

**DETERMINAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA E DO DESENVOLVIMENTO
DE MUDAS (PRÉ-VIVEIRO) DE MACAÚBA (*Acrocomia aculeata*) EM
AMBIENTE CONTROLADO COM BASE NA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE
REFERÊNCIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Aplicada, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2018

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

Peterle, Gabriel, 1992-
P475d Determinação do consumo de água e do desenvolvimento de mudas (pré-
2018 viveiro) de macaúba (*Acrocomia aculeata*) em ambiente controlado com base
na evapotranspiração de referência / Gabriel Peterle. - Viçosa, MG, 2018.
xi, 27 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Hewlley Maria Acioli Imbuzeiro.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 26-27.

1. Evapotranspiração. 2. Macaúba. 3. Lisimetria. I. Universidade Federal
de Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de Pós-Graduação
em Meteorologia Aplicada. II. Título.

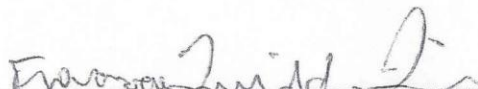
CDD 22. ed. 551.572

GABRIEL PETERLE

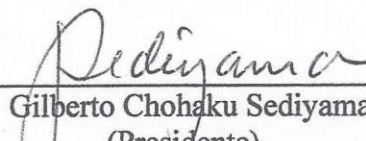
**DETERMINAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA E DO DESENVOLVIMENTO
DE MUDAS (PRÉ-VIVEIRO) DE MACAÚBA (*Acrocomia aculeata*)
EM AMBIENTE CONTROLADO COM BASE NA
EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Aplicada, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 27 de agosto de 2018.


Francisca Zenaide de Lima


Gabrielle Ferreira Pires


Gilberto Chohaku Sedyama
(Presidente)

Dedico à minha família.

*“Por que te manterás indeciso se o Senhor
lhe confiou este ou aquele trabalho justo?
Faze-o retamente, porque se Deus tem
confiança em ti para alguma coisa, deves
confiar em ti mesmo diante Dele.”*

Emmanuel, por Chico Xavier

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e oportunidades concedidas, por iluminar meus caminhos e pelas pessoas com quem tive o prazer de conviver.

Aos meus pais, Itamar e Clarice, por me darem a melhor família que alguém poderia pedir, pelo amor e carinho durante meu crescimento, pelo esforço e luta para criar aos meus irmãos e a mim.

Aos meus irmãos, Guilherme e Rafael pelo companheirismo e amor durante a nossa vida, pelas brigas e reconciliações, pelos acobertamentos das bagunças e pelas delações nada premiadas.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Agrícola pela oportunidade de desenvolver esse trabalho.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos Professores Hewlley Maria Acioli Imbuzeiro, Gilberto Chohaku Sedyama e José Victor Nicácio pela orientação necessária para a realização desse trabalho.

Aos meus amigos Carlos Magno Mulinário Poloni e Jéssica Broseghini Loss que carrego no coração desde os tempos da graduação e levarei durante toda minha vida.

Aos amigos do grupo de pesquisa em micrometeorologia – Bruna Lüdtkke, Cindy Hernández, Heitor Filpi, Rian Ribeiro, Sandro Moreira e Victor Benezolli pela ajuda com o experimento, pelas conversas e pela amizade construída na convivência diária.

Aos colegas de departamento Adolpho Emanuel Quintela da Rocha, José Darlon, Hugo Thaner pela amizade construída nesses dois anos, pelas conversas e ajuda na conclusão do mestrado.

Aos amigos da Acrotech Sementes e Reflorestamento Ltda Cardoso, Tiago, Alex, Lelei, Romeres, Claudirene, Marcelo, Paula e Felipe, que tanto colaboraram e foram solícitos durante a realização deste trabalho.

E a todos que de alguma forma contribuíram com a realização desse trabalho.

BIOGRAFIA

GABRIEL PETERLE, filho de Maria Clarice Gomes Peterle e Itamar Peterle, nasceu em 01 de novembro de 1992 na cidade de Domingos Martins, no estado do Espírito Santo.

Em março de 2010 ingressou no curso de Agronomia no Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia do Espírito Santo (IFES), onde iniciou os trabalhos com pesquisa, ensino e extensão, concluindo a graduação em fevereiro 2015.

Em abril de 2015 participou como bolsista de pesquisa em trabalhos com café arábica no Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural do Espírito Santo.

Em agosto de 2016 iniciou o curso de Mestrado em Meteorologia Aplicada, no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE ABREVIATURAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	4
2.1. Descrição da área experimental	4
2.2. Preparação das sementes	4
2.3. Ensaio Experimentais	6
2.4. Dados meteorológicos	6
2.5. Determinação da evapotranspiração de referência e evapotranspiração da cultura	7
2.6. Determinação do coeficiente da cultura (Kc)	9
2.7. Desenvolvimento, calibração dos minilímetros e aquisição dos dados	9
2.8. Avaliações morfológicas	11
2.9. Índice de Qualidade de Dickson	12
2.10. Análise estatística	13
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
3.1. Elementos do Clima	14
3.2. Coeficiente da Cultura (Kc)	16
3.3. Avaliações Morfológicas	19
3.4. Índice de Qualidade de Dickson (IQD)	22
4. CONCLUSÃO	25
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Lâminas aplicadas, Kc calculado para os tratamentos, ET _c , Kc real e diferença entre a lâmina e a ET _c	16
Tabela 2: Variáveis morfológicas e Índice de Qualidade de Dickson para os tratamentos.	23

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sementes pré-germinadas de macaúba.	5
Figura 2: Sementes pré-germinadas de macaúba sendo plantadas em tubetes biodegradáveis.	5
Figura 3: Estação meteorológica portátil e de transmissão dos dados coletados (Fonte: AMBIENTE WEATHER).	7
Figura 4: Minilísímetro montado. Detalhe do sistema com microcontrolador, matriz de contato e o módulo HX711.	10
Figura 5: Monitoramento meteorológico do interior do ambiente protegido durante o experimento.	14
Figura 6: Comparação entre a radiação solar dentro e fora do ambiente protegido.	15
Figura 7: Comparação entre a evapotranspiração de referência dentro e fora do ambiente protegido.	16
Figura 8: Variação horária da evapotranspiração de mudas de macaúba (ETC) sob ambiente protegido e alterações na radiação solar global (Rg) durante a realização do experimento.	18
Figura 9: Variação horária da evapotranspiração de mudas de macaúba (ETC) sob ambiente protegido e alterações no déficit de pressão de vapor (DPV) durante a realização do experimento.	19
Figura 10: Modelos de regressão ajustados para as variáveis morfológicas AP, CR, DC, MSPA, MST.	20

LISTA DE ABREVIATURAS

AP	Altura da Planta
ANOVA	Análise de Variância
BAGM	Banco Ativo de Germoplasma de Macaúba
CR	Comprimento da Raiz
DBC	Delineamento em Blocos Casualizados
DC	Diâmetro do Coleto
DEA	Departamento de Engenharia Agrícola
DPV	Déficit de Pressão de Vapor
ET _C	Evapotranspiração da Cultura
ET ₀	Evapotranspiração de Referência
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IQD	Índice de Qualidade de Dickson
K _C	Coefficiente da Cultura
MSPA	Matéria Seca da Parte Aérea
MST	Matéria Seca Total
PEDB	Polietileno de Baixa Densidade
PM	Penman-Monteith
REF-ET	<i>Reference Evapotranspiration Calculator</i>
R _g	Radiação Solar Global
RTC	<i>Real Time Clock</i>
SD	<i>Shield Datalogger</i>
UFV	Universidade Federal de Viçosa
USDA	<i>United States Departamento of Agriculture</i>

RESUMO

PETERLE, Gabriel, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2018. **Determinação do consumo de água e do desenvolvimento de mudas (pré-viveiro) de macaúba (*Acrocomia aculeata*) em ambiente controlado com base na evapotranspiração de referência.** Orientadora: Hewlley Maria Acioli Imbuzeiro. Coorientadores: Gilberto Chohaku Sedyama, José Victor Nicácio, e Paulo Jose Hamakawa.

O objetivo desse trabalho foi determinar o consumo de água e o desenvolvimento de mudas de macaúba na fase de pré-viveiro, cultivadas em ambiente protegido. O trabalho foi conduzido no viveiro pertencente a da Acrotech Sementes e Reflorestamento Ltda, localizado no município de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. O experimento foi implantado no delineamento em blocos casualizados, com seis tratamentos baseados na evapotranspiração de referência (80%, 90%, 100%, 110%, 120% e lâmina usualmente aplicada pela empresa) e três repetições, totalizando 18 parcelas experimentais. Do total de parcelas experimentais, 12 estavam sobre minilísímetros, equipamento desenvolvido no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, com a finalidade de medir a variação da massa em bandejas de produção de mudas. Foram avaliadas: altura da planta, comprimento da raiz, diâmetro do coleto, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e massa seca total, além das variáveis morfológicas também foram determinados o coeficiente da cultura (kc) para os tratamentos. O tratamento como o melhor desempenho para altura da planta foi a lâmina de 100% da ET_0 , enquanto para as demais variáveis avaliadas a maior lâmina obteve melhores resultados. A partir das variáveis agrônômicas foi calculado o Índice de Qualidade de Dickson, não sendo constatada diferença estatística entre os tratamentos.

ABSTRACT

PETERLE, Gabriel, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2018. **Determination of water consumption and development of macaúba palm seedlings (*Acrocomia aculeata*) in a controlled environment based on reference evapotranspiration.** Adviser: Hewlley Maria Acioli Imbuzeiro. Co-advisers: Gilberto Chohaku Sedyama, José Victor Nicácio and Paulo Jose Hamakawa.

The aim of this study was to determine the water consumption and the development of macaúba palm seedlings in the pre-nursery stage, grown in a protected environment. The work was carried out in the nursery belonging to Acrotech Sementes e Reflorestamento Ltda, located in the municipality of Viçosa, Minas Gerais, Brazil. The experiment was implemented in a randomized block design, with six treatments based on the reference evapotranspiration (80%, 90%, 100%, 110%, 120% and deep water usually applied by the company) and three replications, totaling 18 experimental plots. From the total of experimental plots, 12 were on minilismeter, equipment developed in the Department of Agricultural Engineering of the Federal University of Viçosa, with the purpose of measuring the variation of the mass in trays of production of seedlings. Plant height, root length, shoot diameter, dry shoot mass, root dry mass and total dry mass were evaluated. In addition to the morphological variables, the crop coefficient (kc) was also determined for the treatments. The treatment as the best performance for plant height was the 100% ET_0 deep water, while for the other variables evaluated the highest blade obtained better results. From the agronomic variables, the Dickson Quality Index was calculated, and no statistical difference between treatments was found.

1. INTRODUÇÃO

A produção mundial de óleo vegetal em 2017 foi de cerca de 190 milhões de toneladas, de acordo com dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2018), aproximadamente 7% maior que a safra anterior. COLOMBO et al. (2017) afirmam que o aumento na produção de óleo vegetal está relacionado com o consumo de alimentos em países emergentes e o incentivo à produção e aplicação em biocombustíveis.

A principal espécie fornecedora de óleo vegetal é a palma de óleo africana (*Elaeis guineenses*), responsável por 38,4% (72 milhões de toneladas) do total produzido no mundo, seguida pela soja (*Glycine max*) que contribui com 28,4% (54 milhões de toneladas). No Brasil, em 2017, foram produzidas cerca de 8,7 milhões de toneladas de óleo vegetal, sendo a soja responsável por 90% da produção nacional (USDA, 2018).

Embora sua grande importância no cenário nacional, o rendimento de óleo da soja é baixo, varia de 200 a 600 kg por hectare por ano, e está diretamente ligado ao nível de tecnologia empregado no cultivo. A palma de óleo africana, por sua vez, apresenta alta produtividade podendo chegar à 6000 kg de óleo por hectare por ano, sendo apontada como uma alternativa para o aumento da produção de óleo no Brasil (PEQUENO, 2010). Contudo, devido sua exigência hídrica seu cultivo se restringe à região norte do Brasil.

A pressão sobre ecossistemas naturais e o impacto social negativo em comunidades locais gerados pelo cultivo de soja e palma de óleo, associados a perda da qualidade da água e do solo e a necessidade de aumento na produção de óleo vegetal estimularam a busca por novas espécies fornecedoras de óleo. Dentre as espécies com potencial de produção de óleo vegetal está a macaúba (*Acrocomia aculeata*), uma palmeira nativa amplamente distribuída pelo território brasileiro (CONCEIÇÃO et al., 2015).

A macaúba ocorre em áreas de pastagem no Cerrado, com as maiores concentrações

dessa espécie localizadas nos estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (AZEVEDO FILHO et al., 2012). Esses mesmos autores estimam que a produtividade em plantios racionais de macaúba pode atingir cerca de 3175 a 4968 kg de óleo por hectare por ano, com rendimento médio (razão entre a massa de óleo e a massa total do fruto) de 21%, ressaltando a possibilidade do aumento na produtividade por meio da adequação de práticas culturais, melhoramento genético e redução no espaçamento.

O óleo extraído da polpa e da amêndoa da macaúba atendem os pré-requisitos das indústrias de biocombustíveis (biodiesel e bioquerosene), farmacêutica, cosmética e alimentícia (LANES et al., 2016). Além do óleo, o processamento do fruto da macaúba gera co-produtos de grande valor agregado; os farelos da polpa (mesocarpo) e a amêndoa (semente), devido ao seu alto valor proteico, futuramente podem ser utilizados para a alimentação humana e animal, e o endocarpo pode ser empregado na fabricação de carvão vegetal (MARTINS, 2011; MOTOIKE et al., 2013).

Entretanto, a exploração desses recursos ocorre em grande parte pelo extrativismo, uma vez que a espécie passa por uma fase de transição para cultivos agrônômicos. Diversos avanços foram alcançados, um exemplo é o aumento da taxa de germinação das sementes obtido por MOTOIKE et al. (2007), que beneficia os primeiros plantios comerciais (PIMENTEL et al., 2016).

Para o sucesso na implantação da cultura a etapa de produção de mudas é fundamental, uma vez que, se realizada de maneira correta garante uniformidade e o aumento da taxa de sobrevivência da muda em campo. Nesta fase, a irrigação é uma prática essencial, pois promove condições ambientais favoráveis ao pleno desenvolvimento das mudas. Se realizada de maneira inadequada a irrigação promove o aumento no custo produtivo e perda na qualidade das mudas, devido à incidência de

doenças, lixiviação de nutrientes do substrato, perda de turgescência e fechamento estomático (OLIVEIRA, 2012).

O sistema de produção de mudas de macaúba atualmente é feito em duas etapas denominadas de pré-viveiro e viveiro, as quais são conduzidas, na sequência, em ambiente protegido e a céu aberto (PIMENTAL et al., 2016). A irrigação das mudas dentro do ambiente protegido ocorre duas vezes ao dia, durante todo o período de produção e com a aplicação de uma lâmina única de irrigação independente do estágio fenológico da muda e as condições ambientais. O gargalo para o manejo ótimo da irrigação nos viveiros de macaúba é a quantidade limitada de conhecimento sobre aspectos relevante do consumo de água das mudas, como o coeficiente da cultura (K_c).

O K_c é um fator de ajuste adimensional e empírico utilizado na irrigação para converter a Evapotranspiração de Referência (ET_0) em Evapotranspiração da Cultura (ET_c), isto é, expressa as características morfológicas, fisiológicas e fenológicas da cultura (PEREIRA et al., 2013). Sendo um coeficiente importante para o manejo adequado da irrigação na fase de pré-viveiro.

Portanto, o presente trabalho visou a determinação do consumo de água e do desenvolvimento de mudas de macaúba em ambiente controlado (pré-viveiro), através da estimativa da evapotranspiração de referência (ET_0) e a mensuração da evapotranspiração da cultura (ET_c), por meio de minilísimetros.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição da área experimental

O trabalho foi conduzido de Janeiro à Abril de 2018, em ambiente protegido, localizado na empresa Acrotech Sementes e Reflorestamento Ltda, localizada na Zona Rural do município de Viçosa, estado de Minas Gerais, na latitude 20° 46' 01"S, longitude 42° 50' 29"W e altitude 689 m.

As mudas em estágio inicial, da germinação até 3 meses, foram semeadas em ambiente protegido, com dimensões de 25 metros de comprimento, cinco metros de largura e pé direito de quatro metros. O ambiente era composto de uma estrutura de sustentação, com cobertura de filme plástico de polietileno de baixa densidade (PEDB), com espessura de 150 µm e a superfície do piso de terra batida. O controle de temperatura interna do ar no ambiente foi realizado pela abertura e fechamento de portas móveis.

2.2. Preparação das sementes

As sementes utilizadas foram provenientes do Banco Ativo de Germoplasma de Macaúba (BAGM) localizado em Araponga-MG, onde são mantidos fenótipos de macaúba provenientes de diversas regiões do Brasil. Os frutos colhidos no BAGM foram enviados para Acrotech Sementes e Reflorestamento Ltda, onde passaram pelo processamento pós-colheita, sendo secos a sombra e à temperatura ambiente até o ponto ideal para a quebra do endocarpo, realizada com menor risco de danos as sementes.

Posteriormente, as sementes foram separadas de acordo com a presença ou não de danos físicos provocados pela quebra do endocarpo, em seguida passaram pelo processo de pré-germinação descrito na patente verde **PI 0703180-7 A2**, desenvolvida na

Universidade Federal De Viçosa (2009). Na Figura 1, a seguir, apresenta uma semente de macaúba pré-germinada no ponto ideal para o semeio.



Figura 1: Sementes pré-germinadas de macaúba.

As sementes pré-germinadas passaram por uma nova seleção, sendo retiradas do lote aquelas com má formação no pecíolo cotiledonar ou raiz e contaminadas por fungos. Posteriormente, foram semeadas manualmente em tubetes biodegradáveis (Figura 2), tendo-se o cuidado de não danificar a estrutura germinada, e levadas para o ambiente protegido para a aplicação dos tratamentos.



Figura 2: Sementes pré-germinadas de macaúba sendo plantadas em tubetes biodegradáveis.

2.3. Ensaio Experimentais

O experimento foi instalado no Delineamento em Blocos Casualizados (DBC) com seis tratamentos e três repetições, totalizando 18 parcelas. Cada parcela experimental era composta por uma caixa de polipropileno com 96 tubetes biodegradáveis, onde foram plantadas as sementes pré-germinadas de macaúba. Do total de parcelas, 12 estavam sobre os minilísímetros, com a finalidade de quantificar Evapotranspiração da Cultura (ET_C) por meio massa de água perdida.

Os tratamentos consistiram em lâminas de irrigação baseadas na Evapotranspiração de Referência (ET_0), sendo elas: 80%, 90%, 100%, 110% e 120% da ET_0 e a lâmina d'água fixa de quatro milímetros usualmente aplicada pela empresa, denominada Testemunha. Antes do início do experimento, as parcelas experimentais foram irrigadas em abundância para umedecer o substrato em todo o perfil do tubete biodegradável. As aplicações das lâminas de irrigação foram realizadas manualmente e ocorreu diariamente durante o período de permanência das mudas no ambiente protegido, com metade da lâmina sendo aplicada no período da manhã (oito horas) e metade à tarde (16 horas).

2.4. Dados meteorológicos

Para a caracterização do microclima no interior do ambiente protegido foram coletados dados de temperaturas máxima e mínima do ar, temperatura de ponto de orvalho, umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar. Estes dados foram obtidos por uma estação meteorológica portátil modelo WS-1400-IP OBSERVER (Figura 3) (AMBIENTE WEATHER, 2018). Enquanto que os dados meteorológicos

externo ao ambiente protegido foram obtidos pela estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no Campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), na latitude 20° 45' 06"S, longitude 42° 51' 06"W e altitude 698 m. Todos os dados, dentro e fora do ambiente protegido, foram obtidos numa escala temporal horária.



Figura 3: Estação meteorológica portátil e de transmissão dos dados coletados (Fonte: AMBIENTE WEATHER, adaptada pelo autor).

2.5. Determinação da evapotranspiração de referência e evapotranspiração da cultura

A estimativa da ET_0 foi realizada diariamente por meio do método de Penman-Monteith (PM), padronizado pela FAO (ALLEN et al., 1998) conforme apresentado na Equação 1. Como auxílio para o cálculo da ET_0 foi utilizado o aplicativo computacional *Reference Evapotranspiration Calculator* (REF-ET), desenvolvido pelo Centro de Pesquisa e Extensão de Kimberly, associado à Universidade de Idaho (ALLEN, 2016).

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \frac{900}{T_{med} + 273} U_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que:

ET_0 = Evapotranspiração de referência (mm d^{-1});

Rn = Saldo de radiação ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$);

G = Fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$);

T_{med} = Temperatura do ar média diária ($^{\circ}\text{C}$);

U_2 = Velocidade do vento à dois metros de altura (m s^{-1});

e_s = Pressão de saturação de vapor (kPa);

e_a = Pressão parcial de vapor (kPa);

Δ = Declividade da curva de pressão de saturação de vapor ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$); e

γ = Coeficiente psicrométrico ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

A lisímetria é considerada o método padrão para a determinação da evapotranspiração de uma cultura. Esta técnica consiste na construção de uma estrutura especial, denominada lisímetro, onde um volume de solo/substrato vegetado é isolado, a fim de controlar todas as entradas e saídas de água do sistema (CRUZ, 2005). Para a determinação da Evapotranspiração da Cultura (ET_C) das mudas de macaúba foi utilizado um minilísímetro (vide seção 2.7) desenvolvido no Departamento de Engenharia Agrícola (DEA-UFV). Este equipamento aferia constantemente a massa das mudas e do substrato entre dois eventos de irrigação e registrava o valor lido em um armazenador de dados (*datalogger*) a cada minuto.

2.6. Determinação do coeficiente da cultura (Kc)

O coeficiente da cultura (Kc) foi determinado através da razão entre a lâmina de água aplicada em cada tratamento em função da ET₀, conforme mostrado na Equação 2. Também foi determinada a Evapotranspiração da Cultura (ET_C) acumulada através das leituras feita pelos minilísímetros e o Kc real, obtido pela razão da ET_C sobre a ET₀.

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_0} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

Kc = Coeficiente da cultura (adimensional);

ET_c = Evapotranspiração da cultura (mm d⁻¹); e

ET₀ = Evapotranspiração de referência (mm d⁻¹).

2.7. Desenvolvimento, calibração dos minilísímetros e aquisição dos dados

Os minilísímetros foram desenvolvidos a partir de sensores de carga modelo GL-20 (capacidade nominal de 20 Kg), associadas a microcontroladores, conectados através de uma matriz de contato. Para armazenar os valores medidos foi utilizado um *shield datalogger* (SD), placas que condensam diversos módulos para a conexão com o microcontrolador uma vez que, de acordo com o tamanho do projeto a utilização de alguns componentes poderia necessitar a utilização de muitos jumpers (pontos) ou de soldagem especializada, tornando-se de difícil utilização.

Os sensores de carga foram montados entre duas chapas de compensado com dimensões 70×50 cm e 60×40 cm, ambas com dois centímetros de espessura. A primeira

chapa serviu como base do minilísímetro e a segunda como balança onde foram colocadas as caixas de polipropileno contendo as mudas de macaúba. A fixação dos sensores de carga entre as chapas de compensado foi feita por meio de parafusos no centro das chapas de compensado, conforme observado na Figura 4.

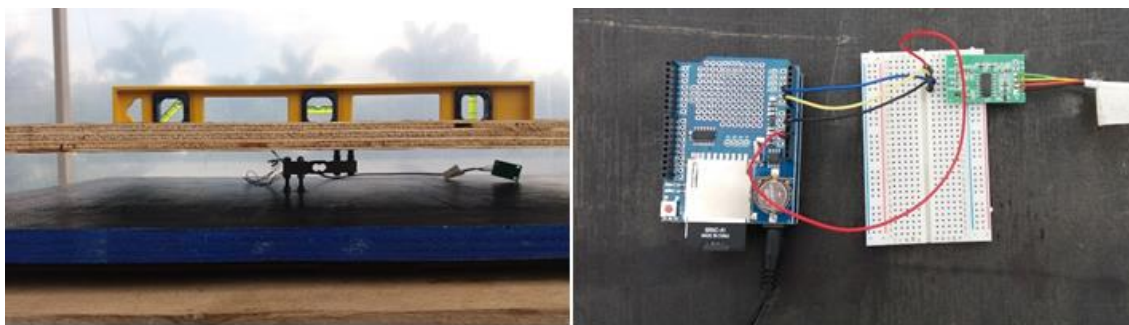


Figura 4: Minilísímetro montado. Detalhe do sistema com microcontrolador, matriz de contato e o módulo HX711.

O sinal lido na célula de carga é extremamente pequeno sendo necessário a utilização de um módulo conversor analógico/digital e amplificador operacional HX711.

O processo de calibração foi realizado pesando sacos plásticos com massa conhecida, colocados sobre as balanças e realizando a leitura da resistência elétrica obtida através do microcontrolador. O valor de resistência medido foi dividido pela massa colocada sobre a balança, gerando um fator para a calibração da célula de carga, que por sua vez foi inserido no programa que controla o funcionamento do equipamento.

Após obtidos os fatores de calibração foi realizado um teste para confirmar a pesagem correta, onde as massas-padrão variando de 1 kg a 20 kg foram colocadas sobre os minilísímetros para a leitura da massa medida. Após calibrados, os minilísímetros ficaram ligados durante cinco dias seguidos com carga (massa-padrão de 10 kg) sobre eles, a fim de expor o sensor de carga a diferentes temperaturas e verificar se haviam alterações nas leituras da resistência elétrica.

A aquisição dos dados da pesagem gerados pelo microcontrolador foi feita através do SD, composto por um módulo *Real Time Clock* (RTC), um módulo de leitura para CM e pinos para conexão nas portas analógicas e digitais do microcontrolador. Os valores de resistência elétrica medidos pelo sensor de carga eram transmitidos para o microcontrolador programável que os convertia para massa, em seguida, criava um arquivo de texto dentro de um cartão de memória e registrava o valor medido juntamente com a data e o horário, obtidos do módulo RTC.

2.8. Avaliações morfológicas

A avaliação da resposta das mudas sob os diferentes tratamentos foi realizada utilizando 15 mudas de cada parcela experimental para a mensuração da altura da plantas (AP), comprimento da raiz (CR), diâmetro do coleto (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do bulbo (MSB), massa seca da raiz (MSR), massa seca da raiz e bulbo (MSRB) e massa seca total (MST). A taxa de emergência das sementes e a taxa de mortalidade das mudas foram quantificadas ano fim do experimento.

A mensuração da AP foi realizada com uma régua milimetrada posicionada na região de interface do coleto da muda com o solo até o ápice da folha mais alta. O CR, por sua vez foi medido a partir da inserção do coleto no substrato até a ponta da maior raiz. O DC foi medido com o auxílio de um paquímetro.

A taxa de emergência das sementes pré-germinadas foi realizada um mês depois da semeadura, devido a desuniformidade observada durante esse período, seu valor foi determinado através da contagem das sementes que emergiram em razão do número total de sementes da parcela experimental. A taxa de mortalidade foi determinada ao final do ciclo, sendo a razão entre o número de mudas mortas sobre o número total de mudas da parcela experimental.

Para a determinação da MSPA, MSB, MSR e MSRB as mudas de cada parcela experimental foram levadas para uma estufa de circulação forçada de ar com temperatura de 65°C para a perda total da água do tecido, onde permaneceram por 72 horas ou até atingir massa constante (KLUGE, 2016). A massa seca total foi obtida pela soma da massa seca da parte aérea e massa seca do sistema radicular.

2.9. Índice de Qualidade de Dickson

O Índice de Qualidade de Dickson, apresentado na Equação 3, é um parâmetro capaz de indicar a qualidade da muda através da combinação de variáveis morfológicas e pode ser traduzindo como a robustez e o equilíbrio na distribuição da biomassa das mudas, sendo que quanto maior seu valor, melhor a qualidade das mudas (OLIVEIRA, 2012).

$$IQD = \frac{MST}{\frac{AP}{DC} + \frac{MSPA}{MSR}} \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que:

IQD = Índice de Qualidade de Dickson (adimensional);

MST = Massa seca total (g);

AP = Altura da parte aérea (cm);

D C= Diâmetro do colo (mm);

MSPA = Massa seca da parte aérea (g); e

MSR = Massa seca do sistema radicular (g).

2.10. Análise estatística

Foi realizado os testes de Shapiro-Wilk e Kolmogorov-Smirnov para a avaliação da normalidade dos dados de AP, CR, DC, MSPA, MSB, MSR e MSRB, em seguida foi realizado a Análise de Variância (ANOVA) e, em caso de significância, foram feitos ajuste de equações de regressão. Os dados dos minilímetros foram tratados para apresentarem a variação horária na massa dos tratamentos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Elementos do Clima

O comportamento dos elementos climáticos, durante o período em que o experimento foi realizado é apresentado a seguir, tanto para o interior quanto para o exterior do ambiente protegido.

As médias das temperaturas máxima e mínima do ar no ambiente protegido foram de $44,0^{\circ}\text{C} \pm 4,2^{\circ}\text{C}$ e $15,0^{\circ}\text{C} \pm 1,4^{\circ}\text{C}$, respectivamente, enquanto que a média da umidade relativa do ar foi $84,3\% \pm 6,8\%$, com o maior valor observado de 93% e o menor 59% durante o experimento (Figura 5).

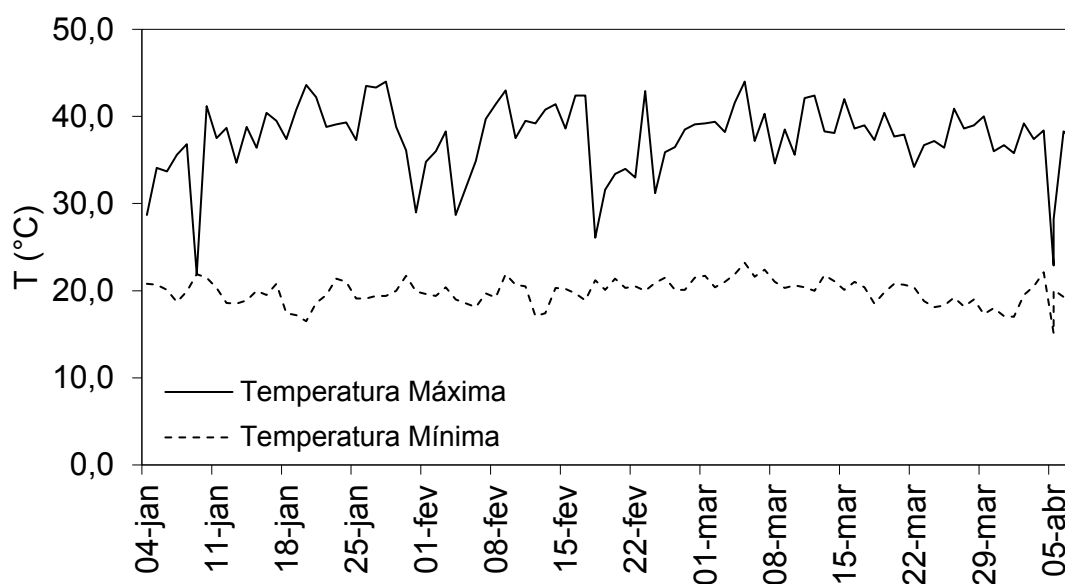


Figura 5: Monitoramento meteorológico do interior do ambiente protegido durante o experimento.

A radiação solar medida no interior e no exterior do ambiente protegido são apresentadas na Figura 6. No geral, a radiação solar medida no interior do ambiente protegido apresenta valores menores do que no exterior, devido a atenuação promovida pelo filme plástico que reveste a estrutura da instalação. Em alguns dias a radiação solar no interior do ambiente protegido chegou próxima ou superou a radiação externa. Este

comportamento pode estar relacionado a variação espacial da radiação solar, devido ao sombreamento do piranômetro pela nebulosidade presente na estação do INMET/UFV.

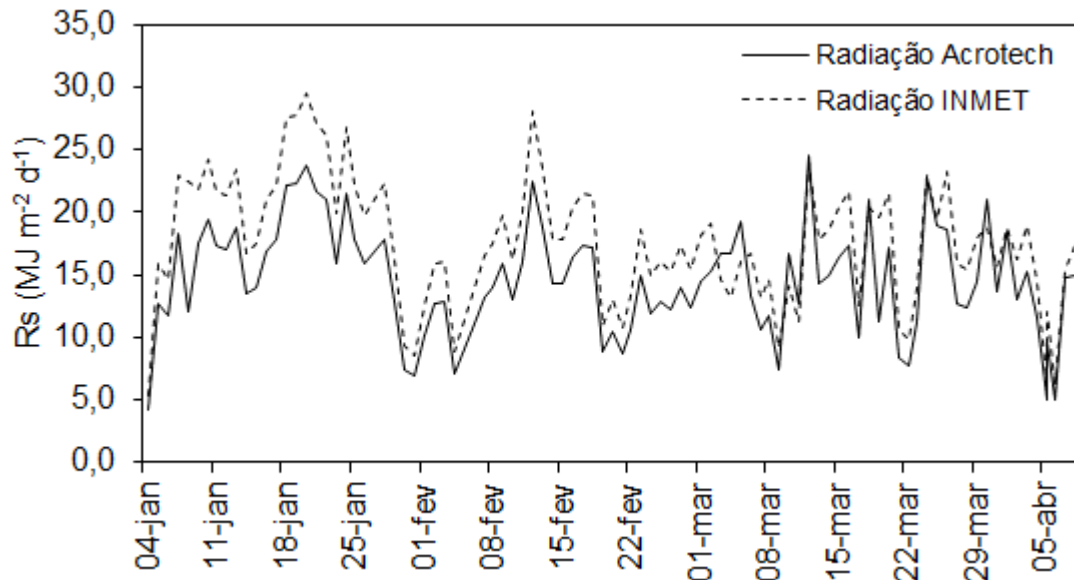


Figura 6: Comparação entre a radiação solar dentro e fora do ambiente protegido.

A estação meteorológica instalada no interior do ambiente protegido dispunha de um anemômetro, entretanto, por se tratar de um ambiente fechado os valores de velocidade do vento ficaram muito próximos de zero ou não eram registrados devido a precisão do sensor. Portanto esses não são apresentados graficamente.

A Figura 7 apresenta a comparação entre os valores de evapotranspiração de referência para o interior e para o exterior do ambiente protegido. A ET_0 no ambiente externo foi ligeiramente superior ao ambiente protegido. Esta diferença da ET_0 entre os ambientes interno e externo aumentou nos dias com maior disponibilidade de radiação solar. A amplitude dos valores de ET_0 , fora do ambiente protegido, variaram de 6,19 mm em meados de março à 1,09 mm no início de abril, enquanto que no interior do ambiente variaram de 5,07 mm no mês de março e 1,00 mm no início de abril.

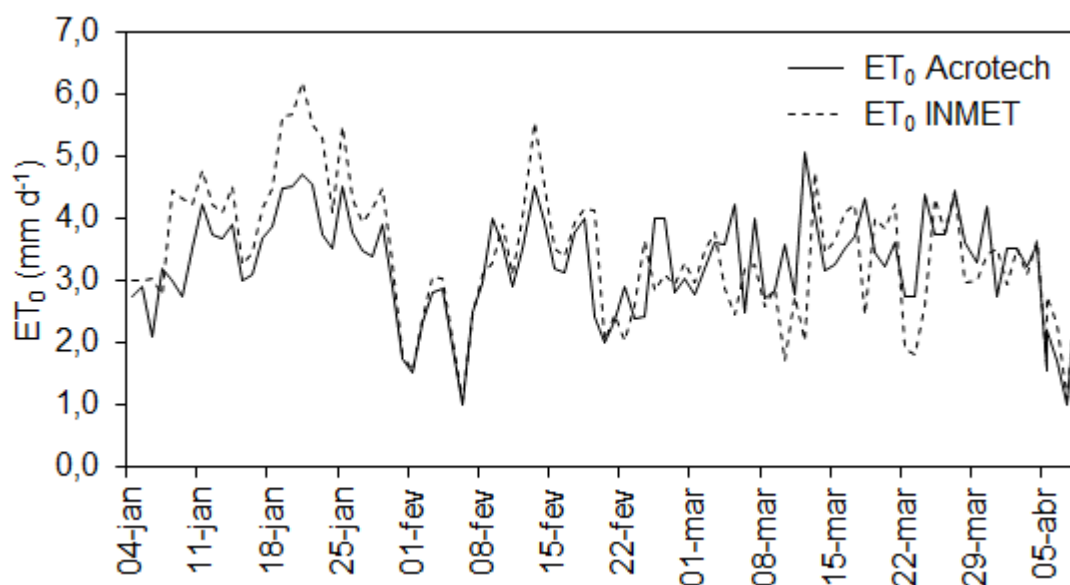


Figura 7: Comparação entre a evapotranspiração de referência dentro e fora do ambiente protegido.

3.2. Coeficiente da Cultura (Kc)

Os tratamentos correspondendo as lâminas totais de água aplicadas de 269 mm (80% da ET_0), 297 mm (90% da ET_0), 326 mm (100% da ET_0), 354 mm (110% da ET_0), 383 mm (117% da ET_0) e 391 mm (120% da ET_0), os valores de Kc (calculado pela razão entre a lâmina aplicada e a ET_0) encontrados em cada tratamento, a ET_C mensuradas pelos minilísímetros e o Kc real (razão entre a ET_C mensurada e a ET_0), bem como a diferença entre a lâmina de irrigação aplicada e a ET_C são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Lâminas aplicadas, Kc calculado para os tratamentos, ET_C , Kc real e diferença entre a lâmina e a ET_C .

Tratamentos	Lâmina acumulada (mm)	Kc	ET_C (mm)	Kc real	Lâmina – ET_C mm
80% da ET_0	269	0,80	269	0,83	0
90% da ET_0	297	0,90	296	0,91	1
100% da ET_0	326	1,00	323	0,99	3
110% da ET_0	354	1,10	348	1,07	6
EMPRESA	383	1,17	378	1,16	5
120% da ET_0	391	1,20	373	1,14	18

Na maioria dos tratamentos a lâmina aplicada proporcionou a ausência de déficit hídrico ao longo do desenvolvimento das mudas, ou seja, a lâmina aplicada foi maior do que a lâmina evapotranspirada pelas mudas de macaúba. A exceção foi o tratamento com a menor lâmina, 269 mm, onde toda água aplicada foi evapotranspirada no período de um dia, onde se observou um cenário de déficit hídrico.

Com o aumento na lâmina aplicada o déficit é reduzido até condições ótimas de desenvolvimento da muda, onde parte da água aplicada permanece armazenada no substrato.

A lâmina de 391 mm reduziu em 18 mm o volume de água evapotranspirada durante o ciclo da cultura (Tabela 1). O incremento da lâmina de água aplicada tem pontos positivos e negativos. Positivamente, o incremento da lâmina garante que a muda não teve o seu crescimento e desenvolvimento penalizados pelo déficit hídrico, o que pode reduzir o tempo de produção e a taxa de mortalidade da muda, otimizando os custos de produção para o viveirista pela economia de energia elétrica, insumos, mão de obra e espaço físico. Porém, se não bem manejado, este incremento pode influenciar negativamente a viabilidade da produção das mudas devido ao aumento do consumo de água e a manutenção de um microclima favorável ao aparecimento de doenças, o que incrementa os dispêndios com a água e o controle de pragas e doenças. Além disso, o excesso de água aplicada na fase de pré-viveiro pode lixiviar nutrientes presentes no substrato e, associado a baixa aeração, atrasaria o desenvolvimento das mudas.

De maneira semelhante, a aplicação de lâminas menores, que não suprem a necessidade da cultura promove a redução na emergência das mudas. Mudanças que se desenvolvem sob déficit tornam-se compactas, uma vez que a falta de água reduz a taxa de divisão celular e o crescimento celular.

Os comportamentos horários das 6 às 20 horas da evapotranspiração e da radiação solar global (Rg), são representados na Figura 8. Os valores mais altos da evapotranspiração variaram entre 0,50 a 0,71 mm dia⁻¹ e ocorreram em torno das 12 horas.

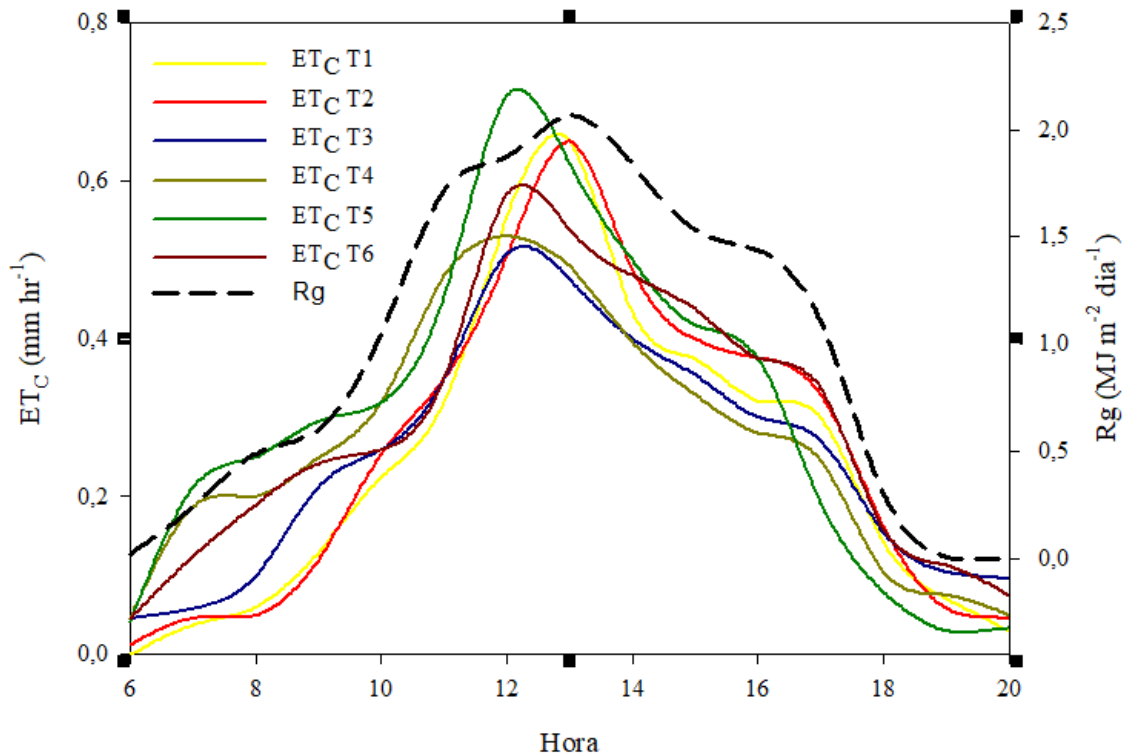


Figura 8: Variação horária da evapotranspiração de mudas de macaúba (ETC) sob ambiente protegido e alterações na radiação solar global (Rg) durante a realização do experimento.

A variação horária da evapotranspiração nos tratamentos e do déficit de pressão de vapor (DPV) nos horários de 6 as 20 horas são representados na Figura 9. Deve-se notar que o maior valor de DPV é observado em torno das 14 horas, devido a sua relação direta com a temperatura do ar, que apresenta valores maiores no período de 14 a 15 horas.

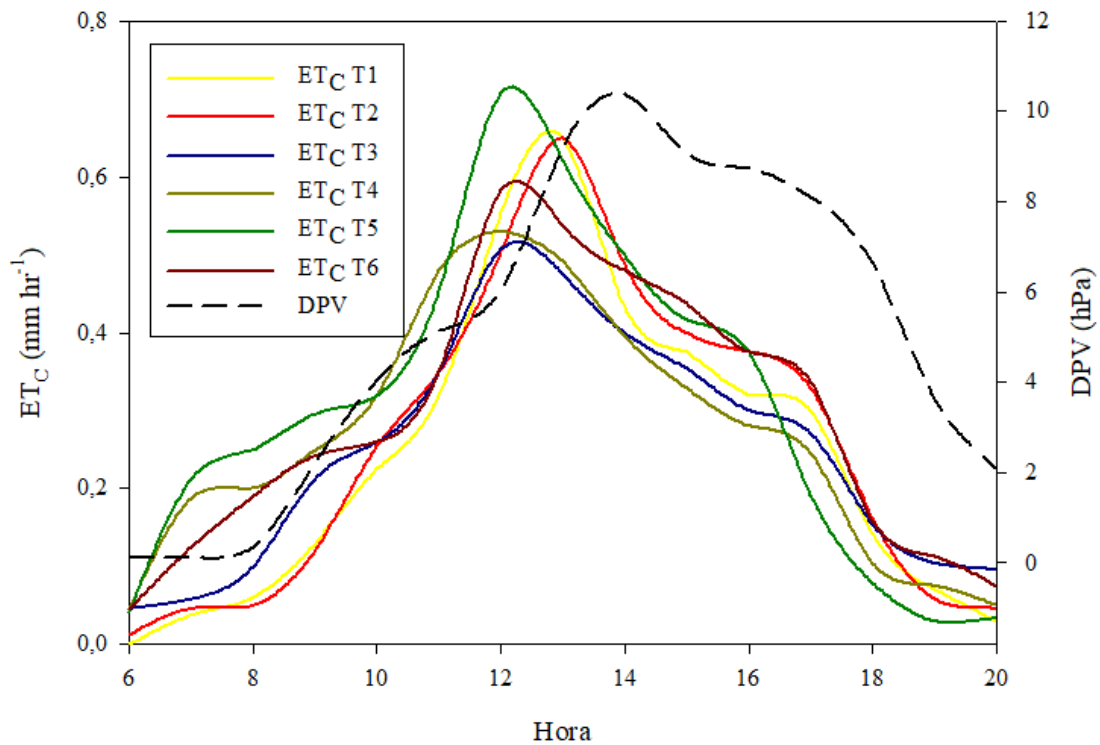


Figura 9: Variação horária da evapotranspiração de mudas de macaúba (ETC) sob ambiente protegido e alterações no déficit de pressão de vapor (DPV) durante a realização do experimento.

3.3. Avaliações Morfológicas

Das variáveis morfológicas avaliadas, as que apresentaram diferenças entre os tratamentos foram a Altura da Planta (AP), Comprimento da Raiz (CR), Diâmetro do Coleto (DC), Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA) e Matéria Seca Total (MST).

Essas variáveis foram avaliadas por meio de análise de regressão. Na Figura 10, a seguir, são apresentadas as regressões ajustadas em função das lâminas de irrigação aplicada nas mudas de macaúba no decorrer do experimento.

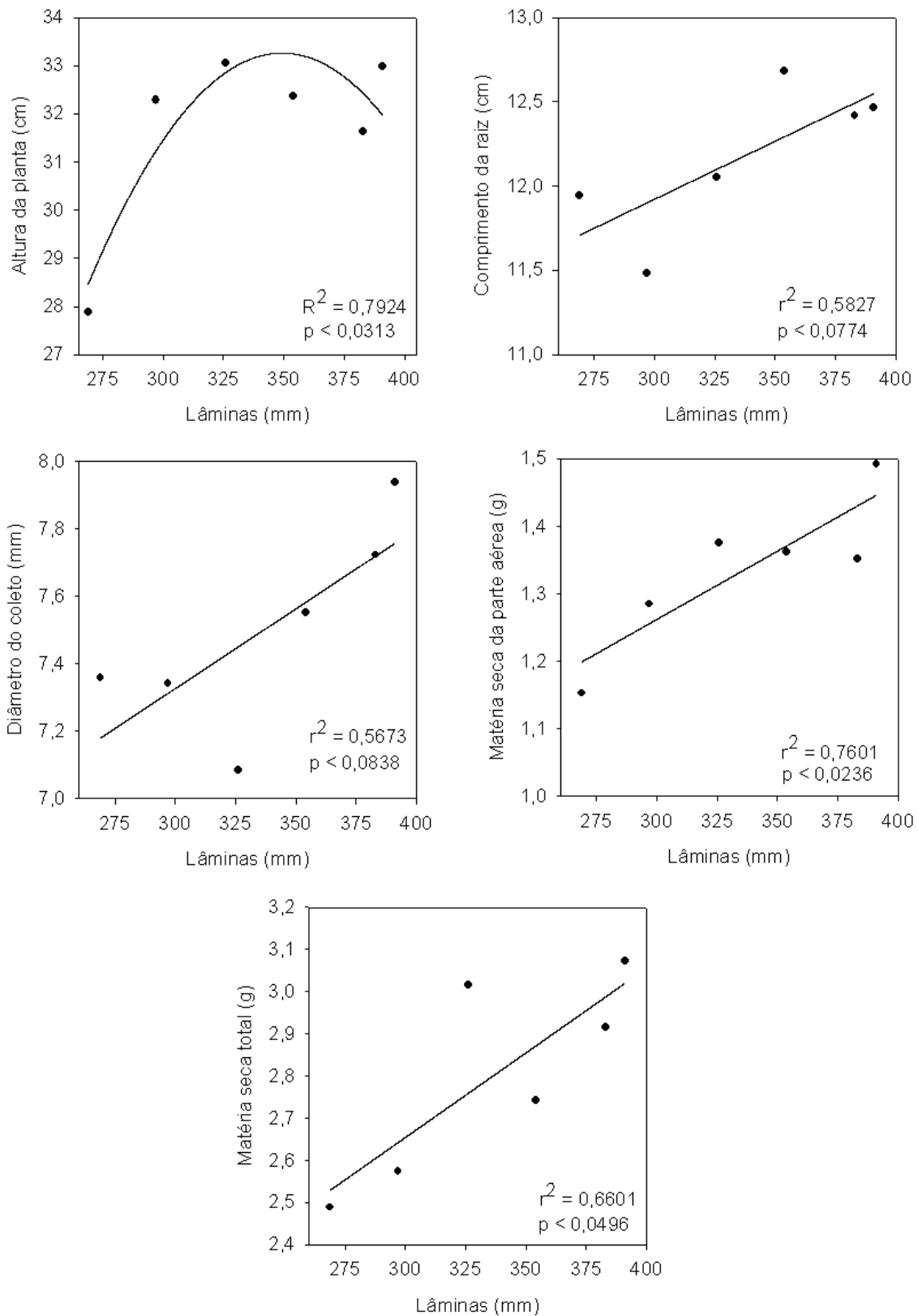


Figura 10: Modelos de regressão ajustados para as variáveis morfológicas AP, CR, DC, MSPA, MST.

O aumento da lâmina de irrigação promoveu um incremento na AP até um limite, a partir do qual ocorre a inversão na tendência de crescimento. A regressão quadrática apresentou significância ($p < 0,00303$) para esse parâmetro morfológico, com coeficiente de determinação de 79,24% e coeficiente de variação de 6,13%. A maior média de AP obtida foi de 33,1 cm na lâmina de 326 mm (100% da ET_0), entretanto a lâmina de irrigação a partir da qual a planta deixaria de responder positivamente ao acréscimo de água não foi atingida com os tratamentos propostos.

O modelo de regressão que melhor se ajustou ao comportamento dos dados para o CR das mudas de macaúba em função das lâminas de irrigação aplicadas foi o linear, que se mostrou significativo ($p < 0,0774$) com coeficiente de determinação de 58,27% e coeficiente de variação de 3,58%. Foi observado que o comprimento do sistema radicular foi menor nas lâminas iniciais provavelmente devido ao perfil de molhamento do substrato, isto é, o menor volume de água não foi suficiente para umedecer o substrato completamente, conseqüentemente o crescimento das raízes ficou confinado na parte superior do tubete.

Para o DC das mudas de macaúba o melhor ajuste de regressão foi a linear que apresentou significância ($p < 0,0838$), com coeficiente de determinação de 56,73% e coeficiente de variação de 4,05%. A maior média do DC foi obtido com a lâmina de 391mm com 7,94 mm.

HERNÁNDEZ *et al.* (2018), trabalhando com diferentes frequências de irrigação para mudas de macaúba, na fase de pré-viveiro, observaram uma redução de até 30% em relação ao controle para AP e 32% no DC nos tratamentos onde as mudas recebiam a lâmina recomendada apenas uma vez no dia. Esses autores afirmam que sob estresse hídrico há um aumento na concentração de ácido abscísico promovendo o fechamento estomático e redução do acúmulo de matéria seca na parte aérea das mudas.

Para o MSPA das mudas de macaúba o melhor ajuste de regressão foi a linear que apresentou significância ($p < 0,0236$) com coeficiente de determinação de 76,01% e coeficiente de variação de 8,40%.

Para o MST das mudas de macaúba o melhor ajuste de regressão foi a linear que apresentou significância ($p < 0,0496$) com coeficiente de determinação de 66,01% e coeficiente de variação de 8,52%.

Durante o crescimento da muda o déficit hídrico reduz a taxa de divisão e crescimento celular, há redução na estrutura e função das raízes podendo alterar a morfologia das mesmas, além de influenciar a síntese de sinais químicos que alteram o comportamento do estômato, iniciação foliar, trocas gasosas e na partição dos fotoassimilados (MINAMI, 2010). O excesso de água também é prejudicial à produção de mudas por reduzir o arejamento do solo ou substrato, diminuir a solubilidade do oxigênio, favorecer o aparecimento de doenças e lixiviar nutrientes.

É importante ressaltar que o presente trabalho foi realizado com diversos acessos de macaúbas presentes no BAGM da UFV e que, devido a rotina seguida pela empresa, não foi possível separar esses materiais e isolar a variação genética do experimento.

3.4. Índice de Qualidade de Dickson (IQD)

Os valores médios para as variáveis morfológicas e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) para as mudas de macaúba são apresentados na tabela 2. O IQD é uma medida morfológica integrada apontada como um bom indicador da qualidade de mudas, pois considera no seu cálculo a robustez e o equilíbrio na distribuição da biomassa da planta (FONSECA et al. 2002; OLIVEIRA 2012). Contudo, não existe uma tabela para comparação entre os valores obtidos de IQD com um valor padrão para as espécies

florestais, sendo considerado que quanto maior o valor desse parâmetro, maior o vigor da planta.

FONSECA et al. (2002) recomendam a utilização o IDQ devido a ponderação de diversos parâmetros na avaliação da qualidade da muda e alerta para que os parâmetros morfológicos não sejam utilizados de forma isolada para evitar a seleção de mudas altas e fracas ao invés de mudas menores, porém com mais vigor.

Tabela 2: Variáveis morfológicas e Índice de Qualidade de Dickson para os tratamentos.

TRATAMENTOS	269	297	326	354	383	391
ALTURA	27,88	32,28	33,05	32,37	31,62	32,98
COLETO	7,36	7,34	7,09	7,55	7,72	7,94
MSPA	1,15	1,28	1,38	1,36	1,35	1,49
MSR	1,34	1,29	1,29	1,38	1,57	1,58
MST	2,49	2,57	3,02	2,74	2,92	3,07
IQD	0,53	0,48	0,55	0,51	0,56	0,60

Foi realiza a análise de variância para as médias de IQD dos tratamentos propostos nesse trabalho e não foi verificada diferenças significativas entre ela. A maior média numérica para o IQD foi observada com a lâmina de 391 mm com um valor de 0,6 e o menor valor, de 0,48, foi observado na lâmina de 297 mm.

A provável explicação para esse resultado é que a diferença entre a massa de matéria seca da raiz dos tratamentos também não foi significativa neste estudo. BINOTTO (2007) afirma que, independente da espécie avaliada, a matéria seca da raiz é o parâmetro morfológico que apresenta o maior efeito direto na estimativa do IQD. Conseqüentemente, esse parâmetro é o mais indicado para a avaliação da qualidade das mudas, contudo há a necessidade da destruição da mesma.

COSTA *et al.* (2014) trabalhando com mudas de macaúba em diferentes substratos e ambientes protegidos, observaram que o uso de vermiculita e esterco favoreceram o

crescimento radicular das mudas, afetando positivamente o IQD. Estes autores afirmam ainda que quanto maior essa relação, melhor a qualidade e o vigor das mudas. É importante ressaltar que o comprimento da raiz não é um parâmetro utilizado no cálculo do IQD, mas é um indicativo da matéria seca acumulada no órgão da planta.

4. CONCLUSÃO

Exceto no tratamento equivalente a 80% da ET_0 , a demanda hídrica das mudas de macaúba foi suprida.

Durante o ciclo da cultura foi observado que o K_c real para os diferentes tratamentos ficou entre 0,83 para a menor lâmina e 1,16 na lâmina usualmente aplicada pela empresa.

O tratamento que apresentou o melhor resultado para a Altura da Planta foi a lâmina de 326 mm.

O Comprimento da Raiz, Diâmetro do Coleto, Matéria Seca da Parte Aérea e Matéria Seca Total, obtiveram resposta linear à aplicação das lâminas de irrigação, sendo a maior lâmina responsável pela melhor resposta.

O Índice de Qualidade de Dickson não apresentou diferença significativa entre as médias dos tratamentos avaliados.

A utilização dos minilísimetros para a determinação da ET_C é recomendada devido a precisão e sensibilidade das células de carga, além da facilidade de aquisição dos dados e manuseio. Entretanto, vale ressaltar que há a necessidade de aprimoramento do equipamento, principalmente no que diz respeito à estrutura.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G. **Programa REF-ET** - Reference evapotranspiration calculator. Research and Extension Center Kymberly, University of Idaho. Idaho, 2016.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Corp evapotranspiration. Rome: FAO, 1998. 297p (FAO **Irrigation and Drainage Paper, 56**).

AZEVEDO FILHO, J. A.; COLOMBO, C. A.; BERTON, L. H. C. Macaúba: palmeira nativa como opção bioenergética. **Pesquisa & Tecnologia**, vol. 9, n. 2, Jul-Dez 2012.

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.** 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria.

CARVALHO, K. J.; SOUZA, A.L.; MACHADO, C. C. **Ecologia, manejo, silvicultura e tecnologia da macaúba.** Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2011. Disponível em: < http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/d_b_b_15592.pdf>. Acesso em: 19 de maio de 2016.

COLOMBO, C. A.; BERTON, L. H. C.; DIAZ, B. G.; FERRARI, R. A. Macauba: a promising tropical palm for the production of vegetable oil. **Oilseeds & fats Crops and Lipids**, v.25, n.1, p.9, 2018.

CONCEIÇÃO, Léo Duc Haa Carson Schwartzhaupt et al. Genetic diversity of macauba from natural populations of Brazil. **BMC research notes**, v. 8, n. 1, p. 406, 2015.

COSTA, E. *et al.* Seedlings of *Acrocomia aculeata* in different substrates and protected environments. **Engenharia Agrícola**, n. 19, p. 395–404, 2014.

FONSECA, É. DE P. *et al.* Padrão de qualidade de mudas de *trema micrantha* (L.) blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v.26, n.4, p.515-523, 2002.

HERNÁNDEZ, C. P. *et al.* Morphological, Physiological and Nutritional Effects of Irrigation Frequency on Macaúba Palm Seedlings. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 4, p. 24, 2018.

KLUGE, F. T. R. **Efeito da inoculação com *Zospirillum brasilense* associado à regulador es vegetais em milho, utilizando diferentes doses de nitrogênio.** 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Centro-Oeste.

LANES, Éder et al. Mating system and genetic composition of the macaw palm (*Acrocomia aculeata*): Implications for breeding and genetic conservation programs. **Journal of Heredity**, v. 107, n. 6, p. 527-536, 2016.

LORENZI, G. M. A. C. **Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd. ex Mart.-Arecaceae: bases para o extrativismo sustentável**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná.

MARTINS, R. F. **Diferentes ambientes protegidos e substratos para a formação de mudas bocaiúva, a partir de sementes pré-germinadas**. 2011. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2011.

MINAMI, K. Produção de mudas de hortaliças de alta qualidade. **Editora Degaspari**. [S.l: s.n.], 2010. v. 18. p. 162–163.

MOTOIKE, Sergio Yoshimitsu et al. **A cultura da macaúba: implantação e manejo de cultivos racionais**. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2013.

MOTOIKE, Sergio Yoshimitsu et al. Somatic embryogenesis of *Myrciaria aureana* (Brazilian grape tree). **Plant cell, tissue and organ culture**, v. 89, n. 1, p. 75-81, 2007.

OLIVEIRA, A. S. **Otimização do uso de água na produção de mudas clonais de eucalyptus**. 2012. 84f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PEREIRA, Antonio Roberto; SEDIYAMA, Gilberto Chohaku; VILA NOVA, Nilson Augusto. **Evapotranspiração**. Campinas, SP:FUNDAG, 2013. 323p.

PEQUENO, M. A. G. **Avaliação do potencial produtivo de óleos obtidos a partir de microalgas por cromatografia gasosa**. 2010. 65f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal Paraíba, João Pessoa.

PIMENTEL, L. D. et. al. **Substratos para a produção de mudas de macaúba**. Disponível em: <http://pt.slideshare.net/AcessoMacauba/substratos-para-produode-mudas-de-macaba-leonardo-pimentel>. Acesso em: 27 de maio de 2016.

SÁ JÚNIOR, A. **Aplicação da classificação de Köppen para o zoneamento Climático do Estado de Minas gerais**. 2009. 101f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Processo de germinação e produção de sementes pré-germinadas de palmeiras do gênero Acrocomia**. Disponível em: <https://gru.inpi.gov.br/pePI/servlet/ImagemDocumentoPdfController?CodDiretoria=200&PswdID=ew82p&NumeroID=7f8fdbd8762ec92f6fa7fd5533b854aa2a4e0b906147d250019db1dcf624b8f6&codPedido=744932>. Acesso em 10 jun. 2017.

United States Department of Agriculture. **World Agricultural Production**. Disponível em: www.fas.usda.gov. Acesso: 3 de abril de 2018.