

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA

DISSERTAÇÃO

Utilização de acionador simplificado de baixo custo para manejo de irrigação de mudas de Aroeira – Pimenteira (*Schinus terebinthifolius*)

Angelo Gomes de Oliveira Junior

2016



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA**

Utilização de acionador simplificado de baixo custo para manejo de irrigação de mudas de Aroeira – Pimenteira (*Schinus terebinthifolius*)

Angelo Gomes de Oliveira Junior

Sob orientação do Professor
Leonardo Oliveira Medici

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no programa de pós-graduação em Agricultura Orgânica.

Seropédica, RJ
Agosto de 2016

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

O48u Oliveira Junior, Angelo Gomes de, 1978-
Utilização de acionador simplificado de baixo custo
para manejo de irrigação de mudas de Aroeira -
Pimenteira (Schinus terebinthifolius) / Angelo Gomes
de Oliveira Junior. - 2016.
38 f.

Orientador: Leonardo Oliveira Medici.
Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal Rural
do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em
Agricultura Orgânica, 2016.

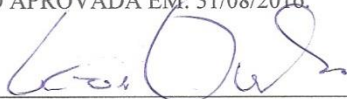
1. Aroeira - mudas. 2. Manejo de irrigação -
automação. 3. Eficiência da irrigação. I. Medici,
Leonardo Oliveira, 1967-, orient. II Universidade
Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação
em Agricultura Orgânica III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA

ANGELO GOMES DE OLIVEIRA JUNIOR

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**,
no Curso de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica.

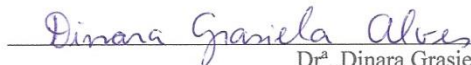
DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 31/08/2016.



Dr. Leonardo Oliveira Medici. UFRRJ
(Orientador)



Dr. Leonardo Duarte Batista da Silva UFRRJ



Dr. Dinara Grasiela Alves

AGRADECIMENTOS

À Deus pela minha vida;

Aos meus pais, Angelo Gomes e Elenita Brito por todo apoio e incentivo na minha vida;

À minha eterna namorada Izabel de Oliveira da Mota por toda ajuda e amor dado a mim;

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e o Programa de mestrado profissional em agricultura orgânica;

Aos Orientadores Prof. Dr. Leonardo Oliveira Medici;

Aos professores Daniel Fonseca , Paulo Sérgio e Leonardo Duarte;

À Prof.^a Margarida Goréte pelo apoio financeiro fornecido para esta pesquisa;

Aos amigos Leonardo e Bruno pela ajuda na montagem do trabalho;

Aos estagiários Isabella, Vitor e Débora pela ajuda nos ensaios experimentais.

RESUMO

Oliveira Junior, Angelo Gomes de. **Utilização de acionador simplificado de baixo custo para manejo de irrigação de mudas de Aroeira – Pimenteira (*Schinus terebinthifolius*)**. 2016. 38 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização do acionador simplificado de irrigação (ASI) em 4 (quatro) diferentes tensões de água no substrato para determinar a melhor tensão para o desenvolvimento das mudas de Aroeira-Pimenteira (*Schinus terebinthifolius*) em ambiente protegido. Os tratamentos utilizados foram: T 1 = Tensão de 4 kPa, T 2 = Tensão de 6 kPa, T 3 = Tensão de 8 kPa e T 4= Tensão de 10 kPa. As mudas foram produzidas em sacos plásticos com volume de 3.534 cm³. Os parâmetros avaliados foram diâmetro de colo (D), altura (H), relação altura por diâmetro de colo (H/D), fitomassa seca das raízes (MSR), fitomassa seca parte aérea (MSPA), índice de qualidade de Dickson (IQD), eficiência de uso de água (EUA) e clorofila total (IFC). As avaliações foram realizadas quinzenalmente, a partir dos 30 dias após o transplante até os 105 dias. Os resultados obtidos indicaram que a tensão de 6 kPa compreende a tensão ótima de operação para o sistema proposto diante das condições experimentais estudadas e isso deve-se a melhor relação crescimento por volume de água utilizado na irrigação. Neste tratamento os resultados médios por planta foram: D= 5,61 mm; H= 33,20 cm; H/D= 5,97; MSPA= 4,78 g, MSR= 2,44 g; IQD= 0,91; EUA= 1,53 g L⁻¹ e IFC= 56,55. Não se recomenda a produção de mudas de aroeira utilizando uma tensão de 10 kPa pois houve uma alta taxa de mortalidade das mudas.

Palavras Chaves: eficiência, tensão e sistema de irrigação.

ABSTRACT

Oliveira Junior, Angelo Gomes de. **Use of simplified low cost driver for irrigation management of Aroeira - Pimenteira (*Schinus terebinthifolius*) seedlings.** 2016. 38 p. Dissertation (of Professional Master in Organic Agriculture). Institute of Agronomy, Department of Plant Sciences, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica,RJ, 2016.

The aim of this research was study the use of simplified irrigation controller (SIC) in 4 tensions values to determine the best tension for the development of seedlings of *Schinus terebinthifolius* in protected environment. The treatments were: T 1 = 4 kPa of tension, T 2 = 6 kPa of tension, T 3 = 8 kPa of tension and T 4 = 10 kPa of tension. The seedlings were grown in plastic bags with 3534 cm³ of a volume. The parameters evaluated were diameter at breast height (D), height (H), relation H / D, dried mass weight of roots (DMWR), dried mass of aerial part (DMAP), Dickson quality index (DQI), water use efficiency (WUE) and chlorophyll content (IFC). The evaluations were performed every two weeks, from 30 days after transplanting up to 105 days. The results indicated that the 6 kPa of tension consists in optimum operating value for the system proposed in terms of experimental conditions studied because it represents the best growth ratio by volume of water used for irrigation. In this treatment the average results per plant were: D= 5.61 mm; H= 33.20 cm; H / D= 5.97; DMAP= 4.78 g; DMWR= 2.44 g; DQI= 0.91; WUE= 1.53 and IFC= 56.55. It's not recommended the production of seedlings of *Schinus terebinthifolius* using 10 kPa of tension because there was a high mortality.

Keywords: efficiency, tension, irrigation system.

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Análise química do substrato utilizado para a produção das mudas	16
Tabela 2. Análise granulométrica do substrato utilizado para produção das mudas	16
Tabela 3 Diâmetro de colo (D), altura (H), relação altura por diâmetro de colo (H/D), fitomassa seca das raízes (MSR), fitomassa seca parte aérea (MSPA) e o índice de qualidade de Dickson (IQD), aos 105 dias após o transplântio.	24
Tabela 4. Valores de eficiência de uso de água (EUA) aos 105 dias após o transplântio.	27
Tabela 5. Teor de Clorofila total (Chl A+B) aos 90 dias após transplântio.	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Foto das folhas e sementes de Aroeira (<i>Schinus terebinthifolius</i>)	4
Figura 2: Equipamento IRRIGAS	9
Figura 3: Tensiômetro com vacuômetro para medir a tensão da água no solo	10
Figura 4: Acionador simplificado para irrigação.....	11
Figura 5: Viveiro de mudas Florestais – Instituto de Tecnologia - UFRRJ	14
Figura 6: Casa de vegetação construída no viveiro do IT da UFRRJ	15
Figura 7: Material utilizado para composição do substrato.....	15
Figura 8: Caixas plásticas onde ocorreu a semeadura	16
Figura 9: Tubos de polietileno linear de baixa densidade (PELBD).....	17
Figura 10: Material para confecção do acionador	18
Figura 11: Foto da área experimental	19
Figura 12: Material sendo preparado para a pesagem	20
Figura 13: Croqui com esquema da área do experimento	21
Figura 14: Curva de crescimento em diâmetro de colo de mudas de aroeira em diferentes tensões de água no substrato.....	22
Figura 15: Curva de crescimento em altura de mudas de aroeira em diferentes tensões de água no substrato.....	22
Figura 16: Taxa de mortalidade das mudas	23
Figura 17: Número total de acionamentos dos 4 tratamentos	25
Figura 18: Temperatura média registrada no período de 14/04/16 à 06/07/16	25
Figura 19: Volume médio de água (ml dia ⁻¹ muda ⁻¹)	26
Figura 20: Teor de clorofila total (Chl A+B) nas mudas aroeira aos 72 DAT e 105 DAT após o transplantio nos 4 tratamentos	28

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1	Aroeira – Pimenteira (<i>Schinus terebinthifolius</i>)	3
2.2	Produção de Mudanças de Aroeira	4
2.3	Agricultura Orgânica	6
2.4	Métodos de irrigação	7
2.5	Método de irrigação localizada	7
2.6	Manejo da irrigação via solo	7
2.6.1	Automação para manejo da irrigação	8
2.7	Equipamentos de manejo de irrigação por tensiometria	8
2.7.1	Sistema IRRIGAS	8
2.7.2	Tensiômetros	9
2.7.3	Acionador simplificado para irrigação	10
2.8	Eficiência no uso da água	11
2.9	Indicador fisiológico de qualidade de mudas	12
3.	MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1	Localização e caracterização ambiental	14
3.2	Produção do substrato, caracterização e produção das mudas de aroeira	15
3.3	Sistema de irrigação proposto	17
3.4	Montagem do acionador simplificado de irrigação (ASI)	17
3.5	Delineamento experimental	19
3.6	Crerios para avaliação das mudas	19
3.7	Avaliação de qualidade das mudas (IQD)	20
3.8	Eficiência de uso da água	20
3.9	Análise estatística	21
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1	Crescimento e qualidade das mudas	22
4.2	Eficiência de uso de água (EUA)	24
4.3	Teor de clorofila	27
5.	CONCLUSÃO	30
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
	ANEXOS	39

1. INTRODUÇÃO

A produção de mudas em viveiros é uma das principais etapas para o estabelecimento dos plantios florestais, como também, na arborização urbana e em projetos paisagístico (CARNEIRO, 1995). Atualmente com a grande preocupação com a qualidade do meio ambiente tem ocorrido um aumento expressivo por serviços e produtos relacionados com a produção de mudas florestais para recuperação de áreas degradadas, medidas compensatórias, passivos ambientais, entre outros.

A água é utilizada em todo o mundo para diversas finalidades, como o abastecimento de cidades, usos domésticos, para a geração de energia, a irrigação, a navegação e a aquicultura. Com o desenvolvimento dos países há também um aumento no consumo de água principalmente nas indústrias e na agricultura, atividades que atualmente mais consomem água se comparadas aos outros usos (GOMES, 2011 *apud* LOPES *et al.*, 2015).

A atividade que consome mais água no Brasil e em todo mundo é a agricultura. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, 2015), “aproximadamente 70% de toda a água potável disponível no mundo é utilizada para irrigação, enquanto as atividades industriais consomem 20% e o uso doméstico 10%”. No Brasil conforme o último relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, da Agência Nacional de Águas (BRASIL, 2016a), a irrigação é a atividade responsável por 72% do consumo de água no Brasil.

Devido a esse panorama atual se torna claro a necessidade de se utilizar esse recurso com maior racionalidade, seja por meio de técnicas que permitam um aproveitamento mais eficiente da água nas diversas atividades humanas, como a irrigação, ou pela busca de fontes alternativas de água (DUARTE, 2006).

Irrigar é o processo de aplicação de água, essencial para uma cultura. Tem o objetivo de complementar a precipitação pluvial, influenciando diretamente no crescimento das plantas. A prática da irrigação possibilita que áreas de cultivo consideradas impróprias pelos déficits hídricos sejam cultivadas, além de proporcionar o aumento da produtividade, melhoria da qualidade e ser um fator estabilizador da produção.

Atualmente as novas tecnologias na irrigação têm contribuído para um uso mais eficiente da água ocorrendo assim uma substituição dos modelos de irrigação tradicionais. Uma das maneiras para se incrementar a eficiência do uso da água para irrigação é a aplicação de técnicas de otimização levando-se em consideração a resposta dos cultivos à quantidade de água aplicada.

De acordo com Silva *et al.*, (2007) os sistemas de automação permitem monitorar e controlar o funcionamento de um sistema físico de forma segura, rápida e automática. Esse controle visa monitorar tarefas rotineiras e respostas comuns a certas características do ambiente nos mais variados graus de complexidade.

O controle automático de sistemas de irrigação, sem a necessidade de intervenção do homem tem sido investigado com muito empenho. Nesse contexto, o acionador para sistemas de irrigação traz diversas vantagens aos produtores rurais, tais como: diminuição dos custos de produção com o uso de fertilizantes, energia elétrica e água, aumento do controle na precisão no tempo de aplicação da irrigação, economia na mão de obra, pois facilita o acionamento das bombas e a abertura ou fechamento de válvulas ou registros.

A automatização na irrigação para produção de mudas florestais é quase incipiente. No modelo atual de produção dos viveiros florestais não existe uma preocupação com o excesso de água aplicado nas mudas ocorrendo assim um grande desperdício desse recurso. Com isso há poucas pesquisas e estudos referentes aos sistemas automatizados de irrigação.

Uma proposta para isso é o acionador simplificado de irrigação (ASI) baseado na umidade do solo que pode ser utilizado por pequenos a grandes produtores aumentando assim a eficiência de uso da água (EUA) (MEDICI *et al.*, 2010).

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização do (ASI) em 4 (quatro) diferentes tensões de água no substrato no desenvolvimento das mudas de Aroeira-Pimenteira (*Schinus terebinthifolius*) em ambiente protegido.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aroeira – Pimenteira (*Schinus terebinthifolius*)

A aroeira é uma espécie arbórea florestal que tem diversas utilizações e que há pouco tempo vem sendo estudada. Esse interesse por essa espécie se deu devido as suas propriedades terapêuticas (RIBAS *et al.*, 2006); as suas propriedades antimicrobianas e antibacterianas (PINHO *et al.*, 2012); em sistemas agrícolas de produção como defensivo natural (VALENTINI *et al.*, 2014); aproveitamento de seus óleos essenciais em aplicações farmacêuticas (OLIVEIRA *et al.*, 2014); entre outras aplicações.

A distribuição geográfica da aroeira é bem ampla no Brasil devido a sua adaptação aos mais diversos ambientes sendo encontrada em varias regiões como Nordeste nos estados de Alagoas, Bahia, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe; no sudeste nos estados do Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo; no Centro-oeste no estado do Mato Grosso do Sul; no Sul nos estados Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Tendo ocorrência em diversos tipos de vegetação como nas áreas antropizadas, campo limpo, cerrado, floresta ciliar ou galeria, floresta estacional semidecidual, floresta ombrófila, floresta ombrófila mista, manguezal e restinga (SILVA-LUZ *et al.*, 2016).

Segundo Lorenzi (1992) a aroeira (Figura 1) pertencente à família Anacardiaceae, dióica do grupo das pioneiras, nativa do Brasil é popularmente conhecida como aroeira vermelha, aroeira branca, aroeira da praia, aroeira-pimenteira entre outras. Sua altura varia de 5 a 10 metros, com tronco apresentando 30 a 60 cm de diâmetro revestido de casca grossa. Folhas compostas imparipinadas, com forte aroma, com 3 a 10 pares de folíolos de 10 a 15 cm de comprimento por 2 a 3 cm de largura. Inflorescências paniculadas terminais, com flores pequenas de cor esbranquiçada. Os frutos são drupas globosas de cor vermelha brilhante quando maduras.

Segundo Carvalho (2003) a madeira de aroeira vem sendo utilizada principalmente como mourões de cerca além de produzir lenha e carvão de boa qualidade, comercialmente possui baixo valor como madeira serrada.

É uma planta heliófita, perenifólia comum de beiras de rios, córregos e em várzeas úmidas de formações secundárias, porém também se desenvolve em terrenos secos e de baixa fertilidade. Tem uma ampla disseminação e dispersão por ornitocoria (LORENZI, 1992).

A aroeira mesmo sendo uma espécie de ocorrência natural e ter um grande potencial econômico ela tem também como característica ser uma planta altamente agressiva e invasora ocupando o espaço de outras espécies nativas se tiver em condições favoráveis para seu desenvolvimento (BAGGIO, 1988).

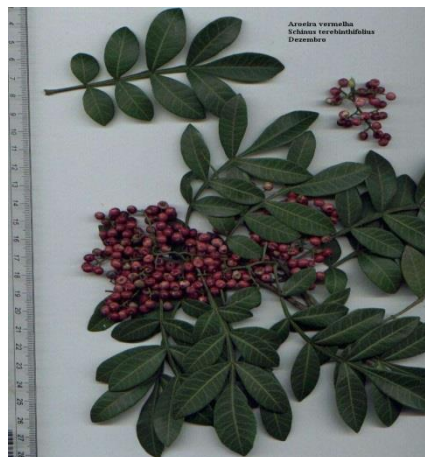


Figura 1: Foto das folhas e sementes de Aroeira (*Schinus terebinthifolius*)

Fonte: <http://www.arvores.brasil.nom.br/new/aroeiravm/index.htm>

Esta árvore é muito utilizada no Brasil em paisagismo urbano pela beleza e seu pequeno porte. Essa espécie florestal tem uma alta adaptação a diversos tipos de solo e clima e com desenvolvimento rápido. É atrativa aos pássaros, frutifica em mais de uma época do ano, porém apresenta floração em setembro e os frutos entre dezembro e janeiro. Seu fruto é conhecido como pimenta rosa e usado em temperos. A espécie vem se destacando cada vez mais pelo consumo de seus frutos, cuja demanda tem aumentado, no mercado nacional e internacional, que os utiliza como condimento alimentar (CESARIO & GAGLIANONE, 2008).

Segundo Bandes (2008) mesmo sendo sua produção ainda incipiente, observa-se que existe um grande potencial para o manejo sustentável e como complementação de renda para comunidades tradicionais, além de uma opção para produtores e indústrias que buscam novos mercados especialmente na área alimentar e biotecnológica.

Nos estados de Minas Gerais, na região do Cerrado, têm-se utilizado a pimenta rosa como opção alternativa a pimenta do reino, pois existe uma similaridade entre seus componentes químicos (LACA-BUENDIA *et al.*, 1992). Na culinária internacional ela é utilizada em diversos pratos servindo para temperar carnes brancas, salames, massas, doces e bebidas (BERTOLDI, 2006).

Segundo Oliveira (2013) diversos estudos descrevem a atividade antioxidante da *S. Terebinthifolius* obtida a partir dos óleos essenciais e dos extratos e substâncias das folhas, mostrando assim a potencialidade para esses novos mercados, pois apresenta diversas funcionalidades tanto fitoterapêuticas e nutricionais.

Segundo Bandes (2008) o único estado onde se tem plantios comerciais para produção de pimenta rosa é o Espírito Santo. A sua comercialização geralmente é na forma desidratada, vendida a granel.

A resolução RDC nº 276, de 22 de setembro de 2005, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), regulamentou a produção industrial de pimenta rosa com o “Regulamento Técnico para Especiarias, Temperos e Molhos”.

2.2 Produção de Mudanças de Aroeira

Para produzir mudas florestais em quantidade e qualidade é necessário que se tenha povoamentos bem estabelecidos com árvores matrizes de boa procedência genética para que se possam obter sementes de qualidade. Na obtenção das sementes é recomendado fazer um bom beneficiamento e armazenamento para minimizar a contaminação e manter a qualidade sanitária das sementes. Porém existe também outros fatores que afetam a qualidade de mudas,

como o tipo de recipiente, substrato, adubação e manejo das mudas em geral (GONÇALVES *et al.*, 2000).

Na produção das mudas é necessário um controle fitossanitário eficaz, deve-se sempre estar atento aos fatores que trazem problemas ao viveiro como as doenças e os insetos. Esses problemas geralmente são solucionados com uma boa adubação, tratos culturais, controle de plantas daninhas e irrigação. Tentando sempre aperfeiçoar e manejar a cultura da melhor forma possível (KNAPIK *et al.*, 2005).

Para ter um bom substrato é necessário que ele tenha boas características físicas e químicas e um baixo custo. Segundo Carneiro (1995), seria difícil um substrato apresentar todas as características favoráveis para o desenvolvimento das mudas. Existem diversos tipos de formulações e misturas de substratos contendo compostos orgânicos, esterco bovino, vermiculita, lixo urbano, húmus de minhoca, turfa, moinha de carvão, terra de subsolo, serragem, bagaço de cana e acícula de *Pinus*, entres outros, sendo utilizados conforme a sua disponibilidade e proximidade com o local a ser produzido às mudas.

Outro aspecto para qualidade da produção de mudas de espécies arbóreas segundo Wendlinng *et al.*, (2007) são os aspectos relacionados a umidade, aeração, acidez e fertilidade que estão fortemente ligados ao substrato.

A estrutura do substrato tem uma grande importância para as mudas, pois uma estrutura fraca vai contribuir para uma desagregação mais fácil, com isso ocorrerá uma diminuição da oxigenação das raízes. O substrato com porosidade entre 40 e 60% do volume constituídos de poros irá ter uma condição física adequada para uma boa disponibilidade de nutrientes. Segundo Hahn *et al.*, (2006) a adição de matéria orgânica melhora a capacidade de retenção e diminuição da perda de umidade devido a sua maior capacidade de expandir e retrair. A água no substrato ficará mais disponível quando estiver em baixa tensão influenciando assim em um melhor desenvolvimento das mudas.

Segundo Malavolta & Romero (1975), o pH ideal do substrato para as mudas é entre 6,0 a 6,5 faixa onde haverá melhor disponibilidade dos nutrientes. Caso o substrato apresente uma acidez elevada, haverá uma redução da atividade bacteriana e dos actinomicetos, ocorrendo com isso uma menor disponibilidade de cálcio, magnésio e potássio, insolubilização do fósforo, boro, cobre e zinco e aumento da toxidez por manganês, ferro e alumínio. Já em um pH de alta alcalinidade ocorrerá uma menor disponibilidade de fósforo, boro, cobre, zinco, ferro e manganês.

A propagação da aroeira pode ser sexuada por sementes ou vegetativa por estaquia, ao se retirar partes da raiz ou do caule ocorrerão novas brotações. Foi observado por Rodrigues (1990) que na estação do outono, na estaquia por raiz não ocorreu brotação e nem enraizamento, já nas estaquias do caule houve uma sobrevivência média de 42,9%, 66,7% e 52,3%, correspondendo a estacas caulinares finas, médias e grossas, e o melhor enraizamento ocorreu nas estacas caulinares médias com 23,8%.

A semeadura da aroeira deve ser feita logo que as sementes forem colhidas em canteiros a pleno sol com substrato argiloso. A sua taxa de germinação é geralmente superior a 50 % e irá ocorrer em 10 a 15 dias após a semeadura. A repicagem é recomendada quando as mudas atingirem de 5-6 cm de altura ficando assim por volta de 3-4 meses até a expedição em campo (LORENZI, 1992).

A época mais indicada para semeadura é a primavera sendo os locais mais indicados os canteiros ou caixas. Segundo Reitz *et al.*, (1983) o sombreamento ideal é de 20% em solo bem drenado, apresentando assim uma germinação entre 10 e 70 dias.

As mudas de aroeira podem ser plantadas a partir do quarto mês. As mudas com altura acima de 20 cm já são viáveis para plantio no campo sendo seu crescimento rápido podendo chegar à altura de um metro em um ano (ALMEIDA, 2005).

Nos viveiros florestais não se tem uma preocupação em produzir mudas no modelo orgânico. Praticamente todos os viveiros utilizam insumos para produção convencional. Mas devido às propriedades que trabalham com a agricultura orgânica terem que ter todas as atividades no modelo de produção orgânico poderá ocorrer o aparecimento desses viveiros florestais orgânicos abrindo um novo nicho de mercado de mudas florestais orgânicas.

2.3 Agricultura Orgânica

Segundo Moreira *et al.*, (2004) após a Segunda Guerra Mundial os governos priorizaram as pesquisas e os processos no modelo de produção em que a única preocupação era a alta produtividade. Conhecida como agricultura convencional, esse tipo de agricultura não tem se mostrado sustentável, causando grandes prejuízos ao meio ambiente e toda cadeia produtiva que contempla desde produtores aos consumidores finais.

A agricultura convencional teve seu crescimento após a revolução verde que tinha como objetivo o aumento da produção agrícola pautada na utilização de fertilizante, defensivos agrícolas, sementes resistentes e modificadas geneticamente e máquinas e implementos agrícolas destinados a cada etapa da produção (PERNA *et al.*, 2014 *apud* FARINHA *et al.*, 2015).

A agricultura orgânica vem como mudança a esse modelo atual, mostrando que a produção de alimentos pode caminhar alinhada a sustentabilidade, a preservação ambiental, a responsabilidade social e a viabilidade econômica (WILLER; YUSSEFI, 2005).

Os produtos orgânicos ganharam destaque a partir da década de 1990 e com isso tornou-se necessário uma regulamentação desse mercado. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) foi o órgão responsável por iniciar as discussões de regulamentação dos produtos orgânicos. A Lei 10.831, de 23 de dezembro de 2003 aprovou a cultura e a comercialização dos produtos orgânicos. Porém a sua regulamentação só ocorreu em 27 de dezembro de 2007 com a publicação do Decreto Nº 6.323.

Segundo Brasil (2016b) “para ser considerado orgânico, o produto deve ser cultivado em um ambiente que considere sustentabilidade social, ambiental e econômica e valorize a cultura das comunidades rurais. A agricultura orgânica não utiliza agrotóxicos, hormônios, drogas veterinárias, adubos químicos, antibióticos ou transgênicos em todas as fases da produção”.

A Instrução Normativa 46 de 06 de outubro de 2011, que substitui a IN 64 de 2008 descreve quais tipos de insumos estão liberados e os que têm algum tipo de restrição devido a alguma propriedade mutagênica ou cancerígena para utilização na produção orgânica. Essa instrução normativa foi de grande auxílio para os produtores, pois houve um direcionamento do uso desses insumos.

No Brasil o consumo de produtos orgânicos e as áreas de plantio tiveram um grande crescimento devido à busca por uma alimentação mais saudável e menos impactante ao meio ambiente. Mesmo conhecendo as vantagens do consumo dos produtos orgânicos uma grande parcela da população não os consome em virtude da sua pouca disponibilidade e seu preço mais elevado. Outra informação que a maioria dos consumidores desconhece é que para ser um produto orgânico o cultivo e a comercialização devem ser certificados e inspecionados, assegurando assim a sua qualidade (SANTOS *et al.*, 2014).

Os conceitos aplicados na agricultura orgânica surgem a partir da observação do ecossistema, eles direcionam a compreensão da maneira como os recursos serão utilizados. Esse entendimento guia a produção para uma conformação de agroecossistemas sustentáveis com o aproveitando de todos os seus elementos (ALTIERI, 2002). Este sistema assegura um ambiente sustentável e em equilíbrio, pois contribui para um melhor manejo e para a conservação do solo e da água.

2.4 Métodos de irrigação

Os métodos de irrigação são diferenciados pela maneira ou local no solo onde a água é disponibilizada à planta. Com isso é possível diferenciar quatro formas ou modos de se aplicar água à cultura e definir quatro métodos principais de irrigação: aspersão, superfície, localizada e subsuperficial (BERNARDO *et al.*, 2016).

Dentre esses métodos o mais utilizado para produção de mudas é a localizada que ao invés de se aplicar água em toda área como outros métodos fazem, a água é aplicada apenas na região próxima as raízes da planta, permitindo um melhor aproveitamento com um pequeno volume e uma maior frequência (TESTEZLAF, 2011).

2.5 Método de irrigação localizada

O método de irrigação localizada preconiza a aplicação de água somente na região radicular das plantas e nas suas proximidades. No Brasil, segundo a publicação do Censo Agropecuário de 2006 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a área utilizada com irrigação localizada é de aproximadamente 330 mil hectares compondo 7,2% da área total irrigada. Nos Estados Unidos 1,5 milhões de hectares são irrigados por sistemas localizados representando 6,6% do total de área irrigada (USDA, 2008).

A irrigação localizada por gotejamento se mostrou eficiente na aplicação de água e na fertilidade das plantas ao decorrer da produção. Segundo Marouelli & Silva (2002) a irrigação por gotejamento trouxe uma economia de água em até 30%, um aumento da produtividade de 40 % e uma melhoria da qualidade dos frutos do tomate.

Outras vantagens da irrigação por gotejamento são o baixo custo de manutenção, a aplicação direta de adubos e defensivos na água e uma maior eficiência de uso da água. Como desvantagens têm-se o elevado custo inicial, problemas de entupimento, e a configuração do sistema hidráulico geralmente é específica para cada cultura (PHOCAIDES, 2007).

2.6 Manejo da irrigação via solo

O manejo de irrigação tem como objetivo a adição de água na hora e na quantidade correta de acordo com a exigência da cultura. Deve se entender que a quantidade de água a ser aplicada vai variar conforme as condições meteorológicas e o crescimento das plantas (COELHO *et al.*, 2005).

A irrigação realizada por gotejamento tem se mostrado como um dos sistemas mais eficientes, maximizando a produção e minimizando os custos tendo com isso um melhor aproveitamento da água (MAROUELLI *et al.*, 2008).

Segundo Prado (2013) a partir do conhecimento da estrutura do solo é possível descrever qualitativamente a condição deste. Essa avaliação pode ser feita pelas suas propriedades como a porosidade, a densidade do solo e das partículas, entre outras. O arranjo das partículas tem ação direta nos processos de absorção de água e nutrientes. Já a textura, por variar pouco com passar do tempo, diz pouco sobre as propriedades físico-hídricas.

Para um manejo de irrigação correto não existirá uma única metodologia. Cada técnico irá definir qual será o melhor método a ser aplicado em determinada área. Entre esses métodos podem ser utilizados a umidade volumétrica e os métodos tensiométricos, pois apresentam uma maior facilidade de aplicação direta. Porém é necessário ser traçado uma boa metodologia nas amostragens para se conseguir um bom ajuste.

Existem também os métodos baseados na micrometeorologia, porém não são tão exatos, sendo menos eficientes pela impossibilidade de um ajuste preciso da quantidade de água a ser aplicada, tendo a necessidade de outros métodos associados a ele como avaliação da umidade do solo ou medição de variáveis biológicas. Assim aumenta-se a segurança de que a produção não vai ser prejudicada por algum tipo de estresse hídrico (CALBO e SILVA, 2005).

Segundo Neto & Silva (2007) atualmente existem diversos métodos e equipamentos para o manejo da irrigação pelo solo como as sonda de nêutrons, TDR, blocos de gesso, gravimétricos e tensiômetros.

2.6.1 Automação para manejo da irrigação

A automação na irrigação veio com intuito de contribuir para um uso eficiente de água se tornando uma ferramenta essencial no controle da aplicação de produtos químicos, diminuição de mão de obra e tendo como consequência o aumento da produção agrícola e a diminuição dos custos de produção (GOMES, 2017).

Com a procura pelos produtores por ferramentas mais eficazes na irrigação, as tecnologias que antes só ficavam nas universidades e nos centros de pesquisa ficaram mais acessíveis devido a evolução da eletrônica. Segundo VILELA *et al.*, (2003), a engenharia agrícola está avançando tanto no desenvolvimento de novos equipamentos quanto na readaptação dos que já existem.

Num contexto mais simples, a automatização seria um processo em que um controlador central envia sinais elétricos acionando um determinado equipamento ou acessório. Atualmente a automação na irrigação não só se resume a aplicação de água, podendo também ser utilizada em diversos sistemas acionando bombas, fertirrigação e retrolavagem. A complexidade do projeto vai variar de acordo com o custo/benefício e a demanda de irrigação (MACIEL, 2005). Assim, os operadores de irrigação atuam apenas na supervisão e monitoramentos dos equipamentos.

Segundo Alencar *et al.*; (2007) devido o sistema ser praticamente todo automatizado o operador não precisa tomar nenhuma decisão, pois os controladores e os sensores são previamente programados para executar as tarefas mas complexas.

Os sistemas de automação hoje existentes na sua grande maioria são fabricados por empresas que impossibilitam as alterações nos seus equipamentos. O que ocorre é que esse sistema de controle de irrigação é fechado não existindo a possibilidade de reprogramação de acordo com as variáveis existente no local (Mantovani, 1993).

2.7 Equipamentos de manejo de irrigação por tensiometria

Os equipamentos baseados na tensiometria tiveram um grande desenvolvimento devido ao interesse das instituições públicas e privadas nessa tecnologia que atualmente vem atendendo principalmente aos produtores que buscam um aumento da sua produção e rentabilidade. Esses equipamentos proporcionam um manejo da irrigação mais adequado, aumentando com isso a eficiência do uso da água nas propriedades rurais (NETO & SILVA, 2007).

2.7.1 Sistema IRRIGAS

O sistema Irrigas (Figura 2) é composta de uma cápsula porosa que está ligada a uma pequena cuba transparentes através de uma mangueira flexível. Esse sistema funciona quando o solo perde umidade abaixo do ponto crítico ocorrendo a entrada de ar na cápsula porosa o

que aciona a irrigação. Se o solo estiver com a umidade acima do ponto crítico, a passagem de ar pela cápsula fica bloqueada impossibilitando o acionamento da irrigação (CALBO & SILVA, 2001).



Figura 2: Equipamento IRRIGAS

Fonte: <https://www.embrapa.br/busca-de-produtos-processos-e-servicos/-/produto-servico/572/irrigas>

O sensor a ser utilizado no sistema Irrigas vai ser definido conforme a faixa de tensão de água ideal para o melhor desenvolvimento da cultura escolhida. Essa faixa fica entre a tensão crítica (T_c) de água e os valores de tensão de água abaixo da capacidade de campo. Com esse equipamento pode-se trabalhar em diversas tensões críticas que podem variar de um solo mais arenoso, trabalhando-se com tensão de 10 kPa, até um solo de textura mais argilosa com tensão de 25 kPa. A tensão de 40 kPa é mais utilizada em culturas mais tolerantes ao déficit hídrico (CALBO *et al.*, 2004).

Para instalar o sistema Irrigas é preciso ter conhecimento do sistema radicular da cultura a ser irrigada. O sensor deve ser colocado na profundidade das raízes ou um pouco mais abaixo (MAROUELLI *et al.*, 2001).

Conforme Santana *et al.*, (2014) não houve diferenças no desenvolvimento do cafeeiro cultivar IAPAR-59 e Obatã utilizando o sistema Irrigas e por tensiometria nas tensões 20, 40 e 60 KPa. O sistema Irrigas se mostrou interessante na fase inicial do plantio, pois não foi necessário fazer nenhuma operação de manutenção nessa fase.

De acordo com Graziano, (2013) aplicação de água em turnos aleatórios através do monitoramento da umidade pelo sensor Irrigas, mostrou ser mais eficaz do que a aplicação de água em turnos pré-determinados resultando numa maior produtividade da cultura do mini-tomate em dois ciclos de produção.

2.7.2 Tensiômetros

O resultado da afinidade da matriz do solo com a da água, a partir das forças coesivas e adesivas dentro das três fases do solo é conhecido como tensão. O equipamento que consegue medir o potencial matricial da água em diferentes locais do solo é conhecido como tensiômetro (Figura 3) (NETO & SILVA, 2007).

Este é constituído por uma cápsula porosa de cerâmica conectada por um tubo de PVC a um manômetro ou vacuômetro. Ao ser colocado no solo o equipamento entra em equilíbrio com a tensão da água do solo, se ocorrer alguma modificação da quantidade de água do solo será alterado diretamente no manômetro. A cápsula só permite a passagem de água e íons funcionando como uma membrana semi-impermeável (KLEIN, 2001).

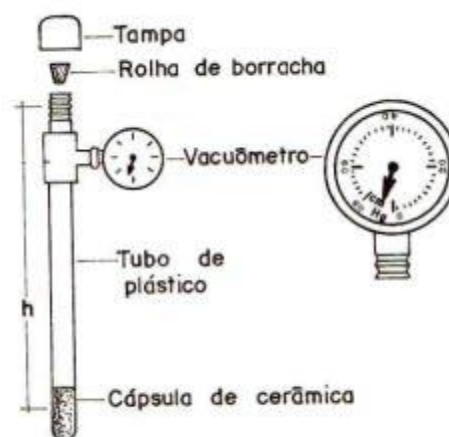


Figura 3: Tensiômetro com vacuômetro para medir a tensão da água no solo
(Foto: Silveira & Stone, 1994)

A instalação do tensiômetro geralmente deverá ocorrer onde há uma maior concentração das raízes, geralmente no ponto intermediário da profundidade do sistema radicular, dependendo do estágio de desenvolvimento e o tipo de cultura. (RESENDE & ALBUQUERQUE, 2002).

A faixa tensão de trabalho para maioria das culturas fica entre 0 até 75 kPa. Os tensiômetros podem medir até a tensão de 101 kPa, mas isso pode ser um problema pois acima de 80 kPa o ar consegue penetrar diminuindo a precisão do equipamento (LIBARDI, 1999).

Com as informações da capacidade de campo, umidade atual, densidade do solo e a profundidade efetiva do sistema radicular podem ser calculadas a lâmina líquida efetiva de irrigação e esses dados são retirados da curva de retenção de umidade. Para Azevedo & Silva (1995), a vantagem de se utilizar os tensiômetros é saber a tensão de água do solo *in situ* e também indiretamente, o teor de água do solo sendo o seu custo acessível para compra principalmente para os produtores agrícolas.

Segundo Santana *et al.*, (2014), os tensiômetros são equipamentos que precisam de um maior cuidado com a manutenção na recolocação de água destilada e apresentam maior propensão a quebra devido aos tratos culturais que eventualmente ocorrem nos plantios.

2.7.3 Acionador simplificado para irrigação

O modelo do acionador simplificado (Figura 4), utilizado no presente estudo, é composto por uma cápsula cerâmica de filtro de água comum, conectada por uma mangueira flexível a um pressostato. Todas as peças para montagem são adquiridas em qualquer comércio local com facilidade. O pressostato utilizado na montagem é o de máquinas de lavar roupas residenciais (MEDICI, 2008). A cápsula do sensor que aciona a aplicação da água deve estar inserida dentro do substrato da cultura plantada. O pressostato deve estar em um nível, abaixo do sensor, variando sua altura conforme a tensão de água que se deseja para o acionamento da irrigação. Pois quanto maior a variação da altura entre a cápsula (sensor) do pressostato maior será a sua tensão de água e conseqüentemente, maior será a sua coluna da água.



Figura 4: Acionador simplificado para irrigação

Segundo Medici *et al.*, (2010) é recomendado colocar a cápsula (sensor) com uma diferença de altura para o pressostato variando entre 0,30 cm a 1,00 m. De acordo com a perda de umidade no substrato onde está localizada a cápsula (sensor) vai ocorrer a sucção de água, anulando-se a pressão, movimentando a água para fora da cápsula (sensor) gerando uma pressão negativa fazendo com que o pressostato acione eletricamente a irrigação. Após o solo novamente ganhar umidade haverá uma pressão positiva fazendo com que a água entre pela cápsula (sensor) ocorrendo assim o desligamento do sistema.

Foi constatado por Valença (2016) que a utilização do ASI também é satisfatória em sistema de vasoponia orgânica e para a produção de mudas em ambiente protegido.

2.8 Eficiência no uso da água

A definição de eficiência é a razão entre a quantidade de água utilizada para se produzir determinada cultura pela quantidade de água utilizada na irrigação (ISRAELSEN, 1932 apud PEREIRA, 2004). Com a preocupação cada vez maior em relação à disponibilidade dos recursos hídricos profissionais, pesquisadores, empresas e produtores, tem buscado melhorar a maneira como utilizam a água direcionando os esforços para uma produção mais eficiente e economicamente sustentável.

Segundo Taylor & Willatt (1983) a eficiência do uso da água pelas plantas pode variar entre as espécies no mesmo ambiente, em uma mesma cultura e estação do ano. As espécies ao se adaptarem às mudanças climáticas podem nos direcionar a um manejo de água em diversas condições de umidade.

Os estudos de novas técnicas de irrigação propiciam a eficiência do uso da água e com isso a otimização da irrigação, o aumento do lucro para o produtor e a diminuição dos impactos ao meio ambiente. “A irrigação necessária é geralmente definida como a quantidade de água requerida para atingir pleno potencial produtivo” (FRIZZONE, 2007).

A evolução dos sistemas de irrigação sempre foi associada à melhoria da eficiência. O desperdício da água na irrigação sempre foi sinônimo de baixa eficiência. Atualmente, a uniformidade da distribuição, o coeficiente de distribuição e a uniformidade estatística são os indicadores fundamentais para um projeto com eficiência no uso de água, pois o que assegura a eficiência e a uniformidade na irrigação (RODRIGUES *et al.*, 1997).

No processo de transpiração a planta perde para a atmosfera praticamente 98% da água absorvida e a manutenção da umidade do solo é de suma importância para o desenvolvimento vegetativo (REICHARDT & TIMM, 2004). As plantas de clima tropical podem perder por dia o seu peso ou mais em água e isso vai variar de acordo com as condições em que a planta se encontra.

Para o aumento da eficiência do uso da água pode ser adotado algumas práticas desde a seleção da cultura mais adequada à área de plantio à adoção de medidas para economia e ou conservação da água, promovendo-se medidas para manutenção da umidade no solo. Outras práticas importantes são a diminuição do estresse hídrico das plantas nas épocas mais críticas e o uso de tecnologias de irrigação direcionadas às condições do produtor (DE ALMEIDA, 2008)

Segundo Viets (1962) apud Frizzone (2012) a eficiência do uso da água pode ser definida pela Equação 1 abaixo:

$$EUA = \frac{TMS}{TT} \rightarrow \frac{\text{Kg ha}^{-1}}{\text{mm d}^{-1}} \quad (1)$$

Sendo TMS a taxa de produção de matéria seca e TT a taxa de transpiração. A partir da década de 90, esse termo foi substituído por produtividade da água (PA). A definição de produtividade da água (PA) é a relação entre a quantidade produzida e a quantidade de água consumida para se obter o produto. Essa equação de produtividade vai ser expressa conforme a sua finalidade. Para isso se faz necessário especificar a produção em biomassa ou produção econômica e o tipo de consumo como a transpiração, volume total de água aplicada, evapotranspiração ou volume de irrigação. A produtividade de água também pode ser definida pela Equação 2 (FRIZZONE, 2012):

$$PA_{IR} = \frac{Y_C}{V_A} \rightarrow \frac{(\text{Kg})}{(\text{m}^3)} \quad (2)$$

Em que: refere-se produtividade de água (irrigação), VA o volume de irrigação aplicado e o Y_C produção da cultura.

Um meio de se maximizar os lucros na produção agrícola é a otimização da irrigação, para isso deve-se buscar e motivar pesquisas e tecnologias para uma agricultura irrigada de alta eficiência, baixos custos e integrada ao meio ambiente (MOREIRA, 1992).

2.9 Indicador fisiológico de qualidade de mudas

A clorofila é um indicador fisiológico que está intimamente ligada à eficiência fotossintética. Esse pigmento cloroplástico é responsável pela conversão da radiação luminosa em energia química. Estudos apontam que os teores de clorofilas afetam diretamente o desenvolvimento e a capacidade fotossintética das plantas (CIGANDA *et al.*, 2008).

Os pigmentos fotossintéticos são a clorofilas *a* e *b* (Chl *a* e Chl *b*, respectivamente), os carotenoides e as ficobilinas. A Chl *a* está presente em todos os organismos que realizam fotossíntese, sendo responsável pela etapa fotoquímica da reação. Os demais pigmentos: Chl *b*, os carotenoides e as ficobilinas auxiliam na absorção de luz e na transferência da energia radiante para os centros de reação sendo assim chamados de pigmentos acessórios (SENGE *et al.*, 2006).

Os métodos destrutivos para quantificação de pigmentos foliares são constituídos por duas etapas, a saber: a extração utilizando diversos solventes orgânicos e a determinação que é baseada na absorvância de luz pelos pigmentos (CRUZ *et al.*, 2007).

Os métodos não destrutivos pelos medidores portáteis são realizados por determinação indireta do teor relativo de clorofila que é calculado pela quantidade de luz transmitida pela folha, por meio de dois ou três comprimentos de onda com diferentes absorvâncias. Os

valores obtidos são proporcionais aos teores de clorofila foliar e são chamados de índices do clorofilômetro (ARGENTA *et al.*, 2001).

Um exemplo de medidor portátil de clorofila é o ClorofiLog, que faz as leituras em três comprimentos de ondas: duas na banda do vermelho (635 e 660 nm) e uma na banda do infravermelho (próximo a 880 nm). O ClorofiLog fornece valores de leitura proporcionais à absorvância das clorofilas a, b e t (a+b) com resultados em unidades adimensionais chamados valores ICF - Índice de Clorofila Falker (FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA, 2008).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização ambiental

O presente estudo foi conduzido no viveiro de mudas florestais (Figura 5) da Empresa Gomes & Brito Engenharia e Consultoria em área cedida pelo Departamento de Engenharia do Instituto de Tecnologia (IT) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) no município de Seropédica no Estado do Rio de Janeiro, nas coordenadas UTM Longitude 634.826 m – Latitude 7.480.795 m na Zona 23 - Sul com DATUM – Sirgas 2000 e elevação de 21 metros.



Figura 5: Viveiro de mudas Florestais – Instituto de Tecnologia - UFRRJ

O clima da região de Seropédica/RJ, segundo a classificação de KÖPPEN é do tipo Aw ou Tropical do Brasil Central (ABREU, 2017). Segundo (Carvalho *et al.*, 2011), a temperatura média anual do local é de 23,9 °C e a precipitação 1.213,00 mm com período de seca nos meses de junho, julho e agosto e os excedentes hídricos ocorrem em dezembro, janeiro e fevereiro. O tempo médio de insolação anual é de 2.527,37 horas, a média anual da evaporação é de 1.535,87 mm e a umidade relativa do ar de 68,59 %.

Para esse experimento foi montado uma casa de vegetação (Figura 6) com piso concretado e uma bancada. A dimensão da estufa é de 10 metros de comprimento por 5 metros de largura. Foi colocado filme plástico agrícola na parte superior da casa de vegetação e no lado da bancada, e as outras laterais foram revestidas com tela de sombreamento de 50%.



Figura 6: Casa de vegetação construída no viveiro do IT da UFRRJ

3.2 Produção do substrato, caracterização e produção das mudas de aroeira

Na produção de mudas o recipiente e o substrato têm grande importância, pois serão os locais onde a muda irá se desenvolver. Para esse experimento, foram utilizados como recipientes sacos de polietileno com 15 cm de diâmetro e 20 cm de altura.

O substrato para produção das mudas foi obtido por meio da mistura de composto orgânico fornecido pela Fazendinha Agroecológica do km 47 e terra de subsolo (argila vermelha) na proporção volumétrica de 1:1 (Figura 7).



Figura 7: Material utilizado para composição do substrato

Após o material ter sido misturado foram retiradas as amostras para análises químicas e física. As análises de solo foram realizadas no Laboratório de Análises de Solo, Planta e Resíduos (LABFER) do Departamento de Solos da UFRRJ. Os métodos de análises químicas foram: Fósforo (P) e Potássio (K) pelo extrator Mehlich, pH em sólido: líquido (água), carbono orgânico (C) e Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}), acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) e Alumínio (Al^{3+}) pelo extrator de KCl 1N, conforme metodologia descrita em EMBRAPA (1997). Na Tabela 1 são apresentados os resultados da análise química do substrato utilizado para produção das mudas de aroeira do presente trabalho de pesquisa.

O pH é um fator de importância para as condições químicas do substrato, pois interfere diretamente na disponibilidade de nutrientes. Segundo Kämpf (2005), a faixa recomendada em relação ao pH, do substrato a base de solo mineral, é entre 6,0 e 6,5.

Tabela 1. Análise química do substrato utilizado para a produção das mudas

Substrato	pH	P -----mg/dm ³ -----	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺ ----- cmol _c /dm ³ -----	H ⁺ + Al ³⁺	C %
S	7,3	967	3393	9,6	4,9	0,0	4,4	5,32

¹pH em água relação 1:2,5; ²extrator Mehlich-1; ³Extrator de KCl 1M
Substrato composto de Argila + composto orgânico

O resultado obtido na análise do presente substrato indica que o valor do pH é igual a 7,3 sendo considerado levemente alcalino não foi realizado nenhum tipo de correção de pH no substrato. O resultado da análise química do solo revelou que este apresenta altos teores de P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ para produção de mudas florestais, porém o valor de H⁺ + Al³⁺, que representa o indicador de acidez trocável, pode ser considerado bom de acordo com o manual para interpretação de análises de solo (TOMÉ JR, 1997).

Com relação à metodologia da análise física, foram realizados testes de análise granulométrica cujo resultado encontra-se na Tabela 2. Para o resultado da análise granulométrica foi retirado toda a matéria orgânica restando apenas o solo.

Tabela 2. Análise granulométrica do substrato utilizado para produção das mudas

Substrato	Areia 2 - 0,05 (mm)	Silte 0,05 - 0,002 (mm)	Argila < 0,002 (mm)
	----- (%) -----		
S	53	7	40

Segundo EMBRAPA (2006) a classificação deste substrato é argilo-arenosa.

No tocante as sementes de aroeira, elas foram coletadas na UFRRJ e depois semeadas em bandejas plásticas (Figura 8) contendo como substrato areia. Foi colocada uma tela de sombreamento de 50% para diminuir a incidência de sol e manter a umidade.



Figura 8: Caixas plásticas onde ocorreu a semeadura

As germinações das plântulas ocorreram a partir do 15 dias após serem semeadas. Já a repicagem foi realizada 45 dias após a semeadura, tendo o cuidado de selecionar as plântulas

mais vigorosas e com a mesma altura. As mudas foram transplantadas diretamente nos sacos plásticos.

3.3 Sistema de irrigação proposto

O sistema de irrigação utilizado para o experimento foi por gotejamento. Esse método foi escolhido devido à facilidade de aplicação da água e manuseio, havendo assim uma maior precisão na avaliação das vazões da irrigação.

A princípio foram utilizadas fitas gotejadoras cujo diâmetro era de 16 mm e com emissores espaçados a cada 10 cm. Devido a problema de fabricação, as fitas gotejadoras foram substituídas por tubos de polietileno linear de baixa densidade (PELBD) da marca Amanco (Figura 9) com bitola de 16 mm. Nesses tubos foram inseridos gotejadores autocompantes da marca IRRITEC, modelo Drop PC – PCDS, com vazão de 2,2 L h⁻¹ e com a distância de 15 em 15 cm entre os gotejadores.



Figura 9: Tubos de polietileno linear de baixa densidade (PELBD)

Ao lado da casa de vegetação foi construída uma estrutura com altura de 4,50 metros para o acondicionamento de um reservatório com capacidade de 200 litros de água. No sistema hidráulico que alimentava a caixa d'água foi instalado um filtro de disco para retenção de possíveis sedimentos.

O sistema de irrigação do experimento funcionou por gravidade e o abastecimento de água foi fornecido pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE).

3.4 Montagem do acionador simplificado de irrigação (ASI)

O acionador simplificado de baixo custo foi desenvolvido para ser de fácil montagem, instalação e manutenção. Para a montagem do ASI foram necessários os seguintes materiais:

- pressostato de máquina de lavar comum (Figura 10 A);
- mangueira de PVC Ø 3,8" x 1,5 mm (Figura 10 B);
- arame galvanizado nº 26 (Figura 10 C);
- fita isolante (Figura 10 C);
- folha de lixa nº 120 (Figura 10 C);
- broca de metal 4 mm (Figura 10 C);
- cola instantânea tipo *super bond* (Figura 10 C);
- mangueira de PVC Ø 8 mm x 1,5 mm (Figura 10 D);

- vela de filtro de cerâmica (Figura 10 D).

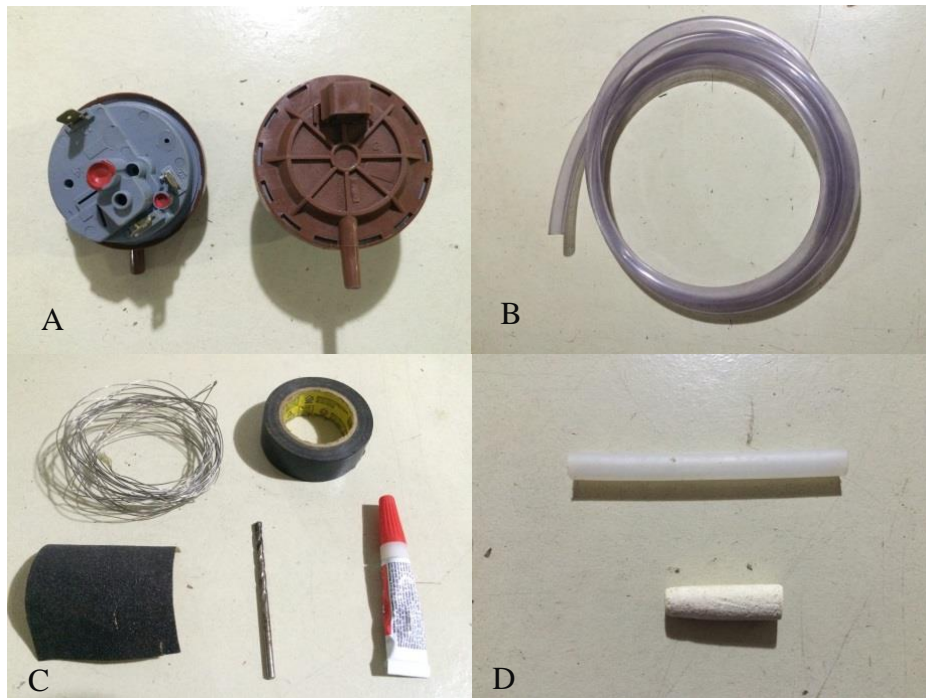


Figura 10: Material para confecção do acionador

Os procedimentos para montagem serão descritos abaixo:

1ª Etapa: Preparo da cápsula (Sensor)

Cortou-se a vela do filtro de cerâmica no tamanho aproximado entre 4 a 5 cm de comprimento e 1,5 cm de largura, após o corte lixou-se até ficar com o diâmetro da mangueira (Figura 11 B), com a broca furou-se um dos lados no sentido longitudinal até chegar próxima a outra extremidade em deixando-a a 0,5 cm do final.

2ª Etapa: Colocação da cápsula na mangueira

Após o preparo da cápsula (Figura 10 D), aplicou-se a cola instantânea em volta da mesma, no lado perfurado, e esta foi encaixada na mangueira. A cápsula deve ser inserida com pressão para não haver passagem de ar pela borda. O comprimento da mangueira utilizado foi de 1,5 metros.

3ª Etapa: Preparo do pressostato

Cortou-se a mangueira de PVC Ø 8 mm x 1,5 mm (Figura 10 D) no tamanho da entrada (de água) do pressostato, em seguida colocou-se essa mangueira no pressostato que serviu de adaptador para o encaixe da mangueira de diâmetro maior. Como houve folga entre as duas mangueiras, um pedaço de fita tipo veda rosca foi utilizado.

4ª Etapa: Conexão da mangueira ao pressostato

Encheu-se completamente a mangueira com água até que todas as bolhas de ar fossem retiradas. Com o objetivo de remover o ar de dentro do pressostato, colocou-se água nele também e após esse processo de enchimento conectou-se a mangueira ao pressostato.

5 Etapa: Verificação final

Verificou-se a presença de alguma entrada de ar ou a existência de alguma bolha no sistema. Caso houvesse, a 4ª Etapa deveria ser refeita. Para finalizar a montagem e assegurar que não haveria mais entradas de ar no sistema, um pedaço de arame galvanizado foi enrolado na entrada do pressostato (Figura 10 C).

3.5 Delineamento experimental

O delineamento utilizado na área (Figura 11) foi em blocos casualizados (DBC) e cada tratamento formado por seis repetições, com quatro mudas por repetição totalizando 24 mudas por tratamento. Para a medição do volume de água aplicado foram colocados aleatoriamente um coletor por repetição em cada tratamento totalizando 6 coletores.

Foram definidas quatro diferentes alturas entre as cápsulas e os pressostatos: 40 (Tratamento 1), 60 (Tratamento 2), 80 (Tratamento 3) e 100 cm (Tratamento 4), o que corresponde às tensões de 4 kPa, 6 kPa, 8 kPa e 10 kPa, respectivamente. Para cada tratamento foi instalado uma válvula solenoide correspondente. Todos os gotejadores do sistema de irrigação utilizados foram de $2,2 \text{ L h}^{-1}$.



Figura 11: Foto da área experimental

3.6 Critérios para avaliação das mudas

As avaliações com base nas medições da altura e do diâmetro de colo começaram a ser realizadas 30 dias após o transplantio. Essas medições foram realizadas quinzenalmente até o 105º dia após o transplante. Para as medições de diâmetro de colo foi utilizado um paquímetro digital e para a determinação das alturas das mudas foi utilizada uma régua graduada.

Para avaliação do peso da matéria seca e úmida da parte aérea e sistema radicular (Figura 12) foram selecionadas duas mudas de cada repetição, com dimensões próximas das médias da altura e do diâmetro. Para essa avaliação as mudas selecionadas tiveram a parte aérea cortada e separada do sistema radicular. Após a separação, foram colocadas duas amostras de cada repetição em sacos de papel devidamente identificados e em seguida estes foram condicionados à uma temperatura de $65 \text{ }^\circ\text{C}$, por 48 horas, em estufa laboratorial (Modelo 402 - 3D Marca – Ethiktechnology), até a obtenção de massa constante para determinação da massa seca.



Figura 12: Material sendo preparado para a pesagem

3.7 Avaliação de qualidade das mudas (IQD)

Outro parâmetro para avaliação do experimento foi o índice de qualidade de Dickson (IQD) que informa o padrão de qualidade das mudas, sendo considerado eficiente por diversos autores (BINOTTO, 2007). O índice de qualidade de Dickson (IQD) é calculado pela Equação 3 (DICKSON *et al.*, 1960).

$$IQD = \frac{MST(g)}{\frac{ALT(cm)}{DIAM(mm)} + \frac{MSPA(g)}{MSR(g)}} \quad (3)$$

Em que:

MST é a fitomassa seca total em gramas; ALT é altura da parte aérea em centímetro; DIAM é o diâmetro do colo em milímetro; MSPA é a fitomassa seca da parte aérea em gramas e MSR é a fitomassa seca das raízes em gramas.

3.7 Teor de clorofila

Para a avaliação do teor de clorofila total (Chl a+b) foram separadas 2 mudas de cada repetição. A escolha dessas mudas foi baseada na altura média das plantas. Foi selecionado para leitura a folha do 3º ramo a partir do ápice da planta

Foram realizadas duas leituras aos 50 dias após transplântio (DAT) e outra aos 90 DAT. O equipamento utilizado para as leituras foi o medidor eletrônico ClorofiLog (Modelo: CFL1030, Marca: FALKER) cuja unidade de medida é o índice de clorofila Falker (ICF) (FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA, 2008).

3.8 Eficiência de uso da água

Para a determinação da eficiência de uso da água (EUA) foram medidos diariamente, com o auxílio de uma proveta, os volumes de água retidos nos coletores, de cada repetição nos seus respectivos blocos, por um período de 84 dias. A Figura 13 apresenta um esquema ilustrativo dos ensaios experimentais.

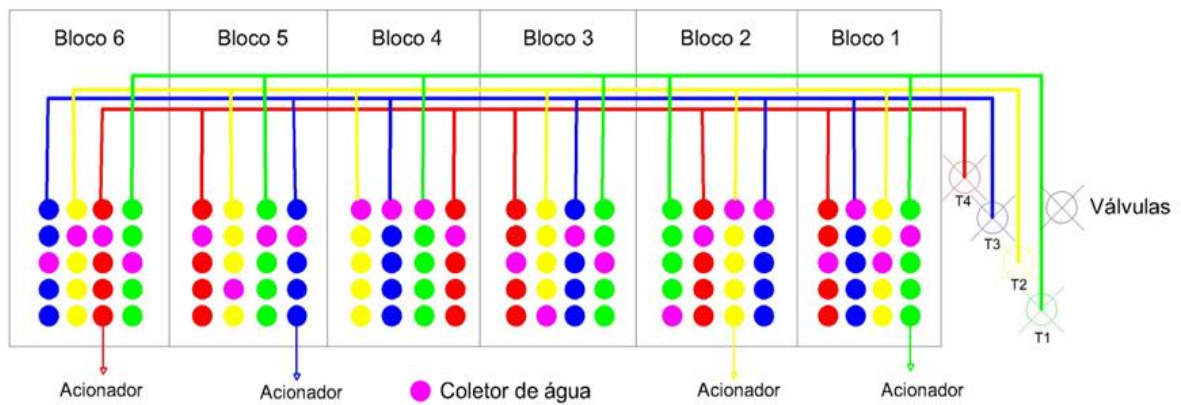


Figura 13: Croqui com esquema da área do experimento

3.9 Análise estatística

Para avaliação do experimento, foi realizada a análise de variância e, no caso de significância, foram feitas comparações das médias por meio do teste de Tukey, ao nível de 10% de significância, utilizando o software Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG) (RIBEIRO JUNIOR, 2001).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Crescimento e qualidade das mudas

O êxito na produção de mudas florestais é frequentemente relacionado aos parâmetros morfológicos, tais como altura e diâmetro de colo, pois estes conferem uma análise visual do padrão de qualidade das mudas para sua comercialização.

As curvas de crescimento das mudas, com relação aos parâmetros de diâmetro de colo (mm) e altura (cm), a partir dos 30 dias após transplante (DAT) da sementeira para o saco plástico são apresentadas nas Figuras 14 e 15, respectivamente. No Anexo 1 é apresentada o resumo da análise de variância das características morfológicas das mudas aos 105 DAT.

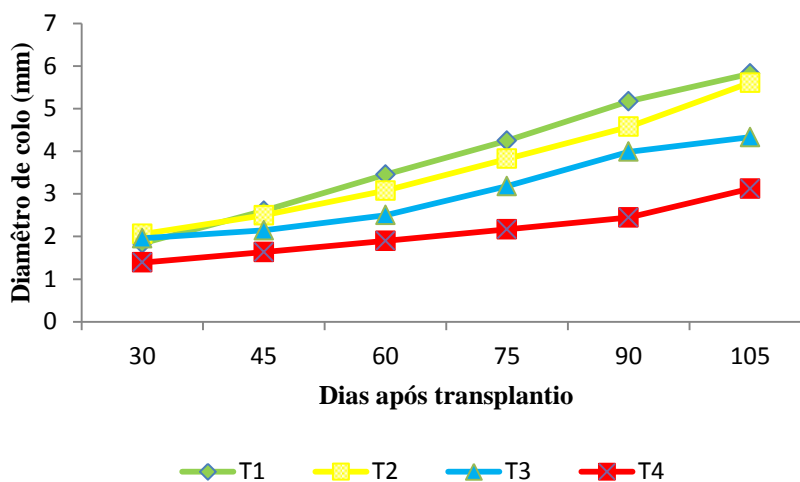


Figura 14: Curva de crescimento em diâmetro de colo de mudas de aroeira em diferentes tensões de água no substrato

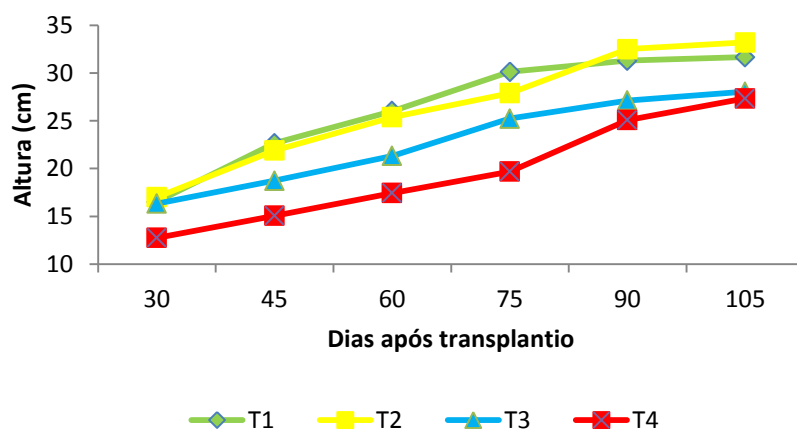


Figura 15: Curva de crescimento em altura de mudas de aroeira em diferentes tensões de água no substrato

Constatou-se que as mudas produzidas nas tensões de 4 kPa (T 1) e 6 kPa (T 2) tiveram os melhores resultados com relação ao crescimento em diâmetro de colo e altura. Em contrapartida, nas tensões de 8 kPa (T 3) e 10 kPa (T 4) um menor crescimento tanto no diâmetro quanto na altura foram observados.

No trabalho de Scalón *et al.* (2006) o crescimento de mudas de aroeira sob condição de pleno sol apresentaram o diâmetro médio de 7,15 mm e altura média de 32,93 cm bem

próximo aos valores encontrados no parâmetro altura dos tratamentos 1 e 2. No estudo sobre o crescimento de mudas de aroeira de ROSSA *et al.*, (2013) foram apresentados valores inferiores nos parâmetros diâmetro de colo e altura.

Segundo Birchler *et al.* (1998) é recomendado uma relação entre a altura e o diâmetro das mudas (H/D) menor que 10. De acordo com os resultados obtidos no presente trabalho, para esse parâmetro, todos os resultados se demonstraram adequados. Esse índice para avaliar o padrão de qualidade de mudas, pode ser de grande importância, principalmente para prever o potencial de sobrevivência da muda no campo (GOMES, 2001).

Segundo Carneiro (1995) quanto menor a relação H/D, maior será a probabilidade das mudas se desenvolverem e os valores situados entre os limites de 5,4 a 8,1 são os que melhor exprimem a qualidade das mudas. Os Tratamentos 1, 2 e 3 estão enquadrados dentro destes limites. Na pesquisa Caldeira *et al.* (2008) o índice de qualidade das mudas H/D variou entre 9,6 e 11,9 nos cinco tratamentos avaliados para produção de mudas de aroeira.

Estatisticamente, os dados de crescimento em altura não apresentaram diferenças significativas. No entanto, foi observado que as mudas produzidas na tensão de 10 kPa (T 4) apresentaram uma alta taxa de mortalidade nos ensaios experimentais, chegando a uma taxa de 50% (Figura 16).

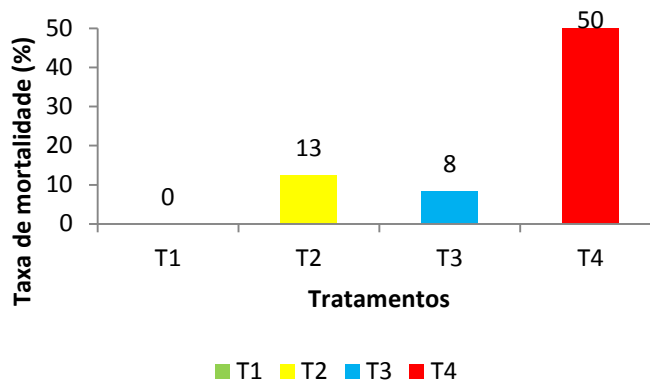


Figura 16: Taxa de mortalidade das mudas

Em relação à fitomassa seca de raízes (MSR) e da parte aérea (MSPA), os resultados estatísticos demonstraram que não houve diferenças significativas para nenhum tratamento estudado, conforme a Tabela 3. Comparando com trabalho de Rossa *et al.* (2013) as mudas de aroeira aos 189 dias após a semeadura sem adubação apresentaram valores inferiores ao do presente trabalho nos parâmetros fitomassa seca de raiz (MSR) com 0,20 g e da fitomassa seca da parte aérea (MSPA) com 0,26 g.

Tabela 3 Diâmetro de colo (D), altura (H), relação altura por diâmetro de colo (H/D), fitomassa seca das raízes (MSR), fitomassa seca parte aérea (MSPA) e o índice de qualidade de Dickson (IQD), aos 105 dias após o transplântio.

Tratamentos	D	H	H/D	MSPA	MSR	IQD
	mm	cm		-----g / muda-----		
<i>Schinus terebinthifolius</i> (Aroeira)						
T1	5,81 a	31,67 ^{ns}	5,46 a	4,10 ^{ns}	3,09 ^{ns}	1,06 a
T2	5,61 a	33,20 ^{ns}	5,97 a	4,78 ^{ns}	2,44 ^{ns}	0,91ab
T3	4,33 b	28,04 ^{ns}	6,53 a	3,59 ^{ns}	1,71 ^{ns}	0,61ab
T4	3,12 b	27,33 ^{ns}	8,99 b	2,50 ^{ns}	1,13 ^{ns}	0,33 b

As médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P< 0,10).
^{NS} – não significativo.

Tendo em vista que o presente trabalho avaliou o crescimento de mudas florestais de uma espécie nativa, o período de crescimento estudado talvez não tenha sido suficiente para determinação de diferenças estatísticas significativas para os parâmetros de altura, fitomassa seca de raízes e fitomassa seca da parte aérea.

Os parâmetros morfológicos e as relações para análise de qualidade de mudas não devem ser avaliados separadamente. Segundo Fonseca *et al.* (2002) o Índice de Qualidade de Dickson é importante pois considera diversos parâmetros para a avaliação da qualidade das mudas.

Verifica-se na Tabela 3, que todos os tratamentos tiveram os resultados acima do índice mínimo preconizado para a qualidade de mudas (IQD) que é de 0,2 conforme Hunt (1990) apud Da Silva (2011), sendo que o Tratamento 1 apresentou o melhor resultado estatístico seguido pelos Tratamentos 2, 3 e 4, respectivamente.

Na avaliação de mudas de aroeira produzidas com fertilizante de liberação lenta, Rossa e colaboradores (2015) verificaram que nenhum tratamento alcançou os dois índices de qualidades propostos, ou seja, valores maiores de 0,2 para IQD e valores menores que 10 para H/D. Segundo José *et al.* (2005) mudas de aroeira produzidas em recipientes de maior capacidade obtém o IQD com maior valor.

Os resultados dos ensaios experimentais do presente trabalho demonstraram que para um maior valor de índice de qualidade de Dickson verifica-se também um maior diâmetro de colo, de fitomassa seca da parte aérea e de raiz, e um menor valor na relação H/D. Sabonaro, (2006) em seu trabalho de pesquisa sobre a utilização de composto de lixo urbano para produção de mudas de espécies arbóreas verificou as mesmas relações para o IQD.

Os resultados até agora apresentados demonstram uma provável relação entre o regime hídrico e a taxa de crescimento das mudas, por isso faz-se necessário o estudo da eficiência do uso da água.

4.2 Eficiência de uso de água (EUA)

As medições de volume de água foram concluídas no 105º do DAT. O maior número de acionamentos realizados nesse período foi para a tensão de 4 kPa (T 1) com 30 acionamento, seguidos pela tensão 6 kPa (T 2) com 21 acionamentos, 8 kPa (T 3) com 10 acionamentos e 10 kPa (T 4) com 6 acionamentos (Figura17).

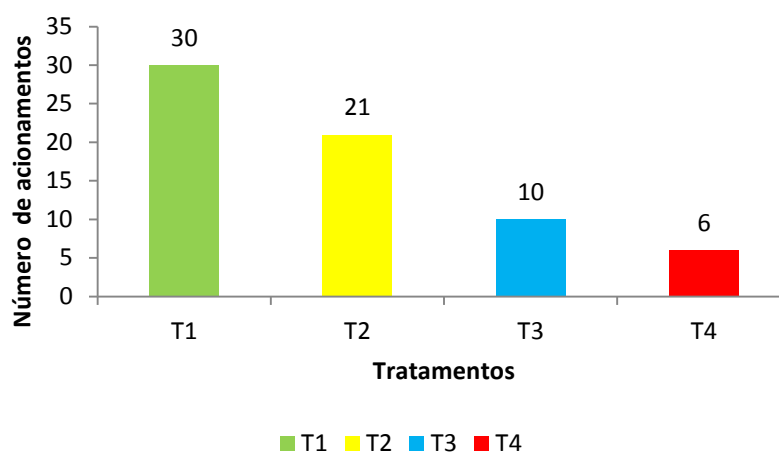


Figura 17: Número total de acionamentos dos 4 tratamentos

Nas tensões de 4 e 6 kPa (T 1 e T 2), ocorreu uma maior frequência de aplicação de volume de água. Consta-se que a velocidade em acionar ou desligar o sistema de irrigação depende da altura entre o pressostato e a cápsula (sensor), pois nos tratamentos com as menores diferenças de altura, os acionadores ligavam com uma maior regularidade e com volumes de água maiores.

Na Figura 18 apresenta-se a temperatura média do período em que foi determinado a EUA. Foi observado uma relação direta entre o volume de água aplicado e a temperatura. Em dias com temperaturas mais baixas verificou-se uma diminuição na frequência de acionamentos e com isso houve uma economia na aplicação de água. Já nos dias mais quentes observou-se um aumento na frequência da aplicação de água.

A partir do conhecimento das características locais como solo, temperatura e espécie, é possível alterar a configuração do ASI para uma tensão mais adequada a cada caso em específico.

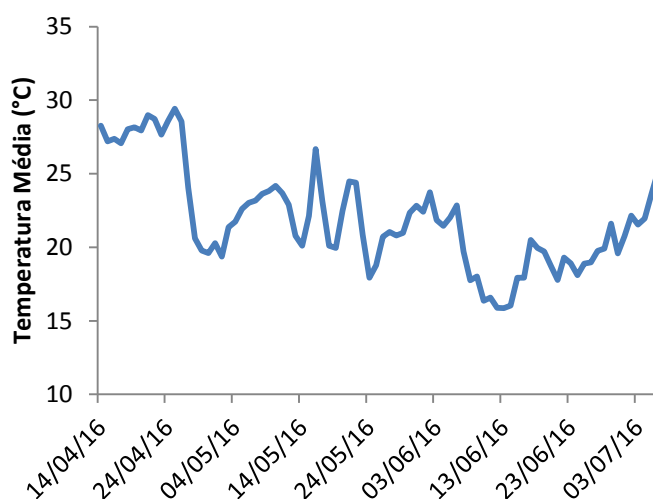


Figura 18: Temperatura média registrada no período de 14/04/16 à 06/07/16

Fonte: INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, consultado em 2016. <http://www.inmet.gov.br>

Na Figura 19 são apresentados os dados de volume médio de água (ml dia^{-1} muda $^{-1}$) aplicados durante os 84 dias de ensaios experimentais. É importante ressaltar que não houve

irrigação em todos os dias e essa é uma das principais vantagens do uso do ASI, que só aplica água quando há um déficit hídrico no solo.

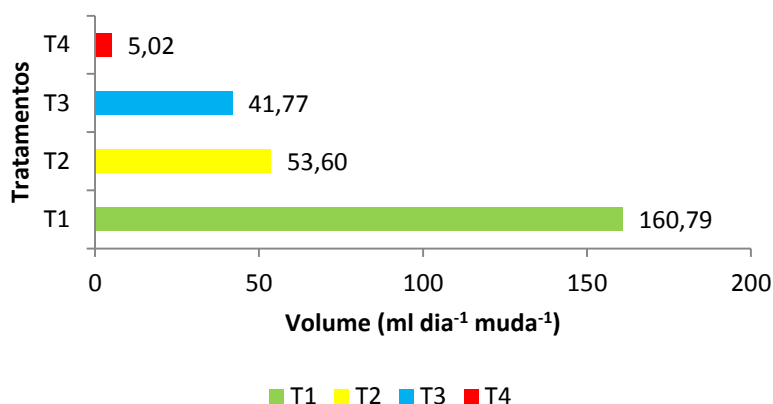


Figura 19: Volume médio de água (ml dia-1 muda-1)

Em experimento realizado por Moraes *et al.* (2012) o melhor resultado para produção das mudas de aroeira foi com aplicação de uma lâmina de irrigação diária de 10 mm. Essa lâmina de irrigação equivale a uma aplicação de 310,23 mL d⁻¹ planta⁻¹. Em trabalho conduzido por Lima *et al.* (2013) o melhor tratamento para produção de mudas de *Eucalyptus grandis* foi o com aplicação diária de água 1.562,50 ml d⁻¹ por planta parceladas em três irrigações.

Comparando os resultados supracitados com o resultado obtido no presente trabalho é possível observar que houve um uso mais racional da água utilizando o ASI, tendo em vista que no tratamento 1, no qual houve um maior consumo hídrico para a produção de uma muda de aroeira, foi necessário o consumo de um volume médio de água diário de apenas 160,79 mL.

Em termos da eficiência do uso da água (Tabela 4) o tratamento que obteve o melhor resultado estatístico foi de 10 kPa (T 4) com o valor de 7,81 g L⁻¹, seguidos dos Tratamentos 3, 2 e 1. Analisando os parâmetros separadamente deste tratamento, constatou-se que mesmo tendo o maior valor de EUA, este também apresentou os menores valores nos parâmetros relacionados ao crescimento e qualidade, indicando que a lâmina de irrigação não supriu a necessidade hídrica das mudas.

Segundo Lopes *et al.* (2007), trabalhando com diferentes lâminas de irrigação, observou-se que o desenvolvimento morfológico e o crescimento da área foliar está associado à disponibilidade de água, isto é, devido a planta utilizar a água na fotossíntese para a produção de fotoassimilados. O fato de ter ocorrido déficit hídrico pode ter influenciado nos processos fotossintéticos afetando o desempenho do Tratamento 4.

Tabela 4. Valores de eficiência de uso de água (EUA) aos 105 dias após o transplântio.

Tratamentos	Eficiência de uso de água (EUA)	
	g L ⁻¹	
	<i>Schinus terebinthifolius</i> (Aroeira)	
T1	0,53 a	
T2	1,53 a	
T3	1,60 a	
T4	7,81 b	

As médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0,10).

A tensão 4 kPa (T 1) teve o menor valor de EUA, mas em contrapartida os resultados relacionados ao crescimento e índice de qualidade de Dickson (IQD) foram os melhores.

Em relação a todos os parâmetros avaliados os que obtiveram os melhores resultados foram as tensões 4 e 6 kPa (T 1 e T 2). Apesar dos tratamentos 1 e 2 apresentarem bom resultados a condição ótima de tensão de operação do ASI foi de 6 kpa tendo em vista a melhor EUA. A utilização de tensões de 10 kPa afetou o desenvolvimento das mudas promovendo perdas por morte, sendo assim, se faz necessários estudos complementares com outras composições de substrato e espécies.

Tendo em vista que em praticamente toda produção de mudas florestais utilizam-se insumos convencionais e o inexpressivo número de pesquisas sobre o uso de acionadores simplificados neste tipo de produção, o presente trabalho contribuiu de forma significativa para demonstrar uma forma equilibrada de produção, prezando pela sustentabilidade e conservação dos recursos, no contexto da agricultura orgânica.

4.3 Teor de clorofila

O teor de clorofila apresentado na Figura 20 foi determinado por um método óptico não destrutivo baseado na absorção de luz. Este parâmetro demonstra de forma rápida eventuais alterações na qualidade das mudas devido a algum tipo de estresse fisiológico que pode interferir no seu crescimento.

Segundo Carvalho (2013) o valor de clorofila total (Chl a+b) encontrado para a espécie aroeira em idade reprodutiva foi de 53,80 IFC. Valores similares também foram encontrados para outras espécies como o angico branco (*Anadenanthera colubrina*) e ipê-roxo (*Tabebuia avellaneda*) (FREIBERGER *et al.*, 2010).

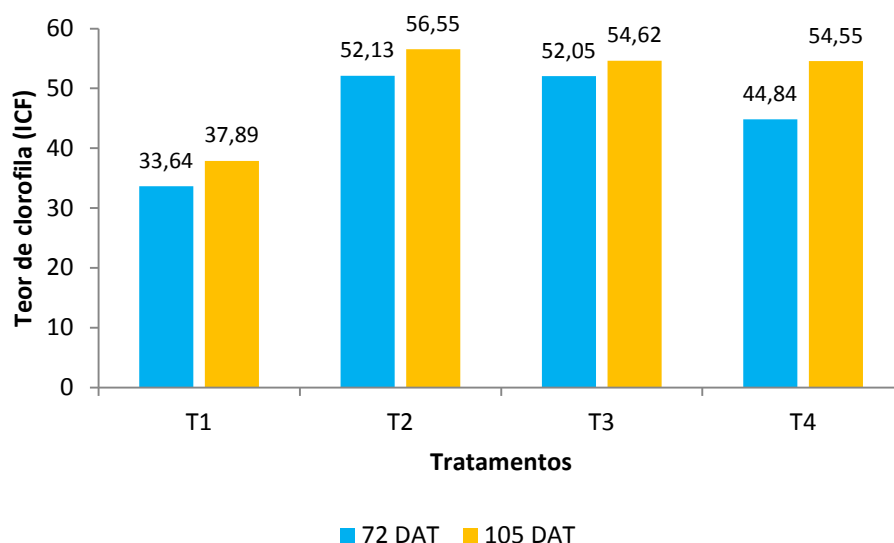


Figura 20: Teor de clorofila total (Chl A+B) nas mudas aroeira aos 72 DAT e 105 DAT após o transplântio nos 4 tratamentos

O maior índice de clorofila (IFC) apresentado foi do tratamento 2 seguidos pelos tratamentos 4, 3 e 1. No trabalho realizado por De Castro Pias (2013) para produção de mudas *Apuleia leiocarpa* no período de viveiro de 60 e 90 DAT o índice de clorofila médio encontrado foi de 39,05 e 43,56.

Na Tabela 5 encontra-se o estudo estatístico dos teores de clorofila totais para o presente trabalho. De acordo com esta tabela, os teores de clorofila determinados nos experimentos realizados nas tensões de 6 kPa, 8kPa e 10 kPa não apresentaram diferenças significativas entre si, nas médias a 10% de probabilidade.

Tabela 5. Teor de Clorofila total (Chl A+B) aos 90 dias após transplântio.

Tratamentos	Teor de Clorofila total (Chl a+b)	
	(IFC)	
	<i>Schinus terebinthifolius</i> (Aroeira)	
T1	37,89 b	
T2	56,55 a	
T3	54,51 a	
T4	54,55 a	

As médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,10$).

Ainda com relação à Tabela 5, observa-se que para a tensão de 4 kPa houve uma diferença significativa de teor de clorofila total com relação aos outros tratamentos estudados. Essa diferença pode ter ocorrido devido a maior quantidade de água aplicada nesse tratamento e em consequência disso, possivelmente ocorreu uma maior perda dos nutrientes por lixiviação. Os resultados também indicam que as mudas com menor IFC foram capazes de crescer de forma similar às plantas com maior IFC dos tratamentos 2 e 3, até o final do experimento, mas é plausível que o crescimento por mais tempo fosse comprometido no tratameto 1. No caso do tratamento 4, o que pode ter ocorrido foi uma redução no crescimento pela seca, mesmo que o IFC não tenha sido reduzido.

Segundo Stancheva & Dinev (1995), descreveram que o máximo de pigmentos fotossintéticos foram encontrados nas plantas que apresentaram o maior crescimento vegetativo fato que não foi evidenciado no presente trabalho.

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstraram que o uso do ASI é viável para produção de mudas de aroeira nas tensões de 4, 6 e 8 kPa, configurando um uso mais racional da água na produção. Não se recomenda a produção de mudas de aroeira utilizando uma tensão de 10 kPa pois houve uma alta taxa de mortalidade das mudas. A tensão de 6 kPa compreende a tensão ótima de operação para o sistema proposto diante das condições experimentais estudadas e isso deve-se a melhor relação crescimento por volume de água utilizado na irrigação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Alan HM. et al. Resíduos sólidos urbanos na produção de mudas de *Lafoesia pacari*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 2, p. 83-87, fev. 2017.

ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**, Guaíba: Agropecuária, 2002, página 162.

ARGENTA, G.; DA SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G. et al. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, p.158-167, 2001.

ALENCAR, C. A. B.; CUNHA, F. F. da; RAMOS M. M.; SOARES, A. A.; PIZZIOLO, T. de A.; OLIVEIRA, R. A. DE. Análise de automação em um sistema de irrigação convencional fixo por miniaspersão. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.15, n.2, p. 109-118, 2007.

ALMEIDA, L. S. **Avaliação morfológica de mudas de *Allophylus edulis* (A. St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radl. (vacum) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira) produzidas em diferentes substratos. 96 f.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

BANDES. Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo. **A cultura da aroeira em São Mateus e arredores: um pioneirismo que o Bandes deve apoiar**. Estudos Bandes, p. 39, 2008.

BAGGIO, A. J. Aroeira como potencial para usos múltiplos na propriedade rural. **Boletim de pesquisa florestal**. Colombo, v 17, p 25-32, 1988.

BERNARDO, S. SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8ª edição. Viçosa: UFV, p 625, 2006.

BERTOLDI, M. C. **Atividade antioxidante in vitro da fração fenólica, das oleorresinas e do óleo essencial de pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi). 96f.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, MG, 2006.

BIRCHLER, T.; ROSE, R. W.; ROYO, A.; PARDOS, M. La planta ideal: revision del concepto, parametros definitorios e implementacion practica. **Investigacion Agraria, Sistemas y Recursos Forestales**, Madrid, v. 7, n. 1/2, p. 109-121, 1998.

BINOTTO, A. F. **Relação entre variáveis de crescimento e o índice de qualidade de Dickson em mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid e *Pinus elliottii* var. *elliottii*-Engelm. 53 f.** Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)– Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2007.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil - 2014: **relatório síntese** / Agência Nacional de Águas. - Brasília: ANA, p 33, 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Desenvolvimento sustentável. Orgânicos. Legislação. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/organicos/legislacao>>. Acesso em: 09 Ago. 2016.

CALBO, A. G.; SILVA, W. L. C. Irrigas: novo sistema para o controle da irrigação. In: **CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**, 11, 2001, Fortaleza. Anais. Fortaleza: ABID, p.177-182, 2001.

CALBO, A. G.; MAROUELLI, WAP.; SILVA, H. R. da. Uso de controladores automáticos de irrigação na aplicação da tensiometria Irrigas. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, jul. 2004.

CALBO, A. G.; SILVA, Washington LC. **Sistema Irrigas para manejo de irrigação: fundamentos, aplicações e desenvolvimentos**. Adonai Gimenez Calbo, 2005.

CALDEIRA, M. V. W., FENILLI, T. A. B., & HARBS, R. M. P. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 1, p. 027-033, 2008.

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

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, p 1039, 2003.

CARVALHO, D. F, SILVA D. G, SOUZA, A. P, GOMES, D. P, ROCHA, H. S. Coeficientes da equação de Angström-PreScott e sua influência na evapotranspiração de referência em Seropédica, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v 15, n 8, p 108-116, 2011.

CARVALHO, C. R. D. D. Relação entre parâmetros ecofisiológicos e a produção de óleo essencial em espécies arbóreas. 2013.

CESÁRIO, L. F. & M. C. GAGLIANONE. Biologia floral e fenologia reprodutiva de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) em Restinga do Norte Fluminense. **Acta Botanica Brasilica**, v 22: n 3, p 828–833, 2008.

CENSO AGROPECUÁRIO IBGE (2006). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 Ago. 2016.

CIGANDA, V., GITELSON, A.; SCHEPERS, J. Vertical profile and temporal variation of chlorophyll in maize canopy: quantitative “crop vigor” indicator by means of reflectance based techniques. **Agronomy Journal**, v. 100, p. 1409-1417, 2008.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, S. D. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Bahia Agrícola**, v. 7, n. 1, p. 57-60, 2005.

CRUZ, A. C. F. Métodos comparativos na extração de pigmentos foliares de três híbridos de *Bixa orellana* L. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, p.777-779, 2007.

DA SILVA, R. F. et al. Influência da contaminação do solo por cobre no crescimento e qualidade de mudas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart. & Zucc.) e aroeira-vermelha (*Schinus therebinthifolius* Raddi). **Ciência Florestal**, v. 21, n. 1, p. 111-118, 2011.

DE ALMEIDA, C. D. C. M. **Análise da produtividade física e económica da água. Aplicação do modelo SEDAM no perímetro de rega de Huinong, bacia do Rio Amarelo.** 2008. Tese de Doutorado. Instituto Politécnico de Coimbra. Lisboa.

DE CASTRO PIAS, O. H., CANTARELLI, E. B., BERGHETTI, J., LESCHEWITZ, R., KLUGE, E. R., & SOMAVILLA, L. Doses de fertilizante de liberação controlada no índice de clorofila e na produção de mudas de grábia. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 73, p. 19-25, 2013.

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

DUARTE, A. Reuso de água residuária tratada na irrigação da cultura do pimentão (*Capsicum annun* L). 2006. 187f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.

EMBRAPA. Manual de Métodos de Análise de Solo. **Ed. Rio de Janeiro**, p 212, 1997.

EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2006. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Embrapa, Rio de Janeiro, Brasil. 306 p

FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA. **Medidor eletrônico de teor de clorofila ClorofiLOG CFL 1030: manual de instruções.** Porto Alegre, 2008. 33 p.

FARINHA, M. J. U. S.; & BERNARDO, L. V. M. Produção agroecológica: uma relação entre as características do Brasil e da América Latina. **Revista Espaço Acadêmico**, v. 15, n. 176, p. 01-14, 2015.

FONSECA E. P; VALÉRI S. V; MIGLIORANZA E, FONSECA N. A. N, COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micranta* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. *Revista Árvore*; v 26, n 4, p 515-523. 2002.

FREIBERGER, M. B.; CASTOLDI, G.; MARINI, D.; LANG, A.; HERZOG, N. F. M.; MALAVASI, U. C. Seasonal variation of chlorophyll in leaves of *Tabebuia avellaneda* and *Anadenanthera colubrina*. **Semina: Agricultural Sciences**, v. 31, p. 1343-1348, 2010.

FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S. L. de; REZENDE, R.; FARIA, M. A. de. Microirrigação: Gotejamento e Microaspersão. **Maringá: Eduem**, p 356, 2012.

FRIZZONE, J. A. Planejamento da irrigação com uso de técnicas de otimização. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 1, n. 1, p. 24-49, 2007.

GOMES, A. Irrigação informatizada: a fase superior da automação do trabalho na agricultura moderna. **Revista Cronos**, v. 2, n. 1, p. 85-93, 2017.

GOMES; J.M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de Eucalyptus grandis, produzidas em diferentes tamanhos de tubetes e de dosagens de N-P-K. Viçosa, 2001.** 126 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa.

GONÇALVES, J. D. M.; SANTERELLI, E. G.; NETO, S. P. M.; MANARA, M. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Eds.) **Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: ESALQ/USP, p. 309-350, 2000.**

GRAZIANO, B. **Produção de hortaliças em sistema hidropônico em areia com reuso da solução drenada.** 2013. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA.

HAHN, C. M.; OLIVEIRA, C. D.; AMARAL, E. D.; RODRIGUES, M. S.; SOARES, P. V. & SILVA, M. D. Recuperação florestal: da semente à muda. **São Paulo, SP: Secretaria do Meio Ambiente para a Conservação e Produção Florestal do Estado de São Paulo, p 144 2006.**

JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Cerne, Lavras, v.11, n.2, p.187-196, abr./jun. 2005.**

KÄMPF, A. N. Produção comercial de plantas ornamentais. **Guaíba: Agrolivros, v 2, 2005.**

KNAPIK, J. G. et al. Produção de mudas de *Mimosa scabrella* Benth (Bracatinga), *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira) e *Allophylus Edulis* (St. Hil.) Radl.(Vacum) sob diferentes regimes de adubação. **Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n. 51, 2005.**

KLEIN, V. A. Uma proposta de irrigação automática controlado por tensiômetros. **Current Agricultural Science and Technology, v 7, n 3, 2001.**

LACA -BUENDIA, J. P., BRANDÃO , M., OLIVEIRA, L. D. S. Utilização dos frutos de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (Anacardiaceae) na substituição da pimenta-do-reino (*Piper nigrum* l.). **Daphne, Belo Horizonte, v. 2, n. 4, p. 34-36, jul., 1992.**

LOPES, A. D. G., SILVA JUNIOR D. P. D., MIRANDA D. A. D. Análise crítica de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial: estudo comparativo dos municípios de Belo Horizonte (MG), Recife (PE) e Rio Branco (AC). **Revista Petra, v. 1, n. 2, 2015.**

LOPES, J. L. W., GUERRINI, I. A., SAAD, J. C. C. Qualidade de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e dois tipos de substrato. **Revista Árvore, p. 835-843, 2007.**

LORENZI, H. Árvores brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil. **Nova Odessa, Ed. Plantarum, v 1, p 384, 1992.**

LIMA, Â. S. F. et al. Desenvolvimento De Mudas Seminais De Eucalipto Com O Emprego De Quatro Frequências De Irrigação. **Nucleus, V. 10, N. 2, 2013.**

PEREIRA L. S. Conservação, Poupança e Sustentabilidade no Uso da Água: **Desafios à Sociedade Keynote speech to IV Congresso Ibérico sobre Gestão e Planificação da Água**, Tortosa, Espanha. p 7-11, 2004.

PINHO, L. et al. Atividade antimicrobiana de extratos hidroalcoolicos das folhas de alecrim-pimenta, aroeira, barbatimão, erva baleeira e do farelo da casca de pequi. **Ciência Rural**, v. 42, n. 2, p. 326-331, 2012.

PHOCAIDES, A. **Handbook on pressurized irrigation techniques**. Food & Agriculture Org., 2007.

LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. 2ª ed. Piracicaba: CENA/USP 1999. 497p.

MACIEL, M. W. **Montagem e instalação de um sistema de controle automático de irrigação**. 2005. 86 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa Hortaliças, 2001. 111 p.

MARQUELLI W. A; SILVA W. L. C. Tomateiro para processamento industrial: irrigação e fertirrigação por gotejamento. **Circular Técnica**, 2002.

MARQUELLI, W.A, SILVA, W. L. C. Tensões-limite de água no solo para o cultivo do tomateiro para processamento irrigado por gotejamento. **Embrapa Hortaliças. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 2008.

MALVOLTA, E.; ROMERO, J. P. **Manual de adubação**. São Paulo: ANDA, 1975. 346p.

MANTOVANI, S. C. A. **Sistema de automação aplicado a irrigação**. 1993.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W. R.; ALMEIDA S. R.; FERNANDES, D. R. Cultura do café no Brasil. **Novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro e Varginha: MAPA/PROCAFE, 2002b. 387 p.

MEDICI, L. O. **Acionador automático para irrigação**. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e do Comércio Exterior: Instituto Nacional de Propriedade Industrial. Patente MU 8700270-1U, 2008.

MEDICI, L. O.; ROCHA, H. S.; CARVALHO, D. F. PIMENTEL, C.; AZEVEDO, R. A. **Automatic controller to water plants**. Scientia Agricola, v.67, n.6, p.727-730, 2010.

MORAIS, W. W. C. et al. Influência da irrigação no crescimento de mudas de Schinus terebinthifolius. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 69, 2012.

MOREIRA, H. J. Sistema agroclimático para o acompanhamento das culturas irrigadas. **Manual prático para o manejo da irrigação**. Brasília: Secretaria Nacional de Irrigação, p 90, 1992.

MOREIRA, R. M.; CARMO, M. D. Agroecologia na construção do desenvolvimento rural sustentável. **Agricultura São Paulo**, v. 51, n. 2, p. 37-56, 2004.

NETO, D. E. & SILVA, J. G. F. da. Manejo da água no mamoeiro. Papaya Brasil, 2007.

NACOES UNIDAS NO BRASIL. Disponível em <<https://nacoesunidas.org/conheca-os-novos-17-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-da-onu/>>. Acessado em 07 de ago. 2016

OLIVEIRA, C. et al. Avaliação da atividade antioxidante em amostras comerciais de *Schinus terebinthifolius* (aroeira vermelha). **Revista de Ciências Médicas e Biológicas**, v. 12, n. 3, p. 312-317, 2013.

OLIVEIRA, L. F. M. et al. Tempo de destilação e perfil volátil do óleo essencial de aroeira da praia (*Schinus terebinthifolius*) em Sergipe. **Rev. bras. plantas med**, v. 16, n. 2, p. 243-249, 2014.

PRADO, H. **Pedologia fácil: aplicações em solos tropicais**. 4ª ed. Piracicaba: SP. 2013.

REICHARDT, K.; TIMM L.C.; **Solo, Planta e Atmosfera: Conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Manole, p.323-340, 2004.

Reitz, R., Klein, R. M., & Reis, A.. **Projeto Madeira do Rio Grande do Sul**. Sellowia, n.34-35, p.1-525, 1983.

RESENDE, M.; ALBUQUERQUE, P. E. P. de. Métodos e estratégias de manejo de irrigação. Sete Lagoas – MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. **Circular Técnica**, 19. 10p.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa: UFV, 2001. 301p.

RODRIGUES, V. A. **Propagação vegetativa de aroeira *Schinus terebinthifolius* Raddi, canela sassafrás *Ocotea pretiosa* Benth & Hook e cedro *Cedrela fissilis* Vellozo através de estacas radiciais e caulinares**. 1990. 90p. 1990. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

RODRIGUES, L. N.; Mello, J. L. P.; Mantovani, E. C.; Ramos, M. M. Coeficientes de uniformidade: sensibilidade a mudanças nos fatores operacionais. **IRRIGA**, Botucatu, v.2, n.2, p.90-98, 1997

ROSSA, Ü. B. et al. Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Sebastiania commersoniana*. **Floresta**, v. 43, n. 1, p. 93-104, 2013.

SABONARO, D. Z. **Utilização de composto de lixo urbano na produção de mudas de espécies arbóreas**. 2006. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

SANTANA, M. S.; OLIVEIRA, C. D. S.; QUADROS, M. Crescimento inicial de duas cultivares de cafeeiro adensado influenciado por níveis de irrigação localizada. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v. 24, n. 3, p. 644-653, 2004.

SANTOS, A. C. F. et al. Discussões sobre alimentos orgânicos no Brasil e outros países. **Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos**, v. 7, n. 4, 2014.

SCALON, S. D. P. Q. et al. Desenvolvimento de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius*) e sombreiro (*Clitoria fairchildiana*) sob condições de sombreamento. **Ciênc. Agrotec., Lavras**, v. 30, n. 1, p. 166-169, 2006.

STANCHEVA, I., DIVEV, N. Response of wheat and maize to different nitrogen sources: II. Nitrate reductase and glutamine synthetase enzyme activities, and plastid pigment content. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 18, p. 1281-1290, 1995.

SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F. Manejo da irrigação do feijoeiro: uso do tensiômetro e avaliação do desempenho do pivô central. Brasília: Embrapa/SPI, 1994, 46 p. (EMBRAPA-CNPAF. **Circular Técnica**, 27).

SILVA, K. O. D., MORAES, S. O., MIRANDA, J. H., PALMIERI, A. M. Sistema automatizado para aquisição de dados de umidade relativa do ar. **Eng. Agríc**, vol.27, n.3, pp.630-638, 2007.

SILVA-LUZ, C. L.; PIRANI, J. R. *Anacardiaceae* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB4401>>. Acesso em: 08 Ago. 2016

ROSSA, Ü. B. et al. Fertilizante de Liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg.(angico-vermelho) E *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira-vermelha). **Ciência Florestal**, v. 25, n. 4, p. 841-852, 2015.

VALENTINI, L. et al. **Sistema agroflorestal e utilização de defensivos alternativos: a pesquisa participativa na microbacia valão grande II**, Cambuci-RJ. 2014.

TESTEZLAF, R. **Irrigação: métodos, sistemas e aplicações**. Campinas, 2011.203 p.

TAYLOR, H. M., WILLATT, S. T. Shrinkage of soybean roots. **Agronomy Journal**, v.75, p.818-820, 1983.

TOMÉ JR., J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997.

USDA – UNITED STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE. The Census of Agriculture: 2008 **Farm and Ranch Irrigation Survey**. Disponível em: http://www.agcensus.usda.gov/Surveys/Irrigation_Survey/index.asp. Acesso em 20 de junho, 2014.

VALENÇA, D. C. **Irrigação automatizada com déficit controlado em alface em ambiente protegido: produção em vasos e em bandejas** – 2016. 83p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola e Ambiental). Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

WENDLINNG, I., GUASTALA, D., DEDECEK, R. Características físicas e químicas de substratos para produção de mudas de *Ilex paraguariensis* St. Hil. **Revista Árvore**, v.31, n.2, p.209-220, 2007.

WILLER, H., YUSSEFI, M. The world of organic agriculture: statistics and emerging trends. 7. ed. rev. **Bonn: Ifoam**, 2005. p. 26

ANEXOS

Anexo A: Quadro da análise de variância do Diâmetro de colo (D), altura (H), relação altura por diâmetro de colo (H/D), fitomassa seca das raízes (MSR), fitomassa seca parte aérea (MSPA), índice de qualidade de Dickson (IQD), eficiência de uso de água (EUA) e clorofila total (IFC) aos 105 dias após o transplantio.

<i>Schinus terebinthifolius</i> (Aroeira)									
FV	GL	D	H	H/D	MPSA	MPSR	IQD	EUA	IFC
Tratamento	3	8,50*	45,41 ^{n.s}	12,90*	4,97 ^{n.s}	4,02 ^{n.s}	0,57*	58,05*	451,92*
Resíduo	19	0,76	35,16	1,52	3,21	2,29	0,19	12,97	88,69
CV%	-	18,31	19,65	18,62	47,25	70,97	58,83	135,80	18,56

GL = grau de liberdade.

^{n.s} não significativo ao nível de 10% de probabilidade, pelo teste F.

* significativo ao nível de 10% de probabilidade, pelo teste F.