solos degradados. Os valores expressivamente altos de serrapilheira que esta espécie pode depositar no solo permitem a formação de reservatório de MO e nutrientes, essencial para o processo de revegetação (MARINHO et al., 2004).

Em relação ao pH do solo, nota-se a influência do manejo adotado, sendo que o solo argiloso apresentou pH de 5,29 e solo arenoso pH de 6,5, um aumento de 1,21 (Tabela 9). Sabe-se que a faixa ideal para desenvolvimento das plantas encontra-se entre 6 e 6,5 e que, portanto, a acidez do solo avaliado está atrelada a dificuldades de absorção de micro e macronutrientes (PREZOTTI et al., 2007).

Rodrigues et al. (2007) identificaram o pH como uma das variáveis com maior correlação com a distribuição da vegetação. A acidez do solo no manejo argiloso, pode ser proveniente da influência da matéria orgânica que a aroeira proporcionou ao solo, por meio da deposição de folhas no solo, ocorrendo liberação de ácidos orgânicos e inorgânicos, contribuindo, desse modo, para o aumento da acidez do solo. Além disso, o poder tampão do solo é maior no argiloso, resistindo a maiores alterações do pH.

De fato, Viviane et al. (2010) constataram que dentre os atributos do solo o pH talvez seja, isoladamente, o mais relevante, no que se refere a utilização de fertilizantes, o que é de suma importância para o sucesso vegetativo na recuperação de áreas degradadas. Dessa forma, a maior deficiência de nutrientes em solo arenoso pode estar relacionada com o baixo teor de MO, no qual as substâncias orgânicas são ao mesmo tempo grandes doadoras e receptoras de prótons, assim podendo proporcionar variações no pH. No entanto, o pH alto encontrado nessa localidade não foi acompanhado pelo aumento dos valores de V e CTC. Prezotti e Guarçoni (2013) afirmam que estas situações podem ocorrer em solos arenosos mostrando a importância da granulometria e da MO na constituição química do solo.

TABELA 9. Avaliação dos atributos químicos do solo em função do manejo adotado 18 meses após o plantio da aroeira (*Schinus terebinthifolius*).

Manejo do solo	Atributos Químicos	
	pH (H ₂ O)	Na (mg dm ⁻³)
Arenoso	6,50 a	23,00 a
Argiloso	5,29 b	6,44 b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na vertical, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Houve uma clara tendência na elevação do Na no solo arenoso, aumento de 257% (Tabela 9). O manejo do solo arenoso se fez a partir da retirada total da camada argilosa que formava a base do poço de extração de petróleo, expondo o solo original da área de restinga. Este, por sua vez, sofreu interferência direta dos eventos marítimos, ocorrendo a deposição de sais na área. Os solos dos ecossistemas de restinga caracterizam-se por possuírem baixos conteúdos de argila e matéria orgânica, apresentando baixa capacidade de retenção de água e nutrientes, com uma grande entrada anual de nutrientes sob a forma de salsugem (HAY e LACERDA, 1977).

De acordo Azevedo et al. (2014), quanto mais próximo ao mar, maior a salinidade e ação de ventos, bem como a inconstância do substrato; à medida que a distância do mar aumenta, maior a possibilidade de haver adensamento de vegetação, o que não apenas modifica as condições microclimáticas, como também propicia maior umidade e disponibilidade de matéria orgânica no solo.

2.2.5.3 Atributos Morfológicos do Rabo de Bugio (*Dalbergia ecastophyllum*)

Ao analisar as variáveis no desenvolvimento do rabo de bugio (*Dalbergia ecastophyllum*), nota-se que, no resumo da análise de variância, altura da planta (ALT) não obteve efeito significativo para o manejo do solo, no entanto, houve efeito para as técnicas de plantio e interação ($p \leq 0,01$). Já em relação ao diâmetro do caule (DC), observa-se efeito significativo para o manejo do solo e para as técnicas de plantio ($p \leq 0,05$) e interação significativa entre os fatores ($p \leq 0,01$). Para a taxa de mortalidade (TM), não foi significativo para nenhum dos fatores analisados (Tabela 10).

TABELA 10. Resumo da análise de variância para a Altura (ALT), Diâmetro do caule (DC), Taxa de Mortalidade (TM, em relação ao manejo do solo adotado e o tratamento utilizado em plantas de rabo de bugio (*Dalbergia ecastophyllum*).

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio		
		ALT	DC	TM
Manejo do Solo (A)	1	198.9 ^{ns}	93.7*	20.8 ^{ns}
Técnica de plantio (B)	2	8469.11**	61.7*	14.2 ^{ns}
Interação A x B	2	21259.8**	166.1**	23.0 ^{ns}
CV%	-	13.65	18.25	13.11

^{ns} = não significativo, ** e * significativo ao nível de 1% e 5%, respectivamente, pelo teste F.

Em relação ao desenvolvimento do rabo de bugio, nota-se incremento significativo na altura quando aplicada a técnica de plantio C/A, em ambos os manejos do solo (Tabela 11). O plantio com adubação química e orgânica na cova proporcionou aumento médio de 176% sobre T e C/Br.

TABELA 11. Média da interação da altura (cm) das plantas de rabo de bugio (*Dalbergia ecastophyllum*) em relação ao manejo do solo, submetido a diferentes técnicas de plantio, sem adubação (T), com adubação (C/A) e o uso da bromélia como planta facilitadora (C/Br), 18 meses após o plantio

Manejo do solo	Técnicas de plantio		
	T	C/A	C/Br
ARENOSO	80,50 Bb	241,25 Aa	97,65 Ab
ARGILOSO	95,40 Ab	252,25 Aa	100,65 Ab

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na horizontal, e maiúscula, na vertical, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Segundo Gris et al. (2012), espécies pioneiras apresentam maior rusticidade, crescimento e robustez, e isso pode favorecer o seu estabelecimento em áreas degradadas, que pode ser potencializado ainda mais quando se condiciona adequadamente a fertilidade ao solo, expressando, por fim, avanços na sucessão ecológica.

O rápido desenvolvimento da parte aérea é importante em trabalhos de recuperação de áreas degradadas (FARIA et al., 1997; FARIA et al., 2013), como evidenciado por Carrasco (2003) para o rabo de bugio, apontando-o com potencial para a recuperação de áreas degradadas de restinga, especialmente porque ocorre naturalmente nestas áreas (BOHRER et al., 2009). O uso da *D. ecastophyllum* na

revegetação de áreas degradadas em especialmente no ambiente de restinga, quando recebeu adubação de plantio (C/A) obteve um rápido desenvolvimento, essa característica é importante para o sucesso da recuperação vegetal da área. Em trabalho realizado por Gonçalves et al. (1992), verificaram que, a *Mimosa caesalpiniiifolia* pertencente da família fabaceae, assim como a *D. ecastaphyllum*, possui o sistema radicular mais desenvolvido e raízes finas em grande densidade, o que permite maior absorção de nutrientes e também maiores taxas de crescimento o que é de suma importância para a revegetação da área degradada.

O bom desempenho vegetativo da espécie, pode estar relacionada ao fato de ser uma leguminosa do grupo ecológico das pioneiras. Ao receber suprimento de nutrientes pela técnica de plantio C/A seu desempenho foi destacadamente favorecido. As leguminosas apresentam uma relação mutualística com bactérias do gênero *Rhizobium*, as quais fixam nitrogênio nos nódulos disponibilizando-o para a planta que, aliado a outros nutrientes, favorece seu desenvolvimento de forma expressiva (SOUZA e CAPELLARI JUNIOR, 2004; TAIZ et al., 2017).

Ao analisar a interação entre os manejos do solo e as técnicas de plantio, nota-se que, para o diâmetro do caule, a técnica de plantio C/A no manejo do solo argiloso promoveu a maior média: 35,98 mm (Tabela 12). Para o solo arenoso, as técnicas de plantio não se diferiram entre si. Era de se esperar um melhor desempenho ao receber adubação, assim como ocorreu para altura, mas isso não foi observado. Geralmente, quando há disponibilidade de irrigação, há uma tendência de nivelamento entre os tratamentos e isso pode explicar a ausência de diferenças para esta variável.

TABELA 12. Média da interação do diâmetro do caule (mm) das plantas de rabo de bugio (*Dalbergia ecastaphyllum*) em relação ao manejo do solo, submetido a diferentes técnicas de plantio, sem adubação (T), com adubação (C/A) e o uso da bromélia como planta facilitadora (C/Bro), de 18 meses após o plantio.

Manejo do solo	Técnicas de plantio		
	T	C/A	C/Bro
ARENOSO	22,69 Aa	20,98 Ba	20,05 Aa
ARGILOSO	19,95 Ab	35,98 Aa	23,82 Ab

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na horizontal, e maiúscula, na vertical, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Segundo Souza et al. (2006), o DC e a ALT são fundamentais para a avaliação do potencial de sobrevivência e crescimento de espécies florestais em área de

restinga. Dessa forma, dentro de uma mesma espécie, as plantas com maior diâmetro e altura apresentam maior sobrevivência. No presente trabalho, após 18 meses, contabilizou-se 100% sobrevivência das plantas de rabo de bugio introduzidas na área.

Emerim (2003) estudou a flora de uma área de restinga na Praia dos Ingleses, Florianópolis, dois anos após a aplicação de técnicas de recuperação, partindo de uma área completamente desnuda, e indicou o uso do rabo de bugio como espécie para revegetação. Este resultado confirma a característica de adaptabilidade do rabo de bugio pois sua presença é constatada nas mais diversas fisionomias de relevo, solo e vegetação, e ainda porque é uma espécie especializada em suportar situações adversas e estressantes (MARQUES, 2005; CAMARGO, 2005).

A taxa de crescimento absoluto (TCA) foi muito semelhante nos dois manejos, sendo maior quando aplicada a técnica de plantio C/A e praticamente sem variações com T e C/Bro, ao longo dos 12 meses (Figura 3A e 3B). No solo arenoso, constata-se que C/A promoveu aumento médio na TCA de $40,27 \text{ cm mês}^{-1}$ ao longo dos 12 meses no manejo do solo arenoso. Já nas técnicas de plantio T e C/Bro a TCA foram de $9,44$ e $7,52 \text{ cm mês}^{-1}$, respectivamente.

A técnica de plantio com C/A contribuiu para que as condições ambientais fossem favoráveis ao solo, melhorando as condições bióticas em médio e ao longo prazo, sendo capaz de favorecer o desenvolvimento vegetativo do rabo de bugio e alterar significativamente a TCA, em ambos os solos.

Resultados encontrados por Funk e Vitousek (2007) constata-se que a tolerância das plantas a condições limitadas de recursos primários (água, luz e nutrientes), assim como o sucesso no estabelecimento inicial das mesmas sobre áreas degradadas são, em grande parte, determinadas pela eficiência no uso destes recursos. Este uso pode ser incrementado quando do suprimento adequado de nutrientes, que pode favorecer diferentes mecanismos de crescimento das plantas, como no caso do desempenho fotossintético, contribuindo efetivamente para o estabelecimento das plantas no campo (SILVA et al., 2006; FERREIRA et al., 2009). A mais baixa TCA com as técnicas de plantio T e C/Bro justifica-se pois não foi adicionado nenhum tipo de fertilizante.

Constata-se que o uso da bromélia não interferiu no crescimento do rabo de bugio, nem tampouco representou vantagem para o estabelecimento inicial em relação ao tratamento testemunha.

A TCA é um índice fisiológico usado para se ter ideia da velocidade média de crescimento ao longo do período de observação, sendo importante na tomada de decisões em ambiente de recuperação de áreas degradadas.

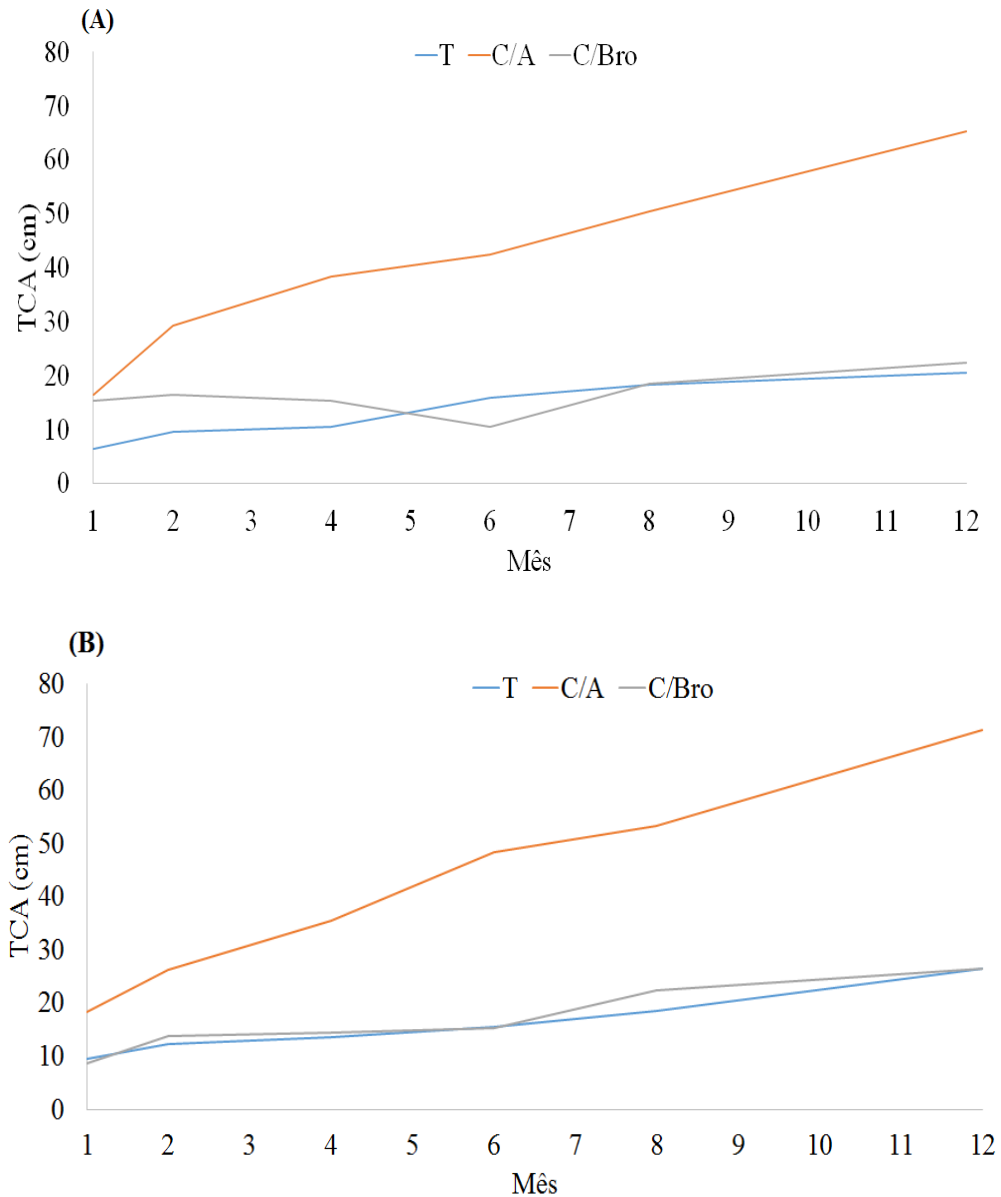


FIGURA 3. Avaliação da Taxa de crescimento absoluto (TCA) das plantas de rabo de bugio (*Dalbergia ecastophyllum*) durante 12 meses após a estabilização do experimento, no sistema de manejo do solo arenoso (A) e manejo do solo argiloso (B), submetido a diferentes técnicas de plantio, sem adubação (T), com adubação (C/A) e o uso da bromélia como planta facilitadora (C/Bro).

2.2.5.4 Atributos Químicos do Solo

Os resultados do quadrado médio da análise de variância para os atributos químicos do solo, após 18 meses do plantio do rabo de bugio, indicam que os atributos químicos, Na e Ca só foram significativo para o manejo do solo, havendo interação significativa somente para, P, Ca, Mg e MO. No entanto, para pH, K, H+Al, SB, t, T, V, não houve efeito significativo dos tratamentos e nem interação entre os mesmos (Tabela 13).

As maiores concentrações de P, Ca e Mg ocorreram quando foi aplicada a técnica de plantio C/A, aliado ao manejo do solo argiloso, no entanto, houve redução dos níveis de Ca, Mg no manejo do solo arenoso comparativamente com CRT0, independentemente da técnica de plantio adotada (Tabela 14).

O teor de P no solo apresentou aumento de 120,6% quando aplicado a técnica de plantio C/A no manejo do solo argiloso, comparativamente ao mesmo tratamento no manejo do solo arenoso, provavelmente, devido à baixa adsorção de fósforo em solos com menor teor de argila (FALCÃO e SILVA, 2004).

Na Tabela 14, constata-se que, o manejo do solo arenoso, aliado às técnicas de plantio, foram estatisticamente semelhantes entre si, apresentando ganho médio no teor de P de 122,8% em relação à CRT0. Esses resultados podem ser justificados pois rabo de bugio apresentou um alto aporte de matéria orgânica no solo ao longo dos 18 meses (Tabela 14), e isso pode ter contribuído para o aumento dos níveis de P nesse período.

TABELA 13. Resumo da análise de variância para os atributos químicos do solo, após 18 meses do plantio do rabo de bugio (*Dalbergia ecastophyllum*)

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio											
		pH	P	K	Na	Ca	Mg	H+Al	SB	t	T	V	M.O
Manejo do Solo (A)	1	0.005 ^{ns}	159.31 ^{**}	0.800 ^{**}	1404.5 ^{**}	6.06 ^{**}	1.350 ^{**}	0.05 ^{ns}	0.50 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.27 ^{ns}	0.43 ^{ns}
Técnica de Plantio (B)	2	0.984 ^{ns}	748.89 ^{**}	326.05 ^{ns}	8.166 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.013 [*]	0.08 ^{ns}	0.25 ^{ns}	0.01 ^{ns}	1.36 ^{ns}	3.00 ^{ns}	4.18 ^{ns}
Interação A x B	2	0.224 ^{ns}	220.86 ^{**}	277.16 ^{ns}	11.166 ^{ns}	0.240 [*]	0.019 [*]	0.05 ^{ns}	1.26 ^{ns}	0.03 ^{ns}	3.01 ^{ns}	256.0 ^{ns}	34.76 [*]
CV%	-	4.60	17.85	26.34	22.99	19.54	15.61	21.03	35.19	11.04	21.36	34.95	50.76

^{ns} = não significativo, ^{**} e ^{*} significativo ao nível de 1% e 5%, respectivamente, pelo teste F.

TABELA 14. Atributos químicos do solo em função do manejo do solo adotado, submetido a diferentes técnicas de plantio: sem adubação (T), com adubação (C/A) e o uso da bromélia como planta facilitadora (C/Bro), 18 meses após o plantio do rabo de bugio (*Dalbergia ecastophyllum*)

Manejo do solo	Técnicas de plantio			
	CRT0	T	C/A	C/Bro
----- P (mg dm⁻³) -----				
Arenoso	7,06 Ab	15,91 Aa	16,46 Ba	14,82 Aa
Argiloso	5,57 Ac	20,36 Ac	36,32 Aa	12,35 Ab
----- Ca (cmolc dm⁻³) -----				
Arenoso	0,87 Aa	0,46 Bb	0,49 Bb	0,46 Bb
Argiloso	0,39 Bc	1,81Ab	2,68 Ab	1,50 Ab
----- Mg (cmolc dm⁻³) -----				
Arenoso	0,71 Aa	0,60 Bb	0,58 Ab	0,57 Ab
Argiloso	0,23 Bc	0,74 Aab	0,62 Ab	0,56 ab
----- MO (g/Kg) -----				
Arenoso	0,66 Bb	4,45 Ba	4,79 Ba	5,90 Ab
Argiloso	5,00 Ac	6,13 Ab	12,63 Aa	6,12 Ab

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na horizontal, e maiúscula, na vertical, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. **CRT0: caracterização da área em tempo zero.

Houve redução dos teores do Ca e Mg em comparação à CRT0 no manejo do solo arenoso, e os teores são muito baixos nesse solo, mesmo tendo recebido a calagem. As médias das técnicas de plantio não se diferiram entre si. Resultados diferentes foram encontrados por Lourenço e Cuzzuol (2009), mostrando aumento nos níveis de Ca e Mg em área de restinga na camada 0-10 cm do solo, com a utilização da *Passiflora mucronata* Lam. (Passifloraceae) e *Canavalia rosea* (Sw.) DC. (Fabaceae). Entretanto o manejo do solo argiloso apresentou elevação nos níveis de Ca em 446,9%, quando recebeu a técnica de plantio C/A comparativamente ao mesmo tratamento no manejo do solo arenoso. A superioridade dos teores de Ca no manejo do solo argiloso sobre o arenoso não se repete para o Mg, mantendo-se praticamente iguais, exceto em CRT0, em que o solo arenoso original da área era mais fértil do que a camada argilosa depositada artificialmente para construção da base do poço de petróleo.

O teor de MO encontrado no manejo do solo arenoso não diferiu entre as técnicas de plantio S/A, C/A e C/Bro, no entanto houve aumento médio no teor MO de 664,64% em relação a CRT0. Para Kitamura et al. (2008), o principal fator limitante a recuperação de ambientes degradados é a restauração da MO das camadas

superficiais do solo, de onde as raízes irão buscar primeiramente os nutrientes necessários ao seu estabelecimento. Por isso, o incremento de MO observado foi ainda mais importante para o solo arenoso.

Ao avaliar as técnicas de plantio no manejo do solo argiloso, constata-se que C/A obteve o maior incremento de MO ao longo dos 18 meses, se compararmos com a CRT0 que apresentou a menor média, esse aumento de 152%. No entanto, as técnicas de plantio S/A e C/Bro foram semelhantes entre si, não havendo diferença estatisticamente (Tabela 14). Esse aumento nos níveis de MO no solo está ligado diretamente com o desenvolvimento vegetativo do rabo de bugio que proporcionou um aporte maior de serrapilheira ao solo, sendo decomposta e liberando nutrientes e ainda contribuindo para a formação da MO do solo. De acordo com trabalho realizado por Prezotti et al. (2007), a MO é um indicativo do potencial produtivo, pois solos com maior teor de MO apresentam maior capacidade de fornecimento de nutrientes as plantas, quando comparados a solos que apresentam valores inferiores.

O teor de K, no manejo do solo argiloso foi 189% superior à média do nutriente encontrado no manejo do solo arenoso (Tabela 15), corroborando o fato de que em solos de textura arenosa, como é o caso das áreas de restinga, ocorre intensa lixiviação do K (CORREA et al., 2006; PHILLIPS e BURTON, 2005). Por apresentarem baixa superfície específica e serem, em geral, pobres em MO, esses solos possuem baixa capacidade para reter nutrientes, que, livres na solução, ficam sujeitos à lixiviação para as camadas mais profundas, fato esse que ocorreu no presente trabalho.

TABELA 15. Atributos químicos do solo em função do manejo do solo, após 18 meses o plantio do rabo de bugio (*Dalbergia ecastophyllum*).

Manejo do solo	Atributos Químicos	
	K (mg dm ⁻³)	Na (mg dm ⁻³)
Arenoso	21,88 b	23,41 a
Argiloso	63,22 a	5,19 b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na vertical, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nota-se que os teores de Na foram elevados no manejo do solo arenoso (Tabela15), resultado que confirma nossas expectativas, pois, com a retirada da base

argilosa no manejo do solo arenoso, houve a exposição do solo original da área de restinga, que por sua vez é caracterizado por apresentar altos níveis de salinidade. O excesso de sais de sódio, além de trazer prejuízos às propriedades físicas e químicas do solo, provoca a redução generalizada do crescimento das plantas cultivadas provocando sérios prejuízos à atividade (CAVALCANTE et al., 2010). Contudo, o grau ou a concentração de sais que determinam essa redução varia com a espécie, podendo esse fato estar relacionado com a tolerância de cada espécie à salinidade (FERREIRA et al., 2001).

Para a revegetação de áreas degradadas em área de restinga são necessárias espécies pioneiras e tolerantes ao excesso de Na no solo. Conforme trabalhos realizados por Inocencio et al. (2014) algumas espécies como o *Enterolobium contortisiliquum*, *Sesbania virgata* e a *Dalbergia ecastophyllum* se apresentam com tais características, porém não há registro do seu desenvolvimento em áreas salinizadas. Apesar do teor de Na no solo arenoso apresentar a maior média, o rabo de bugio mostrou-se tolerante, comprovando que a concentração de Na nesse solo foi baixa para a espécie, evidenciando que se adapta às condições de restinga.

2.2.6 Conclusão

As duas espécies nativas foram capazes de se adaptar as condições em área de restinga, obtendo característica marcante na revegetação da base de poço de petróleo.

A técnica de plantio com adubação aliada ao manejo do solo argiloso proporcionou o maior desenvolvimento vegetativo para as duas espécies.

A técnica de plantio com adubação aliada ao manejo do solo argiloso proporcionou aumento nos níveis de P, Ca, Mg, K e matéria orgânica.

2.2.7 Referências

ALCÂNTARAS, F.A.; FURTINI NETO, A.E.; PAULA, M.B.; MESQUITA, H.A.; MUNIZ, J.A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n. 2, p.277-288, 2000.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013.

ALVES, M.C.; SOUZA, Z.M. Recuperação de área degradada por construção de hidroelétrica com adubação verde e corretivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32 n.6, p. 2505-2516, 2008.

ANTUNES, M.R.; CASTILHO, R.M.V.; CASTILHO, D.D.; LEAL, A.A.; ANDREAZZA, R. Crescimento inicial de acácia-negra com vermicompostos de diferentes resíduos agroindustriais. **Ciência Florestal**. v. 26, n. 1, p. 1-9, 2016.

ARAÚJO, G.H.M.F. **Efeito do manejo sobre a qualidade do substrato e o desenvolvimento de espécies arbóreas do cerrado em uma cascalheira no Distrito Federal**. 2006. Dissertação de mestrado. Brasília: Universidade de Brasília.

ARMAS, C.; PUGNAIRE, F.I. Ontogenetic shifts in interactions of two dominant shrub species in a semi-arid coastal sand dune system. **Journal of Vegetation Science**, v. 20, n. 3, p. 535-546, 2009.

AZEVEDO, N.H.; MARTINI, A.M.Z.; OLIVEIRA, A.A.; SCARPA, D.L.; PETROBRAS:USP, IB, LabTrop/Bioln (org.). **Ecologia na restinga: uma sequência didática argumentativa**. 1ed. São Paulo: Edição dos autores, Janeiro de 2014. 140p.

BRASIL- Diário Oficial da União - Seção 1 - 12/4/1989, Página 5517 (Publicação Original) **Coleção de Leis do Brasil** - 1989, p. 682 Vol. 2.

BARBOSA, Z. **Efeito do fósforo e do zinco na nutrição e crescimento de *Myracrodum urundeuva* Fr. All. (Aroeira do sertão)**. 105f. 1994. Dissertação de Mestrado– Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras-MG

BOHRER, C.B.A.; DANTAS, H.G.R.; GRONEMBERGER, F.M.; VINCENS, R.S.; ANDRADE, S.F. Mapeamento da vegetação e do uso do solo no centro de diversidade vegetal de Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodrigésia**, v.60, n.1, p.1-23, 2009.

CAMARGO, R.A. **A tribo Dalbergiae (Leguminosae-Faboideae) no Estado de Santa Catarina, Brasil**. 140 f. 2005. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre- RS

CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF/UENF, 1995. 451p.

CARVALHO R.P.B. Contribuições da análise de geossistemas na recuperação de áreas degradadas por mineração. **Caderno de Geografia**, v.36, n. 32 p. 13-28, 2011.

CARVALHO, P.H.R. **Espécies florestais Brasileira: recomendações silviculturas, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA/CNPQ, 1994. 674p.

CARVALHO, P. E. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 2003. 640 p.

CASTANHO, C.T.; LORTIE, C.J.; ZAITCHIK, B.; PRADO, P.I. A meta-analysis of plant facilitation in coastal dune systems: responses, regions, and research gaps. **PeerJ**, v. 3, n.1, p. 768-776, 2015a.

CASTANHO, C.T.; PRADO, P.I. Benefit of shading by nurse plant does not change along a stress gradient in a coastal dune. **PloS one**, v. 9, n.8, p. 1-12, 2014.

CAVALCANTE, L.F.; CORDEIRO, J.C.; NASCIMENTO, J.A.M.; CAVALCANTE, I.H.L.; DIAS, T.J. Fontes e níveis da salinidade da água na formação de mudas de mamoeiro cv. Sunrise solo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n.1, p. 1281-1290, 2010.

CHADA, S.S.; CAMPELLO, E.F.C.; FARIA, S.M. Sucessão vegetal em uma encosta reflorestada com leguminosas arbóreas em Angra dos Reis, RJ. **Revista Árvore**, v.28, n.6, p.801-809, 2004.

CHIAMOLERA, L. DE B.; ÂNGELO, A.C.; BOEGER, M.R. Crescimento e sobrevivência de quatro espécies florestais nativas plantadas em áreas com diferentes estágios de sucessão no reservatório Iraí-PR. **Floresta**, v. 41, n. 4, p. 765 - 778, 2011.

CORREA, R.S.; WHITE, R.E.; WEATHERLEY, A.J. Risco de lixiviação de nitrato de dois solos alterados com biossólidos. **Water Resource**, v. 33, n.1, p.453–462, 2006.

CRUZ, C.D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**. v.38, n.4, p.547-552, 2016.

DALOTTO, C.E.S. **Fatores envolvidos no processo de facilitação pelo arbusto em ambientes de restinga**. 89 f. 2016. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis- SC.

EMERIM, E.G. **Proposta metodológica para recuperação ambiental de fragmentos de restingas fixadoras de dunas em áreas urbanas**. 83 f. 2003. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis- SC.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento. p. 212, 1997.

FALCÃO, N. P. S.; SILVA, J. R. A. Características de adsorção de fósforo em alguns solos da Amazônia Central. **Acta Amazônica**, v. 34, n.3, p. 337-342. 2004.

FARIA, J.M.R.; DAVIDE, A.C.; BOTELHO, S.A. Comportamento de espécies florestais em área degradada, com duas adubações de plantio. **Cerne**, v.3, n.2, p.25-44, 1997.

FARIA, T.M.; SCABORA, M.H.; MALTONI, K.L.; CASSIOLATO, A.M.R. Micorrização e crescimento de progênies de *Hymenaea stignocarpa* Mart. ex. Hayne em subsolo de área degradada. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 1, p. 233-243, 2013.

FERREIRA, E.M.; ANDRAUS, M.P.; TSAI, H.M.; CARDOSO, A.A.; LEANDRO, W.M. Área de preservação permanente em processo de revegetação com espécies

arbóreas e adubos verdes. **Engenharia Sanitária Ambiente**, v.23, n.2, p. 243-252, 2018.

FERREIRA, M.J.; GONÇALVES, J.F.C.; FERRAZ, J.B.S. Photosynthetic parameters of young Brazil nut (*Bertholletia excelsa* H. B.) plants subjected to fertilization in a degraded area in Central Amazonia. **Photosynthetica**, v.4, n.4, p. 616-620, 2009.

FERREIRA, R.G., TÁVORA, F.J.A.F.; FERREYRA-HERNANDEZ, F.F. Distribuição da matéria seca e composição química das raízes, caule e folhas de goiabeira submetida a estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.1, p.79-88, 2001

FONTES, M.P.F. Estudo pedológico reduz impacto da mineração. **Revista da Cetesb de Tecnologia Ambiente**, v. 5, n.1, p.58-61,1991.

FUNK, J. L.; VITOUSEK, P. M. Resource-use efficiency and plant invasion in low-resource systems. **Nature**, v. 446, n. 7139, p.1079- 1081, 2007.

GONÇALVES, J.L.M.; FREIXEDAS, V.M.; KAGEYAMA, P.Y.; GONÇALVES, J.C.; DIAS, J.H.P. Produção de biomassa e sistema radicular de espécies de diferentes estágios sucessionais. **Revista do Instituto Florestal**, v.4, n.1, p. 363-367, 1992.

GONÇALVES, J.L.M.; NOGUEIRA JUNIOR, L.R.; DUCATT, F. Recuperação de áreas degradadas. **Fundação de estudo e pesquisa agrícola e florestal**, p. 129-133, 2003.

GRIPP, M.F.A.; NONATO, C.A. A preservação e recuperação do meio ambiente no planejamento e projeto de lavra. II Congresso Ítalo Brasileiro de Engenharia de Minas, São Paulo, 1993.

GRIS, D.; TEMPONI, L.G.; MARCON, T.R. Native species indicated for degraded area recovery in Western Paraná, Brazil. **Revista Árvore**, v. 36, n.1, p.113-125, 2012.

GUILLOZET, P.; SMITH, K.; GUILLOZET, K. The rapid riparian revegetations approach. **Project Muse**, v. 32, n. 2, p. 113-124. 2014.

GUIMARÃES, J.C.C.; BARROS, D.A.; PEREIRA, J.A.A.; SILVA, R.A.; OLIVEIRA, A.D. DE; BORGES, L.A.C. Cost analysis and ecological benefits of environmental recovery methodologies in bauxite mining. **Revista Cerne**, v. 19, n.1, p. 9-17, 2013.

HAY, J.D.; LACERDA, L.D. Importância de algumas espécies vegetais perenes em um ecossistema de dunas de areia. **Ciência & Cultura**, v. 39, n.7, p.491-492, 1977.

INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS -IEMA. **Lista de espécies indicadas para recuperação de áreas degradadas no estado do Espírito Santo**. 2018 Acesso em: 22 set. 2019. URL <https://iema.es.gov.br/Media/iema/Downloads/GRN/Core/Lista%20de%20especies%20nativas%20recomendadas%20para%20restauracao.xls>.

INOCENCIO, M.F.; CARVALHO, J.G.; NETO, A.E.F. Potássio, sódio e crescimento inicial de espécies florestais sob substituição de potássio por sódio. **Revista Árvore**, v.38, n.1, p. 113-123, 2014.

JESUS, E.N.; DOS SANTOS, T.S.; RIBEIRO, G.T.; ORGE, M.D.R.; AMORIM, V.O.; BATISTA, R.C.R.C. Regeneração natural de espécies vegetais em jazidas revegetadas. **Floresta e ambiente**, v.23, n.1, p.191-200, 2016.

KITAMURA, A.E.; ALVES, M.C.; SUZUKI, L.G.A.S.; GONZALES, A.P. Recuperação de um solo degradado com aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.32, n.1 p. 405-416, 2008.

KNOWLES, O.H.; PARROTTA, J.A. Amazon forest restoration: an innovative system for native species selection based on phenological data and field performance indices. **Commonwealth Forestry Review**, v.74, n.3, p.230-243, 1995.

LACERDA, D.M.A.; FIGUEIREDO, P.S. de. Restauração de matas ciliares do rio Mearim no Município de Barra do Corda-MA: seleção de espécies e comparação de metodologias de reflorestamento. **Acta Amazônica**, v.39, n.2, p.295-304, 2009.

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

LONGO, R.M.; RIBEIRO, A.I.; MELO, W.J. Caracterização física e química de áreas mineradas pela extração de cassiterita. **Bragantia**, v.64, n.1, p.101-107, 2005.

LOURENÇO J.J.; CUZZUOL, G.R.F. Caracterização de solos de duas formações de restinga e sua influência na constituição química foliar de *Passiflora mucronata* Lam. (*Passifloraceae*) e *Canavalia rosea* (Sw.) DC. (*Fabaceae*). **Acta Botânica Brasileira**, v.23, n.1, p. 239-246. 2009.

LUTTGE, U.; SCARANO, F.R. Ecophysiology. In: **Revista Brasileira de Botânica**. São Paulo: Sociedade Botânica de São Paulo. v. 27, p. 1-10, 2004.

MACHADO, C. J. S.; VILANI, R. M.; FRANCO, M. G.; LEMOS, S. D. da C. Legislação ambiental e degradação ambiental do solo pela atividade petrolífera no Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v.28, n.1, p.41-55, 2013.

MARINHO, N.F; AVILIO, A.L.C; FRANCO, A; BERBARA, R.L.L. Respostas de *Acacia mangium* Willd e *Sclerolobium paniculatum* Vogel a fungos micorrízicos arbusculares nativos provenientes de áreas degradadas pela mineração de bauxita na Amazônia. **Acta Botânica Brasileira**, v.18, n.1, p.141-149, 2004.

MARQUES, M.C.M.; OLIVEIRA, P.E.A.M. Características reprodutivas das espécies vegetais da planície litorânea. In: Marques, M. C. M.; Britez, R. M. (orgs.). **História Natural e Conservação da Ilha do Mel**. Editora da Universidade Federal do Paraná. 2005. 266p.

MATOS, A.T. de. **Poluição ambiental**: impactos no meio físico. Viçosa: UFV, 2010.

MELLONI, R.; MELLONI, E.G.P.; ALVARENGA, M.I.N.; VIEIRA, F.B.M. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n.1, p. 2461-2470, 2008.

MESQUITA, M.R.; REBEQUI, A.M.; CAVALCANTE, L.F.; SOUTO, A.G.L.; Crescimento absoluto e relativo de mudas de maracujazeiro sob biofertilizante e águas salinas. **Revista de Ciências Agrárias**, v.35 n.1, p. 222-239, 2012.

NEVES, A.C.O.; NUNES, F.A.; CARVALHO, G.W.; FERNANDES, L.P. Neglect of ecosystems services by mining, and the worst environmental disaster in Brazil. **Natureza e conservação**, v.14, p, n.1, 24-27. 2016.

PEREIRA, I.M.; GONZAGA, A.P.D.; MACHADO, E.L.M.; OLIVEIRA, M.L.R.; MARQUES, I.C. Estrutura da vegetação colonizadora em ambiente degradado por extração de cascalho em Diamantina, MG. **Pesquisa Florestal Brasileira**; v.35, n.82 p. 77-88, 2015.

PHILLIPS, I.; BURTON, E. Nutrient leaching in undisturbed cores of an acidic sandy Podosol following simultaneous potassium chloride and di-ammonium phosphate application. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.73, n.1, p.1-14, 2005.

PREZOTTI, L.C.; GOMES, J.A; DADALTO, G.G.; OLIVEIRA, J.A. de. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo – 5º aproximação**. Vitória, ES: SEEA/INCAPER/ CEDAGRO. 2007. 305p.

PREZOTTI, L.C.; GUARÇONI, A. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar**. Vitória: Incaper, 2013. 104 p.

REIS, A.; ZAMBONIN, R.M.; NAKAZONO, E.M. **Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal**. Série Cadernos da Biosfera 14. Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Governo do Estado de São Paulo. São Paulo, 1999. 42 p.

REIS, G.G.; MULLER, M.W. **Análise de crescimento de plantas - mensuração do crescimento**. Belém: CPATU, 1979. 37p.

RODRIGUES, L.A.; CARVALHO, D.A. de.; OLIVEIRA FILHO, A.T. de.; CURI, N. Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de floresta Estacional Semidecidual em Luminárias, MG. **Revista Árvore**, v.33, p.25-35, 2007.

SANGOI, L.; ERNANI, P.R.; LECH, V.A.L.; RAMPAZZO, C. Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação da uréia e manejo dos restos culturais de aveia em dois solos com texturas contrastantes. **Ciência Rural**, v.33, n.1, p.65-70, 2003.

SANSEVERO, J.B.B.; PRIETO, P.V.; MORAES, F.D.; RODRIGUES, P.J.F.P. Natural regeneration in plantations of native trees in lowland Brazilian Atlantic Forest: community structure, diversity, and dispersal syndromes. **Restoration Ecology**, v.19, n.2, p.379-389, 2011.

SAMPAIO, J.C.; PINTO, J.R.R. Critérios para avaliação do desempenho de espécies nativas lenhosas em plantios de restauração no Cerrado. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, n.1, p.270-272, 2007.

SCALON, S. de P.Q.; MUSSURY, R.M.; SCALON, FILHO, H.; FRANCELINO, C.S. F. Desenvolvimento de mudas de Aroeira (*Schinus terebinthifolius*) e sombreiro (*Clitoria fairchildiana*) sob condições de sombreamento. **Ciência Agrotecnologia**, v.30, n.1, p.166-169, 2006.

SHEORAN, V.; SHEORAN, A.S.; POONIA, P. Soil reclamation of abandoned mine land by revegetation: a review. *The International Journal of Soil, Sediment and Water: Documenting the Cutting Edge of Environmental Stewardship*, v.3, n.2, p. 1-20. 2010.

SILVA, C.E.M.; GONÇALVES, J.F.C.; FELDPAUSCH, T.R.; LUIZÃO, F.J.; MORAIS, R.R.; RIBEIRO, G.O. Eficiência no uso dos nutrientes por espécies pioneiras crescidas em pastagens degradadas na Amazônia Central. **Acta amazônica**, v.36, n.3, p.503-512. 2006.

SOUZA, C.A.M.; OLIVEIRA, R.B.; LIMA, J.S.S. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubação. **Ciência Florestal**, v.16, n.3, p.243-249, 2006.

SOUZA, C.A.M.; OLIVEIRA, R.B.; MARTINS FILHO, S.; LIMA, J.S. Desenvolvimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubação. **Ciência Florestal**, v. 16, n.3, p. 243-249, 2006.

SOUZA, P.A DE; VENTURIN, N.; MACEDO, R.L.G. DE; ALVARENGA, M.I.N.; SILVA, V.F. DA. Estabelecimento de espécies arbóreas em recuperação de área degradada pela extração de areia. **Cerne**, v.7, n.2, p.43-52, 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* em diferentes substratos. **Floresta**, v.39, n.1, p.197-206, 2009.

SOUZA, V.C.; CAPELLARI JÚNIOR, L. A. **vegetação das dunas e restingas da Estação Ecológica Juréia-Itatins**. In: MARQUES, O.A.V.; DULEBA, W. (eds), Estação Ecológica Juréia-Itatins. Ambiente físico, flora e fauna. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2004. p.103-114.

SUHARTOYO, H.; MUNAWAR, A.; WIRYON, O. Returning biodiversity of rehabilitated forest on a coal mined site at Tanjung Enim, South Sumatra. **Proceedings of the Society for Indonesian Biodiversity – International Conference**. v.1, n.1, p. 126-130, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

VIVIANE, C.A.; MARCHETTI, M.E.; VITORINO, AC.T.; NOVELINO, J.C.; GONÇALVES, M.C. Disponibilidade de fósforo em dois latossolos argilosos e seu

acúmulo em plantas de soja, em função do aumento do pH. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.1, p.61-67, 2010.

WERLE, R.; GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C.A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n.6, p. 2297-2305, 2008.