

**UFRRJ**

**INSTITUTO DE AGRONOMIA**

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**TESE**

**Zoneamento Agroclimático e Relações Hídricas no  
Crescimento de Mudanças de Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) em  
Sistema Automático de Irrigação de Baixo Custo**

**Daniel Zimmermann Mesquita**

**2018**



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

**ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO E RELAÇÕES  
HÍDRICAS NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE AÇAÍ  
(*EUTERPE OLERACEA* MART.) EM SISTEMA  
AUTOMÁTICO DE IRRIGAÇÃO DE BAIXO CUSTO**

**DANIEL ZIMMERMANN MESQUITA**

*Sob a Orientação do Professor*

**Marco Antônio da Silva Vasconcellos**

*e Co-orientação do Professor*

**Leonardo Oliveira Medici**

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Fitotecnia**, no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Área de Concentração em Produção Vegetal

Seropédica, RJ  
Dezembro de 2018

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

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

M578z Mesquita, Daniel Zimmermann, 1987-  
Zoneamento agroclimático e relações hídricas no  
crescimento de mudas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.)  
em sistema automático de irrigação de baixo custo /  
Daniel Zimmermann Mesquita. - 2018.  
148 f.: il.

Orientador: Marco Antônio da Silva Vasconcellos.  
Coorientador: Leonardo Oliveira Medici.  
Tese(Doutorado). -- Universidade Federal Rural do  
Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em  
Fitotecnia, 2018.

1. Irrigação localizada. 2. Automatização. 3.  
Substrato. 4. Agroclimatologia. I. Vasconcellos,  
Marco Antônio da Silva, 1963-, orient. II. Medici,  
Leonardo Oliveira, 1967-, coorient. III Universidade  
Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós  
Graduação em Fitotecnia. IV. Título.

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

**DANIEL ZIMMERMANN MESQUITA**

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Fitotecnia**, no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Área de Concentração em Produção Vegetal

TESE APROVADA EM:11/12/2018

---

Leonardo Oliveira Medici. D.Sc. Agronomia. UFRRJ. (Co-Orientador)

---

Daniel Fonseca de Carvalho. D.Sc. Engenharia Agrícola. UFRRJ

---

Luiz Aurélio Peres Martelleto. D.Sc. Fitotecnia. UFRRJ

---

Marco Antônio de Almeida Leal. D.Sc. Agronomia. Embrapa Agrobiologia

---

Carlos Rodrigues Pereira. D.Sc. Engenharia Agrícola. UFF

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais Paulo Roberto e Maria Inez, pelos ensinamentos e lições ao longo desta caminhada;

À minha esposa Sabrina e meu filho Bernardo, com quem amo partilhar a vida;

Aos demais familiares, pela força e incentivo nos momentos difíceis;

Ao Professor orientador Marco Vasconcellos, pelo profissionalismo e paciência na condução deste trabalho;

Ao Professor co-orientador Leonardo Médici, pela dedicação e entusiasmo no desenvolvimento deste trabalho;

Aos colegas Daniela, Emanuel, Fernandes, João Batista pelo auxílio na montagem dos experimentos;

Aos membros da banca examinadora, pelas sugestões de melhoria no trabalho;

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## RESUMO

MESQUITA, Daniel Zimmermann. **Zoneamento agroclimático e relações hídricas no crescimento de mudas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) em sistema automático de irrigação de baixo custo.** 2018. 133p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

A água é um recurso imprescindível na produção de plantas devido às suas diversas funções no organismo vegetal. Ao mesmo tempo, este fator de produção está cada vez mais escasso, principalmente em algumas regiões do território brasileiro. O açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), espécie cujos frutos são aproveitados na composição de sucos, doces e sorvetes, é cultivado predominantemente nos estado da região Norte do país. O zoneamento agroclimático é uma ferramenta importante para fornecimento de informações, baseadas em variáveis climáticas, de regiões mais apropriadas para o cultivo de determinada espécie vegetal. Definir áreas climaticamente aptas ao cultivo de açaí em regiões brasileiras é uma maneira de incentivar novos produtores a implantar o cultivo. Neste contexto, o presente trabalho teve alguns objetivos estruturados por meio de três capítulos. No capítulo 1, o objetivo foi realizar, por meio de um experimento com mudas, uma análise do crescimento inicial de duas cultivares de açaí (BRS Pará e “Várzea”) utilizando o acionador simplificado de irrigação de baixo custo (ASI) em sistema automatizado baseado em desníveis entre a localização do pressostato em relação à cápsula de cerâmica inserida no substrato (40 e 80 cm). A altura de regulagem de 40 cm proporcionou uma maior frequência de irrigação para as mudas, assim como uma maior quantidade total de água durante os 130 dias de desenvolvimento das plantas. Como consequência, as características condutividade elétrica do substrato, altura da planta e área foliar foram afetadas de maneira significativa. A cultivar BRS Pará apresentou crescimento inicial superior à cultivar Várzea para as características altura de planta e diâmetro do caule até os 83 dias de cultivo. Após este período, as cultivares desenvolveram-se de maneira similar. No capítulo 2, o objetivo foi utilizar espécies vegetais picadas e não compostadas (*Arachis pintoi*, *Crotalaria breviflora*, *Panicum maximum*), em um sistema automático de irrigação, como alternativa na composição do substrato para produção de mudas de açaí. A metodologia proposta de utilização somente de material vegetal não compostado como substrato para o cultivo de mudas de açaí não

proporcionou condições adequadas ao desenvolvimento das mudas. Problemas como a alta condutividade elétrica inicial e características físicas dos substratos vegetais foram detectados durante o experimento, ocasionando mortalidade de plantas e comprometendo a obtenção de dados consistentes para realização de análise estatísticas. No capítulo 3 o objetivo foi realizar um zoneamento agroclimático para a cultura do açaí no estado do Rio de Janeiro, visando fomentar a produção desta espécie neste estado. Utilizando ferramentas de sistemas de informação geográfica (SIG) e por meio de informações de temperatura, precipitação e déficit hídrico, foi possível determinar as áreas aptas climaticamente para o cultivo de açaí no estado do Rio de Janeiro. O estado apresenta limitações térmicas e pluviométricas para o desenvolvimento do açazeiro em 67,5 % do seu território. Em 29,3 % do estado o cultivo poderia ser viável desde que a demanda hídrica da planta fosse atendida por suprimento de água em adequado sistema de irrigação. As regiões do estado com as maiores áreas aptas climaticamente para o cultivo do açaí foram as Baixadas Litorâneas e Metropolitana.

**Palavras-chave:** Irrigação localizada, automatização, substrato, agroclimatologia.

## ABSTRACT

MESQUITA, Daniel Zimmermann. **Agroclimatic zoning and water relations in the growth of açai seedlings (*Euterpe oleracea* Mart.) in an automatic irrigation system of low cost.** 2018. 133p. Teses (Doctor Science in Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

Water is an essential resource in the production of plants due to its various functions in the plant organism. At the same time, this production factor is increasingly scarce, especially in some regions of Brazil. Açai (*Euterpe oleracea* Mart.), a species whose fruits are used in the composition of juices, sweets and ice creams, is cultivated predominantly in the state of the northern region of the country. The agroclimatic zoning is an important tool to provide information, based on climatic variables, of regions more appropriate for the cultivation of a certain plant species. Defining climatically suitable areas for açai cultivation in Brazilian regions is a way of encouraging new producers to implant the crop. In this context, the present work had some objectives structured through three chapters. In Chapter 1, the objective was to perform an initial growth analysis of two açai cultivars (BRS Pará and "Várzea") using the simplified low cost irrigation system (ASI) in an automated system based on differences between the location of the pressure switch in relation to the ceramic capsule inserted in the substrate (40 and 80 cm). The regulation height of 40 cm provided a higher frequency of irrigation for the seedlings, as well as a higher total amount of water during the 130 days of plant development. As a consequence, the electrical conductivity characteristics of the substrate, plant height and leaf area were significantly affected. The BRS Pará cultivar showed higher initial growth than the Várzea cultivar for plant height and stem diameter up to 83 days of cultivation. After this period, the cultivars developed in a similar way. In Chapter 2, the objective was to use chopped and non-composted plant species (*Arachis pintoi*, *Crotalaria breviflora*, *Panicum maximum*) in an automatic irrigation system as an alternative in the substrate composition for the production of açai seedlings. The proposed methodology of using only non-composted plant material as a substrate for the cultivation of açai seedlings did not provide adequate conditions for the development of seedlings. Problems such as high initial electrical conductivity and physical characteristics of plant substrates were detected during the experiment, causing plant mortality and compromising the achievement of consistent data for statistical analysis. In chapter 3, the objective was to carry out an



agroclimatic zoning for the açai crop in the state of Rio de Janeiro, aiming to promote the production of this species in this state. Using geographic information systems (GIS) tools and through information on temperature, rainfall and water deficit, it was possible to determine the climatically suitable areas for açai cultivation in the state of Rio de Janeiro. The state presents thermal and pluviometric limitations for the development of açazeiro in 67.5% of its territory. In 29.3% of the state the crop could be viable provided that the water demand of the plant was attended by water supply in an adequate irrigation system. The regions of the state with the largest climatically suitable areas for the cultivation of açai were the Baixadas Litorâneas and Metropolitana.

**Keywords:** Localized irrigation, automation, substrate, agroclimatology.

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Sementes de açaí germinadas em leito de enraizamento no estágio “agulha”.....	15
<b>Figura 2:</b> Sementes de açaí ( <i>Euterpe oleracea Mart.</i> ) acondicionadas em sacos plásticos umedecidos enviados pela Embrapa Amazônia Oriental.....	27
<b>Figura 3:</b> Sementes de açaí em fase inicial de germinação no leito de enraizamento...28	
<b>Figura 4:</b> Sementes de açaí no estágio de transplantio.....	28
<b>Figura 5:</b> Detalhe do sistema radicular e parte aérea no momento da repicagem.....	29
<b>Figura 6:</b> Aspecto das mudas na repicagem em potes de 1,7L.....	29
<b>Figura 7:</b> Detalhe da cápsula porosa e do pressostato responsáveis pelo acionamento do sistema de irrigação.....	30
<b>Figura 8:</b> Cápsula porosa do ASI confeccionada a partir de vela de filtro doméstico (BEZERRA, 2017).....	31
<b>Figura 9:</b> Esquema do sistema de irrigação automatizado (Adaptado de Batista et al., 2013).....	32
<b>Figura 10:</b> Detalhe das duas linhas de derivação e vinte linhas laterais.....	33
<b>Figura 11:</b> Croqui do experimento Tensão x Variedade.....	34
<b>Figura 12:</b> Mudas de açaí aos 130 dias após a repicagem.....	35
<b>Figura 13:</b> Detalhes de parte aérea e raiz ao final do experimento.....	36
<b>Figura 14:</b> Evolução do volume de água aplicado para os desníveis de 40 e 80 cm, e Temperatura média (°C) durante o experimento.....	38
<b>Figura 15:</b> Mudas de açaí dos diversos tratamentos ao final do experimento.....	42
<b>Figura 16:</b> Porcentagens de massa seca da raiz e parte aérea nos tratamentos.....	47
<b>Figura 17:</b> Crotalária ( <i>Crotalaria breviflora</i> ) na época de corte para obtenção do substrato.....	60
<b>Figura 18:</b> Amendoim forrageiro ( <i>Arachis pintoi</i> ) na época de corte para obtenção do substrato.....	60
<b>Figura 19:</b> Procedimento de secagem dos substratos Leguminosa Picada e Capim Picado.....	61
<b>Figura 20:</b> Croqui do experimento (Substrato x Regulagem do pressostato).....	63
<b>Figura 21:</b> Cabeçal de controle e montagem do sistema de irrigação.....	65
<b>Figura 22:</b> Visão geral do experimento montado.....	65

<b>Figura 23:</b> Detalhe dos microtubos irrigando as mudas de açaí em começo de desenvolvimento.....	66
<b>Figura 24:</b> A – Termômetro de solo; B – Condutivímetro digital.....	67
<b>Figura 25:</b> Aspecto dos substratos LP (esquerda) e CP (direita) no início dos experimentos.....	70
<b>Figura 26:</b> Desenvolvimento radicular dos tratamentos com CP, LP e SC (esquerda para direita).....	75
<b>Figura 27:</b> Desenvolvimento das mudas de açaí ao final do experimento.....	76
<b>Figura 28:</b> Localização das estações meteorológicas usadas no zoneamento agroclimático do açaí no estado do Rio de Janeiro.....	89
<b>Figura 29:</b> Fluxograma com as etapas para elaboração do zoneamento agroclimático do açaí no estado do Rio de Janeiro.....	94
<b>Figura 30:</b> Mapas de precipitação (A), déficit hídrico (B), temperatura (C) e altitude (D) do estado do Rio de Janeiro.....	96
<b>Figura 31:</b> Temperatura média mensal para o estado do Rio de Janeiro.....	97
<b>Figura 32:</b> Precipitação pluvial média mensal para o estado do Rio de Janeiro.....	98
<b>Figura 33:</b> Déficit hídrico médio mensal para o estado do Rio de Janeiro.....	98
<b>Figura 34:</b> Mapas com a distribuição das temperaturas médias em cada mês para o estado do Rio de Janeiro. (A a L correspondem aos meses de Janeiro a Dezembro)....	100
<b>Figura 35:</b> Mapas com a distribuição das precipitações médias em cada mês para o estado do Rio de Janeiro (A a L correspondem aos meses de Janeiro a Dezembro)....	101
<b>Figura 36:</b> Mapas de déficit hídrico em cada mês para o estado do Rio de Janeiro (A a L correspondem aos meses de Janeiro a Dezembro).....	102
<b>Figura 37:</b> Mapa com o zoneamento agroclimático para a cultura do açaí no estado do Rio de Janeiro. (D – déficit hídrico, P – precipitação pluvial, T – Temperatura).....	104

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Quantidade de água registrada pelos hidrômetros nas diferentes regulagens do pressostato.....	37
<b>Tabela 2:</b> Probabilidade dos efeitos de 2 regulagens de irrigação por acionamento automático (I) e duas cultivares de açaí (C) e interação (I x C) na variável condutividade elétrica (CE) aos 20, 45, 53, 84, 111 e 130 DAR.....	39
<b>Tabela 3:</b> Comparação de médias para a variável condutividade elétrica (CE) de diferentes cultivares de mudas de açaí sob diferentes umidades do substrato. Dados médios foram determinados com cinco repetições por tratamento (n=4).....	39
<b>Tabela 4:</b> Análise de variância: Probabilidade dos efeitos de 2 regulagens de irrigação por acionamento automático (I) e duas cultivares de açaí (C) e interação (I x C) na variável altura de plantas (ALT) aos 20, 45, 53, 84, 111 e 130 DAR.....	41
<b>Tabela 5:</b> Comparação de médias para a variável altura de plantas de diferentes cultivares de mudas de açaí sob diferentes umidades do substrato. Dados médios foram determinados com cinco repetições por tratamento (n=4).....	41
<b>Tabela 6:</b> Análise de variância: Probabilidade dos efeitos de 2 regulagens de irrigação por acionamento automático (I) e duas cultivares de açaí (C) e interação (I x C) na variável diâmetro do caule (DIAM) aos 20, 45, 53, 84, 111 e 130 DAR.....	43
<b>Tabela 7:</b> Comparação de médias para a variável diâmetro de caule de diferentes cultivares de mudas de açaí sob diferentes umidades do substrato. Dados médios foram determinados com cinco repetições por tratamento (n=4).....	43
<b>Tabela 8:</b> Análise de variância: Probabilidade dos efeitos de 2 regulagens de irrigação por acionamento automático (I) e duas cultivares de açaí (C) e interação (I x C) na variável número de folhas (NUM) aos 53, 84, 111 e 130 DAR.....	44
<b>Tabela 9:</b> Comparação de médias para a variável número de folhas de diferentes cultivares de mudas de açaí sob diferentes umidades do substrato. Dados médios foram determinados com cinco repetições por tratamento (n=4).....	45
<b>Tabela 10:</b> Análise de variância: Probabilidade dos efeitos de 2 regulagens de irrigação por acionamento automático (I) e duas cultivares de açaí (C) e interação (I x C) na variável comprimento de folhas (COMP) aos 53, 84, 111 e 130 DAR.....	45

<b>Tabela 11:</b> Comparação de médias para a variável comprimento de folhas de diferentes cultivares de mudas de açaí sob diferentes umidades do substrato. Dados médios foram determinados com cinco repetições por tratamento (n=4).....	46
<b>Tabela 12:</b> Análise de variância: Probabilidade dos efeitos de 2 regulagens de irrigação por acionamento automático (I) e duas cultivares de açaí (C) e interação (I x C) na variável largura de folhas (LARG) aos 53, 84, 111 e 130 DAR.....	46
<b>Tabela 13:</b> Comparação de médias para a variável largura de folhas de diferentes cultivares de mudas de açaí sob diferentes umidades do substrato. Dados médios foram determinados com cinco repetições por tratamento (n=4).....	47
<b>Tabela 14:</b> Análise de variância: Probabilidade dos efeitos de 2 regulagens de irrigação por acionamento automático (I) e duas cultivares de açaí (C) e interação (I x C) na variável área foliar (AREA) aos 53, 84, 111 e 130 DAR.....	47
<b>Tabela 15:</b> Comparação de médias para a variável área foliar de diferentes cultivares de mudas de açaí sob diferentes umidades do substrato. Dados médios foram determinados com cinco repetições por tratamento (n=4).....	48
<b>Tabela 16:</b> Comparação de médias para as variáveis massa seca da parte aérea e raiz de diferentes cultivares de mudas de açaí sob diferentes umidades do substrato. Dados médios foram determinados com cinco repetições por tratamento (n=4).....	49
<b>Tabela 17:</b> Comparação de médias para a variável eficiência do uso da água (EUA) de diferentes cultivares de mudas de açaí sob diferentes umidades do substrato. Dados médios foram determinados com cinco repetições por tratamento (n=4).....	50
<b>Tabela 18:</b> Análise de nutrientes dos substratos Capim Picado e Leguminosa Picada.....	64
<b>Tabela 19:</b> Quantidade de água registrada pelos hidrômetros nos diferentes tratamentos durante o experimento.....	70
<b>Tabela 20:</b> Quantidade de plantas mortas em cada tratamento.....	71
<b>Tabela 21:</b> Variação da Temperatura dos substratos e do ar as 6h da manhã.....	73
<b>Tabela 22:</b> Variação da Temperatura dos substratos e do ar as 13h da tarde.....	73
<b>Tabela 23:</b> Média das CE (mS/cm) durante o experimento no seis tratamentos.....	75
<b>Tabela 24:</b> Média das alturas de plantas (cm) durante o experimento no seis tratamentos.....	75
<b>Tabela 25:</b> Média dos diâmetros de plantas (cm) durante o experimento no seis tratamentos.....	76

<b>Tabela 26:</b> Média das áreas foliares (cm <sup>2</sup> ) durante o experimento no seis tratamentos.....	76
<b>Tabela 27:</b> Média do peso seco da parte aérea de mudas de açaí aos 130 DAR.....	78
<b>Tabela 28:</b> Média do peso seco da raiz de mudas de açaí aos 130 DAR.....	79
<b>Tabela 29:</b> Restrições da cultura do açaí de acordo com a variável climática.....	91
<b>Tabela 30:</b> Coeficientes das equações de regressão linear múltipla e coeficientes de determinação (R <sup>2</sup> ) para estimativa das temperaturas médias mensais, em função da altitude e longitude para o estado do Rio de Janeiro.....	93

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1 Importância do setor de fruticultura no Brasil .....	3
2.2 Caracterização do Açaí ( <i>Euterpe oleracea</i> Mart.) .....	4
2.2.1 Aspectos botânicos e propagação da planta .....	4
2.2.2 Aspectos produtivos e agronômicos.....	6
2.2.3 Aspectos econômicos .....	6
2.3 Relação Planta-Água-Solo .....	7
2.4 Irrigação e Balanço Hídrico em Palmáceas ( <i>Arecaceae</i> ).....	9
2.5 Manejo e automação da irrigação .....	12
2.6 Necessidade hídrica do açaí nas fases iniciais de crescimento e formação de mudas .....	14
2.7 Influência do tipo de substrato na germinação e crescimento inicial do açaizeiro 17	
2.8 Zoneamento Agroclimático .....	19
CAPÍTULO I.....	22
RESUMO .....	22
ABSTRACT .....	24
1. INTRODUÇÃO.....	25
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	27
2.1 Local do experimento e tratos culturais .....	27
2.2 Germinação e transplântio das sementes .....	28
2.3 Sistema automatizado de irrigação .....	30
2.4 Delineamento experimental e análises estatísticas .....	33
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	37
4. CONCLUSÕES .....	51
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	52
CAPÍTULO II.....	56
RESUMO .....	56
ABSTRACT .....	58
1. INTRODUÇÃO.....	59
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	61
2.1 Montagem do experimento e delineamento experimental .....	61

2.2 Sistema automatizado de irrigação .....	65
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	70
4. CONCLUSÕES .....	80
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	81
CAPÍTULO III .....	85
RESUMO .....	85
ABSTRACT .....	86
1. INTRODUÇÃO.....	87
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	90
2.1 Caracterização da área e dados meteorológicos.....	90
2.2 Espacialização da Precipitação e Temperatura .....	91
2.3 Cálculo e Espacialização do Déficit Hídrico .....	93
2.4 Confeção dos mapas do Zoneamento.....	95
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	97
4. CONCLUSÃO.....	107
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	108
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	114



## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A fruticultura brasileira vem ganhando destaque na produção mundial de frutas e passa por um momento na qual a diversificação de espécies frutíferas produzidas começa a ser levada em consideração em várias regiões do país. Porém, ainda há um predomínio na produção de frutas mais tradicionais como a banana, laranja e coco-da-baía. Com um volume total de frutas colhidas na ordem de 40,953 milhões de toneladas em 2015, a laranja é a fruta mais produzida no país com aproximadamente 17 milhões de toneladas, e a banana é a mais consumida pelo mercado interno com produção de 6,8 milhões de toneladas (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2017).

Nos últimos anos, uma espécie frutífera vem ganhando destaque na fruticultura nacional. Trata-se do açai (*Euterpe oleracea* Mart.), espécie nativa da Amazônia, na qual a polpa dos frutos pode ser usada para fazer sucos, doces, sorvetes, geleias e cremes. Além do fruto, outras partes da planta também são comercializadas, destacando-se o palmito. A espécie desenvolveu-se em locais cujas condições são de elevada disponibilidade hídrica, inclusive em áreas sujeitas a inundações intermitentes.

A água é um recurso cada vez mais escasso, principalmente na produção de alimentos que utiliza grande quantidade desse recurso. O manejo da irrigação realizado de maneira eficiente permite a otimização do uso da água, uma vez que decisões da quantidade e momento de irrigar são realizadas levando em conta fatores relativos à planta, ao solo e clima. A automação de sistemas de irrigação tem por objetivo conciliar economia e praticidade, de maneira que se consiga produzir satisfatoriamente com menores quantidades de água, energia e mão-de-obra.

A aquisição de um substrato que forneça as condições ideais para desenvolvimento das mudas, que seja de baixo custo e fácil obtenção está cada vez mais difícil em um viveiro de mudas. Técnicas como a compostagem oferecem um substrato de qualidade, porém é morosa e onerosa do ponto de vista do gasto com mão de obra e obtenção dos materiais. Assim, a utilização de material vegetal picado não compostado torna-se uma alternativa de substrato de fácil obtenção, baixo custo e que permite o bom desenvolvimento das plantas na fase inicial.

As informações a respeito das condições climáticas dos locais de produção são muito importantes, pois auxiliam e minimizam os riscos dos produtores rurais

interessados em trabalhar com novas culturas para determinadas regiões. Dessa forma, o zoneamento agroclimático leva em consideração as condições climáticas de determinada localidade, permitindo delimitar zonas aptas e não aptas para o desenvolvimento satisfatório de determinada espécie. A produção de açaí no Brasil se encontra concentrada principalmente nos estados da região Norte do país. Portanto, faz-se necessário um estudo das condições climáticas de outras regiões através do zoneamento agroclimático, com o intuito de fornecer informações que subsidiem a ampliação do cultivo dessa espécie para outras localidades no Brasil.

Levando em consideração que o açaí é uma cultura que recentemente começou a ser explorada a nível nacional e a crescente demanda por seus produtos, faz-se necessário um aprofundamento das pesquisas com *Euterpe oleracea*. Informações a respeito da espécie na etapa de produção de mudas e as exigências hídricas nesta fase inicial de seu crescimento são importantes para subsidiar novos experimentos com essa cultura.

O objetivo geral deste trabalho é obter informações a respeito das necessidades hídricas de plantas de açaí na fase inicial de crescimento e verificar a viabilidade de utilização de biomassa vegetal picada não compostada como substrato para mudas. Também objetivou-se propor um zoneamento agroclimático para a cultura do açaí no estado do Rio de Janeiro.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Importância do setor de fruticultura no Brasil

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, estando atrás apenas de China e Índia (IBGE, 2016). As culturas com maior área plantada no Brasil em 2014 foram a laranja (721.252 ha), a banana (523.797 ha) e o coco-da-baía (257.168 ha) (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2017).

Os principais estados brasileiros produtores de frutas em 2015 foram São Paulo com 15.690.560 toneladas de frutas produzidas, Bahia com 4.905.642 toneladas e Minas Gerais com 3.170.475 toneladas (IBGE, 2016). Quanto a exportação de frutas, os principais estados são Ceará, Rio Grande do Norte e Bahia com US\$ 207.202.348 , US\$ 142.814.104 e US\$ 132.710.255 comercializados respectivamente (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2017).

O estado do Rio de Janeiro em 2015 produziu 140.876 toneladas de banana, 93.240 mil frutos de abacaxi, 44.787 mil unidades de coco-da-baía e 75.113 toneladas de laranja, sendo as produtividades de, respectivamente, 7.000 Kg/ha, 25.800 frutos/ha , 13.258 frutos/ha, 12.783 Kg/ha (IBGE, 2016).

O Brasil, devido ao tamanho de sua população, apresenta grande potencial de exploração em termos de consumo de frutas (DE ARÊDES & RODRIGUES, 2017). Quanto maior a renda do indivíduo, maior é o consumo de frutas. De acordo com dados do CEPEA (2011), em 2011, enquanto o consumo per capita de frutas da classe pobre (até 3 salários mínimos) era de 17,33 kg (ano.pessoa)<sup>-1</sup>, na classe média ( de 3 a 10 salários mínimos) era de 31,49 kg (ano.pessoa)<sup>-1</sup> e na classe rica ( mais de 10 salários mínimo) era de 50,22 kg (ano.pessoa)<sup>-1</sup>. Já em 2014, o consumo médio de frutas de um brasileiro foi de 33 kg (ano.pessoa)<sup>-1</sup>, o que está abaixo do recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), que é de 100 kg de frutas por habitante ao ano (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2017).

No setor de fruticultura, a comercialização de frutas frescas *in natura* alcançam maiores preços e geralmente proporcionam maiores lucros ao produtor (PEREIRA & FERREIRA, 2016). Porém, a exigência em relação aos atributos de qualidade interna e externa da fruta fresca são maiores que os exigidos pela indústria de transformação, além dos altos custos com transporte, padronização e embalagem (PEREIRA & FERREIRA, 2016). A agroindústria torna-se uma opção para o fruticultor que pode comercializar seus

produtos com menor exigência de padronização a menor custo de produção, contudo recebendo um valor abaixo do pago pela fruta fresca (MORETTI, 2007). A oferta de produtos a base de frutas, com ênfase nos sucos e seus derivados, está sendo ampliada no mercado interno e externo devido a facilidade para seu consumo e a melhoria na qualidade da obtenção do suco, ficando próximo ao fruto processado naturalmente (BUAINAIN, 2007).

## **2.2 Caracterização do Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.)**

### **2.2.1 Aspectos botânicos e propagação da planta**

As plantas conhecidas como palmeiras pertencem à família *Arecaceae* e caracterizam-se por serem monocotiledôneas, geralmente apresentando um caule cilíndrico não ramificado do tipo estipe. De acordo com Lorenzi et al. (1996), a família *Arecaceae* tem aproximadamente 183 gêneros e 2600 espécies, sendo 29 gêneros e 132 espécies nativas do Brasil, onde diversas palmeiras são cultivadas principalmente com o objetivo de produzir frutos, palmito, óleo, cera, produtos fitoterápicos e com fins ornamentais.

Dentre as principais espécies de importância econômica que se encontram no grupo das palmáceas, pode-se citar o açaizeiro (*Euterpe oleracea*), a juçara (*Euterpe edulis*), a pupunheira (*Bactris gasipaes* (Kunth)) na produção de frutos e palmito, a palmeira-real (*Archontophoenix cunninghamiana*) na produção de frutos e com fins ornamentais, o coqueiro (*Cocos nucifera*) na produção de frutos, o dendezeiro (*Elaeis guineensis*) e a macaúba (*Acrocomia aculeata*) na produção de frutos para fins industriais como óleo e biodiesel (LORENZI et al., 1996).

O açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) tem o seu centro de origem na região da Amazônia Oriental, mais especificamente nos estados do Pará, Amapá e Maranhão (CALZAVARA, 1972). O centro de diversidade encontra-se na região do estuário do rio Amazonas (OLIVEIRA, 1995).

A planta de açaí, em seu local de origem, desenvolve-se em ambientes sujeitos a inundações intermitentes, o que confere algumas características peculiares à espécie (SACRAMENTO et al., 2016). O sistema radicular é fasciculado podendo chegar até 6,0 m de comprimento em plantas adultas, além de apresentar lenticelas e aerênquimas

(MENEZES NETO, 1994). O açazeiro em condições de solo alagado pode também apresentar raízes que emergem do estipe acima da superfície do solo.

Segundo De Oliveira et al. (2000), o açaí é uma palmeira cespitosa, com até 25 estipes por touceira em diferentes estádios de desenvolvimento, na qual estes estipes podem apresentar altura de até 20 m, e diâmetro de até 18 cm. Ainda de acordo com estes autores, as folhas são compostas, pinadas de arranjo espiralado, com 40 a 80 pares de folíolos pendentes nos indivíduos adultos e ligeiramente horizontais nos indivíduos jovens, com base obtusa e extremidade apical pontiaguda, apresentando comprimento entre 20 cm e 50 cm e largura entre 2 cm e 3 cm.

A inflorescência é intrafoliar e apresenta na média 80,5% de flores masculinas e apenas 19,5% de flores femininas (CALZAVARA, 1972). O fruto do açazeiro consiste em uma drupa globosa na qual permanece o resíduo do estigma lateralmente, com diâmetro variando entre 1 cm e 2 cm e pesando, em média, 1,5 g (DE OLIVEIRA et al., 2000).

A propagação de plantas de açaí dá-se preferencialmente por sementes, visto que a propagação vegetativa por meio de brotações na base do estipe gera mudas frágeis e de demorada adaptação (DE OLIVEIRA et al., 2000). Alguns trabalhos têm sido realizados na tentativa de obter sucesso com a propagação vegetativa. Araújo et al. (1994), em pesquisa quanto à viabilidade de se fazer mudas a partir das brotações da base do estipe, relataram que as mudas produzidas por propagação vegetativa apresentaram uma maior fragilidade e a necessidade de um maior tempo no viveiro até atingir o ponto ideal para plantio.

As sementes do açazeiro são consideradas recalcitrantes (ARAÚJO et al, 1994), sendo desta maneira pouco tolerante às condições de armazenamento com baixa umidade e baixas temperaturas. Martins et al. (1999), estudando teores de água que afetam na germinação e vigor das sementes de açaí, concluíram que o teor de água crítico para a semente de açaí encontra-se na faixa de 34,2 a 36,4%, enquanto o teor de água letal foi na faixa de 17,4 a 18,9%. Nascimento et al. (2007) estudaram as consequências fisiológicas da dessecação em sementes de açaí. Estes autores concluíram que a secagem até 37,4% de teor de umidade na semente não produz efeitos fisiológicos prejudiciais imediatos sobre as sementes de açaí, contudo, abaixo de 30,3% há redução progressiva da germinação e do vigor das sementes e ao atingirem 15,1% de teor de água, o desempenho fisiológico é anulado.

### **2.2.2 Aspectos produtivos e agronômicos**

O açazeiro na sua região de origem floresce e frutifica durante todo o ano, no entanto, os picos de floração e frutificação ocorrem com maior frequência nos períodos de janeiro a maio e de setembro a dezembro, respectivamente (DE OLIVEIRA et al., 2000). Segundo Calzavara (1972), o período de intensa floração e intensa frutificação ocorre na época de maior precipitação e na época mais seca do ano, respectivamente. Em Paraty, no sul do estado do Rio de Janeiro, a frutificação do açazeiro ocorre predominantemente nos meses de maio a julho.

Grande parte dos açazeiros nos estados da região Norte do Brasil e em alguns outros países Sul americanos são explorados de forma extrativista (MORAES, 2017). A degradação de populações de *Euterpe oleracea* afeta diretamente na subsistência da população local, reduzindo o rendimento em dinheiro das vendas de palmito e reduzindo a disponibilidade de frutos de palmeira (VALLEJO et al., 2014).

As populações selvagens de açai em seu centro de origem apresentam alta variabilidade quanto algumas características da planta como floração, frutificação e produção de frutos (DA CUNHA et al., 2013). Ainda de acordo com estes autores, tais fatores são influenciados por componentes genéticos e ambientais.

Em 2004, a Embrapa Amazônia Oriental desenvolveu a primeira cultivar comercial de açai, denominada “BRS Pará”. De acordo com Homma et al. (2006), este fato foi importante pois estimulou novos plantios de lavouras de açai, evitando plantios que utilizam sementes de origem desconhecida oriundas de bateadeiras de açai. Segundo Oliveira e Farias Neto (2005), a cultivar “BRS-Pará” foi a primeira selecionada para as condições de cultivo em terra firme, e ela apresenta bons níveis de produtividade de frutos de 10 Mg/ (ha ano)<sup>-1</sup> e rendimento de polpa (15% a 25%).

Da Costa et al. (2016) avaliaram a produção inicial de açazeiros da cultivar BRS-Pará em Rondônia numa área de Latossolo Amarelo distrófico, em plantas no espaçamento 6 x 4 m. As plantas com aproximadamente 4 anos de idade produziram, em média, 3,03 kg e 1.952 frutos no período de colheita de 1 ano e três meses.

### **2.2.3 Aspectos econômicos**

O açazeiro é uma planta na qual basicamente se explora dois principais produtos econômicos: os frutos e o palmito. De acordo com Farias Neto et al. (2012), a maior parte

da produção dos frutos e palmito ainda é extrativista e muito dependente da *E. oleracea* nativa. O mercado do açaí vem apresentando nos últimos anos uma demanda cada vez maior, tanto em nível nacional como internacional, e conseqüentemente houve um aumento dos preços da polpa processada (HOMMA & SANTANA, 2009; MORAES, 2017).

De acordo com dados do IBGE (2016), o Pará é o maior estado produtor de açaí com 60% da produção nacional, sendo considerada a principal fruta produzida no estado. Moraes (2017) ressalta que a produção de açaí tem um grande potencial de crescimento devido ao aumento do interesse por parte de consumidores nacionais e internacionais. Mais de 90% da produção total é originária de açaizais nativos das regiões de várzea, porém, devido à implementação de técnicas de reposição hídrica, as regiões de terra firme também começam a ganhar destaque como regiões produtoras (MORAES, 2017).

### **2.3 Relação Planta-Água-Solo**

As plantas necessitam basicamente de três fatores para seu crescimento, que são água, luz e nutrientes. Algumas espécies vegetais chegam a apresentar em sua constituição cerca de 98% de água. Em geral, para cada 1 grama de matéria orgânica produzida, é necessário a absorção de 500 gramas de água pela raiz (TAIZ & ZEIGER, 2009). A maior parte da água (aproximadamente 97%) absorvida pelas raízes é transportada pela planta e evaporada das superfícies foliares no processo de transpiração (TAIZ & ZEIGER, 2009). Outros 2% são utilizados para suprir o crescimento do vegetal e 1% é destinado à fotossíntese e outros processos metabólicos. De todos os recursos que as plantas necessitam para crescer e se desenvolver, a água é o mais abundante e, ao mesmo tempo, com frequência, o mais limitante (VIEIRA et al., 2010). A disponibilidade hídrica é considerada o fator climático de maior efeito sobre a produtividade agrícola, sendo o fator que rege a distribuição das espécies (PIMENTEL, 2004).

A água se locomove no sistema solo – planta – atmosfera por meio de uma diferença de potencial hídrico, da região de maior para a de menor potencial (VIEIRA et al., 2010). Existem basicamente três mecanismos de transporte de água neste sistema que são a difusão, o fluxo de massa e a osmose. A diferença de concentração, de pressão e a capilaridade são, respectivamente, denominados de potencial osmótico, potencial de pressão e potencial matricial, e portanto são fatores que afetarão o potencial hídrico da célula vegetal (TAIZ & ZEIGER, 2009).

O transporte de água do solo para atmosfera é puramente uma resposta às forças físicas. Nenhuma energia é dispendida diretamente pela planta para translocar água, embora o desenvolvimento e manutenção das estruturas necessárias para um transporte de água eficiente e controlado requeiram um acréscimo considerável de energia (TAIZ & ZEIGER, 2009).

A planta está constantemente “perdendo” água para a atmosfera pelo processo de transpiração, e devido a este fato, raramente estão em situação de plena hidratação (RAVEN et al., 2001). Desta forma, as plantas convivem com um conflito entre a assimilação de CO<sub>2</sub> e a necessidade de conservar água. Assim, algumas características das plantas terrestres visam, justamente, otimizar o uso de água como raízes extensas para absorção, rotas de baixa resistência por meio de elementos de vaso e traqueídes para trazer água até a folha (no xilema), cutículas hidrofóbicas cobrindo as superfícies da planta para reduzir a evaporação e células-guarda para regular o diâmetro da abertura estomática (RAVEN et al., 2001).

De acordo com Taiz & Zeiger (2009), ocorrem várias mudanças em mecanismos fisiológicos devido à desidratação em maior ou menor grau, na qual pode-se citar: condutância estomática, síntese de proteínas, síntese de parede, expansão celular, acúmulo de ácido abscísico (ABA), acúmulo de solutos e fotossíntese. Há também algumas alterações morfológicas em relação ao estresse hídrico como, por exemplo, a diminuição da área foliar, a abscisão foliar, o aumento no crescimento das raízes principalmente em profundidade e aumento de depósito de cera nas folhas (VIEIRA et al., 2010). Porém, estas alterações morfológicas variam muito de acordo com a espécie, e geralmente são respostas das plantas durante uma desidratação lenta e a longo prazo (VIEIRA et al., 2010). Dessa maneira, um estresse hídrico pode levar a um estresse nutricional e a uma redução da taxa fotossintética líquida (RAVEN et al., 2001).

Passioura (1997) define “seca” como uma circunstância na qual as plantas sofrem redução do seu crescimento ou produtividade, devido à insuficiência de suprimento de água, ou a um grande déficit de umidade do ar, mesmo com um suprimento de água adequado do solo. Com a progressiva perda de água e a parada ou deficiência de suprimento, as células do parênquima da folha perdem o turgor (MAXIMOV, 1929). É uma das primeiras consequências da murcha, o fechamento estomático, causa perda considerável da atividade assimilatória da planta, a absorção de CO<sub>2</sub> pela folha (MAXIMOV, 1929). Portanto, a disponibilidade hídrica é considerada o fator climático de maior efeito sobre e produtividade agrícola, sendo o fator que rege a distribuição das



espécies nas diferentes zonas climáticas do globo (PIMENTEL, 2004; KRAMER e BOYER, 1995).

#### **2.4 Irrigação e Balanço Hídrico em Palmáceas (*Arecaceae*)**

Em um mundo onde cada vez mais se tem limitação de recursos naturais, a necessidade de utilização racional dos insumos necessários à produção agrícola torna-se imprescindível. E dentre os fatores de produção, a água tem papel fundamental, uma vez que apresenta função estrutural e metabólica nos organismos vegetais, sendo responsável por grande parte da constituição da planta assim como meio de reação para várias atividades fisiológicas nos vegetais (VIEIRA et al., 2010).

Atualmente, a utilização da irrigação tem se tornado condição quase que obrigatória para agricultores que desejam atingir um nível elevado de produtividade. O crescimento acelerado da população mundial implica uma condição em que é necessário cada vez se produzir mais alimentos em áreas menores. Mantovani et al. (2006) relatam que mais da metade da população mundial dependem de alimentos produzidos em áreas irrigadas.

A escolha correta do método de irrigação a ser utilizado e o manejo da lâmina d'água a ser aplicada de acordo com as condições climáticas e edáficas locais são etapas importantes para otimização do uso da água. Bernardo et al. (2009) relatam que no manejo racional de um projeto de irrigação devem-se considerar os aspectos sociais e ecológicos da região, visando a maximização da produção e eficiência do uso da água através de parâmetros como grau de automação do sistema, reuso da água, necessidade de sistematização, medição de vazão, custo e disponibilidade de água e de mão-de-obra.

Segundo Mantovani et al. (2006), a irrigação mal executada pode criar impactos ambientais adversos às condições físicas, químicas e biológicas do solo, além de afetar também de forma negativa as condições socioeconômicas do irrigante e da comunidade local. Desta maneira, um manejo da irrigação correto traz benefícios tanto econômicos quanto ambientais, de forma que se consiga obter uma maior produtividade sem contudo elevar o passivo ambiental da atividade.

Barbosa et al. (2015) estudaram os efeitos do estresse hídrico nas folhas de mudas de guariroba (*Syagrus oleracea* Becc), uma importante palmeira da região do Cerrado brasileiro. As mudas de guariroba de diferentes idades foram submetidas a 3 níveis de estresse hídrico que consistiam em uma reposição hídrica de 25, 50 e 75% da capacidade

de campo do substrato utilizado. Os autores concluíram que a espessura foliar na parte abaxial e adaxial não teve uma diferença significativa entre os tratamentos. A densidade estomática entre as faces nas folhas de mudas de guariroba apresentou diferença na qual a parte abaxial apresentou 81,02% a mais de estômatos do que a parte adaxial no tratamento de maior estresse hídrico, o que já era esperado, considerando que a quantidade de estômato por mm<sup>2</sup> de folha é bem superior na face abaxial para a maioria das espécies.

Segundo Uhl & Dransfield (1987) e Passos & Mendonça (2006), a dureza dos caules e das folhas das palmeiras resulta da presença de corpos de sílica em células especiais chamadas “stegmata” que estão associadas com fibras vasculares ou não vasculares e, também da forma desses corpos silicosos, sendo este caráter útil para diagnóstico. Leite & Scatena (2001), destacam que a disposição enfileirada dos corpos silicosos pode ser um caráter taxonômico importante para palmeiras do gênero *Syagrus* além de estar relacionada com a defesa destas plantas contra a dessecação e a herbivoria, pois, a presença de corpos de sílica nos tecidos superficiais previne o colapso dos tecidos adjacentes em condições de seca, servindo também como uma proteção mecânica contra o ataque de insetos (METCALFE, 1985).

A arquitetura de plantas, a morfologia e anatomia de caules, folhas e raízes afetam o modo como as plantas interagem com os fatores água, luz e nutrientes. Horn et al. (2009) dizem que a arquitetura das plantas da família *Arecaceae* é baseada em uma organização entre folhas e caule que se baseia no “gigantismo” foliar. Essa característica permite que na maioria de espécies de palmeiras haja uma grande área foliar e conseqüentemente uma maior capacidade para interceptação da luz solar. Por outro lado, por apresentar uma arquitetura vascular fixa ao longo do caule, as palmeiras não têm a característica de ramificação aérea e apresentam pouca capacidade para se submeter a um ajuste espacial dentro da coroa (ZOBEL & LIU, 1980). Assim, pode-se dizer que esta característica de não ramificar das palmeiras torna-se uma desvantagem competitiva por alguns recursos com a luz solar por exemplo. De acordo com Horn et al. (2009), as palmáceas apresentam uma diversidade significativa em sua anatomia foliar, e geralmente têm a capacidade de atingir grandes alturas, o que compensaria as limitações discutidas.

As palmeiras apresentam duas formas básicas de folhas, a penada e a palmada. Vidal & Vidal (2006) definem a folha penada como aquela em que os folíolos saem dos dois lados por toda a extensão do pecíolo principal ou ráquis. Já a folha palmada é aquela com três ou mais folíolos saindo do ápice do pecíolo principal ou ráquis. Horn et al.

(2009) fizeram um estudo sobre a evolução da anatomia foliar em plantas da família *Arecaceae* e encontraram diferenças grandes entre quantidades de estômatos, características da epiderme e hipoderme, além de outros atributos anatômicos. Essas características irão afetar os processos de fotossíntese e evapotranspiração das plantas.

Calbo e De Moraes (2000), estudando os efeitos da deficiência de água em mudas de açaizeiro com 4 meses de idade, observaram pequenas reduções na condutância estomática, transpiração e fotossíntese a partir do décimo dia do interrompimento da irrigação e que o estresse hídrico foi severo apenas aos 61 dias sem irrigação. Estes autores relatam que, levando em conta os valores dos potenciais osmóticos do açaí, esta espécie possui mecanismos de adaptação a um estresse hídrico moderado, o que é típico de espécies mesófitas.

Oliveira et al. (2002) realizaram estudo sobre os efeitos da deficiência hídrica nos processos de fotossíntese, condutância estomática e transpiração em plantas de pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) com 12 meses de idade. As coletas dos dados foram realizadas diariamente em laboratório e sob um sistema de iluminação com densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos de  $1200 \mu\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Estes autores verificaram um decréscimo no potencial de água da folha e nas trocas gasosas quando a irrigação foi interrompida por mais de seis dias. Valores mínimos foram obtidos no décimo dia, com redução de 92% da fotossíntese líquida, 87% da condutância estomática e 70% da transpiração. O menor potencial de água nas folhas (-1,9 MPa) foi também observado nesse período. Houve recuperação total de todas as variáveis dois dias após reirrigação, com exceção da condutância estomática. A diminuição da condutância estomática e a queda mais rápida da taxa de transpiração que a queda na fotossíntese indicam a existência de mecanismos de aclimatação em pupunheira, no sentido de diminuir as perdas de água, quando sob condição de estresse hídrico moderado.

Ramos et al. (2002) estudaram o desenvolvimento vegetativo de plantas de pupunheira com três anos de idade irrigadas por gotejamento em função de níveis de depleção de água no solo. Os tratamentos foram referentes a 4 diferentes níveis de irrigação baseados nas porcentagens de 0%, 25%, 50% e 75% de água disponível consumida em função da evapotranspiração de referência. O tratamento na qual foi disponibilizado menor quantidade de água obteve um maior número de folhas novas emitidas. Não houve diferenças significativas entre os tratamentos para comprimento da ráquis foliar, número de perfilhos e de folhas. Comparando os tratamentos irrigados, especialmente durante os períodos de déficit hídrico, observou-se que melhor

desenvolvimento, principalmente em diâmetro e número de folhas novas, foi obtido no menor turno de rega (2 dias). De acordo com os autores, essa informação é de valor fundamental no cultivo da pupunheira para palmito, pois o rendimento em palmito por planta (produção) está direta e positivamente correlacionado com o diâmetro da planta e o número de folhas. Uma vez que a seca é um dos principais fatores climáticos limitantes ao cultivo da pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth), especialmente quando o objetivo principal é a produção de palmito, a irrigação complementar realizada veio suprir essa deficiência, nos meses com déficit hídrico.

Ferreira Neto et al. (2002) estudaram a qualidade do fruto verde de coqueiros com 3,5 anos de idade em função da irrigação com água salina. A qualidade do fruto foi avaliada com base no peso médio, volume de água, °brix, e composição iônica da água. Estes autores concluíram que a salinidade da água de irrigação reduziu o peso médio e o volume de água dos frutos, elevando o teor de açúcares (°brix), a concentração iônica expressa pela condutividade elétrica (CE) da água do fruto. Os íons em maior concentração na água de coco foram o cloreto e o potássio. Marinho et al (2006) também realizaram estudos sobre o efeito da água salina em *Cocos nucifera* L cv. Anão Verde. Estes autores constataram a tendência de aumento do número de flores femininas por inflorescência, com o uso de águas salinas. A irrigação com águas de CE >5,0 mS cm<sup>-1</sup> provocou redução no peso médio e no número de frutos colhidos, em relação ao controle (CE = 0,1 mS cm<sup>-1</sup>), a partir da 11<sup>a</sup> e 14<sup>a</sup> colheita, respectivamente. Os autores ainda citam que a condutividade elétrica da água de irrigação de 10 mS cm<sup>-1</sup> é o limite para se obter produção aceitável de frutos de coqueiro 'Anão Verde', nesse estágio fenológico.

## **2.5 Manejo e automação da irrigação**

A agricultura é responsável por grande parte da produção de alimentos no mundo (SELBORNE, 2002) e algumas estimativas apontam que este setor da economia consome cerca de 70% de água doce no mundo (AUGUSTO et al., 2012). O manejo da irrigação é fator essencial para evitar desperdícios e otimizar o uso da água na agricultura. Existem alguns métodos de manejo da irrigação baseados principalmente na disponibilidade de água no solo, como utilização de tensiômetros, ou de estimativa da evapotranspiração da cultura, como a utilização do tanque Classe A (MAROUELLI et al., 1996).

Os sistemas automatizados de irrigação procuram proporcionar a quantidade adequada de água para as plantas levando em consideração fatores como o estágio de

desenvolvimento da planta, condições climáticas e o solo (CALBO & CARVALHO e SILVA, 2005). Dessa forma, a automação traz alguns benefícios como a otimização do uso da água e energia elétrica, economia de mão-de-obra e maximização da produção (OLIVEIRA JUNIOR, 2016).

Existem diferentes métodos para automação de um sistema de irrigação, como por exemplo as tecnologias baseadas em dispositivos eletrônicos (QUEIROZ et al., 2008), microcontroladores (DINIZ, 2017) e sensores comerciais de umidade no solo como o Irrigás (CALBO & SILVA, 2001). Uma outra forma de automatização é o acionador simplificado de irrigação (ASI), que utilizando materiais de baixo custo, baseia-se na umidade do solo para determinar o momento de irrigar as plantas (MEDICI, et al., 2010). Ainda de acordo com estes autores, o acionador simplificado de irrigação permite obter uma maior eficiência do uso da água, podendo ser utilizado por pequenos a grandes produtores.

Diversos trabalhos com diferentes cultura foram desenvolvidos utilizando o dispositivo denominado ASI (BATISTA et al., 2013; OLIVEIRA JUNIOR, 2016; BEZERRA, 2017; DIAS, 2012; VALENÇA, 2016), mostrando o potencial e relatando os benefícios da utilização deste na agricultura. De acordo com Bezerra (2017), o depósito de pedido de patente do dispositivo ASI foi realizado pelo Prof. Dr. Leonardo Oliveira Medici (UFRRJ) em 2007 junto ao Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI), recebendo o registro MU 8700270-1.

Assim como ocorre com as demais culturas, as palmeiras dependem da disponibilidade de água no solo para se desenvolver e produzir adequadamente. Em função de características do seu sistema radicular, estas plantas exploram uma camada relativamente superficial do solo (DOS SANTOS et al., 2008). Isto faz com que dependam de um aporte regular de água para assegurar que ela não seja um fator restritivo ao seu desenvolvimento.

Segundo Dos Santos et al. (2008), os sistemas de irrigação por aspersão são muito utilizados na irrigação de palmeiras. No entanto, alguns dos sistemas são utilizados apenas na fase inicial da cultura, particularmente com o propósito de irrigar também uma cultura instalada nas entrelinhas. Os sistemas de irrigação localizada, por todas as suas características, têm se mostrado os sistemas mais adequados para o cultivo de palmáceas (DOS SANTOS et al., 2008). No cultivo de palmeiras, os grandes volumes de matéria verde da sua parte aérea e os restos vegetais oriundos das plantas colhidas, espalhados

pela área a ser irrigada, afetam de maneira significativa a uniformidade da aplicação de água (DOS SANTOS et al., 2008).

O sistema de irrigação localizada com microaspersores tem se mostrado viável utilizando uma linha de microaspersores por cada duas fileiras de plantas, em função dos espaçamentos recomendados para a cultura e também devido às questões econômicas no planejamento do sistema (DOS SANTOS et al., 2008). Por outro lado, a irrigação por gotejamento tem se mostrado mais viável, e a recomendação é sua utilização com uma linha de irrigação com gotejadores por cada fileira de plantas e irrigando em faixa contínua (DOS SANTOS et al., 2008).

Quanto a irrigação de mudas, a maioria das plantas nas fases iniciais de crescimento apresentam uma maior fragilidade quanto à deficiência hídrica (LOPES et al., 2005). O desenvolvimento incipiente do sistema radicular, a pouca lignificação dos caules e a baixa estruturação do aparelho fotossintético são algumas das causas dessa maior suscetibilidade a falta de água (TAIZ & ZEIGER, 2009).

## **2.6 Necessidade hídrica do açaí nas fases iniciais de crescimento e formação de mudas**

Apesar de algumas espécies de palmeiras desenvolverem mecanismos de tolerância ao estresse hídrico no solo, os estudos de fisiologia de palmeiras são escassos, principalmente no que diz respeito aos mecanismos de tolerância a esta condição (MAR et al., 2013). Para a espécie *Euterpe oleraceae*, alguns trabalhos foram realizados nos últimos anos com o intuito de se conhecer melhor os mecanismos fisiológicos relacionados à adaptação da planta a condições de deficiência hídrica.

O processo germinativo da semente de açaí é relativamente rápido, porém desuniforme, iniciando-se a emergência das plântulas 22 dias após a semeadura e estabilizando-se aos 48 dias (DE OLIVEIRA et al., 2000). No desenvolvimento inicial de muda, o sistema radicular principal apresenta um maior desenvolvimento em termos de comprimento do que a parte aérea. As mudas podem ser transplantadas do leito de enraizamento (Figura 1) para os recipientes plásticos com aproximadamente 7 a 8 cm de altura da parte aérea, diâmetro do coleto com 0,3 cm e o comprimento das raízes em torno de 9 cm.

Percebe-se que nesse estágio de desenvolvimento, a muda de açaí ainda não desenvolveu praticamente nenhuma estrutura foliar, que é onde se encontra grande parte do aparelho fotossintético das plantas.



Figura 1: Sementes de açaí germinadas em leito de enraizamento no estágio “agulha”.

Além das mudanças nos mecanismos fisiológicos em resposta ao déficit hídrico, as plantas também apresentam respostas no aspecto bioquímico para superar tais condições adversas de baixa disponibilidade de água. Como exemplo, a síntese de solutos osmoticamente ativos acumulados no vacúolo das células das folhas podem proporcionar incrementos consideráveis no gradiente de potencial hídrico entre folha-raiz-solo, num processo chamado ajuste osmótico, o que auxilia em uma maior absorção de água (CARVALHO, 2005). É o que pode ser observado no trabalho desenvolvido por Cordeiro et al. (2009) com plantas jovens de açaí de 6 meses de idade submetidos a dois regimes hídricos: irrigação constante e suspensão completa da irrigação. Estes autores relataram que as plantas que passaram pelo déficit hídrico apresentaram maior teor de carboidratos solúveis totais, aminoácidos solúveis totais, proteínas solúveis totais e um declínio significativo de amônio livre. Dessa forma, concluíram que o déficit hídrico por dezesseis

dias resultou em alterações consideráveis nas variáveis bioquímicas avaliadas, principalmente nos teores foliares de prolina e glicina-betaína, considerado uma estratégia eficiente na manutenção do status hídrico foliar.

Estudando os efeitos da deficiência de água em mudas de açaizeiro com 4 meses de idade, Calbo e De Moraes (2000) observaram pequenas reduções na condutância estomática, transpiração e fotossíntese a partir do décimo dia do interrompimento da irrigação e que o estresse hídrico foi severo apenas aos 61 dias sem irrigação, indicando que essa espécie possui mecanismos de adaptação a um estresse hídrico moderado.

Mar et al. (2013) avaliaram a produção de massa seca e área foliar em mudas de açaizeiro com 6 meses de idade sob déficit hídrico. As plantas foram submetidas a condição de deficiência hídrica por 44 dias. Os autores concluíram que em condições de déficit hídrico, as produções das massas secas de raízes, folhas, folíolos, ráquis, pecíolo e bainha, foram afetadas negativamente, tendo uma produção em torno de 40% menor em relação ao tratamento testemunha que não passou por estresse hídrico. A área foliar de plantas jovens de açaizeiros submetidas a ciclos de deficiência hídrica também foi reduzida.

Uma resposta típica das plantas ao déficit hídrico é a diminuição da área foliar. A medida que decresce o conteúdo de água na planta, suas células tipicamente contraem-se e afrouxa a pressão de turgidez contra as paredes celulares (TAIZ & ZEIGER, 2009). Assim, a inibição da expansão celular provoca uma lentidão da expansão foliar, e conseqüentemente uma área foliar menor transpira menos, conservando, efetivamente, um suprimento de água limitado no solo por um período mais longo. Outras conseqüências típicas verificadas em condições de deficiência de água são o estímulo a abscisão foliar e o aumento do crescimento das raízes. Segundo Taiz e Zeiger (2009), a razão da biomassa de raízes para a parte aérea (caule e folhas) parece ser governada por um balanço funcional entre absorção de água pelas raízes e fotossíntese pela parte aérea. Contrapondo esse ponto, Mar et al. (2013) encontraram resultados que apontavam para a diminuição da massa seca de raízes em condições de déficit hídrico mais acentuado em açaizeiro.

De Carvalho et al. (1998) estudaram as relações hídricas do açaizeiro na fase de produção em condições de inundação periódica total e também em períodos de seca no estado do Pará. Os autores relatam que o açaizeiro tem uma condutância estomática máxima baixa ( $0,160 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) em relação a outras palmeiras e os seus estômatos respondem mais à radiação solar do que ao déficit de pressão de vapor d'água da



atmosfera. Concluíram que na época seca (estação das marés baixas), esta espécie mantém a absorção de água em níveis suficientes para suprir a demanda transpiratória, e ao mesmo tempo, *Euterpe oleracea* é adaptada a ambientes de hipoxia do sistema radicular e que as inundações periódicas, por efeito das marés, não afetam a absorção de água pelas raízes. Porém, o trabalho foi realizado com plantas adultas de *Euterpe oleracea* e não com plantas no estágio inicial de desenvolvimento. Dessa forma, plantas de *Euterpe oleracea* que passaram por deficiência hídrica na fase inicial de crescimento tendem a desenvolver menos em termos de massa, altura, diâmetro de coleto, entre outros parâmetros (MAR et al., 2013). Consequentemente, essas mudas originarão plantas adultas com menor vigor no seu desenvolvimento, com provavelmente menor produção de frutos e palmito (MAR et al., 2013).

## **2.7 Influência do tipo de substrato na germinação e crescimento inicial do açaizeiro**

Em um viveiro de produção de mudas o substrato é um dos fatores de produção mais importantes para uma boa germinação da semente e um desenvolvimento da planta satisfatório na fase inicial (BARBOSA & LOPES, 2007). Existem diversos tipos de substratos que apresentam distintas características físicas, químicas e biológicas, e que dependendo da espécie a ser propagada e do nível de tecnologia utilizado pode ser adequado ou não para produção de mudas (SILVA et al., 2001).

O substrato deve ser de boa qualidade, fornecendo água e oxigênio em quantidades satisfatórias, ser isento de sementes daninhas, bactérias, fungos, nematóides e substâncias tóxicas que possam interferir na germinação e no desenvolvimento das plântulas (BARBOSA & LOPES, 2007). Segundo Wendling e Gatto (2002), um bom substrato deve possuir boa capacidade de absorver, reter água e fornecer nutrientes para as plantas, e ao mesmo tempo apresentar boa porosidade, de modo a permitir a drenagem do excesso de água durante as irrigações e chuvas, mantendo adequada aeração.

Existem diversos tipos de substrato que são utilizados na germinação de sementes e na produção de mudas, como por exemplo a areia, a casca de arroz carbonizada, pó de rocha, fibra de coco, bagaço de cana-de-açúcar e serragem (FERNANDES et al., 2006). Geralmente, os produtores utilizam a mistura destes substratos para composição adequada no desenvolvimento inicial das plantas. A utilização de substratos em comparação com solo na produção de mudas proporciona algumas vantagens como o fornecimento de nutrientes em doses e épocas mais adequadas, redução da ocorrência de problemas

fitossanitários, e possibilidade de manejo mais adequado da água (STEFFEN et al., 2010). A facilidade de obtenção do substrato e a capacidade deste em suprir completamente a demanda nutricional da planta são fatores que devem ser levados em consideração pelo fato de propiciarem menores custos ao produtor rural (LEAL et al., 2009).

A compostagem é um processo de decomposição biológica de substratos orgânicos, transformando-os em adubos que, quando aplicados, possibilitam a melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (OLIVEIRA et al., 2005). No processo de compostagem ocorre a liberação de uma parte expressiva de nutrientes que se encontravam imobilizados nas substâncias orgânicas (LEAL, 2006). De acordo com Oliveira et al. (2004) o composto orgânico, proveniente da compostagem, é rico em húmus e contém de 50 % a 70 % de matéria orgânica, proporcionando melhorias na estrutura do solo, aumento da capacidade de troca de cátions e da atividade microbiana no solo.

A utilização de resíduos vegetais e compostos orgânicos como substrato para produção de mudas são comuns, como se pode observar nos trabalhos de Rosa et al. (2002) com casca de coco, Costa et al. (2007) com fibra de coco e resíduos de algodão, Biasi et al. (1995) com bagaço de cana-de-açúcar e Saidelles et al. (2009) com casca de arroz carbonizada. Porém não há relatos na literatura da utilização de material vegetal constituído por folhas e caules triturados não compostados como única composição do substrato para produção de mudas, sendo necessários experimentos para verificar a viabilidade desta técnica.

A primeira etapa no processo de germinação de uma semente é puramente físico. Trata-se da embebição, processo na qual a semente absorve água, aumenta a atividade respiratória e conseqüentemente gasta grande quantidade de energia proveniente da suas próprias fontes de reserva (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). Dessa forma, nessa fase da germinação, as propriedades físicas do substrato são tão importantes quanto as características químicas (SCHMITZ et al., 2002).

Uma semente, por mais baixo que seja seu teor de água, nunca deixa de respirar (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). O que ocorre com uma semente antes de entrar em processo de germinação é a redução da intensidade de respiração a tal ponto que parece nada estar ocorrendo (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). As sementes de açaí são recalcitrantes. De acordo com Carvalho e Nakagawa (2000), em sementes recalcitrantes não se verifica essa redução na intensidade das atividades metabólicas, de maneira que o eixo embrionário, sob condições ambientais favoráveis, cresce

ininterruptamente, desde sua formação, no momento da fecundação, até resultar em plântula autotrófica.

Venturi e Paulilo (1998) realizaram trabalho sobre o esgotamento das reservas das sementes de *Euterpe edulis* Mart., o palmito juçara que pertence ao mesmo gênero do açazeiro. As reservas da semente de palmito juçara crescendo em substrato composto de argila, areia e adubo orgânico, na proporção de 2:1:2, esgotaram-se quando a plântula apresentou as duas primeiras folhas fotossintetizantes expandidas. Isso demonstra que as características químicas do substrato, como o teor de nutrientes, em um primeiro momento do desenvolvimento vegetal não é tão significativo. Os autores ainda relataram que o aumento na adubação das mudas não refletiu em aumento de massa seca ou área foliar de plantas nos primeiros cinco meses de crescimento. As plantas mais velhas, entretanto, apresentaram aumento de massa seca da parte aérea com a adição de solução nutritiva ao substrato.

Trabalhando com *Euterpe edulis* Mart., Andrade et al. (1999) avaliaram o efeito do substrato e da temperatura na germinação da palmeira juçara. Os autores testaram os substratos areia, solo e vermiculita, e as temperaturas de 25, 30, 35, 20-30 e 20-35°C. O substrato que obteve melhores resultados de porcentagem de germinação e velocidade de emergência foi a vermiculita, e as temperaturas ideais foram na faixa de 20-30°C.

## **2.8 Zoneamento Agroclimático**

Os fatores ambientais influenciam diretamente e indiretamente sobre o crescimento e desenvolvimento da planta, e conseqüentemente, sobre a produção agrícola (RAVEN et al., 2001). Afetam de maneira direta quando ocasionam quebras de produção ou morte de plantas, e de maneira indireta quando interferem positivamente ou negativamente nas condições ideais exigidas pelas plantas (MONTEIRO, 2009). Dentre estes fatores, podem-se destacar as variáveis meteorológicas como precipitação, temperatura, umidade relativa e déficit hídrico, que são responsáveis em grande parte pelo sucesso ou insucesso de uma atividade agrônômica (MONTEIRO, 2009).

De uma maneira geral, os diferentes tipos de zoneamento consistem em uma ferramenta necessária para fornecimento de informações, baseadas em variáveis climáticas, de regiões mais apropriadas para o cultivo de determinada espécie vegetal (PEZZOPANE et al., 2010). A variabilidade climática não prevista sempre foi uma das principais fontes de risco à atividade agrícola (DA CUNHA & ASSAD, 2001). O objetivo

principal do zoneamento é subsidiar as tomadas de decisão de modo a reduzir os riscos inerentes aos fatores climáticos (MALUF et al., 2001). Portanto, quando se tem poucas informações do desempenho vegetativo e do potencial produtivo de uma espécie vegetal em um ambiente desconhecido, como é o caso de *Euterpe oleraceae* no estado do Rio de Janeiro, faz-se necessário o levantamento de informações climáticas para maior segurança nas tomadas de decisões. Dessa forma, o zoneamento para determinada cultura nas localidades definidas podem auxiliar nos processos de definição de época de semeadura (DA CUNHA et al., 2001), delimitação de áreas de maior ou menor risco climático (BASTOS et al., 2001), fornecimento dos indicadores de produção (MELO et al., 2004) e até como auxílio nos programas de crédito e seguridade rural (ROSSETTI, 2001).

De acordo com Wollmann & Galvani (2013), o zoneamento voltado para as atividades agrícolas podem ser divididos basicamente em quatro categorias: Zoneamento Agroclimático; Zoneamento Agrícola; Zoneamento Agroecológico ou Edafoclimático; e Zoneamento de Riscos Climáticos. Enquanto o Zoneamento Agroclimático leva em consideração o fator clima em escalas macroclimáticas e regionais, o Zoneamento Edafoclimático considera também os aspectos edáficos e pedológicos (WOLLMANN & GALVANI, 2013). Já o Zoneamento Agrícola tem como diferencial a consideração de dados socioeconômicos, enquanto o Zoneamento de Riscos Climáticos toma por base os dados referentes à fenologia e produtividade, dados de solos, climatológicos e altimétricos (WOLLMANN & GALVANI, 2013).

Existem algumas ferramentas específicas utilizadas para realização do zoneamento agroclimático, como por exemplo a integração entre os modelos de simulação de crescimento e de desenvolvimento das culturas, bases de dados de clima e de solo, técnicas de análise de decisão e ferramentas de geoprocessamento (DA CUNHA & ASSAD, 2001). Diversos autores têm utilizado destas ferramentas para realizar o zoneamento para as culturas nos estados ou no país, como por exemplo Amorim Neto et al. (2001) com algodoeiro no Brasil, Braga et al. (2001) com a cultura da maçã em Santa Catarina, Caramori et al. (2008) com pêssigo no Paraná, Bastos et al. (2001) com o dendezeiro no Pará e Gasparini et al. (2015) com açaizeiro no Espírito Santo.

As Portarias do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) de Zoneamento Agrícola de Risco Climático são o resultado de análises de modelagem de clima e informações fenológicas (relacionadas às culturas), sendo divulgadas anualmente no Diário Oficial da União para a vigência na safra indicada (MAPA, 2018). Dessa forma,

a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), em parceria com o MAPA, desenvolve um estudo com as séries climáticas diárias de no mínimo 15 anos sobre as exigências mínimas de cada cultura a ser zoneada, que posteriormente são divulgadas na forma de Portarias (MAPA, 2018). Para o estado do Rio de Janeiro existem algumas Portarias de Zoneamento para culturas anuais e perenes como por exemplo o abacaxi (Portaria 261/2013), banana (Portaria 127/2010), mamão (Portaria 253/2011) e feijão (Portaria 196/2018).

## **CAPÍTULO I**

### **CRESCIMENTO INICIAL DE CULTIVARES DE AÇAÍ COM IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA**

#### **RESUMO**

Nos últimos anos, o açaí (*Euterpe oleraceae* Mart.), espécie nativa da região Norte do Brasil, vem sendo estudada de maneira mais aprofundada. Trata-se de uma palmeira cujos frutos vêm sendo cada vez mais comercializados nos mercados nacionais e internacionais. Em 2004, a Embrapa Amazônia Oriental desenvolveu a primeira cultivar comercial de açaí, denominada “BRS Pará” e outras variedades adaptadas a diferentes ambientes de cultivo vêm sendo desenvolvidas. A necessidade hídrica das culturas vegetais e a disponibilidade de água cada vez mais restrita nas diferentes regiões do mundo fazem com que pesquisas envolvendo o manejo da irrigação se tornem cada vez mais importantes. Dessa maneira, o objetivo desse estudo foi realizar uma análise do crescimento inicial de duas cultivares de açaí (BRS Pará e “Várzea”) sob diferentes regimes hídricos em um sistema automatizado de irrigação baseado em desníveis entre a localização do pressostato em relação à cápsula de cerâmica inserida no substrato (40 e 80 cm). As plantas foram cultivadas em recipientes de 1,7 L por 130 dias, entre os meses de novembro de 2016 a março de 2017, sob dois regimes de irrigação em um sistema automatizado, mantendo o potencial matricial no solo de, aproximadamente, 4,0 e 8,0 kPa. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com cinco repetições e três plantas na parcela, em um esquema fatorial simples 2 X 2, combinando dois desníveis do pressostato e duas cultivares de açaí. As variáveis analisadas foram: altura de plantas, diâmetro do caule, número de folhas, comprimento de folha, largura de folha, área foliar, massa seca da parte aérea e massa seca da raiz. O número de acionamentos, consumo de água e perda de nutrientes para cada tratamento foram monitorados através da medição de hidrômetros e condutivímetro, permitindo-se estimar a eficiência do uso da água (EUA) e obter valores de condutividade elétrica do substrato (CE). Os resultados foram submetidos à análise de variância e quando significativos realizou-se o Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Houve efeito significativo a nível de cultivar para as variáveis altura de plantas e diâmetro do caule até os 53 dias de cultivo.

Ao final do experimento, os tratamentos submetidos ao desnível de 40 cm apresentaram altura de plantas, área foliar e CE significativamente maiores. Não foram observados efeitos significativos para massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e EUA para diferentes regulagens do acionamento automático.

**Palavras-chave:** Automatização, *Euterpe oleraceae* Mart., mudas.

# INITIAL GROWTH OF AÇAÍ CULTIVARS WITH AUTOMATED IRRIGATION

## ABSTRACT

In recent years, the açai (*Euterpe oleraceae* Mart.), A native species from the northern region of Brazil, has been studied in more depth. It is a palm whose fruits have been increasingly marketed in national and international markets. In 2004, Embrapa Amazônia Oriental developed the first commercial açai cultivar, called "BRS Pará", and other varieties adapted to different growing environments have been developed. The water requirement of plant crops and the increasingly restricted availability of water in different regions of the world make research involving irrigation management increasingly important. Thus, the objective of this study was to perform an analysis of the initial growth of two açai cultivars (BRS Pará and "Várzea") under different water regimes in an automated irrigation system based on differences between the location of the pressure switch in relation to the capsule of ceramics inserted into the substrate (40 and 80 cm). The plants were cultivated in 1.7 L containers for 130 days, from November 2016 to March 2017, under two irrigation regimes in an automated system, maintaining the soil matrix potential of approximately 4.0 and 8.0 kPa. The experimental design was a randomized block with five replicates and three plants in the plot, in a simple 2 x 2 factorial scheme, combining two pressure gradients and two açai cultivars. The variables analyzed were: plant height, stem diameter, number of leaves, leaf length, leaf width, leaf area, shoot dry mass and dry root mass. The number of drives, water consumption and nutrient loss for each treatment were monitored through the measurement of water meters and conductivity meter, allowing the estimation of the water use efficiency (EUA) and the electrical conductivity (CE) values of the substrate. The results were submitted to analysis of variance and when significant, the Tukey test was performed at 5% of probability. There was a significant effect at the cultivar level for the variables plant height and stem diameter up to 53 days of cultivation. At the end of the experiment, the treatments submitted to the 40 cm slope had significantly higher plant height, leaf area and CE. No significant effects were observed for aerial shoot dry mass, root dry mass and EUA for different automatic trigger settings.

**Key words:** Automation, *Euterpe oleraceae* Mart., Seedlings.



## 1. INTRODUÇÃO

O açazeiro (*Euterpe oleraceae* Mart.) é uma planta tipicamente brasileira cujo centro de origem se encontra na Amazônia Oriental, com centro de diversidade distribuído pelo estuário do rio Amazonas (CATTANIO et al., 2002). Ao longo dos últimos vinte anos os frutos e polpa do açaí deixaram de ser cultivados e comercializados apenas na região Norte do país, passando por uma expansão de mercado e ganhando notoriedade a nível nacional e internacional.

Dessa maneira, a domesticação e o melhoramento vegetal com intuito de consolidar materiais genéticos de açaí com características agrônômicas desejáveis e alta produtividade ainda se encontram em fase de implementação. Atualmente, grande parte da produção de açaí ainda é dependente do modelo extrativista e de plantas que não foram submetidas a um processo de melhoramento genético. As populações selvagens de açaí em seu centro de origem apresentam alta variabilidade quanto algumas características da planta como floração, frutificação e produção de frutos (DA CUNHA et al., 2013). Ainda de acordo com estes autores, tais fatores são influenciados por componentes genéticos e ambientais.

Porém, há cerca de um pouco mais de uma década, uma nova cultivar vem sendo utilizada em plantios comerciais em regiões de terras altas. Trata-se da “BRS-Pará”, a primeira cultivar comercial de açaí desenvolvida em 2004 com base na seleção fenotípica da coleção de germoplasma de açazeiro da Embrapa Amazônia Oriental (NOGUEIRA et al., 2005). A partir do lançamento de BRS-Pará houve um estímulo ao plantio de novos pomares de açaí, evitando os plantios que utilizam sementes de origem desconhecida (HOMMA et al., 2006). A produção de frutos em BRS-Pará começa a partir do 3º ano com produtividades de 3 toneladas por hectare/ano (NOGUEIRA et al., 2005), e a partir do 8º ano ela apresenta níveis de produtividade de 10 toneladas por hectare/ano e rendimento de polpa variando entre 15% a 25% (OLIVEIRA & FARIAS NETO, 2005).

Estudos e pesquisas sobre o crescimento inicial de plantas de açaí ainda são raros na literatura. Alguns trabalhos como o de De Oliveira et al. (2000) citam que o processo germinativo da semente de açaí é relativamente rápido, porém desuniforme, iniciando-se a emergência das plântulas 22 dias após a semeadura e estabilizando-se aos 48 dias. Já no trabalho de Mar et al. (2013), em mudas de açazeiro com 6 meses de idade sob déficit hídrico, as plantas foram afetadas negativamente em termos de produção de massa seca de raízes, folhas, folíolos, ráquis, pecíolo e bainha, apresentando em torno de 40% a

menos em relação ao tratamento testemunha que não passou por estresse hídrico. A área foliar de plantas jovens de açaizeiros submetidas a ciclos de deficiência hídrica também foi reduzida.

A utilização da água pelos diversos setores da sociedade é tema recorrente de estudos e pesquisas, sendo que a agricultura é responsável por grande parte da demanda deste recurso (CHRISTOFIDIS, 2006). A agricultura produz a maior parte dos alimentos consumidos pela humanidade e ao mesmo tempo demanda grande quantidade de água que é suprida pela ocorrência natural da chuva ou pela irrigação (SELBORNE, 2002). O conhecimento das necessidades hídricas das culturas associado ao manejo adequado da irrigação são fatores essenciais para otimização do uso da água.

A automação da irrigação propicia alguns benefícios de ordem operacional e econômica. Entre as vantagens dos sistemas automatizados estão a economia de mão-de-obra, água e energia elétrica, além da maior facilidade e comodidade no manejo da irrigação. Existem vários métodos de automação da irrigação baseados em sensores de umidade do solo e dispositivos eletrônicos. Um desses métodos é o acionador simplificado de irrigação (ASI), que baseado em valores de tensão no solo, utiliza materiais de baixo custo e fácil obtenção para controlar o acionamento do sistema e a quantidade de água disponibilizada para a planta (MEDICI et al., 2010).

O objetivo desse estudo foi realizar uma análise do crescimento inicial de duas cultivares de açaí (BRS Pará e “Várzea”) utilizando o acionador simplificado de irrigação (ASI) em sistema automatizado baseado em desníveis entre a localização do pressostato em relação à cápsula de cerâmica inserida no substrato (40 e 80 cm).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Local do experimento e tratos culturais

O experimento foi realizado em casa de vegetação, localizada no Setor de Horticultura do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, município de Seropédica-RJ. A altitude da área de cultivo é de 33 metros e o clima é tropical úmido Aw segundo classificação de Köppen, com temperatura média anual por volta dos 24,5°C e precipitação média anual de 1213 mm (CARVALHO et al., 2006).

Foram adquiridas sementes de duas cultivares comerciais de açaí: BRS Pará e uma cultivar de sementes de origem genética conhecida (S.O.G.C) recomendada para áreas de terra firme e várzea, que neste trabalho optou-se por denominá-la de “Cultivar Várzea” (Figura 2). Essas cultivares foram desenvolvidas pela Embrapa Amazônia Oriental, e pelo fato das sementes de açaí serem recalcitrantes, foram enviadas e transportadas em sacos plásticos umedecidos para manutenção do vigor e poder germinativo das sementes (Figura 2).



Figura 2: Sementes de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) acondicionadas em sacos plásticos umedecidos enviados pela Embrapa Amazônia Oriental.

## 2.2 Germinação e transplântio das sementes

As sementes foram colocadas para germinar de modo que 2/3 das sementes estejam enterradas com o poro germinativo voltado para cima e a rafe estando perpendicular à superfície do substrato areia pura, de acordo com o que foi preconizado por Silva et al. (2007) (Figura 3).



Figura 3: Sementes de açáí em fase inicial de germinação no leito de enraizamento.

As etapas de germinação e repicagem das plântulas de açáí foram realizadas no Horto Florestal do município de Paraty-RJ. As sementes foram colocadas para germinar no dia 21 de setembro de 2016 e o transplântio para os recipientes definitivos de 1,7 L foi realizado no dia 05 de novembro de 2016, 45 dias após a sementeira, quando as plântulas se encontravam no estágio “agulha” (Figura 4).



Figura 4: Sementes de açáí no estágio de transplântio.

No desenvolvimento inicial de muda, o sistema radicular principal apresenta um maior desenvolvimento em termos de comprimento do que a parte aérea. A altura da parte aérea no momento da repicagem era de 7 a 8 cm, o diâmetro do coleto tinha aproximadamente 0,3 cm e o comprimento das raízes era de 9 cm (Figura 5). O substrato utilizado para desenvolvimento das mudas nos potes foi o substrato comercial da marca *Natus Solos* (Figura 6). Em sua composição estão incluídos turfa, vermiculita, casca de pinus, carvão vegetal e matéria orgânica. De acordo com dados do fabricante a capacidade de retenção de água é de 60% (peso/peso), a condutividade elétrica de  $1,4 \text{ mS cm}^{-1}$  e o pH é de 5,7.



Figura 5: Detalhe do sistema radicular e parte aérea no momento da repicagem.



Figura 6: Aspecto das mudas na repicagem em potes de 1,7L.

### 2.3 Sistema automatizado de irrigação

O experimento foi realizado em recipientes de polietileno de 1,7 L, com altura de 20 cm e larguras da parte superior e inferior de 10 cm, sob sombreamento de 50%. O manejo da irrigação foi realizado de forma automatizada, utilizando o dispositivo denominado “acionador simplificado para irrigação” (ASI) (MEDICI et al., 2010), que se caracteriza pela fácil construção e pelo baixo custo, uma vez que seus componentes são utensílios domésticos de fácil aquisição. O ASI é composto por uma cápsula cerâmica conectada por um tubo flexível transparente a um pressostato (controlador de nível) modelo EPR-06, da fabricante Emicol localizada em Itu-SP, a exemplo dos utilizados em máquina de lavar roupa (Figura 7).



Figura 7: Detalhe da cápsula porosa e do pressostato responsáveis pelo acionamento do sistema de irrigação.

Na montagem do ASI foi necessária a confecção da cápsula cerâmica a partir de velas de filtros domésticos comerciais. A partir de pequenos pedaços das vela, com a utilização de mini-furadeira e lixas, foi confeccionada uma cápsula porosa de dimensões de aproximadamente 4 cm de comprimento e 1cm de diâmetro superior em formato parabólico (BEZERRA, 2017) (Figura 8). Visando a melhor infiltração da água na cápsula e agilidade no acionamento/desligamento do sistema de irrigação, foi realizado um furo na parte central superior com profundidade de aproximadamente 3,0 cm.

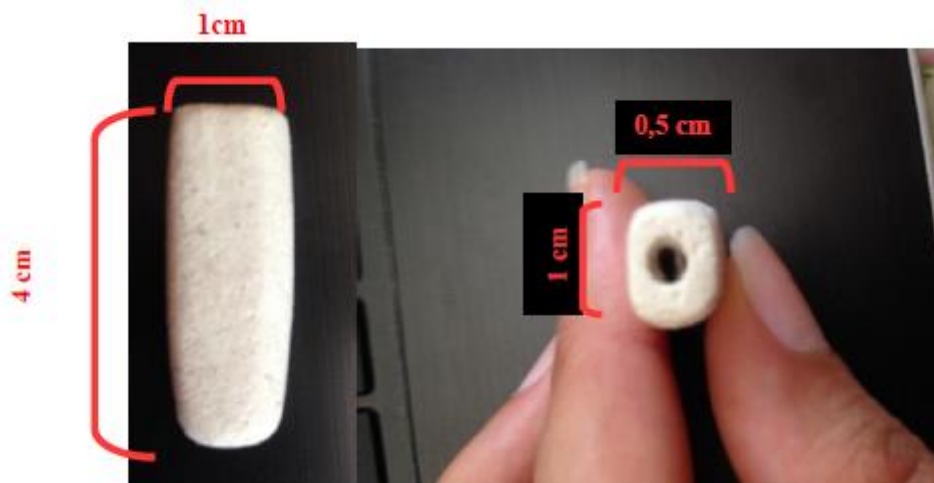


Figura 8: Cápsula porosa do ASI confeccionada a partir de vela de filtro doméstico (BEZERRA, 2017).

Seguindo a metodologia de montagem de Batista et al. (2013), o sistema consiste em instalar a cápsula no substrato de cultivo, a um desnível (H) do pressostato. Dessa maneira, devido a evapotranspiração do cultivo, o conteúdo de água no substrato diminui, provocando a formação de uma tensão dentro da cápsula cerâmica que se transmite pelo tubo flexível até o pressostato. Com esta tensão, o diafragma do pressostato aciona um comutador que estabelece a passagem da corrente elétrica através de fios elétricos, permitindo a abertura da válvula solenoide e posterior passagem de água da tubulação até os gotejadores (BATISTA et al., 2013; LEAL et al., 2014). Porém, ao invés de gotejadores, foram utilizados microtubos da marca Plasnova, com 0,7 mm de diâmetro interno, inseridos diretamente na linha lateral. A cápsula porosa foi colocada no centro do vaso a uma profundidade de 10 cm. Todos os componentes do sistema podem ser observados na Figura 9.

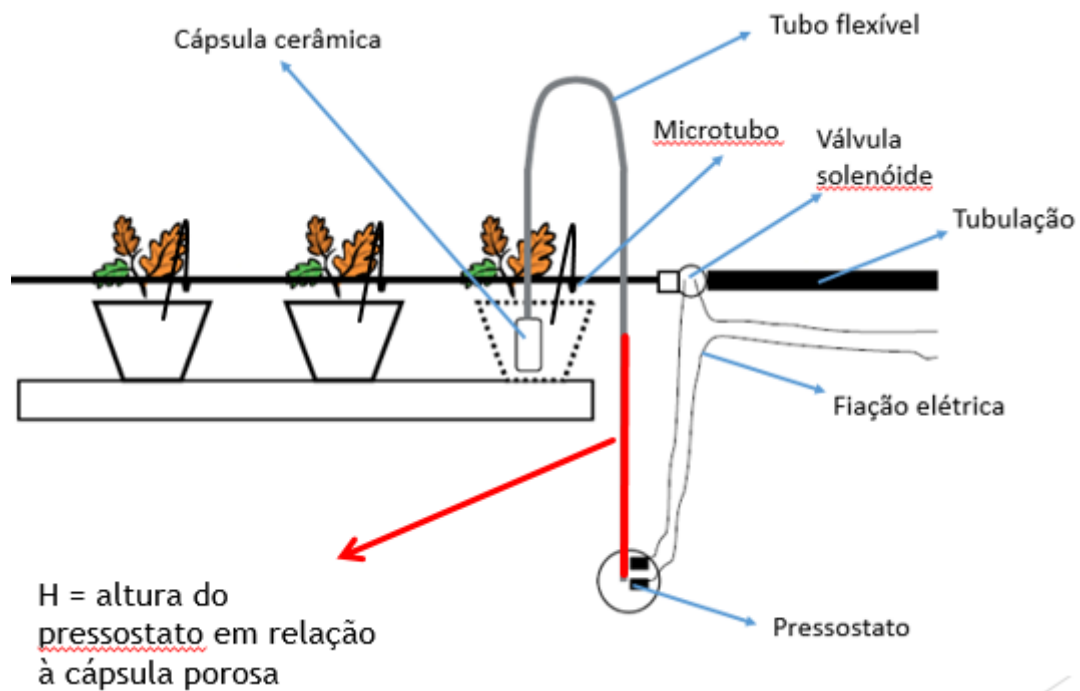


Figura 9: Esquema do sistema de irrigação automatizado (Adaptado de Batista et al., 2013).

A medida que o substrato de cultivo vai sendo molhado, a cápsula porosa absorve a água fazendo com que haja uma pressão positiva no tubo flexível passando para o pressostato, o que consequentemente acionará o fechamento da válvula solenóide e cessando o fornecimento de água. Portanto, a regulagem do sistema consiste justamente na diferença de altura em que o pressostato encontra-se da cápsula porosa, sendo que quanto maior essa diferença, maior será a tensão na coluna de água e provavelmente menos acionamentos do sistema de irrigação serão observados.

O sistema de irrigação consistiu em uma linha principal seguida de um cabeçal de controle onde foram instaladas duas válvulas solenóides, para controle do acionamento da irrigação, e hidrômetros com precisão de  $0,00001 \text{ m}^3$ , para medir o volume de água aplicado. A partir das válvulas originam-se duas linhas de derivação que compõem os tratamentos testados (40 e 80 cm da altura do pressostato) e 20 linhas laterais (Figura 10). Como existe variação de pressão ao longo das linhas laterais, utilizou-se microtubos de diferentes comprimentos para uniformização da vazão em todos os vasos. Portanto os comprimentos dos microtubos variaram de 26,1 a 26,3 cm, de acordo com a posição do vaso no sistema de irrigação. Foi realizado um teste de uniformidade na qual foi constatado CUC de 94,73% e vazão média dos microtubos de 2,07 litros por hora.





Figura 10: Detalhe das duas linhas de derivação e vinte linhas laterais.

#### **2.4 Delineamento experimental e análises estatísticas**

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, sendo os tratamentos dispostos em esquema fatorial 2x2 com 5 blocos e 3 plantas por parcela, totalizando 60 vasos. Os tratamentos foram caracterizados por 2 desníveis do pressostato em relação à cápsula (40 e 80 cm), que correspondem respectivamente as tensões de 4 e 8 kPa, e 2 cultivares de açaí (BRS Pará e Várzea), dispostos conforme Figura 11:

T1 = Cultivar BRS Pará x 40 cm

T2 = Cultivar BRS Pará x 80 cm

T3 = Cultivar Várzea x 40 cm

T4 = Cultivar Várzea x 80 cm

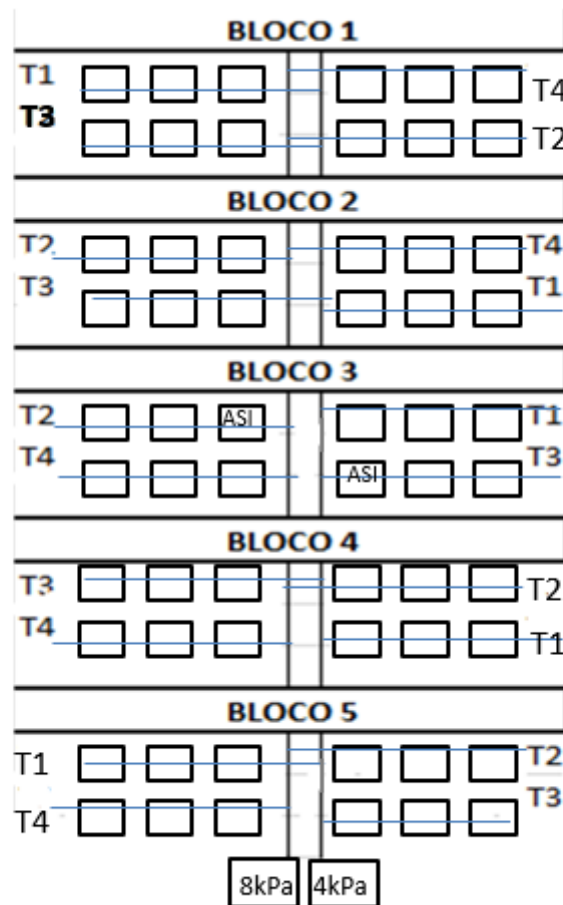


Figura 11: Croqui do experimento Tensão x Variedade.

Foram realizadas capinas periodicamente quando necessário. As variáveis analisadas e os respectivos instrumentos de avaliação durante o experimento foram:

- Altura da planta (cm) – obtida pela medida entre a base do caule ao nível do substrato até a inserção da folha mais alta, com auxílio de uma régua graduada;
- Número de folhas – obtido pela simples contagem do número de folhas;
- Diâmetro do caule (cm) – medido na região do colo da planta ao nível do substrato com auxílio de um paquímetro manual;
- Comprimento de folha (cm) – obtido pela medida entre a base da folha junto ao pecíolo até a extremidade do limbo foliar, com auxílio de uma régua graduada;
- Largura de folha (cm) – obtida pela medida da maior largura da folha, com auxílio de uma régua graduada;
- Área foliar (cm<sup>2</sup>) - obtida por meio do produto do comprimento e da largura das folhas, multiplicado pelo fator 0,6854 (NOGUEIRA & CONCEIÇÃO, 2000);

- Condutividade elétrica do substrato (mS/cm) – obtido pelo condutivímetro Hanna, modelo HI 993310, por meio de inserção da haste do equipamento até a profundidade de 10 cm no vaso.

As variáveis altura da planta, diâmetro do caule e condutividade elétrica do substrato foram avaliadas aos 20, 45, 53, 84, 111 e 130 DAR (dias após a repicagem). As datas de avaliação foram determinadas de acordo com a observação do crescimento da planta. Já as variáveis número de folhas, comprimento de folha, largura de folha e área foliar foram avaliadas aos 53, 84, 111 e 130 DAR, quando as plantas apresentavam folhas completas. Ao final do experimento (Figuras 12 e 13), foram avaliados:

- Massa seca da parte aérea das mudas (g);
- Massa seca da raiz das mudas (g);
- Eficiência do uso da água ( $\text{g L}^{-1}$ ).



Figura 12: Mudanças de açai aos 130 dias após a repicagem.



Figura 13: Detalhes de parte aérea e raiz ao final do experimento.

A eficiência do uso da água (EUA) foi calculada pela razão entre a massa seca de parte aérea (g) e o volume de água (L) aplicado em cada vaso.

Para cada variável mencionada foi realizado o teste F ao nível de 5% de significância nas respectivas datas de medição. Após realizada a análise de variância, as variáveis que foram significativas foram submetidas ao teste de médias (Teste de Tukey a 5%) para posterior análise dos tratamentos. Todas as análises foram realizadas no programa Excel.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desnível do pressostato de 40 cm proporcionou aplicação de maior quantidade de água e número de acionamentos que o desnível de 80 cm (Tabela 1), como já era esperado. Em média, foram aplicados 0,281 e 0,289 L de água por acionamento para os vasos cujo desnível do pressostato era de 40 e 80 cm, totalizando um volume aplicado por vaso foi de 8,149 e 6,358 L, respectivamente.

Tabela 1: Quantidade de água registrada pelos hidrômetros nas diferentes regulagens do pressostato

<b>Regulagem do pressostato</b>	<b>Nº de acionamentos</b>	<b>Total de água aplicada (L)</b>	<b>Volume médio por acionamento (L)</b>	<b>Volume por tratamento (L)</b>
40 cm	29	244,47	0,281	8,149
80 cm	22	190,74	0,289	6,358

Com os dados da Tabela 1 percebe-se o quanto eficiente é o acionador simplificado de irrigação na questão de atendimento à necessidade hídrica das plantas. Em geral, sem um método de manejo da irrigação, a quantidade de água dispendida para a produção de mudas é muito vezes superior à necessidade da cultura (BERNARDO et al., 2009). Em trabalho com a cultura do alface e comparando o acionador automático de baixo custo para irrigação com os sistemas de manejo Irrigás e tanque Classe A, Gonçalves et al. (2014) não encontraram diferenças significativas na produtividade dessa cultura. Portanto, o que realmente irá definir o método de manejo da irrigação a ser utilizado será a operacionalidade dos sistemas e os custos dos equipamentos. Diversos autores realizaram trabalhos com o acionador simplificado de baixo custo para a irrigação de mudas de diversas espécies como o mamoeiro (DIAS, 2012), a aroeira-pimenta (OLIVEIRA JUNIOR, 2016) e alface (BEZERRA, 2017). Todos reiteram a facilidade de montagem, eficiência e baixo custo do acionador automático de irrigação.

Na Figura 14 é possível observar os eventos de irrigação e os respectivos volumes de água aplicados nos tratamentos a 40 e 80 cm, assim como a temperatura média do ar durante o experimento. Verificou-se um bom funcionamento do acionador automático, e como esperado, à medida que as plantas foram crescendo, a quantidade de água aplicada foi aumentando para os dois desníveis testados.

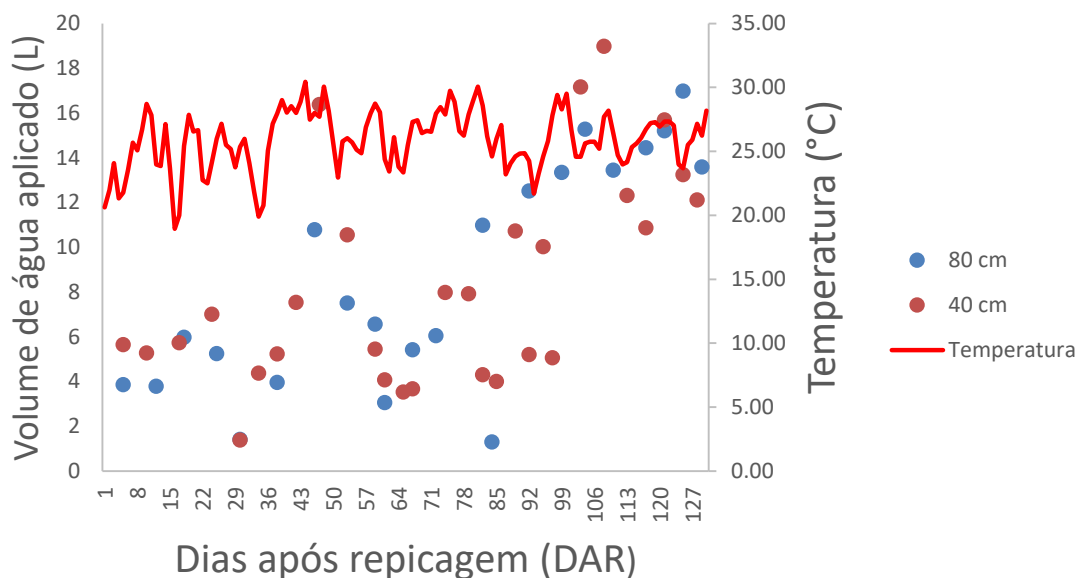


Figura 14: Evolução do volume de água aplicado para os desníveis de 40 e 80 cm, e Temperatura média (°C) durante o experimento.

Apesar de receberem menos água durante o experimento, os tratamentos com o pressostato a 80 cm de desnível tiveram uma maior quantidade de água por acionamento (Tabela 1), o que possivelmente ocasionou uma maior lixiviação no substrato, e consequentemente uma alteração na condutividade elétrica (CE) deste (Tabelas 2 e 3). Em todas as medições de CE durante o experimento, foi possível verificar efeito significativo entre as diferentes lâminas de irrigação, exceto aos 84 dias após a repicagem (Tabela 2), porém não houve diferença significativa de CE entre as cultivares BRS Pará e Várzea.

Os valores de condutividade elétrica remetem à capacidade que um material possui em conduzir corrente elétrica, e na agricultura é muito utilizado para prever a variabilidade na composição físico-química de solos e substratos (MOLIN & RABELLO, 2011). Quanto maior a concentração de sais e a composição iônica do meio, maior é a condutividade elétrica (TRINDADE, 2001). Na Tabela 3 é possível observar que a tendência dos valores de CE foi decrescer com o passar dos dias de cultivo. Porém, nos

tratamentos com regulagem a 80 cm, o decréscimo da condutividade elétrica foi maior, levando a crer que houve maior lixiviação de nutrientes nestes tratamentos.

Outra provável causa para baixa CE nos tratamentos a 80 cm pode estar ligada ao ajuste osmótico na célula vegetal como preconiza Turner (1986). Este autor diz que o ajuste osmótico se caracteriza pelo acúmulo de solutos sob condições de déficit hídrico e diminui o potencial osmótico, aumentando a pressão de turgescência das células, sendo este o principal mecanismo de manutenção do turgor em algumas espécies vegetais. Cordeiro et al. (2009), em estudo com plantas de açaí de 6 meses de idade sob condições de deficiência hídrica, observaram alterações consideráveis em algumas variáveis bioquímicas, principalmente nos teores foliares de prolina e glicina-betaína, relatando que a espécie apresenta uma estratégia eficiente na manutenção da quantidade de água na folha.

Tabela 2: Probabilidade dos efeitos de 2 regulagens de irrigação por acionamento automático (I) e duas cultivares de açaí (C) e interação (I x C) na variável condutividade elétrica (CE) aos 20, 45, 53, 84, 111 e 130 DAR.

Variável	CE <sub>20</sub>	CE <sub>45</sub>	CE <sub>53</sub>	CE <sub>84</sub>	CE <sub>111</sub>	CE <sub>130</sub>
C	NS	NS	NS	NS	NS	NS
I	*	*	*	NS	*	*
Bloco	NS	NS	NS	NS	NS	NS
I x C	NS	NS	*	NS	NS	NS
CV%	16,7	20,6	35,22	32,4	28,34	29,56

\* significativo a 5% de probabilidade

NS - não significativo

Tabela 3: Comparação de médias para a variável condutividade elétrica (CE) de diferentes cultivares de mudas de açaí sob diferentes umidades do substrato. Dados médios foram determinados com cinco repetições por tratamento (n=4).

Variável	Cultivar	Regulagens de acionamento		Média
		40 cm	80 cm	
C.E. 20 DAR (mS/cm)	BRS Pará	0,71 Aa	0,83 Aa	0,77
	Várzea	0,65 Ab	0,81 Aa	0,73
	Média	0,68	0,82	
C.E. 45 DAR (mS/cm)	BRS Pará	0,42 Ab	0,54 Aa	0,48
	Várzea	0,39 Aa	0,46 Aa	0,42
	Média	0,41	0,50	

C.E. 53 DAR (mS/cm)	BRS Pará	0,41 Aa	0,28 Ab	0,34
	Várzea	0,26 Ab	0,44 Aa	0,35
	Média	0,33	0,36	
C.E. 84 DAR (mS/cm)	BRS Pará	0,44 Aa	0,33 Aa	0,38
	Várzea	0,38 Aa	0,34 Aa	0,36
	Média	0,41	0,33	
C.E. 110 DAR (mS/cm)	BRS Pará	0,36 Aa	0,24 Ab	0,30
	Várzea	0,37 Aa	0,24 Ab	0,31
	Média	0,37	0,24	
C.E. 130 DAR (mS/cm)	BRS Pará	0,38 Aa	0,15 Ab	0,26
	Várzea	0,33 Aa	0,17 Ab	0,25
	Média	0,36	0,16	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Aos 53 dias de cultivo, as mudas de açaí da variedade BRS Pará, na regulagem de 80 cm, apresentaram um crescimento inicial em altura superior a variedade Várzea (Tabelas 4 e 5). Tal resultado condiz com a indicação das áreas de cultivo preferenciais de cada cultivar, uma vez que BRS Pará é indicada para regiões de terra firme, enquanto a cultivar Várzea tem um melhor desempenho em regiões que passam por alagamentos periódicos. Desta forma, é de se esperar que no tratamento com menor fornecimento de água (80 cm), a cultivar Várzea tenha demonstrado um desempenho inferior, mesmo que tal situação tenha acontecido na fase inicial do desenvolvimento da muda. É importante ressaltar que o açaí, em seu centro de origem, desenvolve-se em ambientes sujeitos a inundações intermitentes e que apresentam aerênquimas e lenticelas como estruturas de adaptação a este meio (MENEZES NETO, 1994).

Quanto aos desníveis do pressostato, apenas na última medição, realizada aos 130 dias após a repicagem, verificou-se diferença significativa entre os tratamentos para a cultivar BRS Pará (Tabela 5). Enquanto as mudas que receberam mais água atingiram uma média de 17,28 cm de altura, as que receberam menos ficaram em 14,62 cm (Figura 15).



Tabela 4: Análise de variância: Probabilidade dos efeitos de 2 regulagens de irrigação por acionamento automático (I) e duas cultivares de açaí (C) e interação (I x C) na variável altura de plantas (ALT) aos 20, 45, 53, 84, 111 e 130 DAR.

Variável	ALT <sub>20</sub>	ALT <sub>45</sub>	ALT <sub>53</sub>	ALT <sub>84</sub>	ALT <sub>111</sub>	ALT <sub>130</sub>
C	*	*	*	NS	NS	NS
I	NS	NS	NS	NS	NS	*
Bloco	NS	NS	NS	NS	NS	NS
I x C	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV%	18,1	21,82	22,8	13,73	23,91	12,02

\* significativo a 5% de probabilidade

NS - não significativo

Tabela 5: Comparação de médias para a variável altura de plantas de diferentes cultivares de mudas de açaí sob diferentes umidades do substrato. Dados médios foram determinados com cinco repetições por tratamento (n=4).

Variável	Cultivar	Regulagens de acionamento		Média
		40 cm	80 cm	
Altura de plantas 20 DAR (cm)	BRS Pará	5,65 Aa	5,77 Aa	5,71
	Várzea	4,67 Aa	4,46 Ba	4,57
	Média	5,16	5,12	
Altura de plantas 45 DAR (cm)	BRS Pará	7,69 Aa	7,68 Aa	7,69
	Várzea	5,83 Aa	5,04 Ba	5,44
	Média	6,76	6,36	
Altura de plantas 53 DAR (cm)	BRS Pará	15,26 Aa	13,59 Aa	14,43
	Várzea	13,39 Aa	9,52 Ba	11,46
	Média	14,32	11,56	
Altura de plantas 84 DAR (cm)	BRS Pará	16,32 Aa	14,18 Aa	15,25
	Várzea	14,67 Aa	12,02 Aa	13,34
	Média	15,49	13,10	
Altura de plantas 111 DAR (cm)	BRS Pará	16,95 Aa	14,47 Aa	15,71
	Várzea	15,37 Aa	13,00 Aa	14,18
	Média	16,16	13,74	
Altura de plantas 130 DAR (cm)	BRS Pará	17,28 Aa	14,62 Ab	15,95
	Várzea	15,89 Aa	14,09 Aa	14,99
	Média	16,59	14,36	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.



Figura 15: Mudanças de açaí dos diversos tratamentos ao final do experimento.

Para a variável diâmetro do caule, verificou-se que, de maneira semelhante à altura de plantas, houve diferença significativa entre cultivares nas três primeiras medições aos 20, 45 e 53 dias após a repicagem (Tabela 6). Aos 53 dias, no desnível de 80 cm, enquanto a cultivar BRS Pará apresentava 4,4 mm de diâmetro do caule, a cultivar Várzea apresentou 3,79 mm (Tabela 7). A partir da quarta medição aos 84 dias de experimento, não se constatou diferenças significativas entre cultivares ou níveis de irrigação.

O desenvolvimento do diâmetro do caule no início do crescimento das mudas é uma variável importante de ser mensurada devido a alguns fatores. Plantas com diâmetros de caule maiores geralmente são menos suscetíveis a acamamentos por ventos fortes (BISCARO et al., 2008), e alguns estudos mostram correlações positivas entre produtividade de frutos e diâmetro de caule nas fases iniciais da cultura, como para pinhão-mansão (REIS et al., 2015), café (CARVALHO et al., 2011) e mamoeiro (DIAS et al., 2012).

Tabela 6: Análise de variância: Probabilidade dos efeitos de 2 regulagens de irrigação por acionamento automático (I) e duas cultivares de açaí (C) e interação (I x C) na variável diâmetro do caule (DIAM) aos 20, 45, 53, 84, 111 e 130 DAR.

Variável	DIAM <sub>20</sub>	DIAM <sub>45</sub>	DIAM <sub>53</sub>	DIAM <sub>84</sub>	DIAM <sub>111</sub>	DIAM <sub>130</sub>
C	*	*	*	NS	NS	NS
I	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Bloco	NS	NS	NS	NS	NS	NS
I x C	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV%	7,84	13,03	12,09	9,58	11,5	13,29

\* significativo a 5% de probabilidade

NS - não significativo

Tabela 7: Comparação de médias para a variável diâmetro de caule de diferentes cultivares de mudas de açaí sob diferentes umidades do substrato. Dados médios foram determinados com cinco repetições por tratamento (n=4).

Variável	Cultivar	Regulagens de acionamento		Média
		40 cm	80 cm	
Diâmetro de caule 20 DAR (mm)	BRS Pará	3,25 Aa	3,35 Aa	3,30
	Várzea	2,61 Ba	2,90 Ba	2,76
	Média	2,93	3,13	
Diâmetro de caule 45 DAR (mm)	BRS Pará	3,57 Aa	3,88 Aa	3,73
	Várzea	2,88 Ba	3,41 Aa	3,15
	Média	3,23	3,65	
Diâmetro de caule 53 DAR (mm)	BRS Pará	4,07 Aa	4,4 Aa	4,24
	Várzea	4,09 Aa	3,79 Ba	3,94
	Média	4,08	4,10	
Diâmetro de caule 84 DAR (mm)	BRS Pará	4,39 Aa	4,63 Aa	4,51
	Várzea	4,25 Aa	3,86 Aa	4,06
	Média	4,32	4,25	
Diâmetro de caule 111 DAR (mm)	BRS Pará	5,88 Aa	5,68 Aa	5,78
	Várzea	5,44 Aa	5,26 Aa	5,35
	Média	5,66	5,47	
Diâmetro de caule 130 DAR (mm)	BRS Pará	6,23 Aa	5,82 Aa	6,03
	Várzea	5,84 Aa	5,74 Aa	5,79
	Média	6,04	5,78	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Nas Tabelas 8, 10, 12 e 14 estão contidos os resultados das análises de variância para as variáveis número de folhas, comprimento de folha, largura de folha e área foliar, respectivamente. Já os testes de médias para estas mesmas características estão nas

Tabelas 9, 11, 13 e 15. A área foliar é uma característica diretamente relacionada ao número, comprimento e largura foliar. Clement & Bovi (2000), em trabalho com a palmeira pupunha, citam que a área foliar é uma característica que geralmente apresenta baixa herdabilidade, sendo muito mais determinada pelos fatores ambientais do que fatores genéticos.

Para a variável área foliar, verificou-se que houve diferença significativa entre cultivares aos 53 dias, e entre níveis de irrigação aos 111 e 130 dias de cultivo (Tabelas 14 e 15). A fotossíntese realizada pela planta está relacionada diretamente com a área foliar desta, e quanto maior for o índice de área foliar ( $\text{cm}^2$  folha/ $\text{cm}^2$  solo) de determinada cultura, maior é a tendência de desenvolvimento rápido e aumento de produtividade (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Ao final do experimento, enquanto as cultivares BRS Pará e Várzea apresentavam, respectivamente, 143,10 e 141,56  $\text{cm}^2$  de área foliar na regulagem de acionamento de 40 cm, aos 80 cm, os valores foram de 71,45 e 95,06  $\text{cm}^2$  (Tabela 15). Tais dados demonstram que as maiores quantidades de água recebidas tiveram um efeito positivo no desenvolvimento foliar das mudas de açaí.

Uma das respostas das plantas a condição de déficit hídrico é a diminuição da área foliar, e como consequência haverá menos transpiração, conservando o suprimento de água no solo por um período mais longo (TAIZ & ZEIGER, 2009). Mar et al. (2013), estudando plantas de açaí na fase de mudas, relatam que dentre às características morfológicas, a área foliar é a primeira afetada pelo estresse imposto pela deficiência hídrica, devido ao decréscimo na expansão foliar, podendo ser acompanhado de senescência foliar como forma de redução da área transpiratória.

Tabela 8: Análise de variância: Probabilidade dos efeitos de 2 regulagens de irrigação por acionamento automático (I) e duas cultivares de açaí (C) e interação (I x C) na variável número de folhas (NUM) aos 53, 84, 111 e 130 DAR.

Variável	NUM <sub>53</sub>	NUM <sub>84</sub>	NUM <sub>111</sub>	NUM <sub>130</sub>
C	NS	NS	NS	NS
I	NS	NS	*	*
Bloco	NS	NS	NS	NS
I x C	NS	NS	NS	NS
CV%	0	14,31	30,3	33,85

\* significativo a 5% de probabilidade

NS – não significativo

Tabela 9: Comparação de médias para a variável número de folhas de diferentes cultivares de mudas de açaí sob diferentes umidades do substrato. Dados médios foram determinados com cinco repetições por tratamento (n=4).

Variável	Cultivar	Regulagens de acionamento		Média
		40 cm	80 cm	
Número de folhas 53 DAR	BRS Pará	1,00 Aa	1,00 Aa	1,00
	Várzea	1,00 Aa	1,00 Aa	1,00
	Média	1,00	1,00	
Número de folhas 84 DAR	BRS Pará	1,93 Aa	1,61 Aa	1,77
	Várzea	1,87 Aa	2,00 Aa	1,94
	Média	1,90	1,81	
Número de folhas 110 DAR	BRS Pará	2,20 Aa	1,62 Ab	1,91
	Várzea	2,40 Aa	2,01 Aa	2,21
	Média	2,30	1,82	
Número de folhas 130 DAR	BRS Pará	2,67 Aa	1,62 Ab	2,15
	Várzea	2,73 Aa	2,11 Aa	2,42
	Média	2,70	1,87	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 10: Análise de variância: Probabilidade dos efeitos de 2 regulagens de irrigação por acionamento automático (I) e duas cultivares de açaí (C) e interação (I x C) na variável comprimento de folhas (COMP) aos 53, 84, 111 e 130 DAR.

Variável	COMP <sub>53</sub>	COMP <sub>84</sub>	COMP <sub>111</sub>	COMP <sub>130</sub>
C	NS	NS	NS	NS
I	NS	NS	*	*
Bloco	*	NS	NS	NS
I x C	NS	NS	NS	NS
CV%	6,08	10,32	28,34	15,79

\* significativo a 5% de probabilidade

NS - não significativo

Tabela 11: Comparação de médias para a variável comprimento de folhas de diferentes cultivares de mudas de açaí sob diferentes umidades do substrato. Dados médios foram determinados com cinco repetições por tratamento (n=4).

Variável	Cultivar	Regulagens de acionamento		Média
		40 cm	80 cm	
Comprimento de folhas 53 DAR (cm)	BRS Pará	13,22 Aa	12,83 Aa	13,03
	Várzea	12,92 Aa	12,23 Aa	12,58
	Média	13,07	12,53	
Comprimento de folhas 84 DAR (cm)	BRS Pará	13,75 Aa	13,22 Aa	13,49
	Várzea	13,62 Aa	13,32 Aa	13,47
	Média	13,69	13,27	
Comprimento de folhas 110 DAR (cm)	BRS Pará	14,01 Aa	13,25 Aa	13,63
	Várzea	14,31 Aa	13,33 Ab	13,82
	Média	14,16	13,29	
Comprimento de folhas 130 DAR (cm)	BRS Pará	14,89 Aa	13,31 Ab	14,10
	Várzea	15,17 Aa	13,35 Ab	14,26
	Média	15,03	13,33	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 12: Análise de variância: Probabilidade dos efeitos de 2 regulagens de irrigação por acionamento automático (I) e duas cultivares de açaí (C) e interação (I x C) na variável largura de folhas (LARG) aos 53, 84, 111 e 130 DAR.

Variável	LARG <sub>53</sub>	LARG <sub>84</sub>	LARG <sub>111</sub>	LARG <sub>130</sub>
C	*	NS	NS	NS
I	NS	NS	*	NS
Bloco	*	NS	NS	NS
I x C	NS	NS	NS	NS
CV%	7,43	10,84	28,34	8,92

\* significativo a 5% de probabilidade

NS - não significativo

Tabela 13: Comparação de médias para a variável largura de folhas de diferentes cultivares de mudas de açaí sob diferentes umidades do substrato. Dados médios foram determinados com cinco repetições por tratamento (n=4).

Variável	Cultivar	Regulagens de acionamento		Média
		40 cm	80 cm	
Largura de folhas 53 DAR (cm)	BRS Pará	2,30 Aa	2,39 Aa	2,35
	Várzea	2,10 Aa	1,98 Ba	2,04
	Média	2,20	2,19	
Largura de folhas 84 DAR (cm)	BRS Pará	2,49 Aa	2,39 Aa	2,44
	Várzea	2,21 Aa	2,39 Aa	2,30
	Média	2,35	2,39	
Largura de folhas 110 DAR (cm)	BRS Pará	2,60 Aa	2,39 Ab	2,50
	Várzea	2,37 Aa	2,45 Aa	2,41
	Média	2,49	2,42	
Largura de folhas 130 DAR (cm)	BRS Pará	2,62 Aa	2,44 Aa	2,53
	Várzea	2,49 Aa	2,46 Aa	2,48
	Média	2,56	2,45	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 14: Análise de variância: Probabilidade dos efeitos de 2 regulagens de irrigação por acionamento automático (I) e duas cultivares de açaí (C) e interação (I x C) na variável área foliar (AREA) aos 53, 84, 111 e 130 DAR.

Variável	AREA <sub>53</sub>	AREA <sub>84</sub>	AREA <sub>111</sub>	AREA <sub>130</sub>
C	*	NS	NS	NS
I	NS	NS	*	*
Bloco	*	NS	NS	NS
I x C	NS	NS	NS	NS
CV%	9,75	31,56	45,88	50,4

\* significativo a 5% de probabilidade

NS - não significativo

Tabela 15: Comparação de médias para a variável área foliar de diferentes cultivares de mudas de açaí sob diferentes umidades do substrato. Dados médios foram determinados com cinco repetições por tratamento (n=4).

Variável	Cultivar	Regulagens de acionamento		Média
		40 cm	80 cm	
Área foliar 53 DAR (cm <sup>2</sup> )	BRS Pará	41,68 Aa	42,04 Aa	41,86
	Várzea	37,20 Aa	33,20 Ba	35,20
	Média	39,44	37,62	
Área foliar 84 DAR (cm <sup>2</sup> )	BRS Pará	90,58 Aa	69,96 Aa	80,27
	Várzea	77,30 Aa	87,52 Aa	82,41
	Média	83,94	78,74	
Área foliar 110 DAR (cm <sup>2</sup> )	BRS Pará	110,18 Aa	70,68 Ab	90,43
	Várzea	111,74 Aa	90,12 Ab	100,93
	Média	110,96	80,40	
Área foliar 130 DAR (cm <sup>2</sup> )	BRS Pará	143,10 Aa	71,45 Ab	107,28
	Várzea	141,56 Aa	95,06 Ab	118,31
	Média	142,33	83,26	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Ao final do experimento, foi possível obter os valores de massa seca da raiz e parte aérea (caule e folhas) das mudas de açaí. Pela tabela 16, verifica-se que não houve diferenças significativas entre os tratamentos. A massa seca da parte aérea de BRS Pará e Várzea a 40 cm foram de, respectivamente, 1,15 e 1,14 g, enquanto essas mesmas cultivares a 80 cm tiveram o mesmo valor de massa seca da parte aérea de 0,78 g. A massa seca da raiz de BRS Pará a 40 cm foi de 0,71 g, e a 80 cm foi de 0,47 g. Já a massa seca da raiz de Várzea, a 40 e 80 cm, foi de, respectivamente, 0,66 e 0,55 g. Para todos os tratamentos, as porcentagens de massa seca entre parte aérea e raiz foram de aproximadamente 60 e 40% respectivamente (Figura 16).



Tabela 16: Comparação de médias para as variáveis massa seca da parte aérea e raiz de diferentes cultivares de mudas de açaí sob diferentes umidades do substrato. Dados médios foram determinados com cinco repetições por tratamento (n=4).

Variável	Cultivar	Regulagens de acionamento		Média
		40 cm	80 cm	
Massa seca parte aérea (g)	BRS Pará	1,15 Aa	0,78 Aa	0,97
	Várzea	1,14 Aa	0,78 Aa	0,96
	Média	1,15	0,78	
Massa seca raiz (g)	BRS Pará	0,71 Aa	0,47 Aa	0,59
	Várzea	0,66 Aa	0,55 Aa	0,61
	Média	0,69	0,51	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

### Porcentagens MS Raiz e PA

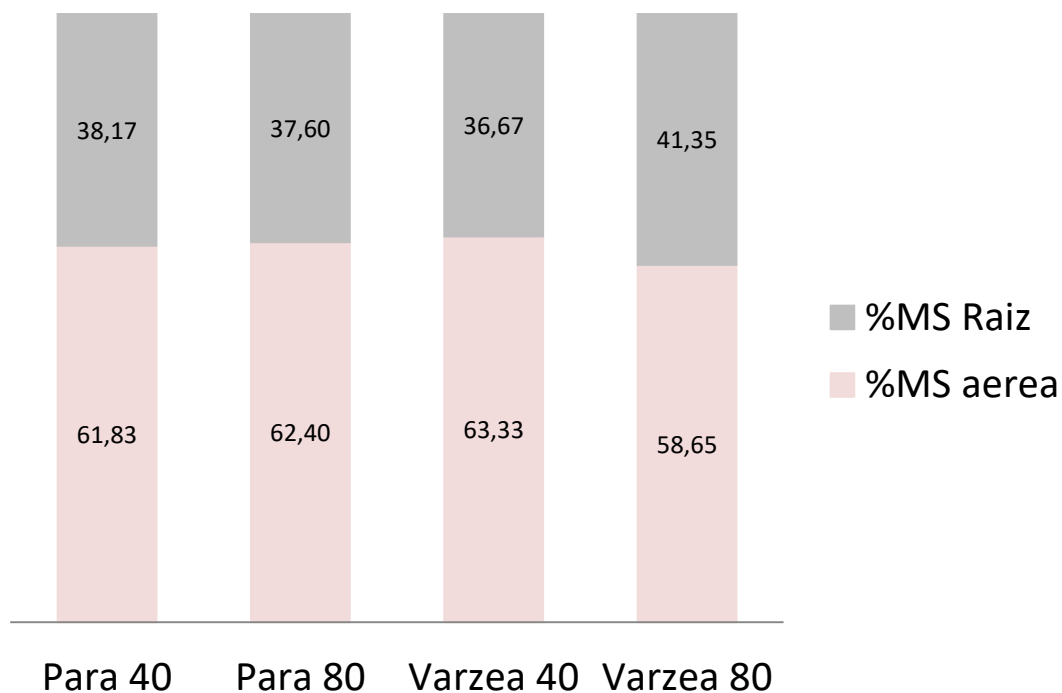


Figura 16: Porcentagens de massa seca da raiz e parte aérea nos tratamentos.

A eficiência do uso da água é um parâmetro que permite verificar o quanto de biomassa seca foi produzida pela planta em função da quantidade de água dispendida no cultivo, ou, em outros termos, refere-se à razão entre a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> e a taxa de perdas de H<sub>2</sub>O (KRAMER & BOYER, 1995). Na Tabela 17 é possível observar os valores de eficiência do uso da água (EUA) para os tratamentos testados.

Independentemente da cultivar de açaí, a eficiência do uso da água para as mudas reguladas em 40 e 80 cm foram de, respectivamente, 0,14 g L<sup>-1</sup> e 0,12 g L<sup>-1</sup>. Bezerra (2017), em trabalho com acionador automático de irrigação em mudas de alface em diferentes épocas de cultivo, achou valores de eficiência do uso da água variando de 0,71 a 1,37 g L<sup>-1</sup>. Oliveira Junior (2016), em trabalho com mudas de aroeira pimenteira em sistema automático de irrigação encontrou valores de eficiência do uso da água variando de 0,53 a 7,81 g L<sup>-1</sup>.

Tabela 17: Comparação de médias para a variável eficiência do uso da água (EUA) de diferentes cultivares de mudas de açaí sob diferentes umidades do substrato. Dados médios foram determinados com cinco repetições por tratamento (n=4)

Variável	Cultivar	Regulagens de acionamento		Média
		40 cm	80 cm	
Eficiência do Uso da Água (g L <sup>-1</sup> )	BRS Pará	0,14 Aa	0,12 Aa	0,13
	Várzea	0,14 Aa	0,12 Aa	0,13
	Média	0,14	0,12	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

#### **4. CONCLUSÕES**

Conclui-se que a regulagem do desnível do pressostato no sistema simplificado de automatização da irrigação foi fundamental no desenvolvimento inicial das plantas de açaí. A altura de regulagem de 40 cm proporcionou uma maior frequência de irrigação para as mudas, assim como uma maior quantidade total de água durante os 130 dias de desenvolvimento das plantas. Devido a isso, características como condutividade elétrica do substrato, altura da planta e área foliar foram afetadas de maneira significativa.

A cultivar BRS Pará apresentou crescimento inicial superior à cultivar Várzea para as características altura de planta e diâmetro do caule. Porém, após os 83 dias de cultivo das mudas, as cultivares desenvolveram-se de maneira similar.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, S. C. O.; CARVALHO, D. F.; ROCHA, H. S.; SANTOS, H. T.; MEDICI, L. O. Production of automatically watered lettuce with a low cost controller. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 11, n.2, p. 485-489, 2013.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8º edição, UFV: Impr. Univ., 596p, 2009.

BEZERRA, A. C. M. Irrigação automática acionada por sensor de pressão de vapor aplicada na produção de mudas de alface. Dissertação de Mestrado, 53 p., UFRRJ, 2017.

BISCARO, G. A., MACHADO, J. R., TOSTA, M. D. S., MENDONÇA, V., SORATTO, R. P., & DE CARVALHO, L. A. Adubação nitrogenada em cobertura no girassol irrigado nas condições de Cassilândia-MS. **Ciência e Agrotecnologia**, 1366-1373, 2008.

CARVALHO, A. M., MENDES, A. N., CARVALHO, G. R., BOTELHO, C. E., GONÇALVES, F. A., & FERREIRA, A. D. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 45(3), 269-275, 2011.

CARVALHO, D.F.; SILVA, L.D.B.; FOLEGATTI, M.V.; COSTA, J.R.; CRUZ, F.A. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica-RJ utilizando lisímetro de pesagem. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.14, n.2, p. 1-9, 2006.

CATTANIO, J.H., ANDERSON A.B., CARVALHO, M.S. Floristic composition and topographic variation in a tidal floodplain forest in the Amazon Estuary. **Rev Bras Bot** 25:419–430. 2002.

CHRISTOFIDIS, D. Água na produção de alimentos: O papel da academia e da indústria no alcance do desenvolvimento sustentável. **Revista Ciências Exatas**, v.12, p.37-46, 2006.

CLEMENT, C. R. & BOVI, M. L. A. Padronização de medidas de crescimento e produção de experimentos com pupunheira para palmito. **Acta Amazônica**, v. 30, n. 3, p. 349-362, 2000.

CORDEIRO, Y. E. M., DOS SANTOS FILHO, B. G., CORDEIRO, R. A. M., DE PAULA, M. T., & DE OLIVEIRA NETO, C. F. Aspectos bioquímicos em plantas jovens de açaí (*Euterpe oleracea* Mart) submetidas a dois regimes hídricos. **60º Congresso nacional de Botânica**. 2009.

DA CUNHA, C. R., MACIEL, V., MADRUGA, A., LUNZ, A., BERGO, C., & OLIVEIRA, M. Caracterização físico-química da polpa de indivíduos experimentais de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) com alta produtividade. In Embrapa Acre-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 9., Ilhéus. Anais... Ilhéus: SBSAF, 2013. 1 CD-ROM.. 2013.

DE OLIVEIRA, M. D. S. P.; DE CARVALHO, J. E. U.; DO NASCIMENTO, W. M. O. **Açaí (*Euterpe Oleracea* Mart.)**. Jaboticabal: FUNEP, 2000, 52p. (Série frutas nativas, 7).

DIAS, G. C. D. O. Crescimento e relações hídricas de genótipos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivados sob irrigação por acionador automático. Dissertação de Mestrado, UFRRJ, 81p., 2012.

DIAS, N. L. P.; DE OLIVEIRA, E. J. & DANTAS, J. L. L. (2012). Avaliação de genótipos de mamoeiro com uso de descritores agronômicos e estimação de parâmetros genéticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 46(11), 1471-1479, 2012.

GONÇALVES, F. V., MEDICI, L. O., ALMEIDA, W. S. De, CARVALHO, D. F. De, DOS SANTOS, H. T., & GOMES, D. P. Irrigação no cultivo orgânico de alface utilizando Irrigás, tanque Classe A e um sistema automático de baixo custo. **Ciência Rural**, 44(11). 2014.

HOMMA, A.K.O., NOGUEIRA, O.L., DE MENEZES, A.J.E.A., DE CARVALHO, J.E.U., NICOLI, C.M.L., DE MATOS, G.B. Açaí: novos desafios e tendências. **Amaz. Ciência Desenvolv.** 1, 7–23. 2006.

KRAMER, P. J. & BOYER, J. S. Water relations of plants and soils. **Academic Press**, New York, 1995.

LEAL, S. C. De O. B., CARVALHO, D. F., MEDICI, L. O. Dispositivo automático de baixo custo para irrigação. **Novas Edições Acadêmicas**. 71p., 2014.

MAR, C. C.; CONCEIÇÃO, H. E. O.; SANTOS, A. B. R.; VIÉGAS, I. J. M.; SILVA, F. S. N. Produção de massa seca e área foliar do açaizeiro sob déficit hídrico. **Revista Agroecossistemas**, v.5, p.14-23, 2013.

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

MENEZES NETO, M.A. Influência da disponibilidade de oxigênio sobre a germinação, crescimento e atividade das enzimas álcool desidrogenase e lactato desidrogenase em açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). Lavras: ESAL, 50p. Tese de Mestrado. 1994.

MOLIN, J. P., & RABELLO, L. M. Estudos sobre a mensuração da condutividade elétrica do solo. **Engenharia Agrícola**, 31(1), 90-101. 2011.

NOGUEIRA, O. L., & CONCEICAO, H. D. Análise de crescimento de açaizeiros em áreas de várzea do estuário amazônico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 35(11), 2167-2173. 2000.

NOGUEIRA, O. L.; FIGUEIRÊDO, F. J. C.; MÜLLER, A. A. Açaí, Sistemas de produção. **Embrapa Amazônia Oriental**, v. 2, 2005.

OLIVEIRA JUNIOR, A. G. D. Utilização de acionador simplificado de baixo custo para manejo de irrigação de mudas de Aroeira-Pimenteira (*Schinus terebinthifolius*). Dissertação de Mestrado, 45 p., UFRRJ, 2016.

OLIVEIRA, M., & de FARIAS NETO, J. T. Cultivar BRS-Pará: açazeiro para produção de frutos em terra firme. **Embrapa Amazônia Oriental**. Comunicado técnico. 2005.

REIS, M. V. M.; DAMASCENO JUNIOR, P. C.; CAMPOS, T. de O.; DIEGUES, I. P.; FREITAS, S. C. de. Variabilidade genética e associação entre caracteres em germoplasma de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n.2, p.412-420, abr-jun 2015.

SELBORNE, L. A ética do uso da água doce: um levantamento. Brasília, **UNESCO**, 80p., 2002.

SILVA, B. M. D. S., MORO, F. V., SADER, R., & KOBORI, N. N. Influência da posição e da profundidade de semeadura na emergência de plântulas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.-Arecaceae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, 187-190. 2007.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. Livro: **Fisiologia Vegetal**, 4<sup>o</sup> edição, 719p., 2009.

TRINDADE, A. V. Orgânico ou Adubação Mineral. **Revista Ceres**, 48(276), 181-194. 2001.

TURNER N.C. Adaptation to water deficits: A changing perspective. **Aust J Plant Physiol** 13:175-190, 1986.

## CAPÍTULO II

### UTILIZAÇÃO DE MATERIAL VEGETAL NÃO COMPOSTADO COMO ALTERNATIVA NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE AÇAÍ (*Euterpe oleraceae* Mart.)

#### RESUMO

Um substrato de qualidade é fator imprescindível para produção de mudas. Suas características físico-químicas, assim como a facilidade de disponibilidade e baixo custo são muito importantes para o sucesso de um viveiro de mudas. A prática de se adubar plantas utilizando-se de outros vegetais em decomposição é muita antiga, e recentemente, houve um aprofundamento nos estudos da adubação verde como fonte de nutrientes e melhorias do meio de cultivo. Há ainda poucos trabalhos com a cultura do açaí em fase de viveiro. Assim, objetivou-se neste trabalho testar espécies vegetais picadas e não compostadas como alternativa na composição do substrato para produção de mudas de açaí sob diferentes regimes de irrigação. As plantas de açaí da cultivar BRS Pará foram cultivadas em recipientes de 1,7 L por 130 dias em três diferentes tipos de substrato a saber: 50% de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) picado + 50 % de crotalaria picada (*Crotalaria breviflora*), na qual foi denominado *leguminosa picada* (LP), capim colônio (*Panicum maximum*) picado (CP) e substrato comercial (SC). Além da variação do substrato, sob um delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial, foram testados também dois regimes de irrigação em um sistema automatizado com duas formas de acionamento. A nova metodologia proposta de utilização somente de material vegetal não compostado como substrato para o cultivo de mudas de açaí apresentou alguns problemas de natureza química e física. Devido ao alto índice de mortalidade das plantas em alguns tratamentos não foi possível realizar análises estatísticas. A associação deste método com o acionador simplificado de irrigação também podem ter sido a causa do pequeno número de acionamentos do sistema e conseqüentemente do baixo volume de água proporcionado às plantas. Apesar dos problemas citados, conseguiu-se produzir mudas de açaí utilizando somente material vegetal como substrato. Alguns ajustes na metodologia são necessários para que o processo seja viável do ponto de vista prático e



econômico, assim como mais experimentos visando testar a viabilidade dessa nova proposta em outras espécies vegetais.

**Palavras-chave:** substrato, automatização da irrigação, fruticultura.

**UTILIZATION OF NON-COMPOSITE VEGETABLE MATERIAL AS AN  
ALTERNATIVE IN THE PRODUCTION OF AÇAÍ PLANTS (*Euterpe oleraceae*  
Mart.)**

**ABSTRACT**

A substrate of quality is an essential factor for the production of seedlings. Its physico-chemical characteristics, as well as the ease of availability and low cost are very important for the success of a seedling nursery. The practice of fertilizing plants using other decomposing plants is very old, and recently there has been a deepening in the studies of green manuring as a source of nutrients and improvements in the medium. There are still few works with açai culture in the nursery phase. Thus, the objective of this work was to test both prickly and non-composted vegetable species as an alternative in the substrate composition for the production of açai seedlings under different irrigation regimes. The açai plants of the cultivar BRS Pará were cultivated in containers of 1.7 L for 130 days in three different types of substrate: 50% of forage peanut (*Arachis pintoi*) chopped + 50% of chopped crotalaria (*Crotalaria breviflora*), (LP), chopped *Panicum maximum* (CP) and commercial substrate (SC). In addition to the variation of the substrate, under a randomized complete block design in a factorial scheme, two irrigation schemes were tested in an automated system with two drive modes. The new proposed methodology of using only non-composted plant material as a substrate for the cultivation of açai seedlings presented some problems of a chemical and physical nature. Due to the high mortality rate of the plants in some treatments, it was not possible to carry out statistical analysis. The association of this method with the simplified irrigation actuator may also have been the cause of the small number of system drives and consequently the low water volume provided the plants. Despite the problems mentioned, it was possible to produce açai seedlings using only vegetal material as substrate. Some adjustments in the methodology are necessary to make the process feasible from a practical and economical point of view, as well as more experiments aimed at testing the viability of this new proposal in other plant species.

**Keywords:** substrate, irrigation automation, fruit growing.

## 1. INTRODUÇÃO

O substrato, quando adquirido externamente pelo viveirista, é um dos fatores que mais oneram no processo de produção de mudas. Em muitos viveiros há a produção própria de substratos, seja por processos de compostagem ou pela utilização de materiais orgânicos disponíveis na propriedade (WENDLING & GATTO, 2002). A utilização de substratos previamente preparados na produção de mudas proporciona algumas vantagens como o fornecimento de nutrientes em doses e épocas mais adequadas, redução da ocorrência de problemas fitossanitários, e possibilidade de manejo mais adequado da água (STEFFEN et al., 2010).

Muitos materiais utilizados para composição do substrato como fibra de coco, casca de arroz carbonizada, bagaço de cana-de-açúcar e casca de pinus triturada podem ser sazonais e de difícil obtenção, dependendo da região e época do ano (BARBOSA & LOPES, 2007). A disponibilidade do substrato na região, a facilidade no transporte e a capacidade deste em suprir completamente a demanda nutricional da planta são fatores que devem ser levados em consideração pelo fato de propiciarem menores custos ao produtor rural (LEAL et al., 2009).

A prática de se adubar plantas utilizando-se de outros vegetais em decomposição é muita antiga, porém nas últimas décadas a pesquisa agropecuária tem dado maior importância a este tema (DE LIMA FILHO, 2014). Grande parte da comunidade científica que estuda este assunto prioriza a pesquisa com espécies leguminosas, pelo fato destas realizarem a fixação biológica de nitrogênio por meio de um processo de simbiose com bactérias específicas. Porém, todos os vegetais quando entram em estado de decomposição são capazes de disponibilizar nutrientes essenciais para outras plantas em menor ou maior quantidade.

Mazoyer e Roudart (2010) citam que, dos diversos tipos de agricultura realizados ao longo da história, em todo sistema agrário “durável”, há um método eficaz de renovação da fertilidade do solo. E de acordo com os mesmos autores, o primeiro desses métodos utilizado pelos nossos antepassados foi justamente deixar a vegetação natural se reconstituir e restituir ao solo as quantidades de matéria orgânica e minerais suficientes para compensar as perdas ocasionadas pelo período de cultivo.

Segundo De Lima Filho (2014), os adubos verdes começaram a ser estudados no Brasil há pelo menos 100 anos, e ao longo deste tempo diversas instituições de pesquisa

e universidades contribuíram para o melhor conhecimento do manejo e utilização dos adubos verdes. Ainda de acordo com este mesmo autor, a partir da década de 1980, verificou-se um aprofundamento nos estudos da adubação verde fazendo com que houvesse, cada vez mais, a profissionalização do uso dessa técnica.

Dentre as espécies mais preconizadas para utilização como adubo verde atualmente, encontram-se várias plantas com diferentes hábitos de crescimento, relação C/N, quantidade de nitrogênio fixado por ano ou ciclo e quantidade de massa verde por área. Desta forma, pode-se citar espécies bastante utilizadas como as crotalárias (*Crotalaria breviflora*, *Crotalaria juncea* e *Crotalaria spectabilis*), guandu (*Cajanus cajan*), leucena (*Leucaena leucocephala*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), milheto (*Pennisetum glaucum*), amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi*) e gliricídia (*Gliricidia sepium*).

A maioria das espécies cultivadas hoje com a finalidade de utilização como adubo verde são plantas anuais de ciclo curto e que portanto necessitam de semeaduras constantes (DE LIMA FILHO, 2014). De uma maneira geral, estas plantas são ceifadas na época de sua floração, e posteriormente utilizadas. Porém, existem algumas espécies como a leucena e a gliricídia que são plantas de porte arbóreo, na qual são efetuadas podas periódicas para utilização como adubação verde. Portanto, o conhecimento profundo da espécie a ser utilizada é de suma importância para o manejo adequado e consequente otimização dos nutrientes que serão disponibilizados.

O amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) é considerado uma espécie leguminosa herbácea perene rústica e de fácil cultivo, com potencial para utilização como adubo verde e cobertura do solo (PERIN et al., 2003). Existem diversas espécies de crotalárias, sendo que a maioria apresentam algumas características em comum como elevada tolerância ao estresse hídrico, significativo acúmulo de fitomassa e nutrientes na parte aérea e grande capacidade de incorporar nitrogênio ao sistema agrícola por meio da fixação biológica (PACHECO et al., 2015). Existem vários cultivares de capim colômbio (*Panicum maximum*), na qual produzem grande quantidade de massa vegetal em curto período de tempo, adaptado a diferentes tipos de solo e apresentando alta capacidade de rebrota após o corte (STABILE et al., 2010).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi utilizar espécies vegetais picadas e não compostadas de diferentes características físicas e químicas como alternativa na composição do substrato para produção de mudas de açaí sob diferentes regimes de irrigação.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Montagem do experimento e delineamento experimental

O experimento foi realizado em casa de vegetação no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro no município de Seropédica, em uma altitude de 33 metros e sob clima tropical úmido Aw segundo classificação de Koppen, com temperatura média anual de 24,5°C e precipitação média anual de 1213 mm (CARVALHO et al., 2006).

As sementes pré-germinadas da cultivar BRS Pará, adquiridas da Embrapa Amazônia Oriental, foram colocadas para germinar em leitos de enraizamento com areia pura no Horto Florestal de Paraty/RJ. Cerca de 2/3 das sementes foram enterradas com o poro germinativo voltado para cima e a rafe perpendicular à superfície do substrato, de acordo com o que foi preconizado por Silva et al. (2007).

No processo de desenvolvimento inicial as sementes permaneceram no leito de enraizamento por 45 dias, sendo transplantadas para os recipientes definitivos de 1,7L quando as plântulas se encontravam no estágio “agulha”. Devido a desuniformidade na emergência das plântulas e no processo germinativo do açaí (DE OLIVEIRA et al., 2000), foi necessário padronizar o tamanho das mudas na repicagem. A altura da parte aérea no momento do transplante era de 7 a 8 cm, o diâmetro do coleto tinha aproximadamente 0,3 cm e o comprimento das raízes era de 9 cm.

O delineamento utilizado neste experimento é o de blocos casualizados em esquema fatorial 3 x 2 (3 substratos e 2 alturas do pressostato) com 4 blocos e 3 plantas por parcela, totalizando 72 potes de mudas. Foram testados três substratos com diferentes características a saber: 50% de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) picado + 50 % de crotalária picada (*Crotalaria breviflora*), na qual foi denominado *leguminosa picada* (LP), capim colônia (*Panicum maximum*) picado (CP) e substrato comercial (SC), em uma combinação com 2 diferentes regulagens do acionador automático de irrigação de 40 cm e 80 cm, que correspondem respectivamente as tensões de 4 e 8 kPa.

O substrato LP foi obtido quando as plantas *Crotalaria breviflora* e *Arachis pintoi* encontrava-se em estágio de começo de floração (Figuras 17 e 18). Em um primeiro momento efetuou-se o corte de toda a planta (incluindo folhas, talos e flores) e posteriormente picou-se a planta em pedaços menores, com cerca de 1 a 3 cm, através do uso de uma picadeira. Iguais quantidades de massa de amendoim forrageiro e crotalária

foram misturados e homogeneizados para compor o substrato. Após a homogeneização, a massa verde picada foi espalhada sobre uma lona e colocada ao sol para secar por um período de 3 dias (Figura 19). Essa massa verde picada seca foi colocada nos recipientes de 1,7 L, na qual posteriormente foi transplantada a muda de açai.



Figura 17: Crotalária (*Crotalaria breviflora*) na época de corte para obtenção do substrato.



Figura 18: Amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) na época de corte para obtenção do substrato.



Figura 19: Procedimento de secagem dos substratos Leguminosa Picada e Capim Picado.

O substrato CP foi obtido através de cortes de capim colonião a uma altura de 5 cm do chão, na qual encontrava-se folhas e talos. Os procedimentos de picagem e secagem da massa verde foi idêntico ao realizado para o substrato LP. Portanto, os substratos CP e LP são materiais não compostados.

Na composição dos tratamentos LP e CP foi adicionado na parte superior do vaso uma camada de areia de 3 cm com a finalidade de conferir firmeza ao substrato no momento da repicagem. Conseqüentemente, visando padronizar os tratamentos, os vasos com substrato comercial (SC) também tiveram a mesma camada de areia adicionada na parte superior do vaso.

Os substrato LP e CP foram enviados para o Laboratório de Análise de Solo, Tecido Vegetal e Fertilizante da Universidade Federal de Viçosa (UFV) com o intuito de se realizar uma análise de nutrientes desses substratos no começo do experimento (Tabela 18). As metodologias utilizadas para determinação dos nutrientes foram a digestão nítrico-perclórica para P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Mn e Fe, a digestão sulfúrica para N e digestão via seca para B, seguindo os procedimentos de Sarruge & Haag (1974). Por se tratar de análises de substratos, os dados foram convertidos de dag/kg para dag/dm<sup>3</sup> de acordo com as respectivas densidades.

O substrato SC foi adquirido da empresa *Natus Solos* e em sua composição estão incluídos turfa, vermiculita, casca de pinus, carvão vegetal e matéria orgânica. De acordo com dados do fabricante, a capacidade de retenção de água é de 60% (peso/peso), a condutividade elétrica de 1,4 mS/cm e o pH é de 5,7.

Tabela 18: Análise de nutrientes dos substratos Capim Picado e Leguminosa Picada.

	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>C</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>B</b>
	-----dag/dm <sup>3</sup> -----							-----mg/dm <sup>3</sup> -----				
<b>Capim Picado</b>	0,19	0,03	0,29	0,07	0,03	0,02	8,79	2,64	20,19	1,58	17,22	2,20
<b>Leguminosa Picada</b>	0,72	0,05	0,36	0,36	0,11	0,05	10,80	4,98	41,45	2,69	59,09	9,01

Os tratamentos ficaram dispostos da seguinte maneira (Figura 20):

T1 = CP x 40 cm

T2 = CP x 80 cm

T3 = LP x 40 cm

T4 = LP x 80 cm

T5 = SC x 40 cm

T6 = SC x 80 cm



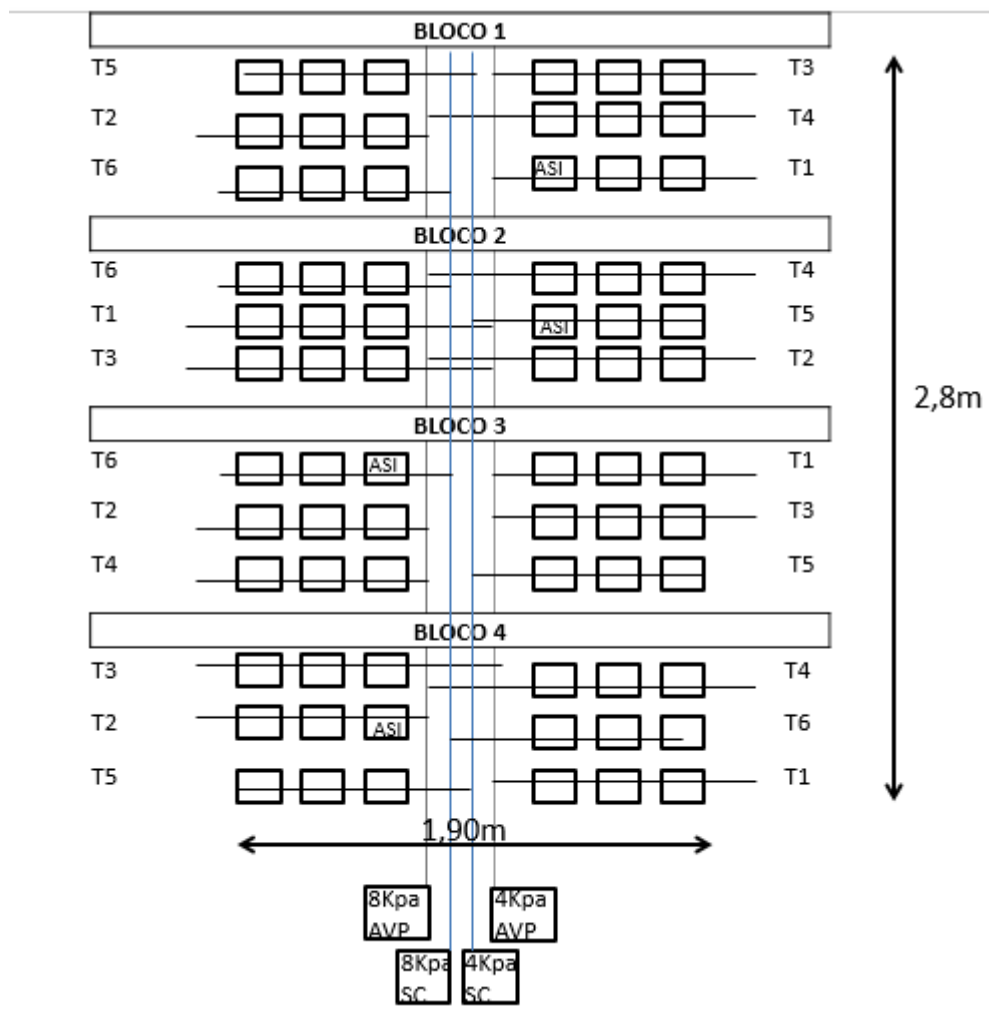


Figura 20: Croqui do experimento (Substrato x Regulagem do pressostato).

## 2.2 Sistema automatizado de irrigação

O experimento foi realizado sob sombreamento de 50% e em recipientes de polietileno de 20 cm de altura, 10 cm de diâmetro e volume de 1,7 L. A automatização da irrigação é realizada por um dispositivo denominado “Acionador simplificado para irrigação” (ASI), e caracteriza-se pela fácil construção e pelo baixo custo, uma vez que seus componentes são utensílios domésticos de fácil aquisição (MEDICI et al., 2010). A localização dos ASI no experimento pode ser visto na Figura 20.

O acionador é composto por uma cápsula cerâmica conectada por um tubo flexível a um pressostato de máquina de lavar roupa. A metodologia de montagem, os utensílios utilizados e o funcionamento do sistema automatizado de irrigação são idênticos aos demonstrados no Capítulo 1, preconizados por Batista et al. (2013) e Leal et al. (2014).

O sistema de irrigação automatizado consistiu em uma linha principal seguida de um cabeçal de controle onde foram instaladas quatro válvulas solenoides, para controle do acionamento da irrigação, e hidrômetros, para medir o volume de água aplicado (Figura 21). Foram estabelecidas quatro linhas principais de irrigação e 24 linhas laterais, sendo que o acionador de controle nos tratamentos com material vegetal picado (CP e LP) foi o mesmo. Estes acionadores relativos ao material vegetal foram instalados em vasos que continham o capim picado como substrato. Portanto, os tratamentos T1 (CP x 40 cm) e T3 (LP x 40 cm) são dependentes de um único acionador e receberam as mesmas quantidades de água, assim como T2 (CP x 80 cm) e T4 (LP x 80 cm). Já para os tratamentos com SC foi definido um acionador de controle da irrigação separado para as duas regulagens de altura do pressostato. Dessa forma, o experimento foi composto por 4 linhas de irrigação com 4 acionadores diferentes (Figuras 22 e 23):

Acionador 1: CP e LP/ pressostato a 40 cm;

Acionador 2: CP e LP/ pressostato a 80 cm;

Acionador 3: SC/ pressostato a 40 cm;

Acionador 4: SC/ pressostato a 80 cm;

Devido a variação de pressão ao longo das linhas laterais, utilizou-se microtubos de diferentes comprimentos para uniformização da vazão em todos os vasos. Portanto os comprimentos dos microtubos variaram de 26,1 a 26,4 cm, de acordo com a posição do vaso no sistema de irrigação. Foi realizado um teste de uniformidade na qual foi constatado CUC de 94,85% e vazão média dos microtubos de 2,17 litros por hora.



Figura 21: Cabeçal de controle e montagem do sistema de irrigação.



Figura 22: Visão geral do experimento montado.



Figura 23: Detalhe dos microtubos irrigando as mudas de açai em começo de desenvolvimento.

Foram realizadas capinas periodicamente quando necessário. As variáveis analisadas e os respectivos instrumentos de avaliação durante o experimento foram:

- Altura da planta (cm) – obtida pela medida entre a base do caule ao nível do substrato até a inserção da folha mais alta, com auxílio de uma régua graduada;
- Diâmetro do caule (cm) – medido na região do colo da planta ao nível do substrato com auxílio de um paquímetro manual;
- Número de folhas – obtido pela simples contagem do número de folhas;
- Comprimento de folha (cm) – obtido pela medida entre a base da folha junto ao pecíolo até a extremidade do limbo foliar, com auxílio de uma régua graduada;
- Largura de folha (cm) – obtida pela medida da maior largura da folha, com auxílio de uma régua graduada;
- Área foliar (cm<sup>2</sup>) - obtida pelo produto do comprimento e da largura das folhas, multiplicado pelo fator 0,6854 (NOGUEIRA & CONCEIÇÃO, 2000);
- Temperatura do substrato as 6 h e as 13h na profundidade de 10 cm – termômetro de solo marca Multi-thermometer. (Figura 24-A);
- Condutividade elétrica do substrato (mS/cm) – obtido pelo condutímetro Hanna, modelo HI 993310 (Figura 24-B), por meio de inserção da haste do equipamento até a profundidade de 10 cm no vaso.

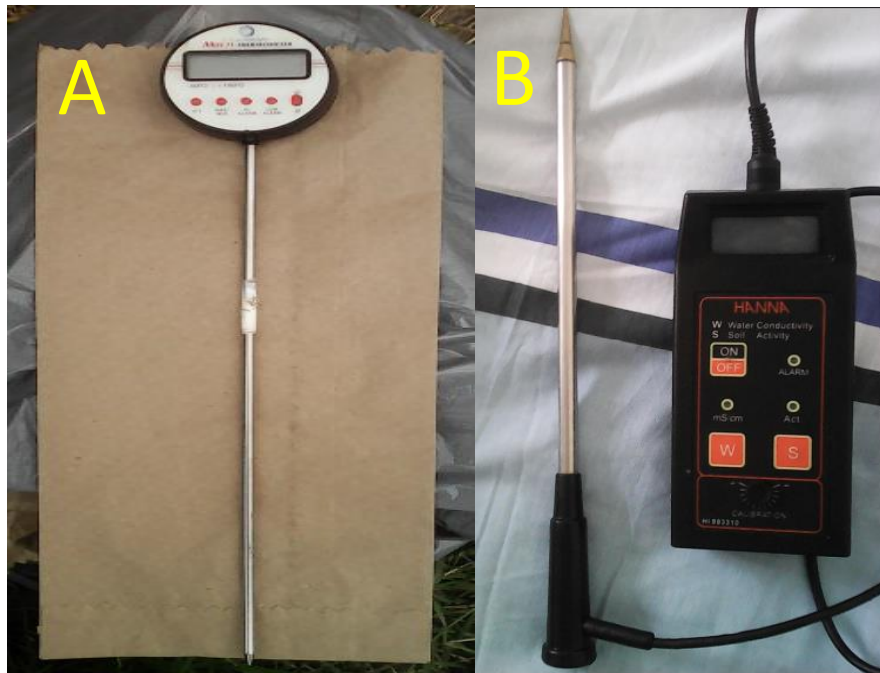


Figura 24: A – Termômetro de solo; B – Condutímetro digital.

As variáveis altura da planta, diâmetro do caule, condutividade elétrica e temperatura do substrato foram avaliadas aos 20, 45, 53, 84, 111 e 130 DAR (dias após a repicagem). As datas de avaliação foram determinadas de acordo com a observação do crescimento da planta. Já as variáveis número de folhas, comprimento de folha, largura de folha e área foliar foram avaliadas aos 53, 84, 111 e 130 DAR, quando as plantas apresentavam folhas completas. Os dados de temperatura do ar nos períodos avaliados foram retirados no endereço eletrônico do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2018). As variáveis analisadas ao final do experimento, quando as mudas se encontravam com 130 dias, foram:

- Peso seco da parte aérea das mudas;
- Peso seco da raiz das mudas.

Devido ao alto índice de mortalidade das plantas em alguns tratamentos, não foi possível realizar análises estatísticas.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos regulados ao desnível do pressostato de 40 cm receberam maior quantidade de água e número de acionamentos que no desnível de 80 cm (Tabela 19), como esperado. Para os tratamentos com CP (capim picado) e LP (leguminosa picada), as quantidades de água recebidas foram as mesmas devido ao fato de o acionador automático utilizado para controlar o começo e fim da irrigação terem sido os mesmos. Portanto, para os substratos vegetais, em média, foram aplicados 0,285 e 0,319 L de água por acionamento para os vasos cujo desnível do pressostato era de 40 e 80 cm, totalizando um volume aplicado por vaso de 4,845 e 4,785 L, respectivamente. Os tratamentos com SC (substrato comercial) a 40 e 80 cm foram os que receberam as maiores quantidades de água, com respectivamente 97,79 e 76,30 L, e tiveram maiores frequências de irrigação com 29 e 22 acionamentos.

Tabela 19: Quantidade de água registrada pelos hidrômetros nos diferentes tratamentos durante o experimento.

<b>Tratamento</b>	<b>Nº de acionamentos</b>	<b>Total de água aplicada (L)</b>	<b>Volume médio por acionamento (L)</b>	<b>Volume por vaso (L)</b>
T1: CP/40 cm	17	58,25	0,285	4,845
T2: CP/80 cm	15	57,49	0,319	4,785
T3: LP/40 cm	17	58,25	0,285	4,845
T4: LP/ 80 cm	15	57,49	0,319	4,785
T5: SC/40 cm	29	97,79	0,281	8,149
T6: SC/80 cm	22	76,30	0,289	6,358

Uma provável causa pela menor frequência de irrigação nos tratamentos com material vegetal picado (T1, T2, T3 e T4) seria a maior retenção de umidade nesses tipos de substrato, mantendo a água disponível para a planta por mais tempo. Porém, como houve uma considerável mortalidade de plantas nesses tratamentos (Tabela 20), outras considerações podem ser feitas.

Tabela 20: Quantidade de plantas mortas em cada tratamento.

<b>Tratamento</b>	<b>Plantas mortas</b>	<b>Porcentagem de plantas mortas por tratamento</b>	<b>Porcentagem de plantas mortas por substrato</b>
T1: CP/40 cm	8	66,66%	45,83%
T2: CP/80 cm	3	25%	
T3: LP/40 cm	3	25%	54,17%
T4: LP/ 80 cm	10	83,33%	
T5: SC/40 cm	0	0,00%	4,17%
T6: SC/80 cm	1	8,33%	

Levando-se em conta o número de plantas na parcela e número de repetições, cada tratamento foi composto de um total de 12 vasos. Grande parte da mortalidade das plantas se concentrou no período entre 60 a 80 dias de cultivo, quando a maioria das plantas apresentavam duas folhas. Considerando os substratos utilizados, os tratamentos com leguminosa picada (T3 e T4) e capim picado (T1 e T2) foram os que apresentaram a maior porcentagem de mortalidade com, respectivamente, 54,17 e 45,83 % (Tabela 20).

Pode-se citar algumas prováveis causas do alto índice de mortalidade de plantas nesses tratamentos com materiais vegetais picados como substrato. Uma das causas apontadas é quanto ao baixo volume de água aplicado devido ao acionamento da irrigação pelo sensor de cerâmica (Tabela 19). O baixo número de acionamentos da irrigação pode estar relacionado com a superfície de contato entre substrato e cápsula porosa. Os substratos LP e CP não apresentaram uma estrutura que permitisse um maior contato com a cápsula porosa, responsável pelo acionamento do sistema de irrigação (Figura 25).

Meurer (2007) relata que a densidade dos solos em condições naturais vai de 0,2 a 0,5 kg/dm<sup>3</sup> (solos turfosos) até 1,6 kg/dm<sup>3</sup> (solos arenosos), e que a alteração na densidade reflete-se diretamente na expansão do sistema radicular das plantas, uma vez que a modificação da estrutura influi na porosidade, no volume de água disponível e no teor de oxigênio no solo. Bunt (1973) relata que os valores ideais de densidade seca para substratos hortícolas variam entre 0,4 a 0,5 kg/dm<sup>3</sup>. Um substrato com baixa densidade na produção de mudas pode ocasionar problemas na fixação das plantas e tombamento quando o cultivo é feito em recipientes altos (JANSEN et al., 1989; SCHMITZ et al., 2002), devendo estes serem misturados com outros substratos de maior densidade (SHMITZ et al., 2002).

A densidade do substrato pode ser influenciada pela mistura, embalagem e transporte do substrato (GASPARIN et al., 2014). De acordo com Fermino (2002), até a

pressão aplicada no momento do preenchimento dos recipientes pode ter influência na densidade, pois à medida que se comprime um substrato, aumenta-se a proporção de microporos, diminuindo o espaço de aeração e aumentando a retenção de água.

No início dos experimentos, o substrato comercial apresentava uma densidade de 1,20 kg/dm<sup>3</sup>, enquanto a leguminosa picada e o capim picado apresentaram respectivamente 0,28 kg/dm<sup>3</sup> e 0,17 kg/dm<sup>3</sup>. Portanto, é possível dizer que os substratos com material vegetal não compostado apresentam fases gasosas e porosidades maiores do que o substrato comercial, o que também dificultou o acionamento da irrigação e desenvolvimento das raízes. O contato solo-raiz é de suma importância para a absorção de água e nutrientes pela planta, sendo que solos muito porosos são prejudiciais para o desenvolvimento das raízes (HAKANSSON et al., 1998).



Figura 25: Aspecto dos substratos LP (esquerda) e CP (direita) no início dos experimentos.

Outros aspectos que podem estar relacionados à mortalidade das plantas é quanto aos dados de condutividade elétrica e temperatura do substrato. Nas tabelas 21 e 22 é possível observar a variação das temperaturas dos substratos e temperatura do ar ao longo



do experimento nos momentos de menor (6 horas da manhã) e maior (13 horas) temperatura no dia. Verifica-se que nos tratamentos CP/40cm e LP/80cm, em determinadas datas de medição, a temperatura do substrato às 13 h ultrapassou os 40 °C. Estes dois tratamentos foram os que apresentaram a maior mortalidade de plantas (Tabela 19). Porém, a temperatura do tratamento SC/80cm, na qual morreu apenas uma planta, também ficou próxima a 40 °C, o que permite dizer que este fator não foi o responsável de maneira isolada pelo alto índice de mortalidade das plantas. A temperatura do ar às 13h ficou entre 29 °C e 28 °C.

Tabela 21: Variação da Temperatura dos substratos e do ar as 6h da manhã.

	Temperatura às 6 h						
	DAR <sub>1</sub>	DAR <sub>20</sub>	DAR <sub>45</sub>	DAR <sub>53</sub>	DAR <sub>84</sub>	DAR <sub>111</sub>	DAR <sub>130</sub>
<b>CP/40cm</b>	21,93	21,78	24,65	26,55	25,60	24,75	25,50
<b>CP/80cm</b>	21,30	21,23	24,33	26,28	25,08	25,98	25,80
<b>LP/40cm</b>	21,38	21,38	24,35	26,43	25,25	26,03	25,73
<b>LP/80cm</b>	21,60	21,88	24,33	26,53	25,20	25,90	25,70
<b>SC/40cm</b>	20,93	21,63	24,43	26,15	25,00	25,53	25,80
<b>SC/80cm</b>	20,58	21,05	23,30	25,95	24,83	26,28	25,45
<b>T ar</b>	20,00	22,00	27,00	27,00	26,00	27,00	23,00

Tabela 22: Variação da Temperatura dos substratos e do ar as 13h da tarde.

	Temperatura às 13 h						
	DAR <sub>1</sub>	DAR <sub>20</sub>	DAR <sub>45</sub>	DAR <sub>53</sub>	DAR <sub>84</sub>	DAR <sub>111</sub>	DAR <sub>130</sub>
<b>CP/40cm</b>	34,23	32,88	35,78	42,73	37,13	38,65	35,60
<b>CP/80cm</b>	34,89	31,85	33,88	37,25	37,60	39,85	35,37
<b>LP/40cm</b>	34,02	31,83	34,60	38,85	36,60	38,57	36,20
<b>LP/80cm</b>	34,28	33,28	35,50	40,15	38,28	42,20	34,20
<b>SC/40cm</b>	33,96	32,68	35,03	38,28	38,08	38,20	37,88
<b>SC/80cm</b>	33,06	32,30	33,85	38,78	36,63	39,98	36,93
<b>T ar</b>	30,00	29,00	35,00	38,00	30,00	36,00	34,00

O processo de compostagem, entre outros fatores, diferencia-se da simples decomposição da matéria orgânica que ocorre na natureza por ser um processo com predominância da ação de microrganismos termófilos e transcorrer em temperaturas em torno de 60° C na massa em decomposição (INÁCIO & MILLER, 2009). Dessa forma, observando a Tabela 21, percebe-se que as temperaturas do substrato medidas no momento mais fresco do dia (às 6h), demonstraram que não houve processo de fermentação e atuação de organismos termófilos nos tratamentos com material vegetal

picado. As temperaturas às 6 h da manhã ficaram na faixa entre 20,58 °C a 26,55 °C durante todo o experimento para todos os tratamentos, enquanto a temperatura do ar ficou entre 20 °C a 27 °C. Assim, o temor de que a decomposição do material vegetal picado pudesse aumentar de sobremaneira a temperatura e conseqüentemente prejudicar as raízes das mudas parece não fazer sentido.

Quanto maior for a capacidade de reter água de um substrato, provavelmente menor será sua variação térmica ao longo do dia, já que, segundo Vieira et al. (2010), a água apresenta um alto calor específico, ou seja, é necessário uma adição de energia relativamente grande para aumentar a sua temperatura. Dessa forma, os materiais vegetais picados, devido as suas características de porosidade, textura e densidade, retiveram menos água do que o substrato comercial (Tabelas 18, 21 e 22).

De uma maneira geral, temperaturas de solo ideais para a maioria das espécies vegetais variam de 20 a 35° C, sendo que valores acima de 40°C podem ocasionar efeitos adversos na taxa de crescimento das plantas (FARIAS et al., 2007). Magalhães Filho et al. (2010), em estudo com mudas de laranjeira “Valência”, relatam que a temperatura do substrato afetou a assimilação de CO<sub>2</sub>, e fatores como condutância estomática e eficiência máxima de carboxilação, sendo a temperatura de 30 °C considerada a ideal. Em testes de germinação com sementes de *Euterpe edulis* Mart., Bovi et al. (1989) relatam que na temperatura de 35°C houve decréscimo da taxa de germinação e intenso ataque de fungos.

Na Tabela 23 é possível observar a dinâmica da condutividade elétrica durante todo o experimento. Percebe-se que os tratamentos com capim picado e leguminosa picada apresentaram uma alta condutividade durante todo o período de análise, principalmente no início das medições.

De acordo com Molin & Rabello (2011), a condutividade elétrica é utilizada na agricultura como forma de fornecer informações a respeito da variabilidade da composição físico-química do solo, além de responder às variações de textura do solo e seus teores de umidade. Em classificação utilizada pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), os solos com condutividade elétrica maior do que 4,0 mS/cm podem ser considerados salinos ou salino-sódicos.

Para uma condutividade elétrica do extrato da pasta de saturação do solo (CE) de 4 mS/cm, ocorre 50 % de redução na produção da maioria das culturas agrícolas (FREIRE & FREIRE, 2007). Desta forma, durante a maior parte do experimento, os tratamentos com capim picado e leguminosa picada apresentaram CE acima dos 4 mS/cm, o que seria prejudicial para o desenvolvimento das raízes. Portanto, o alto percentual de morte nesses

tratamentos também podem estar relacionados aos altos valores de condutividade elétrica.

Tabela 23: Média das CE (mS/cm) durante o experimento no seis tratamentos.

<b>Condutividade elétrica (CE)</b>							
	<b>1 DAR</b>	<b>20 DAR</b>	<b>45 DAR</b>	<b>53 DAR</b>	<b>84 DAR</b>	<b>111 DAR</b>	<b>130 DAR</b>
<b>CP/40cm</b>	5,91	5,12	4,64	3,21	2,67	1,11	0,53
<b>CP/80cm</b>	6,39	5,40	5,28	4,05	3,45	2,83	2,79
<b>LP/40cm</b>	6,30	5,97	4,85	4,40	4,33	3,21	2,88
<b>LP/80cm</b>	5,89	5,83	4,68	4,17	3,30	2,47	2,40
<b>SC/40cm</b>	0,61	0,48	0,47	0,42	0,39	0,35	0,32
<b>SC/80cm</b>	0,87	0,60	0,57	0,39	0,38	0,36	0,26

Nas Tabelas 24, 25 e 26 estão as médias de altura de plantas, diâmetro do caule e área foliar respectivamente. Como algumas plantas foram morrendo no decorrer do experimento, as médias foram realizadas com as plantas que estavam vivas no momento da avaliação. Percebe-se que não houve mortalidade de plantas até a terceira avaliação aos 53 dias após a repicagem. Grande parte das mortes concentraram-se no período que as plantas começaram a emitir novas folhas e conseqüentemente aumentar a demanda por água.

Devido ao número diferenciado de plantas que originaram as médias dos tratamentos, a interpretação dos dados exige cautela. Para as características altura de plantas, diâmetro do caule e área foliar, verificou-se que os tratamentos com substrato comercial tiveram os maiores valores, seguidos dos tratamentos com capim picado e leguminosa picada.

Tabela 24: Média das alturas de plantas (cm) durante o experimento no seis tratamentos.

<b>Altura de plantas (cm)</b>						
	<b>20 DAR</b>	<b>45 DAR</b>	<b>53 DAR</b>	<b>84 DAR</b>	<b>111 DAR</b>	<b>130 DAR</b>
<b>CP/40cm</b>	4,47 (12)	5,42 (12)	7,41 (12)	9,41 (6)	11,69 (5)	13,38 (5)
<b>CP/80cm</b>	4,48 (12)	4,92 (12)	6,7 (12)	8,42 (10)	11,5 (9)	12,53 (9)
<b>LP/40cm</b>	3,97 (12)	5,21 (12)	5,92 (12)	7,92 (10)	9,19 (9)	9,79 (9)
<b>LP/80cm</b>	4,48 (12)	4,83 (12)	4,93 (12)	5,62 (6)	7,65 (2)	8,4 (2)
<b>SC/40cm</b>	5,2 (12)	7,96 (12)	14,68 (12)	15,17 (12)	17,31 (12)	17,8 (12)
<b>SC/80cm</b>	5,28 (12)	8,41 (12)	13,88 (12)	12,73 (11)	15,11 (11)	15,65 (11)
<b>Média</b>	4,65	6,13	8,92	9,88	12,08	12,93

Obs: O valor entre parênteses significa o número de plantas vivas no tratamento.

Tabela 25: Média dos diâmetros de plantas (cm) durante o experimento no seis tratamentos.

	<b>Diâmetro do caule (cm)</b>					
	<b>20 DAR</b>	<b>45 DAR</b>	<b>53 DAR</b>	<b>84 DAR</b>	<b>111 DAR</b>	<b>130 DAR</b>
<b>CP/40cm</b>	2,60 (12)	2,80 (12)	3,05 (12)	3,11 (6)	3,77 (5)	4,45 (5)
<b>CP/80cm</b>	2,45 (12)	2,64 (12)	2,93 (12)	2,99 (10)	3,18 (9)	3,59 (9)
<b>LP/40cm</b>	2,18 (12)	2,70 (12)	2,85 (12)	2,87 (10)	3,07 (9)	3,57 (9)
<b>LP/80cm</b>	2,10 (12)	2,51 (12)	2,61 (12)	2,65 (6)	2,99 (2)	3,53 (2)
<b>SC/40cm</b>	3,11 (12)	3,71 (12)	4,43 (12)	4,69 (12)	5,75 (12)	6,82 (12)
<b>SC/80cm</b>	3,14 (12)	3,55 (12)	4,37 (12)	4,51 (11)	5,63 (11)	6,68 (11)
<b>Média</b>	2,60	2,98	3,37	3,47	4,07	4,78

Obs: O valor entre parênteses significa o número de plantas vivas no tratamento.

Tabela 26: Média das áreas foliares (cm<sup>2</sup>) durante o experimento no seis tratamentos.

	<b>Área foliar (cm)</b>			
	<b>53 DAR</b>	<b>84 DAR</b>	<b>111 DAR</b>	<b>130 DAR</b>
<b>CP/40cm</b>	36,27 (12)	44,53 (6)	48,62 (5)	65,02 (5)
<b>CP/80cm</b>	44,76 (12)	60,47 (10)	54,85 (9)	60,49 (9)
<b>LP/40cm</b>	34,23 (12)	44,22 (10)	52,58 (9)	58,07 (9)
<b>LP/80cm</b>	26,64 (12)	29,93 (6)	55,27 (2)	59,23 (2)
<b>SC/40cm</b>	42,10 (12)	91,78 (12)	145,79 (12)	184,47 (12)
<b>SC/80cm</b>	43,81 (12)	88,35 (11)	99,89 (11)	120,78 (11)
<b>Média</b>	37,97	59,88	77,83	92,34

Obs: O valor entre parênteses significa o número de plantas vivas no tratamento.

Na Figura 26 é possível comparar de maneira visual o desenvolvimento radicular de alguns tratamentos ao final do experimento. Verifica-se que o sistema radicular de T1 (CP/40 cm) e T3 (LP/40cm) tiveram um desenvolvimento menor do que o T5 (SC/40 cm). Dentre os fatores que podem ter ocasionado tal situação pode-se citar as altas temperaturas e valores de condutividade elétrica atingidas durante o experimento.

Ao final do experimento, foi possível perceber que com as sucessivas irrigações, a areia que estava na parte superficial do vaso, escorreu para parte inferior formando um canal de areia ao longo de todo o perfil. E foi justamente nessa região que as raízes das plantas nos tratamentos com vegetal picado desenvolveram de maneira mais proeminente. Dessa forma, uma das prováveis hipóteses é que tenha ocorrido a poda aérea das raízes de algumas mudas devido à alta porosidade e aeração no substrato com biomassa. Tal característica pode também ter sido a causa dos menores números de acionamentos nos

substratos vegetais (Tabela 19), já que o sensor que comanda o sistema automático de irrigação é influenciado diretamente pelo contato com o substrato.

O desenvolvimento da parte aérea das mudas ao final do experimento pode ser observado na Figura 27. Os tratamentos T5 e T6 apresentaram um maior desenvolvimento em relação aos outros. É possível visualizar também que os tratamentos T1, T2, T3 e T4 apresentaram um acamamento do substrato ao longo do experimento. Este fato deve-se muito a baixa densidade destes substratos no começo do experimento, e conseqüentemente ao alto volume de ar inicial dentro dos recipientes. Tal acamamento não é desejável, uma vez que contribui com a diminuição do espaço disponível para o desenvolvimento radicular. O substrato ideal deve apresentar uniformidade em sua composição, boa capacidade de campo, de troca catiônica e de retenção de água, além de adequada aeração e drenagem (GOMES & PAIVA, 2008).

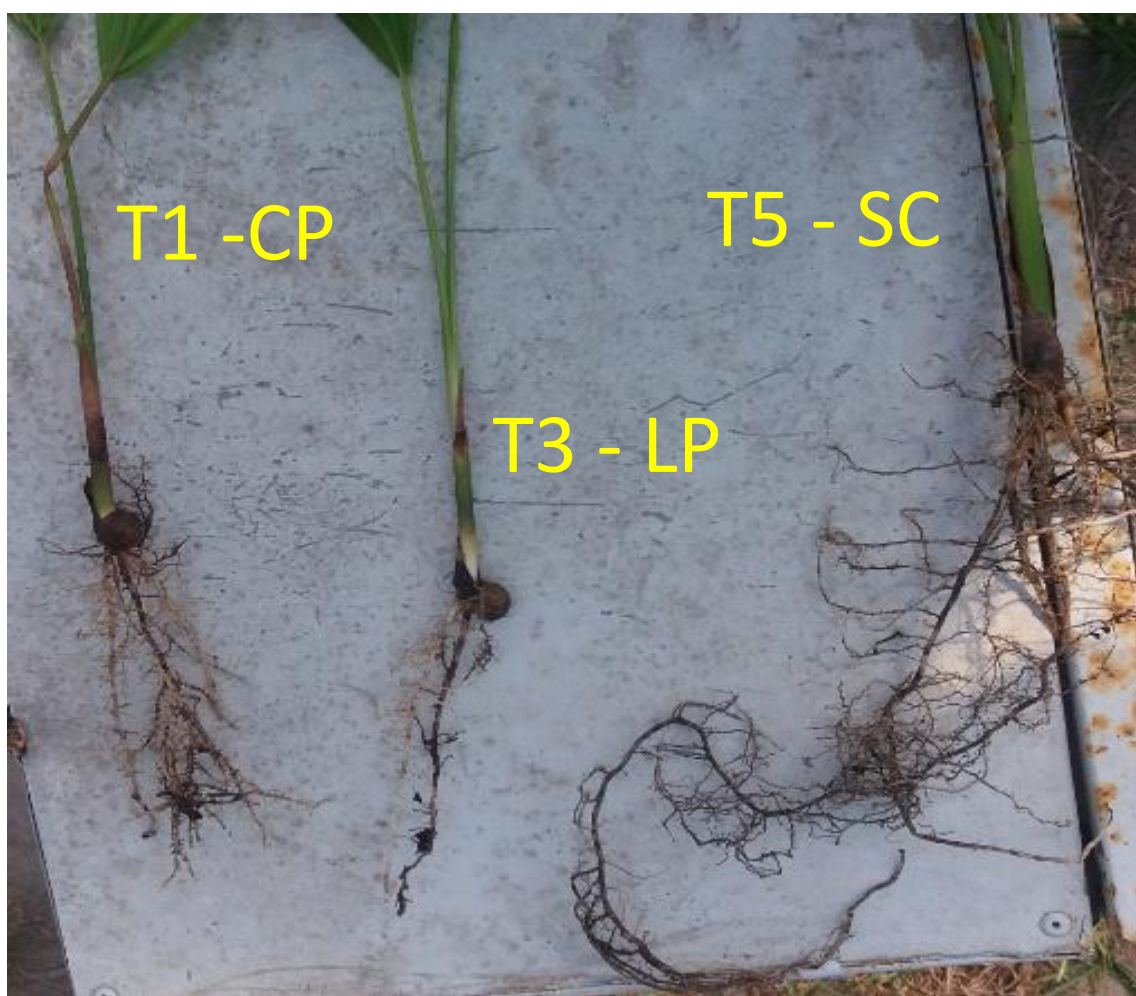


Figura 26: Desenvolvimento radicular dos tratamentos com CP, LP e SC (esquerda para direita).



Figura 27: Desenvolvimento das mudas de açai ao final do experimento.

Apesar da grande porcentagem de plantas mortas nos tratamentos com material vegetal não compostado (Tabela 19), o experimento demonstrou que ainda sim é possível produzir mudas utilizando somente massa vegetal fresca como substrato (Figura 27). Nas Tabelas 27 e 28 estão dispostas as médias dos pesos secos da parte aérea e raiz das mudas ao final do experimento. Valores entre parênteses indicam o número de plantas vivas na parcela da qual se tirou as médias.

Percebe-se que os tratamentos com substrato comercial obtiveram os maiores valores de peso seco da parte aérea e raiz, sendo que as plantas que foram submetidas a irrigação controlada pelo pressostato a 40 cm de altura tiveram um desempenho melhor do que aos 80 cm. De uma forma geral, os tratamentos com capim picado foram um pouco superiores aos de leguminosa picada

Tabela 27: Média do peso seco da parte aérea de mudas de açai aos 130 DAR.

	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>	<b>B4</b>	<b>Media</b>
<b>CP/40cm</b>	M (0)	0,91 (3)	0,21 (2)	M (0)	<b>0,56 (5)</b>
<b>CP/80cm</b>	0,4 (2)	0,23 (1)	0,79 (3)	0,72 (3)	<b>0,53 (9)</b>
<b>LP/40cm</b>	M (0)	0,65 (3)	0,25 (3)	0,51 (3)	<b>0,47 (9)</b>
<b>LP/80cm</b>	M (0)	M (0)	0,32 (2)	M (0)	<b>0,32 (2)</b>
<b>SC/40cm</b>	1,55 (3)	1,12 (3)	1,13 (3)	1,70 (3)	<b>1,38 (12)</b>
<b>SC/80cm</b>	1,1 (3)	1,19 (3)	1,78 (3)	0,59 (2)	<b>1,17 (11)</b>
<b>Média</b>	<b>1,02 (8)</b>	<b>0,82 (13)</b>	<b>0,74 (16)</b>	<b>0,88 (11)</b>	<b>0,87 (48)</b>

Obs: O valor entre parênteses significa o número de plantas vivas na parcela.

Tabela 28: Média do peso seco da raiz de mudas de açaí aos 130 DAR.

	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>	<b>B4</b>	<b>Media</b>
<b>CP/40cm</b>	M (0)	0,58 (3)	0,13 (2)	M (0)	<b>0,36 (5)</b>
<b>CP/80cm</b>	0,26 (2)	0,16 (1)	0,71 (3)	0,41 (3)	<b>0,38 (9)</b>
<b>LP/40cm</b>	M (0)	0,25 (3)	0,07 (3)	0,24 (3)	<b>0,18 (9)</b>
<b>LP/80cm</b>	M (0)	M (0)	0,08 (2)	M (0)	<b>0,08 (2)</b>
<b>SC/40cm</b>	0,80 (3)	0,81 (3)	0,67 (3)	1,21 (3)	<b>0,87 (12)</b>
<b>SC/80cm</b>	0,78 (3)	0,97 (3)	0,99 (3)	0,24 (2)	<b>0,75 (11)</b>
<b>Média</b>	<b>0,61 (8)</b>	<b>0,55 (13)</b>	<b>0,44 (16)</b>	<b>0,52 (11)</b>	<b>0,53 (48)</b>

Obs: O valor entre parênteses significa o número de plantas vivas na parcela.

#### **4. CONCLUSÕES**

A nova metodologia proposta de utilização somente de material vegetal não compostado como substrato para o cultivo de mudas de açaí não proporcionou condições adequadas ao desenvolvimento das mudas. A associação deste método com o acionador simplificado de irrigação também podem ter sido a causa dos baixos acionamentos do sistema e conseqüentemente do baixo volume de água proporcionado às plantas. Portanto, recomenda-se que, em experimentos futuros, seja colocado um núcleo de areia ao longo de todo o perfil do vaso de modo a facilitar o desenvolvimento inicial das raízes das mudas e também para favorecer o acionamento da irrigação.

Porém, foi possível observar que, apesar dos problemas citados, conseguiu-se produzir mudas de açaí utilizando somente material vegetal como substrato. Alguns ajustes na metodologia são necessários para que o processo seja viável do ponto de vista prático e econômico, assim como mais experimentos visando testar a viabilidade dessa nova proposta em outras espécies vegetais.



## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, J. G. & LOPES, L.C. **Propagação de plantas ornamentais**. Viçosa: UFV, 2007. 183 p.
- BATISTA, S. C. O.; CARVALHO, D. F.; ROCHA, H. S.; SANTOS, H. T.; MEDICI, L. O. Production of automatically watered lettuce with a low cost controller. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 11, n.2, p. 485-489, 2013.
- BOVI, M. L. A.; SPIERING, S. H.; MELO, T. M. Temperaturas e substratos para germinação de sementes de palmitero e açazeiro. **In: Anais do Segundo Congresso sobre Tecnologia de Sementes Florestais**. Atibaia, São Paulo. p. 43, 1989.
- BUNT, A.C. Some physical and chemical characteristics of loamless pot-plant substrates and their relation to plant growth. **Plant and Soil**, The Hague, n.38, p.1954-1965, 1973.
- CARVALHO, D.F.; SILVA, L.D.B.; FOLEGATTI, M.V.; COSTA, J.R.; CRUZ, F.A. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica-RJ utilizando lisímetro de pesagem. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.14, n.2, p. 1-9, 2006.
- DE LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Org.). **Adução verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**, vol. 1. 1.ed. Brasília-DF: Embrapa, v.2, 507p, 2014.
- DE OLIVEIRA, M. D. S. P.; DE CARVALHO, J. E. U.; DO NASCIMENTO, W. M. O. **Açaí (Euterpe Oleracea Mart.)**. Jaboticabal: FUNEP, 52p. (Série frutas nativas, 7). 2000.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Brasília, Embrapa Produção de Informação, 306p, 2006.

FARIAS, J. R. B., NEPOMUCENO, A. L., & NEUMAIER, N. Ecofisiologia da soja. Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E). 2007.

FERMINO, M. H. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. In: FURLANI, A. M. C. et al. (Coords.). **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. (Documentos IAC, 70) Campinas: Instituto Agrônomo, 122 p. 2002.

FREIRE, M. B. G. dos S. & FREIRE, F. J. Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais. In: Novais RF, Alvarez VVH, Barros NF, Fontes RLF, Cantarutti RB, Neves JCL. (eds.) **Fertilidade do Solo**. Viçosa, SBCS/UFV. p 929-954. 2007.

GASPARIN, E., DE AVILA, A. L., ARAUJO, M. M., CARGNELUTTI FILHO, A., DORNELES, D. U., & FOLTZ, D. R. B. Influência do substrato e do volume de recipiente na qualidade das mudas de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. em viveiro e no campo. **Ciência Florestal**, 24(3), 553-563, 2014.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. Produção de mudas de eucalipto por sementes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 29, n. 242, p. 14-22, 2008.

HAKANSSON, I.; STENBERG, M.; RYDBERG, T. Long term experiments with different depths of mouldboard plough in Sweden. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 46, p. 209-223, 1998.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 156 p, 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **BDMEP – Dados históricos**. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 25 dez. 2018.

JANSEN, H., BACHTALER, E., FÖLSTER, E. **Gärtnerischer pflanzenbau**. 2. ed. Stuttgart : Ulmer, 467p, 1989.

LEAL, M. A. A.; Aquino, A. A.; Fernandes, R. C.; Mateus, J. S. Diferentes níveis de enriquecimento de composto orgânico visando sua utilização como substrato para produção de mudas de hortaliças, Seropédica: **Embrapa Agrobiologia**, Boletim de Pesquisa & Desenvolvimento nº 58, 20 p., 2009.

LEAL, S. C. De O. B., CARVALHO, D. F., MEDICI, L. O. Dispositivo automático de baixo custo para irrigação. **Novas Edições Acadêmicas**. 71p., 2014.

MAGALHÃES FILHO, J. R., MACHADO, E. C., MACHADO, D. F. S. P., RAMOS, R. A., & RIBEIRO, R. V. (2010). Variação da temperatura do substrato e fotossíntese em mudas de laranjeira 'Valência'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 44(9), 1118-1126, 2010.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo. Do Neolítico à crise contemporânea**. São Paulo, Editora UNESP; Brasília: Nead, 2010.

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

MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e desenvolvimento das plantas. In: Novais RF, Alvarez VVH, Barros NF, Fontes RLF, Cantarutti RB, Neves JCL. (eds.) **Fertilidade do Solo**. Viçosa, SBCS/UFV. p 65-90. 2007.

MOLIN, J. P., & RABELLO, L. M. Estudos sobre a mensuração da condutividade elétrica do solo. **Engenharia Agrícola**, 31(1), 90-101. 2011.

NOGUEIRA, O. L., & CONCEICAO, H. D. Análise de crescimento de açazeiros em áreas de várzea do estuário amazônico. **Pesquisa agropecuária brasileira**, 35(11), 2167-2173. 2000.

PACHECO, L. P., MIGUEL, A. S. D. C. S., SILVA, E. M. D., SOUZA, E. D., & SILVA, F. D. Influência da densidade do solo em atributos da parte aérea e sistema radicular de crotalária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 45 (4), 464 -472, 2015.

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G. Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 7, p. 791-796, 2003.

SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. **Análise química de plantas**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 56p. 1974.

SCHMITZ, J. A. K; SOUZA, P. V. D.; KAMPF, A. N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, v. 32, n. 06, p. 937-944, 2002.

SILVA, B. M. D. S., MORO, F. V., SADER, R., & KOBORI, N. N. Influência da posição e da profundidade de semeadura na emergência de plântulas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.-Arecaceae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, 187-190. 2007.

STABILE, S. D. S., SALAZAR, D. R., JANK, L., RENNÓ, F. P., & SILVA, L. F. P. Características de produção e qualidade nutricional de genótipos de capim-colonião colhidos em três estádios de maturidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 39(7), 1418-1428, 2010.

STEFFEN, G. P. K; ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, R. B.; BELLÉ, R. Húmus de esterco bovino e casca de arroz carbonizada como substratos para a produção de mudas de boca-de-leão, **Acta Zoológica Mexicana** (n.s.) Número Especial, p: 345-357, 2010.

VIEIRA, E. L.; DE SOUZA, G. S.; DOS SANTOS, A. R. & DOS SANTOS SILVA, J. **Manual de fisiologia vegetal**. São Luis: EDUFMA, 2010. 230p.

WENDLING, I & GATTO, A. **Substratos, Adubação e Irrigação na Produção de Mudanças**. Viçosa: Editora Aprenda Fácil. 146 p. 2002.

## CAPÍTULO III

### ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DA CULTURA DO AÇAÍ PARA O ESTADO DO RIO DE JANEIRO

#### RESUMO

O açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) é uma espécie nativa brasileira cujo fruto apresenta elevado valor energético. O seu cultivo ainda é muito restrito na região Norte do Brasil. Os estados da região Norte do país foram responsáveis por 91,8 % da produção total de açaí em 2016. Definir áreas climaticamente aptas ao cultivo nas demais regiões brasileiras é uma maneira de incentivar novos produtores a implantar o cultivo. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi elaborar um zoneamento agroclimático para a cultura do açaí no estado do Rio de Janeiro. Neste estudo foram utilizados dados de precipitação mensal (P, em mm) correspondentes a 99 estações pluviométricas, meteorológicas convencionais e automáticas, no período de 1979 a 2009 no estado do Rio de Janeiro. Os dados de temperatura foram obtidos de 22 estações meteorológicas do INMET por meio de normais climatológicas no período de 1979 a 2009, e a partir destes dados juntamente com informações de longitude e altitude, estimou-se a temperatura para as demais localidades no estado do Rio de Janeiro. Por meio destes elementos, foi calculado a evapotranspiração potencial e os elementos do balanço hídrico. Foram consideradas áreas aptas: T de 22°C a 28°C, P de 1300 a 3000 mm e déficit hídrico (DEF, em mm) menor que 200 mm. As regiões que foram consideradas aptas para o cultivo de açaí, levando em conta os parâmetros climáticos analisados, corresponderam a 32,5% da área total do estado, concentrando-se nas regiões Metropolitana e Baixadas Litorâneas. Em 35,8% do território fluminense, a classificação foi inapta devido a baixas temperaturas médias anuais, sendo este o fator que mais limita o cultivo de *Euterpe oleracea* no estado.

**Palavras-chave:** fruticultura, agroclimatologia, *Euterpe oleracea*

# AGRICULTURAL ZONEING OF AÇAÍ CULTURE FOR THE STATE OF RIO DE JANEIRO

## ABSTRACT

The açai palm (*Euterpe oleracea* Mart.) is a native Brazilian species whose fruit presents high energetic value. Its cultivation is still very restricted in the northern region of Brazil. The states of the northern region accounted for 91.8% of total açai palm production in 2016. Defining climatically suitable areas for cultivation in other Brazilian regions is a way to encourage new producers to implant the crop. In this way, the objective of this work was to elaborate an agroclimatic zoning for açai palm culture in the state of Rio de Janeiro. In this study, monthly rainfall data (P, in mm) corresponding to 99 rainfall, conventional and automatic meteorological stations, were used from 1979 to 2009 in the state of Rio de Janeiro. The temperature data were obtained from 22 INMET meteorological stations by means of climatological normals from 1979 to 2009, and from these data together with information of longitude and altitude, the temperature was estimated for the other localities in the state of Rio de Janeiro. By means of these elements, potential evapotranspiration and the elements of the water balance were calculated. Fit areas were considered: T from 22 ° C to 28 ° C, P from 1300 to 3000 mm and water deficit (DEF, in mm) less than 200 mm. The regions considered suitable for açai cultivation, taking into account the climatic parameters analyzed, corresponded to 32.5% of the total area of the state, concentrating in the Metropolitana and Baixadas Litorâneas regions. In 35.8% of the state of Rio de Janeiro, the classification was inept due to low average annual temperatures, which is the most limiting factor for the *Euterpe oleracea* crop in the state.

**Key words:** fruticulture, agroclimatology, *Euterpe oleracea*.

## 1. INTRODUÇÃO

O açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) pertence à família das *Arecaceae*, mesma família do coqueiro (*Cocos nucifera*), do dendezeiro (*Elaeis guineensis*), da pupunheira (*Bactris gasipaes*) e da jussara (*Euterpe edulis*). É uma espécie nativa brasileira cujo centro de origem se encontra na Amazônia Oriental, com centro de diversidade distribuído pelo estuário do rio Amazonas (CATTANIO et al., 2002). A produção de açaí há alguns anos era predominantemente extrativista, porém esse panorama vem se alterando e as áreas de planícies inundadas as margens dos rios amazônicos estão sendo manejadas, atrelada ao manejo do cultivo em áreas de terra firme com sistemas de irrigação (HOMMA et al., 2006).

O mercado de açaí vem crescendo, e uma gradual mudança do sistema extrativista que apresenta baixa produtividade (4,2t/ha), para o sistema manejado em várzea (8,4 t/ha) passou a produzir (15 t/ha) em sistema irrigado de terra firme (SANTOS et al., 2012). O Brasil produziu 216 mil toneladas de frutos de açaí em 2015, sendo que o Pará foi o maior estado produtor dessa fruta com uma produção de 126 mil toneladas (KIST et al. 2017). Em 2016, os estados da região Norte do país foram responsáveis por 91,8 % da produção total de açaí, sendo que regiões como Sudeste e Centro-Oeste nada produzem (IBGE, 2017). Desta forma, uma análise de outras localidades do país onde o açazeiro possa se desenvolver bem seria viável tendo em vista o aumento da produção deste fruto.

Em sua região de origem, o açazeiro floresce e frutifica durante todo o ano, no entanto, os picos de floração e frutificação ocorrem com maior frequência nos períodos de janeiro a maio e setembro a dezembro, respectivamente (ROGEZ, 2000). Segundo Oliveira et al. (2007) o período de intensa floração e intensa frutificação ocorre na época de maior precipitação e na época mais seca do ano, respectivamente. O fruto do açaí pode ser considerado um alimento nutracêutico já que apresenta rico conteúdo de antocianinas (BOBBIO et al., 2000), além de apresentar elevado valor energético por conter alto teor de lipídeos como Omegas 6 e 9, além de carboidratos, fibras, vitamina E, proteínas, minerais (Mn, Fe, Zn, Cu, Cr) e grande quantidade de antioxidantes (PORTINHO et al., 2012).

As condições climáticas exercem papel fundamental na distribuição das espécies vegetais ao longo do planeta, como por exemplo, a disponibilidade de água que altera significativamente a produção de frutos das espécies agrícolas domesticadas pelo homem (PIMENTEL, 2004). Dessa forma, o estudo e definição das variáveis climáticas dos locais

de produção vegetal torna-se fator indispensável quando se pretende produzir satisfatoriamente, já que afetam diretamente no planejamento e nas tomadas de decisão básicas dos agricultores, como por exemplo, a data de plantio ideal e até a cultura a ser utilizada (ROSSETTI, 2001).

A temperatura do ar ideal no cultivo de açaí varia de 22 a 28 °C, e a umidade relativa do ar ideal no cultivo de açaí varia de 70 a 91%, sendo que a precipitação pluviométrica anual recomendada é de 1300 a 3000 mm (NOGUEIRA et al., 2005). De acordo com a Portaria 411/2010 do Ministério da Agricultura, que dispõe sobre o zoneamento agrícola para o estado do Acre, a deficiência hídrica anual para o cultivo de açaí não pode ser maior do que 200 mm. A deficiência hídrica é responsável pela queda da produção de várias culturas agrícolas, uma vez que afeta a evapotranspiração, a extração de umidade pelas raízes, a distribuição do sistema radicular (APARECIDO et al., 2017).

Desta maneira, a determinação das variáveis climáticas dos locais de produção é condição indispensável para o sucesso da atividade agrícola. Portanto, o conhecimento de fatores como temperatura média do ar, precipitação média anual, nível de radiação solar, períodos de déficit hídrico e umidade relativa do ar proporcionam as ferramentas necessárias para determinação das espécies agrícolas que conseguirão produzir com êxito em tal ambiente (WOLLMANN & GALVANI, 2013).

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) são definidos como um conjunto de programas, equipamentos, metodologias, dados e de pessoas (usuários), perfeitamente integrados, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento e a análise de dados georreferenciados, bem como a produção de informação derivada de sua aplicação (TOZI, 2000; COELHO, 2005). A utilização de ferramentas específicas de geotecnologia como os Sistemas de Informações Geográficas auxiliam em várias atividades no setor agropecuário como na agricultura de precisão, no monitoramento da ocupação agrícola e na avaliação da aptidão agrícola das regiões (ASSAD & SANO, 1993), assim como na elaboração de zoneamentos agroclimáticos, já que permitem a concatenação de dados climáticos e elaboração de mapas temáticos (GASPARINI et al., 2015).

O zoneamento agroclimático pode ser definido como sendo a delimitação da aptidão das regiões de cultivo de determinada espécie vegetal quanto ao fator clima em escalas macroclimáticas e regionais (WOLLMANN & GALVANI, 2013). Esta ferramenta é de grande importância no planejamento territorial dos estados como, por



exemplo, o zoneamento agroclimático realizado por Sedyama et al. (2001) para a cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em Minas Gerais, e o realizado por Andrade et al. (2007) para a cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas*) no Paraná. Na ocasião, tais estudos permitiram, por meio da concatenação de dados de variáveis climáticas, a delimitação de áreas aptas e não aptas para o cultivo das espécies nos referidos estados, proporcionando uma diminuição de risco na implementação e expansão de tal atividade. Outro trabalho foi de Gasparini et al. (2015), que realizaram um zoneamento agroclimático para a cultura do açaí no estado do Espírito Santo, na qual mapearam as regiões onde é viável o cultivo do açaizeiro. Entretanto, não foi encontrado um trabalho que tenha realizado o zoneamento agroclimático do açaí para o estado do Rio de Janeiro.

Elaborar um zoneamento agroclimático para a cultura do açaí no estado do Rio de Janeiro se faz necessário, tendo em vista a necessidade de expandir o cultivo para fora da região Norte do país. Assim, objetivou-se por meio deste trabalho determinar as áreas aptas para o cultivo do açaizeiro no estado do Rio de Janeiro, utilizando informações climáticas de temperatura, precipitação e déficit hídrico.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da área e dados meteorológicos

O estado do Rio de Janeiro, situado na região Sudeste do Brasil, apresenta uma extensão territorial de 43.696 km<sup>2</sup>, com 92 municípios e 185 distritos (DE MENEZES et al., 2015). Localiza-se entre os paralelos de 20°45'56" e 23°22'08" de latitude sul e os meridianos de 40°57'23" e 44°53'19" a oeste de Greenwich, tendo divisas com os estados de São Paulo, Minas Gerais e Espírito Santo (IBGE, 2018). As altitudes no estado variam desde o nível do mar até 2.791 metros, no pico das Agulhas Negras, e os climas predominantes são o tropical úmido Aw segundo classificação de Köppen, seguido do tipo subtropical úmido Cwa (LUMBRERAS et al., 2003).

Neste estudo foram utilizados dados de precipitação pluvial mensal (P, em mm) correspondentes a 99 estações pluviométricas, meteorológicas convencionais e automáticas, no período de 1979 a 2009 no estado do Rio de Janeiro (Figura 28). Estes dados foram retirados do trabalho de Sobral et al. (2018), na qual utilizou das informações pluviométricas de estações da ANA (Agência Nacional de Águas), CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), SERLA (Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas) e LIGHT (Light Serviços de Eletricidade S/A). Os dados de temperatura foram obtidos de 22 estações meteorológicas do INMET por meio de normais climatológicas no período de 1979 a 2009 (Figura 28).

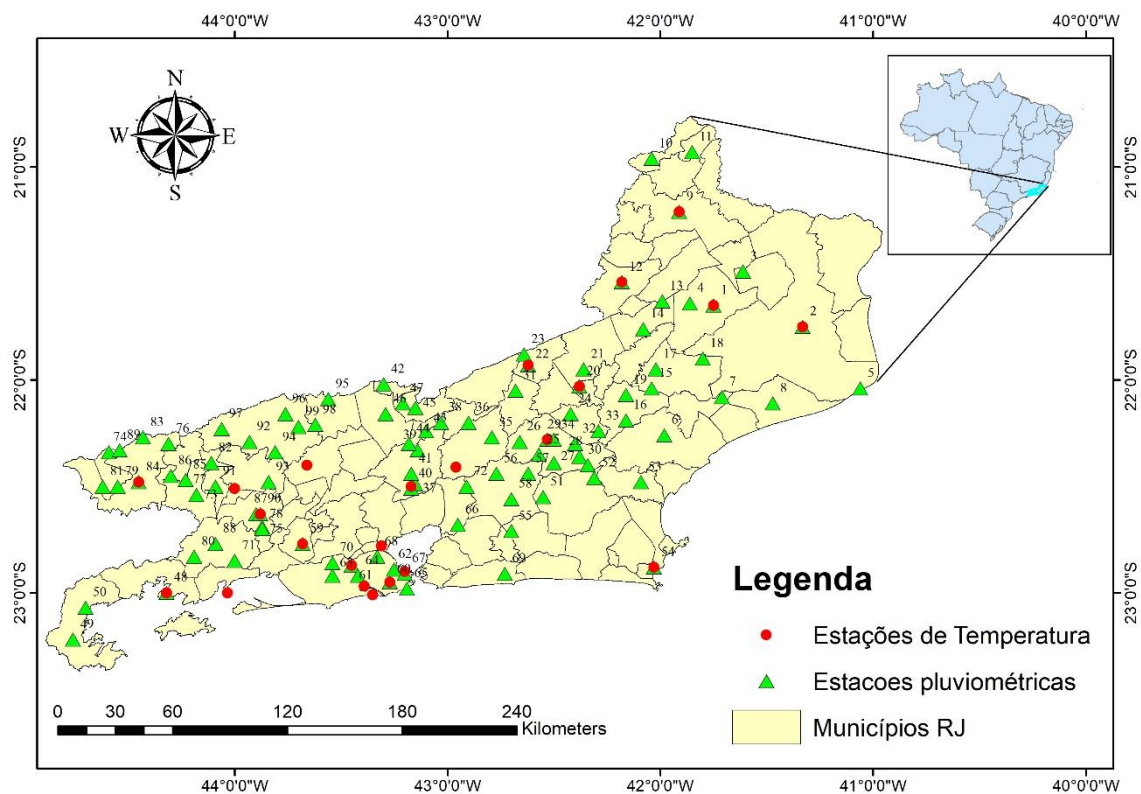


Figura 28: Localização das estações meteorológicas usadas no zoneamento agroclimático do açaí no estado do Rio de Janeiro.

As variáveis climáticas utilizadas para definir as áreas de baixo risco ao cultivo de açaí foram a temperatura média do ar anual ( $T_{AIR}$ , °C), a precipitação pluviométrica total anual ( $P$ , mm) e a deficiência hídrica ( $DEF$ ). Os critérios para as classificações de aptidão foram retirados dos trabalhos de Brasil (2010), Gasparini et al. (2015) e MAPA (2017), e podem ser vistos na Tabela 29.

Tabela 29: Restrições da cultura do açaí de acordo com a variável climática.

Variáveis	Regiões Aptas	Regiões Inaptas
Temperatura ( $T_{AIR}$ .)	$22^{\circ}\text{C} \leq T_{AIR} \leq 28^{\circ}\text{C}$	$22^{\circ}\text{C} > T_{AIR} > 28^{\circ}\text{C}$
Precipitação ( $P$ )	$1300 \text{ mm} \leq P \leq 3000 \text{ mm}$	$1300 \text{ mm} > P > 3000 \text{ mm}$
Déficit hídrico ( $DEF$ )	$DEF \leq 200 \text{ mm}$	$DEF > 200 \text{ mm}$

Fonte: Adaptado de BRASIL (2010), Gasparini et al. (2015), MAPA (2017).

## 2.2 Espacialização da Precipitação e Temperatura

Todas as análises e mapas gerados foram realizados pelo programa ARCGIS, versão 10.5. Utilizando a ferramenta *Geoestatistical Analyst*, e tendo como entrada os

dados de precipitação média anual, efetuou-se a interpolação espacial pelo método da *krigagem* ordinária, com ajuste estatístico do semivariograma, conforme Cecílio et al. (2012) e Gasparini et al. (2015), objetivando gerar a imagem matricial da precipitação média anual.

A partir dos dados de temperatura, longitude e altitude das 22 estações meteorológicas citadas, realizou-se o cálculo da estimação da temperatura no estado do Rio de Janeiro para as demais localidades, seguindo a metodologia de Valeriano & Picini (2000) para o estado de São Paulo, Pezzopane et al. (2004) para o estado do Espírito Santo, Medeiros et al. (2005) para o Nordeste brasileiro e Gasparini et al. (2015) para o estado do Espírito Santo, por meio de regressão linear múltipla, onde a longitude e altitude são as variáveis independentes e a temperatura é a variável dependente. Os dados de latitude não foram utilizados por apresentarem colinearidade com a longitude.

Os coeficientes da regressão linear múltipla estão representados na Tabela 30 para a média de temperatura em cada mês no estado do Rio de Janeiro. Utilizando a ferramenta de álgebra de mapas, obteve-se a imagem matricial da temperatura média para o estado do Rio de Janeiro, de acordo com a equação:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2$$

Em que,

Y: Temperatura média (°C);

a: Intercepto;

$b_1$ : Coeficiente angular da variável longitude;

$X_1$ : Longitude (graus decimais);

$b_2$ : Coeficiente angular da variável altitude;

$X_2$ : Altitude (m);

Tabela 30: Coeficientes das equações de regressão linear múltipla e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) para estimativa das temperaturas médias mensais, em função da altitude e longitude para o estado do Rio de Janeiro.

Meses	Constante	Coeficiente angular da longitude	Coeficiente angular da altitude	$R^2$
Janeiro	24,101	-0,075	-0,006	0,88
Fevereiro	25,569	-0,050	-0,006	0,88
Março	28,821	0,040	-0,006	0,92
Abril	30,272	0,118	-0,006	0,94
Maio	28,261	0,115	-0,007	0,94
Junho	25,285	0,077	-0,007	0,95
Julho	23,961	0,057	-0,007	0,94
Agosto	23,173	0,019	-0,006	0,95
Setembro	23,465	0,012	-0,005	0,89
Outubro	29,558	0,131	-0,005	0,85
Novembro	30,27	0,119	-0,005	0,85
Dezembro	25,603	-0,016	-0,006	0,89

A imagem matricial de elevação, conhecida como Modelo Digital de Elevação (MDE), foi obtida por meio do projeto Topodata (VALERIANO; ROSSETTI, 2011), que disponibiliza dados SRTM refinados por krigagem para todo o território brasileiro com resolução espacial de 30m. Os dados SRTM, (Shuttle Radar Topograph Mission), provém de um projeto de cooperação entre a NASA e a NIMA (National Imagery and Mapping Agency), do DOD (Departamento de Defesa) dos Estados Unidos e das agências espaciais da Alemanha e da Itália, para mapeamento de elevação de toda superfície terrestre. (VALERIANO, 2004).

### 2.3 Cálculo e Espacialização do Déficit Hídrico

A evapotranspiração potencial (ETP), principal forma de transferência de água do solo e da planta para a atmosfera, foi calculada pelo método de Thornthwaite (1948). Este modelo é similar ao de Penman, (1948) em regiões tropicais (Camargo & Sentelhas, 1997). As equações da ETP estão descritas abaixo:

$$ETP = ETp \times COR$$

$$\begin{cases} ETP = 16 \times \left(10 \times \frac{Tn}{I}\right)^a; & \text{se } 0 \leq Tm < 26,5^\circ C \\ ETP = -415,85 + 32,24 \times Tm - 0,43 Tm^2; & \text{se } Tm \geq 26,5^\circ C \end{cases}$$

$$I = \sum_{n=1}^{12} (0,2 \times Tn)^{1,514}$$

$$a = 0,49239 + 1,7912 \times 10^{-2} \times I - 7,71 \times 10^{-5} \times I^2 + 6,75 \times 10^{-7} \times I^3$$

$$COR = \frac{N}{12} \times \frac{NDP}{30}$$

Em que: ETP é a evapotranspiração potencial (mm mês<sup>-1</sup>); I um índice que expressa o nível de calor na região; *a* é um índice térmico regional; NDP o número de dias do período em questão e N o fotoperíodo médio do mês em questão; ETp a evapotranspiração padrão; COR o fator de correção em função do número real de dias e do fotoperíodo do mês; Tn a temperatura média do mês n;

Com a ETP determinada foi gerado o balanço hídrico climatológico (BH) segundo Thornthwaite e Mather (1955) para todas as localidades, visando à obtenção dos elementos do BH (armazenamento de água no solo, déficit hídrico e excedente hídrico). As equações utilizadas no calcula do BH estão descritas abaixo:

$$\text{if } (P - PET)_i < 0 = \begin{cases} NAC_i = NAC_{i-1} + (P + PET)_i \\ STO_i = WC e^{\frac{(NAC_i)}{WC}} \end{cases}$$

$$\text{if } (P - PET)_i \geq 0 = \begin{cases} STO_i = (P - PET)_i + STO_{i-1} \\ NAC_i = WC \ln \frac{(STO_i)}{WC} \end{cases}$$

$$ALT_i = STO_i - STO_{i-1}$$

$$AET_i = \begin{cases} P + |ALT_i| & , \text{if } ALT < 0 \\ PET_i & , \text{if } ALT \geq 0 \end{cases}$$

$$DEF = PET - AET$$

$$SUR_i = \begin{cases} 0 & , \text{if } WC < 0 \\ (P - PET)_i - ALT_i & , \text{if } WC = 0 \end{cases}$$

onde PET é potencial de evapotranspiração (mm); WC é capacidade de água disponível (mm); STO é armazenamento de água no solo (mm); NAC = Soma de precipitação - evapotranspiração potencial; P é precipitação (mm); DEF é deficiência de água no sistema

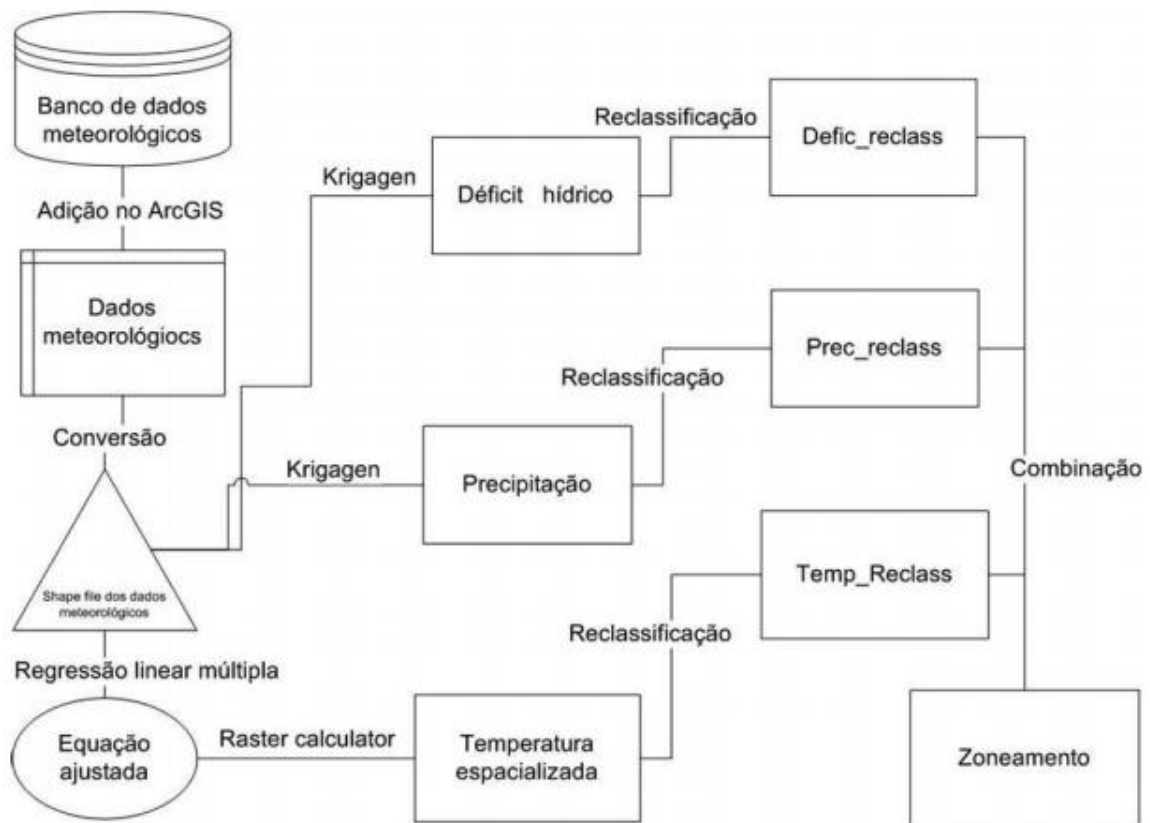
solo-planta-atmosfera (mm); AET é evapotranspiração atual (mm); SUR é excedente de água no sistema solo-planta-atmosfera (mm); ALT é armazenamento de água no solo do mês em curso - armazenamento de água no solo do mês anterior (mm) e,  $i$  é o período mensal.

Após os cálculos de déficit hídrico, utilizou-se do método de interpolação da *krigagem* ordinária para obtenção da imagem *raster* contínuo de saída de déficit hídrico anual.

## **2.4 Confeção dos mapas do Zoneamento**

Após a espacialização das variáveis meteorológicas temperatura, precipitação e déficit hídrico, as imagens matriciais obtidas foram reclassificadas, de acordo com a exigência da cultura (Tabela 26). Com o cruzamento dos elementos meteorológicos foi possível obter as áreas com maiores potenciais para produção do açaí. Com a interpolação e o cruzamento das informações, conforme os critérios mencionados obteve-se o zoneamento agroclimático para o estado do Rio de Janeiro. Foi utilizado como método de interpolação para as variáveis climáticas a *krigagem* (KRIGE, 1951), com o modelo esférico, um vizinho e resolução de  $0,25^\circ$  (25 km).

Na Figura 29 é possível observar o fluxograma metodológico seguido para elaboração do zoneamento agroclimático da cultura do açaí para o estado do Rio de Janeiro, seguindo a metodologia adotada por Gasparini et al. (2015) no zoneamento para o Espírito Santo.



Fonte: Gasparini et al., 2015.

Figura 29: Fluxograma com as etapas para elaboração do zoneamento agroclimático do açaí no estado do Rio de Janeiro.



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 30 estão representados os mapas de precipitação anual (mm), déficit hídrico (mm), temperatura média anual (°C) e altitude (m) para o estado do Rio de Janeiro. Observa-se que os mapas de temperatura média e de altitude apresentam características similares devido ao fato da alta relação entre essas variáveis. Poucos pontos do estado apresentam temperaturas médias anuais abaixo de 16°C, como é o caso do Pico das Agulhas Negras, localizado nos municípios de Itatiaia e Resende, e também em algumas áreas da região Serrana. Grande parte da região do Médio Paraíba, Centro-Sul e Noroeste Fluminense se enquadra na faixa de temperatura entre 20,1°C a 24°C. Já nas regiões Metropolitana, Baixadas Litorâneas e Norte Fluminense, a faixa de temperatura média anual predominante é de 24,1 a 28 °C (Figura 30-C). A temperatura do ar é influenciada por fatores como a irradiação solar, ventos, nebulosidade e tipo de cobertura do terreno (PEREIRA et al., 2002), e consiste em uma das variáveis climáticas que mais influenciam no crescimento e desenvolvimento dos cultivos agrícolas (SENTELHAS & MONTEIRO, 2009).

As localidades cuja precipitação média anual fica abaixo dos 1000 mm encontram-se na região Norte do estado, em municípios como São Francisco do Itabapoana, São João da Barra e parte de Campos dos Goytacazes e Quissamã (Figura 30-A). No outro extremo, as áreas que mais chovem no estado, com precipitações na faixa de 2501 a 3000 mm, estão na região Serrana e dos Lagos, em municípios como Cachoeiras de Macacu, Nova Friburgo, Silva Jardim e Casemiro de Abreu. Corroborando com estes dados, Silva e Dereczynski (2014) também apontam as regiões Serrana e Baixadas Litorâneas como as mais chuvosas do estado, com médias de precipitação anual variando de 2500 a 2800 mm. Porém, em grande parte do estado do Rio de Janeiro, a precipitação encontra-se nas faixas de 1001 a 1500 mm, como nas regiões Noroeste e Centro-Sul, e de 1501 a 2000 mm, como nas regiões Metropolitana e Médio Paraíba.

De maneira geral, o balanço hídrico é a contabilização da água do solo, resultante da aplicação do “Princípio de Conservação de Massa” num volume de solo vegetado (PEREIRA et al., 2002). Ainda de acordo com estes autores, o balanço hídrico calculado com valores normais (balanço hídrico normal), torna-se um indicador climatológico da disponibilidade hídrica na região. Dessa forma, o balanço hídrico é uma ferramenta importante nos planejamentos agrícolas (SANTOS et al., 2010). Já o déficit hídrico (DEF) representa a falta de água no solo. Em grande parte do estado do Rio de Janeiro o DEF é

menor do que 100 mm, como nas regiões Centro-Sul, Serrana, Metropolitana, Médio Paraíba e Baixadas Litorâneas (Figura 30-B). Já em parte das regiões Norte e Noroeste, nota-se valores de DEF mais elevados. Em parte dos municípios de São Francisco do Itabapoana, São João da Barra e Campos dos Goytacazes, os valores de DEF ficaram na faixa de 300,1 a 400 mm, inviabilizando o cultivo de espécies como *Euterpe oleraceae*.

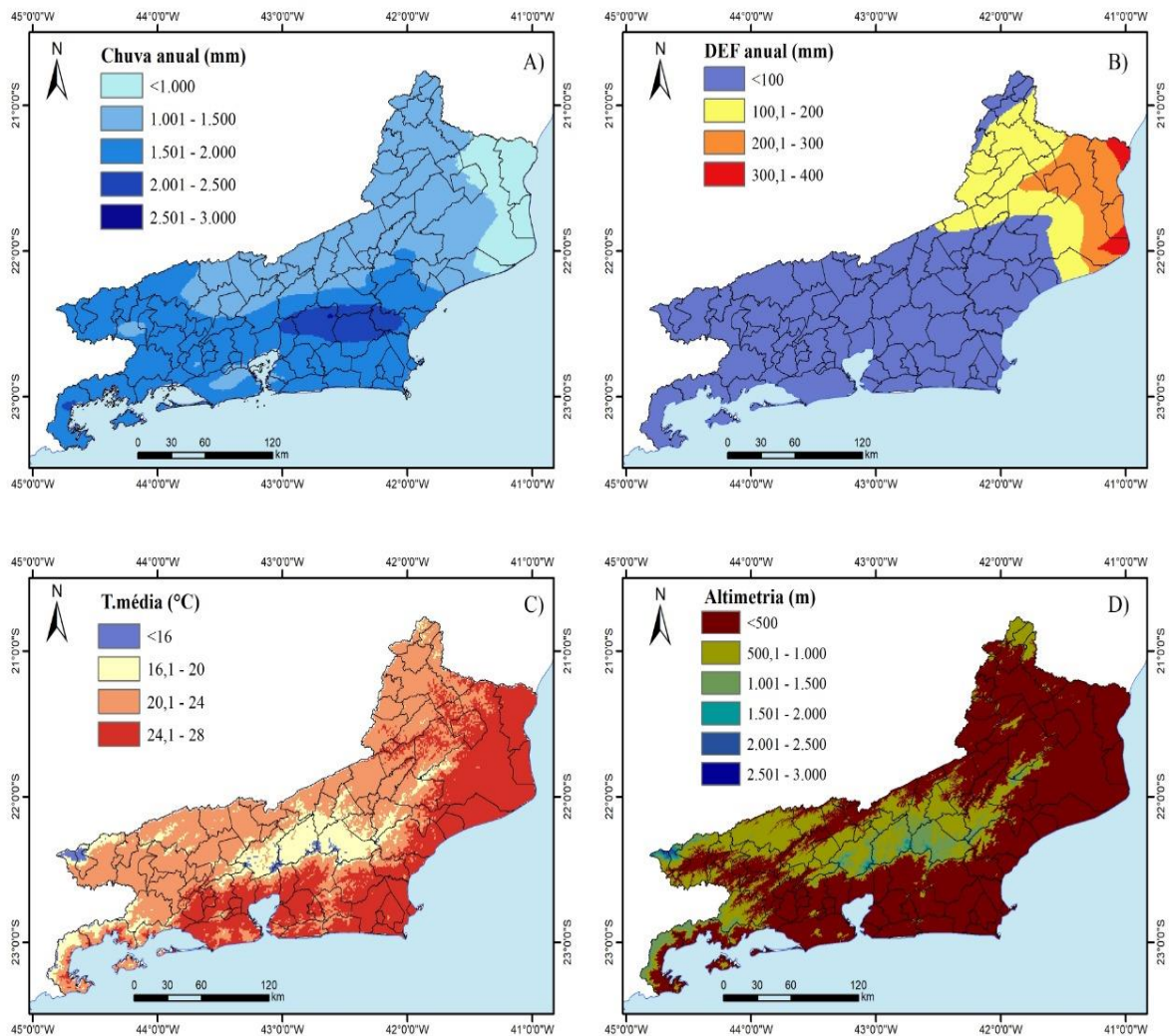


Figura 30: Mapas de precipitação (A), déficit hídrico (B), temperatura (C) e altitude (D) do estado do Rio de Janeiro.

Nas Figuras 31, 32 e 33 estão, respectivamente, os gráficos boxplot com as distribuições de dados médios de temperatura, precipitação e déficit hídrico entre os meses do ano no estado do Rio de Janeiro. Percebe-se que fevereiro é o mês mais quente

com temperaturas médias por volta de 26° C, e julho é o mês mais frio e que ocorre as maiores variações de temperatura (Figura 31). Já os meses mais chuvosos são novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março, com médias de precipitação mensal que vão de 180 a 260 mm (Figura 32). Janeiro também é o mês em que se verificou a maior variação de precipitação durante o período avaliado. Quanto ao déficit hídrico, de uma maneira geral, observa-se que os maiores valores concentram-se nos meses de junho, julho e agosto (Figura 33).

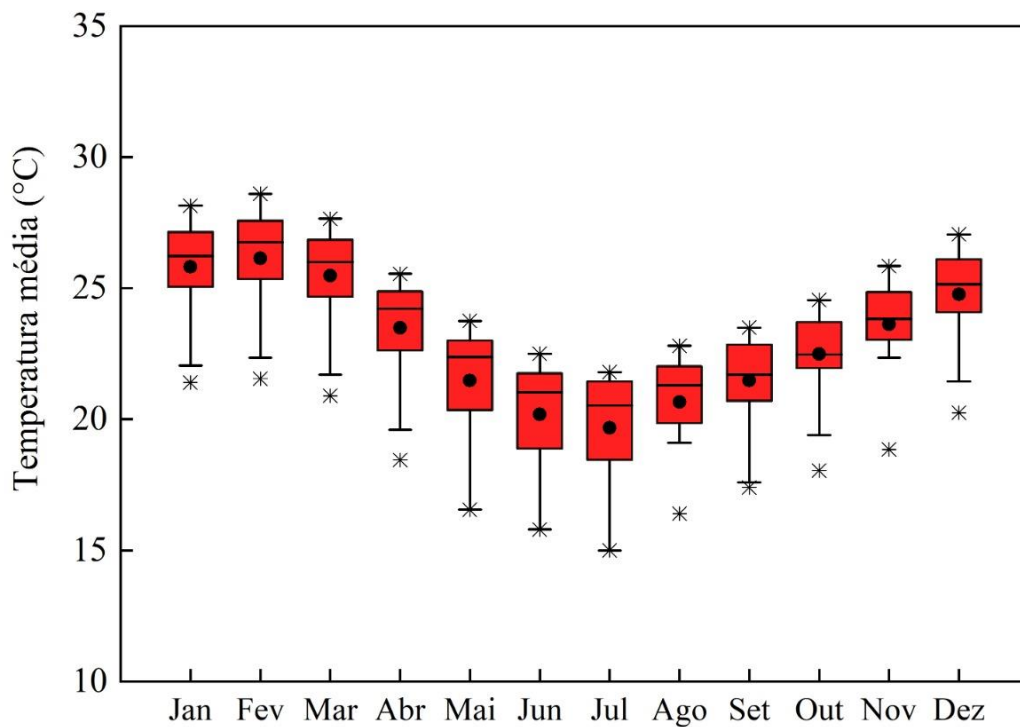


Figura 31: Temperatura média mensal para o estado do Rio de Janeiro.

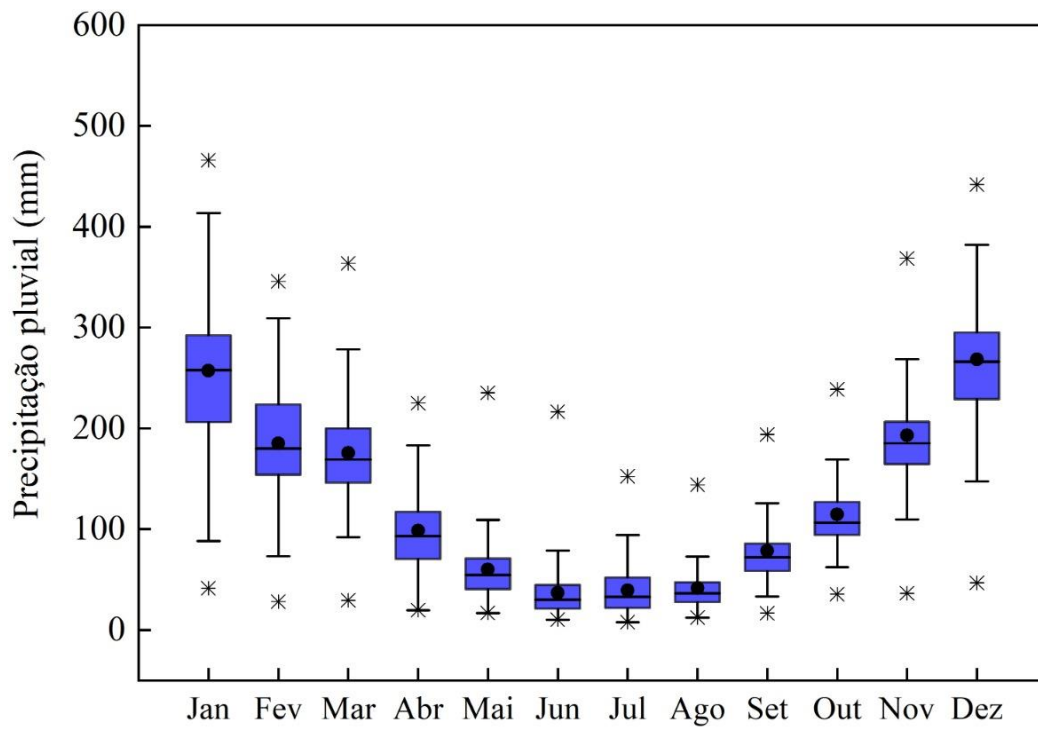


Figura 32: Precipitação pluviométrica média mensal para o estado do Rio de Janeiro.

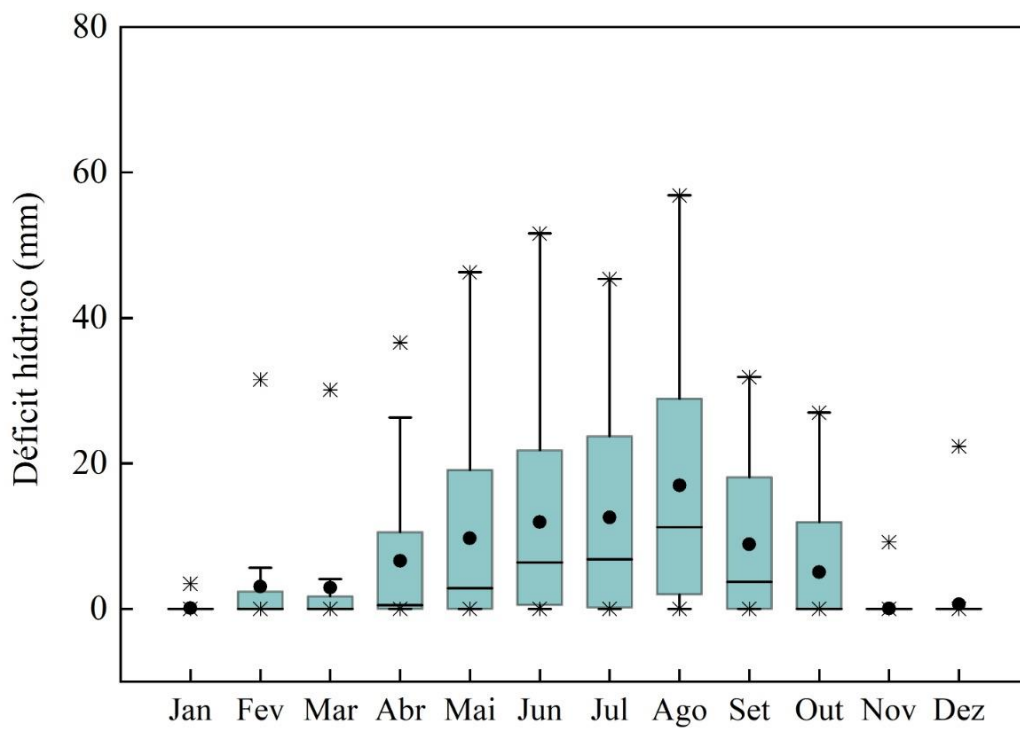


Figura 33: Déficit hídrico médio mensal para o estado do Rio de Janeiro.

Na Figura 34 observa-se os mapas de temperatura média por mês nas diversas regiões do estado do Rio de Janeiro. Percebe-se que para grande parte dos municípios das regiões Metropolitana, Baixadas Litorâneas, Norte e Noroeste Fluminense, as temperaturas médias ficam acima dos 26,1° C nos meses de janeiro, fevereiro e março (Figura 34-A, 34-B, 34-C). Já nos meses de junho e julho, muitos municípios das regiões Serrana, Centro-Sul e Médio Paraíba apresentaram temperaturas médias abaixo dos 20°C (Figuras 34-F, 34-G). Silva e Dereczynski (2014), com dados climatológicos observados de 1961 a 2012, relatam que a região Serrana apresenta as menores temperaturas máximas médias oscilando entre 21,5 e 23°C no inverno e 26 a 27,5°C no verão, enquanto as regiões Metropolitana e Norte/Noroeste Fluminense são as mais quentes com valores entre 26 e 27,5°C no inverno e 32 e 33,5°C no verão. Estes autores ainda relatam que existem tendências estatisticamente significativas de aumento das temperaturas máximas médias para as regiões Metropolitana, Norte e Noroeste nos próximos anos.

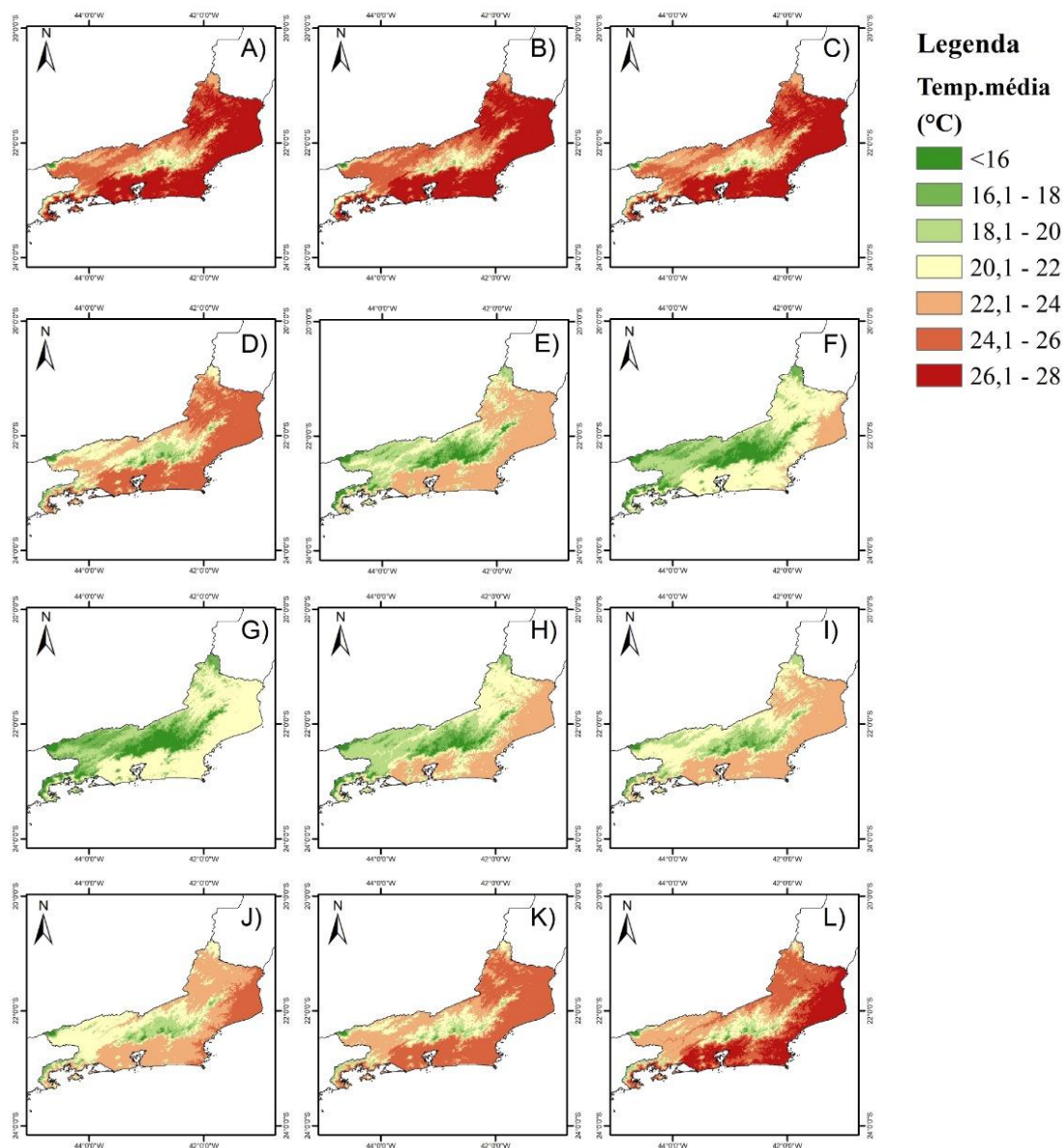


Figura 34: Mapas com a distribuição das temperaturas médias em cada mês para o estado do Rio de Janeiro. (A a L correspondem aos meses de Janeiro a Dezembro)

Nos meses de junho a agosto, em praticamente todas as regiões do estado, observou-se precipitações médias mensais inferiores a 100 mm (Figuras 35-F, 35-G, 35-H). Em boa parte das regiões Serrana, Médio Paraíba e Costa Verde, as precipitações nos meses mais chuvosos (dezembro e janeiro) ultrapassam os 300 mm (Figuras 35-L e 35-A). Silva e Dereczynski (2014) relatam tendências estatisticamente significativas de aumento dos totais pluviométricos anuais nas Baixadas Litorâneas (entre +4,0 e +32,0 mm/ano) para os próximos anos.

Quanto ao déficit hídrico, nota-se que os valores mais elevados se encontram nas regiões Norte e Noroeste nos meses de junho, julho e agosto (Figura 36-F, 36-G, 36-H). Para a maioria dos municípios nas regiões da Costa Verde, Médio Paraíba, Metropolitana, Centro-Sul e Baixadas Litorâneas, o déficit hídrico fica abaixo de 10 mm na maioria dos meses do ano. Nos meses de novembro e janeiro o DEF fica abaixo dos 10 mm em todo o estado do Rio de Janeiro.

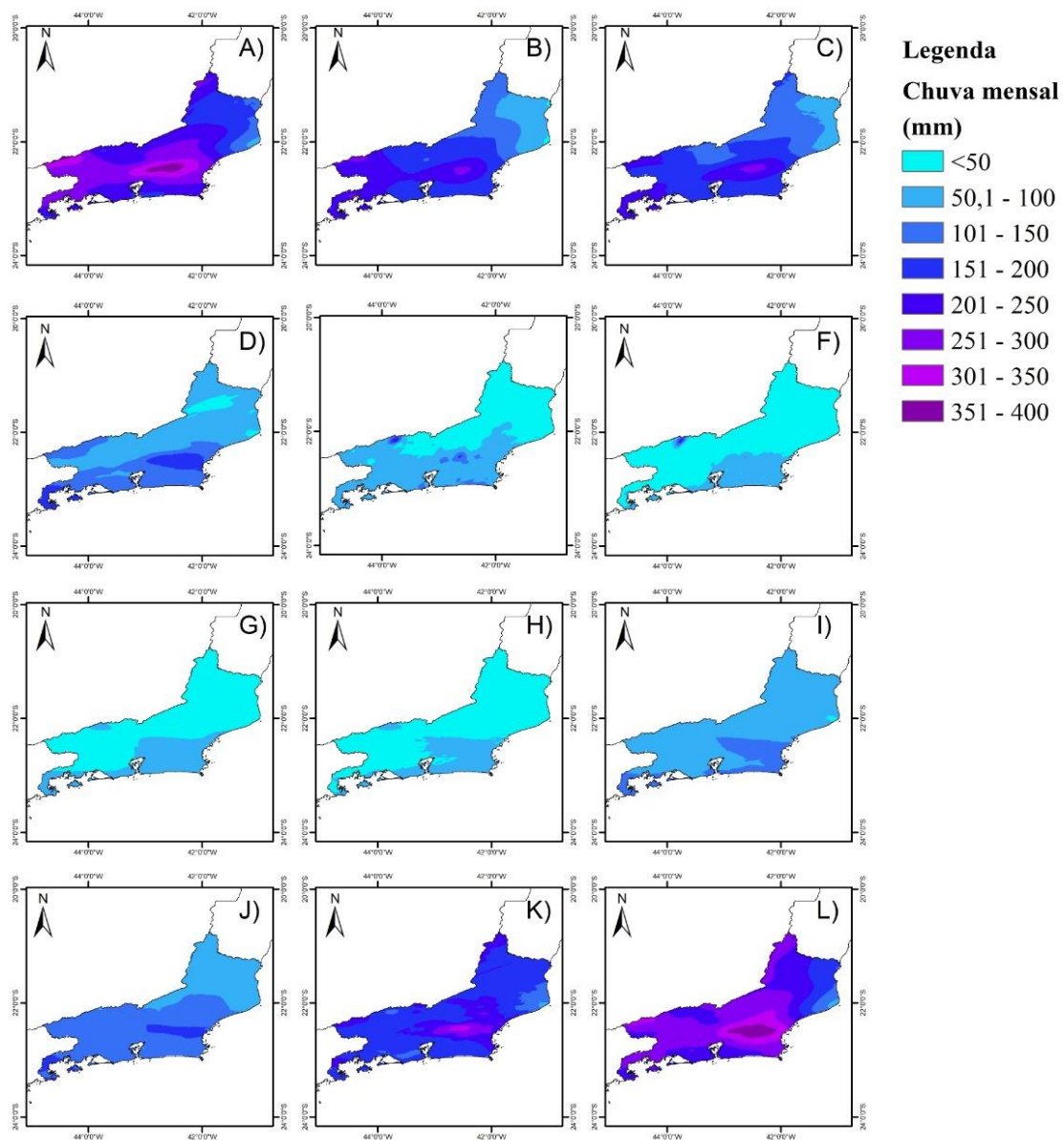


Figura 35: Mapas com a distribuição das precipitações médias em cada mês para o estado do Rio de Janeiro (A a L correspondem aos meses de Janeiro a Dezembro).

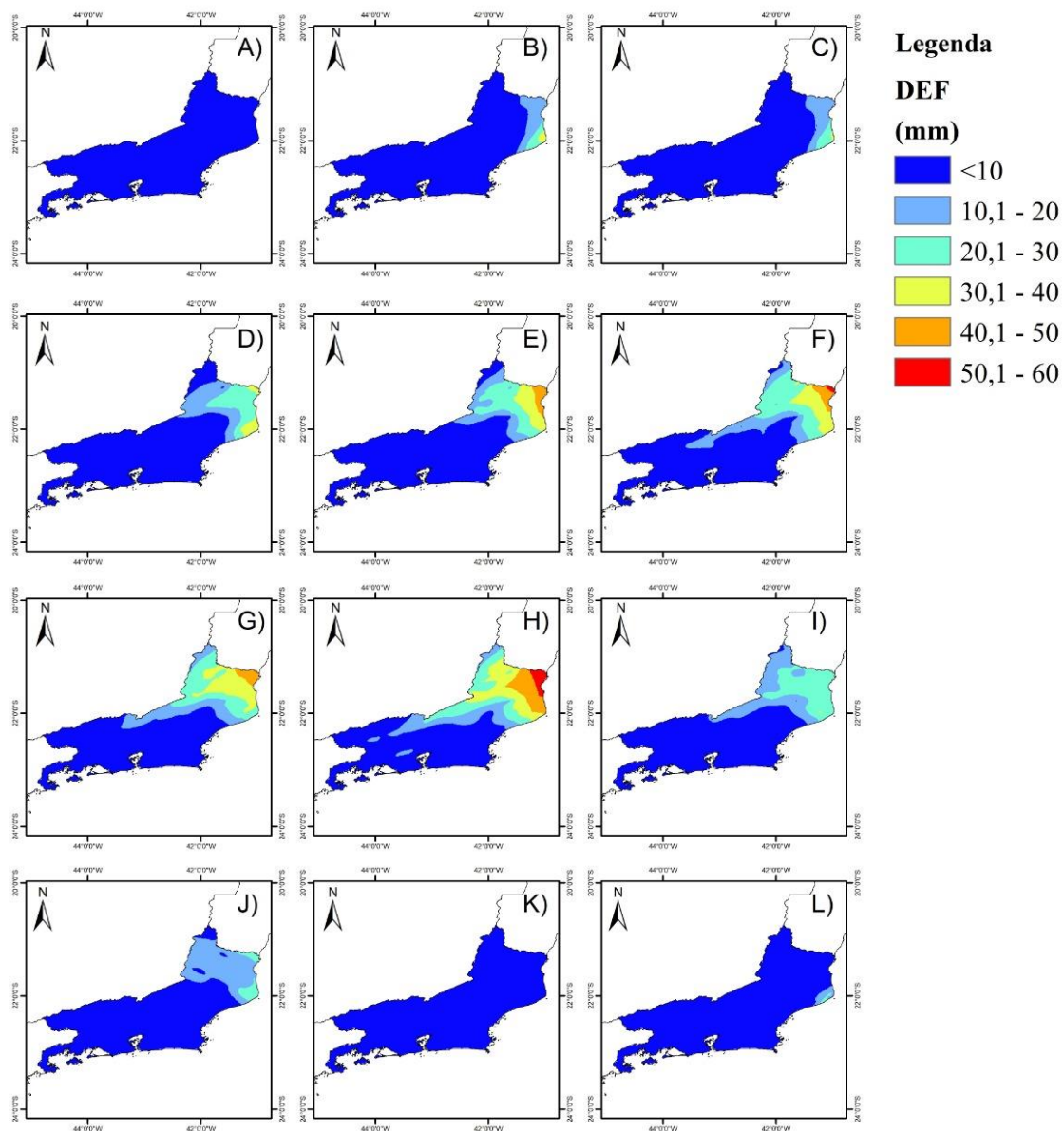


Figura 36: Mapas de déficit hídrico em cada mês para o estado do Rio de Janeiro (A a L correspondem aos meses de Janeiro a Dezembro).

No mapa de zoneamento agroclimático (Figura 37) é possível observar as classes de aptidão para o cultivo de açaí no estado do Rio de Janeiro e suas respectivas porcentagens. As regiões que foram consideradas aptas para o cultivo de açaí, atendendo os parâmetros dispostos na Tabela 21, corresponderam a 32,5% da área total do estado. As regiões Metropolitana e dos Lagos foram as que apresentaram maiores áreas de aptidão para o cultivo do açaí. Municípios como Seropédica, Queimados, Japeri, Belford Roxo, São Pedro da Aldeia, Arraial do Cabo, Cabo Frio e Rio das Ostras foram considerados aptos em toda a sua extensão territorial. Algumas cidades da Costa Verde



como Paraty, Angra dos Reis e Mangaratiba, por apresentarem áreas com significativa diferença de altitude, tiveram parte do território classificado como apto para cultivo de açaí e outra parte considerada como inapta devido à temperatura. Fato semelhante ocorreu nos municípios de Paracambi, Nova Iguaçu, Magé, Guapimirim, Cachoeiras de Macacu, Silva Jardim e Casemiro de Abreu.

O açaizeiro pode ser plantado na Amazônia e em locais cujos tipos climáticos, de acordo com a classificação de Köppen, se assemelham aos ocorrentes nesta região, especialmente no Afi e Ami (OLIVEIRA et al., 2007). Esses tipos caracterizam-se por serem quentes e úmidos, com pequenas amplitudes térmicas, geralmente com temperaturas médias e médias das mínimas e das máximas anuais em torno de 26°C, 22°C e 31,5°C, respectivamente, e com umidade relativa do ar variando entre 71% e 91%.

Pode-se constatar pelo mapa do Zoneamento Agroclimático proposto (Figura 37) que boa parte dos municípios das regiões Norte e Noroeste do estado do Rio de Janeiro foram considerados inaptos devido à baixa precipitação e déficit hídrico (11%) ou somente devido à baixa precipitação (18,3%). Em cidades com potencial de produção de frutas dessas regiões, como Itaperuna, Cardoso Moreira, Italva, Santo Antônio de Pádua, Campos dos Goytacazes e São João da Barra, a precipitação média anual não foi considerada satisfatória para o cultivo do açaizeiro, porém não ocorreu limitação devido a variação da temperatura média anual. Dessa forma, apesar de Calbo e De Moraes (2000) considerarem o açaizeiro uma planta com adaptação a estresse hídrico moderado, e Cordeiro et al. (2009) relatarem que a espécie apresenta uma estratégia eficiente na manutenção da quantidade de água na folha, nesses municípios o cultivo do açaizeiro seria classificado como apto desde que o suprimento de água as plantas seja disponibilizado por um adequado sistema de irrigação, considerando o tipo e relevo do solo, quantidade e qualidade da água e retorno econômico, dentre outros fatores.

A maior parte do Rio de Janeiro foi considerada como inapta para o cultivo de açaí devido a baixas temperaturas médias anuais, totalizando 35,8% da área do estado (Figura 37). Dessa forma, grande parte das regiões Centro-Sul, Médio Paraíba e Serrana se enquadraram nessa categoria. Algumas cidades como Petrópolis, Teresópolis, Nova Friburgo, Bom Jardim, Duas Barras, Valença, Resende, Itatiaia, Rio Claro e Paty do Alferes apresentaram grande parte do seu território classificado como inapto devido à restrição por temperatura. Portanto esses municípios caracterizam-se por serem locais onde o açaizeiro terá um crescimento lento, limitando a capacidade produtiva dessa espécie em toda sua potencialidade. As baixas temperaturas afetam de maneira

significativa o crescimento vegetal, como nos processos de respiração e atividades enzimáticas (VIEIRA et al., 2010), sendo de 26°C a temperatura média ideal para o cultivo de açaí (OLIVEIRA et al., 2007).

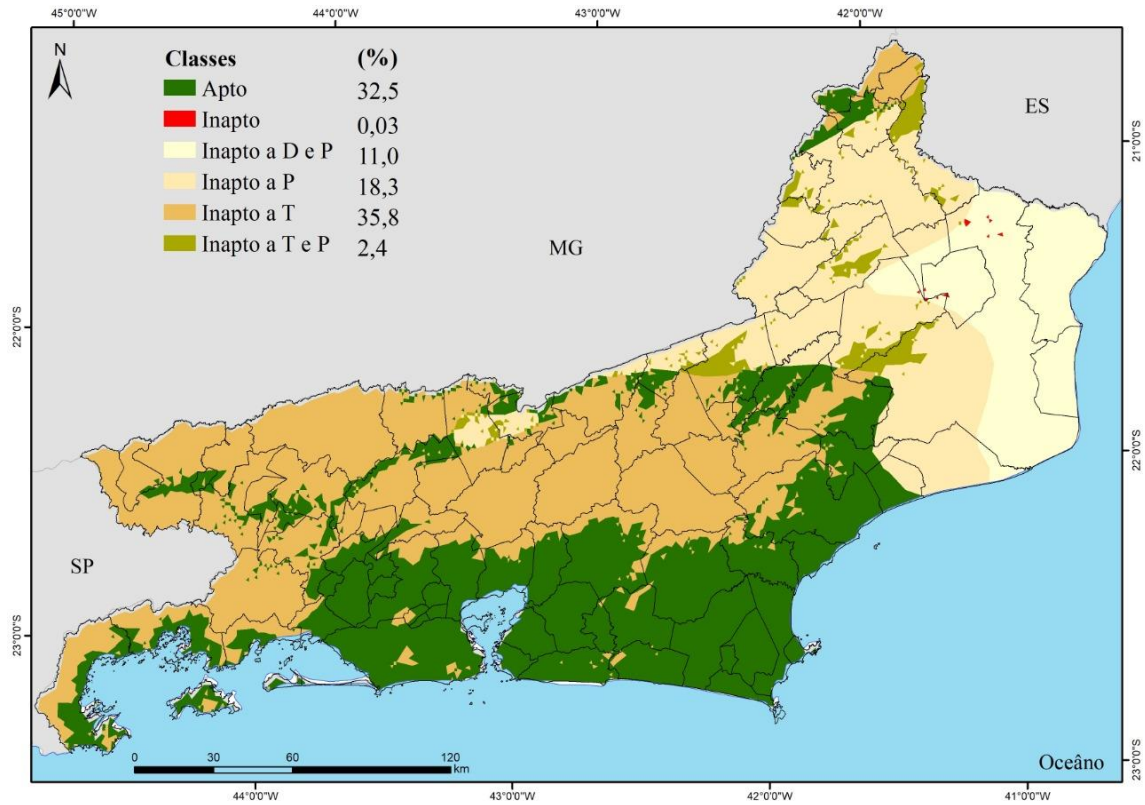


Figura 37: Mapa com o zoneamento agroclimático para a cultura do açaí no estado do Rio de Janeiro. (D – déficit hídrico, P – precipitação pluvial, T – Temperatura).

#### **4. CONCLUSÃO**

O estado do Rio de Janeiro apresenta limitações térmicas e pluviométricas para o desenvolvimento do açaizeiro em 67,5 % do seu território. Em 29,3 % do estado o cultivo poderia ser viável desde que a demanda hídrica da planta fosse atendida por suprimento de água em adequado sistema de irrigação. As regiões do estado com as maiores áreas aptas climaticamente para o cultivo do açaí foram as Baixadas Litorâneas e Metropolitana.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, G. A., CARAMORI, P. H., CAVIGLIONE, J. H., OLIVEIRA, D., & RIBEIRO, A. D. A. Zoneamento agroclimático para a cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas*) no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, 15(02), 178-183. 2007.

APARECIDO, L. E. O.; MORETO, V. B.; ROLIM, G. S.; MORAES, J. R.; VALERIANO, T. T. B.; SOUZA, P. S. Climatic Potential for Summer and Winter Wine Production. **J. Sci. Food Agric.** doi:10.1002/jsfa.8575. 2017.

ASSAD, E.D., SANO, E.E. **Sistema de informação geográfica: aplicações na agricultura.** Planaltina: EMBRAPA - CPAC, 274p, 1993.

BOBBIO, F.O.; DRUZIAN, J.I.; ABRÃO, P.A.; BOBBIO, P.A.; FADELLI, S. Identificação e quantificação das antocianinas do fruto do açazeiro (*Euterpe oleracea*) Mart. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 20(3):388-390. 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 411 de 4 de novembro de 2010. Aprova o zoneamento agrícola para a cultura do açaí no estado do Acre, safra 2011. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 5 nov. 2010. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=881926535>>. Acesso em: 18/01/2019.

CALBO, M. E. R., & DE MORAES, J. A. P. V. Efeitos da deficiência de água em plantas de *Euterpe oleracea* (açaí). **Revista Brasileira de Botânica**, 23(3), 225-230, 2000.

CAMARGO, A. P; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativas da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p.89-97, 1997.

CATTANIO, J.H., ANDERSON A.B., CARVALHO, M.S. Floristic composition and topographic variation in a tidal floodplain forest in the Amazon Estuary. **Rev Bras Bot** 25:419–430. 2002.

CECÍLIO, R. A., DA SILVA, K. R., XAVIER, A. C., & PEZZOPANE, J. R. M. Método para a espacialização dos elementos do balanço hídrico climatológico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 47(4), 478-488, 2012.

COELHO, A.M. Agricultura de precisão: Manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e da cultura. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S. & ALVAREZ V., V.H., eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.3. p.249-290, 2005.

CORDEIRO, Y. E. M., DOS SANTOS FILHO, B. G., CORDEIRO, R. A. M., DE PAULA, M. T., & DE OLIVEIRA NETO, C. F. Aspectos bioquímicos em plantas jovens de açaí (*Euterpe oleracea* Mart) submetidas a dois regimes hídricos. 60º Congresso nacional de Botânica. 2009.

DE MENEZES, P. M. L., DO COUTO FERNANDES, M., DA SILVA SANTOS, K., SARDELLA, A. B., DE PAULA CARDOSO, R. S. C., ALVES, S. L. P., & GRAÇA, A. J. S. (2015). Dinâmica cartográfica e TOPONÍMICA no estado do Rio de Janeiro (Século XVI-XX): Resultados preliminares e perspectivas futuras. **Revista Brasileira de Cartografia**, 67(4). 2015.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Brasil em relevo**. Disponível em: <<https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/>> . Acesso em: 15/01/2019.

GASPARINI, K. A. C., FONSECA, M. D. S., PASTRO, M. S., LACERDA, L. C., & DOS SANTOS, A. R. Zoneamento agroclimático da cultura do açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) para o estado do Espírito Santo. **Revista Ciência Agronômica**, 46(4), 707-717, 2015.

HOMMA, A.K.O., NOGUEIRA, O.L., DE MENEZES, A.J.E.A., DE CARVALHO, J.E.U., NICOLI, C.M.L., DE MATOS, G.B. Açaí: novos desafios e tendências. **Amaz. Ciência Desenvolv.** 1, 7–23. 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017). Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/289>. Acesso em 16/02/2018

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018). Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/sgb.shtm>. Acesso em 31/12/2018

KIST, B. B.; SANTOS, C. E. D.; CARVALHO, C. D.; TREICHEL, M; FILTER, C. F. Anuário Brasileiro da Fruticultura 2017. **Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz**, 2017.

KRIGE D. A statistical approach to some basic mine valuation problems on the Witwatersrand. **Journal of Chemical, Metal and Mining Society of South Africa**. 52:119–139. 1951

LUMBRERAS, J. F. et al (2003). Zoneamento Agroecológico do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: [http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/458/bol\\_33\\_2003\\_zon\\_rj.pdf?sequence=1](http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/458/bol_33_2003_zon_rj.pdf?sequence=1). Acesso em 06/01/2019.

MEDEIROS, S. S.; CECÍLIO, R. A.; MELO JÚNIOR. J. C. F.; SILVA JÚNIOR. J. L. C. Estimativa e espacialização das temperaturas do ar mínimas, médias e máximas na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.2, p.247-255, 2005.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), 2017. Anexo I: Parâmetros de Risco Climático. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/riscos-seguro/riscoagropecuario/documentos>. Acesso em 29/12/2018.

NOGUEIRA, O. L.; FIGUEIRÊDO, F. J. C.; MÜLLER, A. A. Açaí, Sistemas de produção. **Embrapa Amazônia Oriental**, v. 2, 2005.

OLIVEIRA, M. D. S. P. D.; DE FARIAS NETO, J. T.; DA SILVA PENA, R. Açaí: técnicas de cultivo e processamento. **CEP**, v. 60, p. 002, 2007.

PENMAN, H. L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proceedings of the Royal Society. A - Series**, London, v.193, p.120-145, 1948.

PEREIRA, A.P; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Lavras: Agropecuária, 2002. 478p.

PEZZOPANE, J. R. M.; SANTOS, E. A.; ELEUTÉRIO, M. M.; REIS, E. F.; SANTOS, A. R. Espacialização da temperatura do ar no Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.12, n.1, p.151-158, 2004.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica: Edur, 191p, 2004.

PORTINHO, J. A.; ZIMMERMANN, L. M.; BRUCK, M. R. Efeitos benéficos do açaí. **International Journal of Nutrology**, v. 5, n. 1, p. 15-20, 2012.

ROGEZ, H. Açaí: Preparo, Composição e Melhoramento da Conservação. 1 ed. Belém-Pará: EDUFPA, 313p, 2000.

ROSSETTI, L. A. Zoneamento agrícola em aplicações de crédito e securidade rural no Brasil: aspectos atuariais e de política agrícola. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 386-399, 2001.

SANTOS, G.O; HERNANDEZ, F.B.T.; ROSSETTI, J.C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.4, n. 3, p.142-149, 2010.

SANTOS, J.C.; SENA, A.L.S.; HOMMA, A.K.O. Viabilidade econômica do manejo de açcaizais no estuário amazônico do Pará. In: GUIDUCCI, R.C.N.; LIMA FILHO, J.R.;MOTA, M.M. (eds.). Viabilidade econômica de sistemas de produção agropecuários. Brasília: Embrapa, p.351-409, 2012.

SEDIYAMA, G. C.; MELO JUNIOR, J. C.; SANTOS, A. D.; RIBEIRO, A.; COSTA, M. H.; HAMAKAWA, P. J.; COSTA, J. M. N. D.; COSTA, L. C. Zoneamento

agroclimático do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para o Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 501-509, 2001.

SENTELHAS, P. C; MONTEIRO, J. E. B. de A. **Agrometeorologia dos Cultivos**. Brasília, DF: INMET, 2009.

SILVA, W. L.; DEREZYNSKI, C. P. Caracterização climatológica e tendências observadas em extremos climáticos no estado do Rio de Janeiro. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 37, n. 2, p. 123-138, 2014.

SOBRAL, B. S., OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F., DE GOIS, G., & PEREIRA-JÚNIOR, E. R. Spatial variability of SPI and RDIST drought indices applied to intense episodes of drought occurred in Rio de Janeiro State, Brazil. **International Journal of Climatology**, 38(10), 3896-3916, 2018.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. Livro: **Fisiologia Vegetal**, 4ª edição, 719p., 2009.

THORNTHWAITE, C.W. An approach towards a rational classification of climate. **Geogr Rev.** v.38, p.55-94, 1948. doi: 10.2307/210739

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Centerton, N.J.: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 104p. (Publications in Climatology, v. 8, n.1). 1955.

TOZI, F. A. de. Sistemas de informação geográfica na agricultura. In: BALASTREIRE, L. A. (Ed.). **O Estado da arte da agricultura de precisão no Brasil**. Ed. do Autor: Piracicaba, p. 187-192, 2000.

VALERIANO, M. M.; PICINI, A. G. Uso de sistemas de informação geográfica para a geração de mapas de médias mensais de temperatura do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.8, n.2, p.255-262, 2000.

VALERIANO, M. M.; ROSSETTI, D. F. Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data. **Applied Geography** (Sevenoaks), v. 32, p. 300–309, 2011.



VALERIANO, M. M. Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul, São José dos Campos, SP INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-10550-RPQ/756). 72p., 2004.

VIEIRA, E. L.; SOUZA, G. S.; SANTOS, A. R.; SILVA, J. S. **Manual de fisiologia vegetal**. 1.ed. São Luis: EDUFMA, 230p, 2010.

WOLLMANN, C. A.; GALVANI, E. Zoneamento agroclimático: linhas de pesquisa e caracterização teórica-conceitual. **Sociedade & Natureza**, v. 25, n. 1, 2013.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM NETO, M. da S.; ARAÚJO, A.E. de; CARAMORI, P.H. Zoneamento agroecológico e definição de época de semeadura do algodoeiro no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, p.422-428. Número Especial – Zoneamento Agrícola. 2001.

ANDRADE, A. D.; LOUREIRO, M. B.; SOUZA, A. D. O.; RAMOS, F. N. & CRUZ, A. P. M. Reavaliação do efeito do substrato e da temperatura na germinação de sementes de palmito (*Euterpe edulis* Mart.). **Revista Árvore**, 23(3), 279-283. (1999).

ANDRADE, G. A., CARAMORI, P. H., CAVIGLIONE, J. H., OLIVEIRA, D., & RIBEIRO, A. D. A. Zoneamento agroclimático para a cultura do pinhão-mansão (*Jatropha curcas*) no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, 15(02), 178-183. 2007.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2017. 49p. Disponível em: <[http://www.editoragazeta.com.br/site/wp/wp-content/uploads/2017/03/PDF-Fruticultura\\_2017.pdf](http://www.editoragazeta.com.br/site/wp/wp-content/uploads/2017/03/PDF-Fruticultura_2017.pdf)>. Acesso em: 15 de junho de 2018.

APARECIDO, L. E. O.; MORETO, V. B.; ROLIM, G. S.; MORAES, J. R.; VALERIANO, T. T. B.; SOUZA, P. S. Climatic Potential for Summer and Winter Wine Production. **J. Sci. Food Agric.** doi:10.1002/jsfa.8575. 2017.

ARAÚJO, E. F.; SILVA, R. F. & ARAUJO, R. F. Avaliação da qualidade de sementes de açaí armazenadas em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.16, n.1, p.76-79, 1994.

ASSAD, E.D., SANO, E.E. **Sistema de informação geográfica**: aplicações na agricultura. Planaltina: EMBRAPA - CPAC, 274p, 1993.

AUGUSTO, L. G. D. S.; GURGEL, I. G. D.; CÂMARA NETO, H. F.; MELO, C. H. D.; & COSTA, A. M. O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. **Ciência & saúde coletiva**, 17, 1511-1522, 2012.

BARBOSA, E. S., SOARES, F. A., FILHO, S. C. V., SOUSA, A. E., TEIXEIRA, M. B., & DE SÁ, J. W. (2015) **Características anatômicas das folhas de mudas de guariroba submetida a diferentes estresses hídricos**. In: III Inovagri International Meeting, Fortaleza. Disponível em: <<http://www.bibliotekevirtual.org/simposios/III-INOVAGRI-2015/02.09.2015/a280.pdf>>. Acesso em: 02 de novembro de 2018.

BARBOSA, J. G.; LOPES, L.C. **Propagação de plantas ornamentais**. Viçosa: UFV, 2007. 183 p.

BASTOS, T.X., MÜLLER, A.A., PACHECO, N.A. et al. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do dendezeiro no estado do Pará. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, p.563-569, Número Especial – Zoneamento Agrícola. 2001.

BATISTA, S. C. O.; CARVALHO, D. F.; ROCHA, H. S.; SANTOS, H. T.; MEDICI, L. O. Production of automatically watered lettuce with a low cost controller. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 11, n.2, p. 485-489, 2013.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8º edição, UFV: Impr. Univ., 596p, 2009.

BEZERRA, A. C. M. Irrigação automática acionada por sensor de pressão de vapor aplicada na produção de mudas de alface. Dissertação de Mestrado, 53 p., UFRRJ, 2017.

BIASI, L. A.; BILIA, D. A. C.; SÃO JOSÉ, A. R.; FORNASIERI, J. L. & MINAMI, K. Efeito de misturas de turfa e bagaço-de-cana sobre a produção de mudas de maracujá e tomate. **Scientia Agrícola**, 52(2), 239-243, 1995.

BISCARO, G. A., MACHADO, J. R., TOSTA, M. D. S., MENDONÇA, V., SORATTO, R. P., & DE CARVALHO, L. A. Adubação nitrogenada em cobertura no girassol irrigado nas condições de Cassilândia-MS. **Ciência e Agrotecnologia**, 1366-1373, 2008.

BOBBIO, F.O.; DRUZIAN, J.I.; ABRÃO, P.A.; BOBBIO, P.A.; FADELLI, S. Identificação e quantificação das antocianinas do fruto do açazeiro (*Euterpe oleracea*) Mart. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 20(3):388-390. 2000.

BOVI, M. L. A.; SPIERING, S. H.; MELO, T. M. Temperaturas e substratos para germinação de sementes de palmito e açazeiro. **In: Anais do Segundo Congresso sobre Tecnologia de Sementes Florestais**. Atibaia, São Paulo. p. 43, 1989.

BRAGA, H.J.; SILVA Jr., V.P. da; PANDOLFO, C. Zoneamento de riscos climáticos da cultura da maçã no estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, p.439-445, Número Especial – Zoneamento Agrícola, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 411 de 4 de novembro de 2010. Aprova o zoneamento agrícola para a cultura do açaí no estado do Acre, safra 2011. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 5 nov. 2010. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=881926535>>. Acesso em: 18/01/2019.

BUAINAIN, A. M. (Ed.). Cadeia produtiva de frutas. **Bib. Orton IICA/CATIE**, 2007.

BUNT, A.C. Some physical and chemical characteristics of loamless pot-plant substrates and their relation to plant growth. **Plant and Soil**, The Hague, n.38, p.1954-1965, 1973.

CALBO, A. G. & SILVA, W. L. de. C. Sistema irrigas para manejo de irrigação: Fundamentos, aplicações e desenvolvimentos. **Brasília : Embrapa Hortaliças**, 174 p., 2005.

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, M. E. R., & DE MORAES, J. A. P. V. Efeitos da deficiência de água em plantas de *Euterpe oleracea* (açai). **Revista Brasileira de Botânica**, 23(3), 225-230, 2000.

CALZAVARA, B. B. G. As possibilidades do açazeiro no estuário amazônico. Belém: FCAP. 103p. (Boletim da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, 5). 1972.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativas da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p.89-97, 1997.

CARAMORI, P. H.; CAVIGLIONE, J. H.; WREGE, M. S.; HERTER, F. G.; HAUAGGE, R.; RICCE, W. D. S. Zoneamento agroclimático para o pessegueiro e a nectarineira no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 30(4), 1040-1044. 2008.

CARVALHO, A. M., MENDES, A. N., CARVALHO, G. R., BOTELHO, C. E., GONÇALVES, F. A., & FERREIRA, A. D. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 45(3), 269-275, 2011.

CARVALHO, C. J. R. Respostas de plantas de *Schizolobium amazonicum* [S. parahyba var. *amazonicum*] e *Schizolobium parahyba* [*Schizolobium parahybum*] à deficiência hídrica. **Revista Árvore** v. 29, p. 907- 914, 2005.

CARVALHO, D.F.; SILVA, L.D.B.; FOLEGATTI, M.V.; COSTA, J.R.; CRUZ, F.A. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica-RJ utilizando lisímetro de pesagem. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.14, n.2, p. 1-9, 2006.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes – ciência, tecnologia e produção**. 4ed. Jaboticabal: FUNEP, 588p, 2000.

CATTANIO, J.H., ANDERSON A.B., CARVALHO, M.S. Floristic composition and topographic variation in a tidal floodplain forest in the Amazon Estuary. **Rev Bras Bot** 25:419–430. 2002.

CECÍLIO, R. A., DA SILVA, K. R., XAVIER, A. C., & PEZZOPANE, J. R. M. Método para a espacialização dos elementos do balanço hídrico climatológico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 47(4), 478-488, 2012.

CEPEA – Hortifruti Brasil ESALQ (2011). 23p. Disponível em: <[http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/103/mat\\_capa.pdf](http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/103/mat_capa.pdf)>. Acesso em: 29 de janeiro de 2016.

CHRISTOFIDIS, D. Água na produção de alimentos: O papel da academia e da indústria no alcance do desenvolvimento sustentável. **Revista Ciências Exatas**, v.12, p.37-46, 2006.

CLEMENT, C. R. & BOVI, M. L. A. Padronização de medidas de crescimento e produção de experimentos com pupunheira para palmito. **Acta Amazônica**, v. 30, n. 3, p. 349-362, 2000.

COELHO, A.M. Agricultura de precisão: Manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e da cultura. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S. & ALVAREZ V., V.H., eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.3. p.249-290, 2005.

CORDEIRO, Y. E. M., DOS SANTOS FILHO, B. G., CORDEIRO, R. A. M., DE PAULA, M. T., & DE OLIVEIRA NETO, C. F. Aspectos bioquímicos em plantas jovens de açaí (*Euterpe oleracea* Mart) submetidas a dois regimes hídricos. **60º Congresso nacional de Botânica**. 2009.

COSTA C.A.; RAMOS S.J.; SAMPAIO R.A.; GUILHERME D.O.; FERNANDES L.A. Fibra de coco e resíduo de algodão para substrato de mudas de tomateiro. **Horticultura Brasileira** 25: 387-391, 2007.

DA COSTA, P. S., MORAES, K. K. S., BELO, F. C., CIPRIANI, H. N., DO NASCIMENTO BATISTA, E. R., & CAMELO, J. C. Produção inicial de frutos num plantio de açaí em Porto Velho, Rondônia. **Revista FAROCIENCIA**, 1(1), 209-213, 2016.

DA CUNHA, C. R., MACIEL, V., MADRUGA, A., LUNZ, A., BERGO, C., & OLIVEIRA, M. Caracterização físico-química da polpa de indivíduos experimentais de açaizeiro (*Euterpe oleraceae* Mart.) com alta produtividade. In Embrapa Acre-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 9., Ilhéus. Anais... Ilhéus: SBSAF, 2013. 1 CD-ROM.. 2013.

DA CUNHA, G. R. & ASSAD, E. D. Uma visão geral do número especial da RBA sobre zoneamento agrícola no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 377-385, 2001.

DA CUNHA, G.R.; HAAS, J.C.; MALUF, J.R.T.; CARAMORI, P.H.; ASSAD, E.D.; BRAGA, H.J.; ZULLO JÚNIOR, J.; LAZZAROTTO, C.; GONÇALVES, S.; WREGE, M.; BRUNETTA, D.; DOTTO, S.R.; PINTO, H.S.; BRUNINI, O.; THOMÉ, V.M.R.; ZAMPIERI, S.L.; PASINATO, A.; PIMENTEL, M.B.M.; PANDOLFO, C. Zoneamento agrícola e época de semeadura para o trigo no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, p.400-414, 2001.

DE ARÊDES, A. F.; RODRIGUES, J. S. Competitividade e desempenho das exportações brasileira do melão. **Humanas Sociais & Aplicadas**, v. 7, n. 18, 2017.

DE CARVALHO, J. C. R.; ROMBOLD, J.; NEPSTAD, D. C., & SÁ, T. D. A. Relações hídricas do açaizeiro em mata de várzea do estuário do Amazonas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, 10(3), 213-218. (1998).

DE LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Org.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**, vol. 1. 1.ed. Brasília-DF: Embrapa, v.2, 507p, 2014.

DE MENEZES, P. M. L., DO COUTO FERNANDES, M., DA SILVA SANTOS, K., SARDELLA, A. B., DE PAULA CARDOSO, R. S. C., ALVES, S. L. P., & GRAÇA, A. J. S. (2015). Dinâmica cartográfica e TOPONÍMICA no estado do Rio de Janeiro (Século XVI-XX): Resultados preliminares e perspectivas futuras. **Revista Brasileira de Cartografia**, 67(4). 2015.

DE OLIVEIRA, M. D. S. P.; DE CARVALHO, J. E. U.; DO NASCIMENTO, W. M. O. **Açaí (Euterpe Oleracea Mart.)**. Jaboticabal: FUNEP, 52p. (Série frutas nativas, 7). 2000.

DIAS, G. C. D. O. Crescimento e relações hídricas de genótipos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivados sob irrigação por acionador automático. Dissertação de Mestrado, UFRRJ, 81p., 2012.

DIAS, N. L. P.; DE OLIVEIRA, E. J. & DANTAS, J. L. L. (2012). Avaliação de genótipos de mamoeiro com uso de descritores agronômicos e estimação de parâmetros genéticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 46(11), 1471-1479, 2012.

DINIZ, A. M. Sistema automatizado de aquisição, em tempo real, de umidade e temperatura do solo na irrigação. Tese de Doutorado, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2017.

DOS SANTOS, A.F.; CORRÊA JÚNIOR, C.; NEVES, E.J.M. **Palmeiras para produção de palmito: juçara, pupunheira e palmeira real**. Colombo: Embrapa Florestas, 188p, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. 2019. **Brasil em relevo**. Disponível em: <<https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/>> . Acesso em: 15/01/2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Brasília, Embrapa Produção de Informação, 306p, 2006.



FARIAS NETO, J. T. D., OLIVEIRA, M. D. S. P. D., RESENDE, M. D. V. D., & RODRIGUES, J. C. Parâmetros genéticos e ganhos com a seleção de progênies de *Euterpe oleracea* na fase juvenil. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 3, p. 515-521, jul./set. 2012.

FARIAS, J. R. B., NEPOMUCENO, A. L., & NEUMAIER, N. Ecofisiologia da soja. Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E). 2007.

FERMINO, M. H. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. In: FURLANI, A. M. C. et al. (Coords.). **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. (Documentos IAC, 70) Campinas: Instituto Agronômico, 122 p. 2002.

FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; BRAZ, L. T. Desempenho de substratos no cultivo do tomateiro do grupo cereja. **Horticultura Brasileira**, v.24, p.42-46, 2006.

FERREIRA NETO, M., GHEYI, H. R., HOLANDA, J. S., MEDEIROS, J. F., & FERNANDES, P. D.. Qualidade do fruto verde de coqueiro em função da irrigação com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 2002.

FREIRE, M. B. G. dos S. & FREIRE, F. J. Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais. In: Novais RF, Alvarez VVH, Barros NF, Fontes RLF, Cantarutti RB, Neves JCL. (eds.) **Fertilidade do Solo**. Viçosa, SBCS/UFV. p 929-954. 2007.

GASPARIN, E., DE AVILA, A. L., ARAUJO, M. M., CARGNELUTTI FILHO, A., DORNELES, D. U., & FOLTZ, D. R. B. Influência do substrato e do volume de recipiente na qualidade das mudas de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. em viveiro e no campo. **Ciência Florestal**, 24(3), 553-563, 2014.

GASPARINI, K. A. C., FONSECA, M. D. S., PASTRO, M. S., LACERDA, L. C., & DOS SANTOS, A. R. Zoneamento agroclimático da cultura do açai (*Euterpe oleracea* Mart.) para o estado do Espírito Santo. **Revista Ciência Agronômica**, 46(4), 707-717, 2015.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. Produção de mudas de eucalipto por sementes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 29, n. 242, p. 14-22, 2008.

GONÇALVES, F. V., MEDICI, L. O., ALMEIDA, W. S. De, CARVALHO, D. F. De, DOS SANTOS, H. T., & GOMES, D. P. Irrigação no cultivo orgânico de alface utilizando Irrigás, tanque Classe A e um sistema automático de baixo custo. **Ciência Rural**, 44(11). 2014.

HAKANSSON, I.; STENBERG, M.; RYDBERG, T. Long term experiments with different depths of mouldboard plough in Sweden. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 46, p. 209-223, 1998.

HOMMA, A.K.O., NOGUEIRA, O.L., DE MENEZES, A.J.E.A., DE CARVALHO, J.E.U., NICOLI, C.M.L., DE MATOS, G.B. Açáí: novos desafios e tendências. **Amaz. Ciência Desenvolv.** 1, 7–23. 2006.

HOMMA, A.K.O.; SANTANA A.C. A agroindústria na Região Norte, In: Zibetti DW & Barroso LA (Eds.) Agroindústria: uma análise no contexto socioeconômico e jurídico brasileiro. LEUD São Paulo, v.1, p.19-43. 2009.

HORN, J. W., FISHER, J. B., TOMLINSON, P. B., LEWIS, C. E., & LAUBENGAYER, K.. Evolution of lamina anatomy in the palm family (Arecaceae). **American Journal of Botany**, 96(8), 1462-1486. (2009).

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016). Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Levantamento\\_Sistematico\\_da\\_Producao\\_Agricola\\_\[mensal\]/Fasciculo/lspa\\_201610.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201610.pdf). Acesso em 19/11/2016

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017). Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/289>. Acesso em 16/02/2018

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018). Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/sgb.shtm>. Acesso em 31/12/2018

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 156 p, 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **BDMEP – Dados históricos**. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 25 dez. 2018.

JANSEN, H., BACHTALER, E., FÖLSTER, E. **Gärtnerischer pflanzenbau**. 2. ed. Stuttgart : Ulmer, 467p, 1989.

KIST, B. B.; SANTOS, C. E. D.; CARVALHO, C. D.; TREICHEL, M; FILTER, C. F. Anuário Brasileiro da Fruticultura 2017. **Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz**, 2017.

KRAMER, P. J. & BOYER, J. S. Water relations of plants and soils. **Academic Press**, New York, 1995.

KRIGE D. A statistical approach to some basic mine valuation problems on the Witwatersrand. **Journal of Chemical, Metal and Mining Society of South Africa**. 52:119–139. 1951

LEAL, M. A. A. Produção e eficiência agronômica de compostos obtidos com a palhada de gramínea e leguminosa para o cultivo de hortaliças orgânicas, Tese (Doutorado), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Agronomia, 133 p., 2006.

LEAL, M. A. A.; Aquino, A. A.; Fernandes, R. C.; Mateus, J. S. Diferentes níveis de enriquecimento de composto orgânico visando sua utilização como substrato para produção de mudas de hortaliças, Seropédica: **Embrapa Agrobiologia**, Boletim de Pesquisa & Desenvolvimento nº 58, 20 p., 2009.

LEAL, S. C. De O. B., CARVALHO, D. F., MEDICI, L. O. Dispositivo automático de baixo custo para irrigação. **Novas Edições Acadêmicas**. 71p., 2014.

LEITE, K.R.; SCATENA, V.L. Anatomia do segmento foliar de espécies de *Syagrus* Mart. (Arecaceae) da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. *Sitentibus*. **Série Ciências Biológicas**, 1(1): 3-14. 2001.

LOPES, J. L. W.; AMARAL GUERRINI, I.; SAAD, J. C. C. & SILVA, M. R. D. Efeitos da irrigação na sobrevivência, transpiração e no teor relativo de água na folha em mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes substratos. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, 97-106. 2005.

LORENZI, H., SOUZA, H.M., MEDEIROS-COSTA, J.T., CERQUEIRA, L.S.C. & VON BEHR, N.. **Palmeiras no Brasil Nativas e Exóticas**. Nova Odessa. Editora Plantarum: 1996.

LUMBRERAS, J. F. et al (2003). Zoneamento Agroecológico do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: [http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/458/bol\\_33\\_2003\\_zon\\_rj.pdf?sequence=1](http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/458/bol_33_2003_zon_rj.pdf?sequence=1). Acesso em 06/01/2019.

MAGALHÃES FILHO, J. R., MACHADO, E. C., MACHADO, D. F. S. P., RAMOS, R. A., & RIBEIRO, R. V. (2010). Variação da temperatura do substrato e fotossíntese em mudas de laranjeira 'Valência'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 44(9), 1118-1126, 2010.

MALUF, J. R. T.; CUNHA, G. D.; MATZENAUER, R.; PASINATO, A.; PIMENTEL, M. B. M. & CAIAFFO, M. R. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de feijão no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, 9(3), 468-476. 2001.

MANTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: UFV, 318 p, 2006.

MAPA, 2017 - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Anexo I: Parâmetros de Risco Climático. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/riscos-seguro/riscoagropecuario/documentos>. Acesso em 29/12/2018.

MAPA, 2018 – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/riscos-seguro/risco-agropecuário/portarias/portarias>> Acesso em 15/12/2018.

MAR, C. C.; CONCEIÇÃO, H. E. O.; SANTOS, A. B. R.; VIÉGAS, I. J. M.; SILVA, F. S. N. Produção de massa seca e área foliar do açaizeiro sob déficit hídrico. **Revista Agroecossistemas**, v.5, p.14-23, 2013.

MARINHO, F. J. L., GHEYI, H. R., FERNANDES, P. D., HOLANDA, J. S. & FERREIRA NETO, M.. Cultivo de coco “Anão Verde” irrigado com águas salinas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2006.

MAROUELLI, W. A.; E SILVA, W.L. de C.; DA SILVA, H. R. Manejo da irrigação em hortaliças. **Brasília: EMBRAPA-SPI**, 1996.

MARTINS, C. C., NAKAGAWA, J., BOVI, M. L. A., & STANGUERLIM, H. Teores de água crítico e letal para sementes de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.-Palmae). **Revista Brasileira de Sementes**, 21(1), 125-132, 1999.

MAXIMOV, N.A.,. The plant in relation to water. A study of the physiological basis of drought resistance, 1929.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo. Do Neolítico à crise contemporânea**. São Paulo, Editora UNESP; Brasília: Nead, 2010.

MEDEIROS, S. S.; CECÍLIO, R. A.; MELO JÚNIOR. J. C. F.; SILVA JÚNIOR. J. L. C. Estimativa e espacialização das temperaturas do ar mínimas, médias e máximas na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.2, p.247-255, 2005.

MEDICI, L. O., ROCHA, H. S. D., CARVALHO, D. F. D., PIMENTEL, C., & AZEVEDO, R. A. Automatic controller to water plants. **Scientia Agrícola**, 67(6), 727-730. 2010.

MELO, R. W. D., FONTANA, D. C., & BERLATO, M. A. (2004). Indicadores de produção de soja no Rio Grande do Sul comparados ao zoneamento agrícola. **Pesquisa agropecuária brasileira**: 1977. Brasília. Vol. 39, n. 12 (dez. 2004), p. 1167-1175. 2004.

MENEZES NETO, M.A. Influência da disponibilidade de oxigênio sobre a germinação, crescimento e atividade das enzimas álcool desidrogenase e lactato desidrogenase em açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). Lavras: ESAL, 50p. Tese de Mestrado. 1994.

METCALF, C.R.. Silica. In: Metcalfe, C.R.; Chalk L. (Eds.). *Anatomy of Dicotyledons*. Clarendon Press, Oxford. 2: 91-94. 1985.

MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e desenvolvimento das plantas. In: Novais RF, Alvarez VVH, Barros NF, Fontes RLF, Cantarutti RB, Neves JCL. (eds.) **Fertilidade do Solo**. Viçosa, SBCS/UFV. p 65-90. 2007.

MOLIN, J. P., & RABELLO, L. M. Estudos sobre a mensuração da condutividade elétrica do solo. **Engenharia Agrícola**, 31(1), 90-101. 2011.

MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos Cultivos, o fator meteorológico na produção agrícola**. Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Brasília, DF, 1ª edição, 530 p. 2009.

MORAES, J. R. D. S. C. (2017). Modelagem agrometeorológica para previsão de produtividade de açaizeiro. Dissertação de Mestrado, Jaboticabal: UNESP, 78p., 2017.

MORETTI, C. L. (Ed.). Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças. Brasília, DF: **Embrapa Hortaliças**. 2007.

NASCIMENTO, W.M.O. DO; NOVEMBRE, A. D. L. C.; CICERO, S. M. **Conseqüências fisiológicas da dessecação em sementes de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.)**. Revista Brasileira de Sementes, v. 29, n. 2, p. 38-43, 2007.

NOGUEIRA, O. L., & CONCEICAO, H. D. Análise de crescimento de açazeiros em áreas de várzea do estuário amazônico. **Pesquisa agropecuária brasileira**, 35(11), 2167-2173. 2000.

NOGUEIRA, O. L.; FIGUEIRÊDO, F. J. C.; MÜLLER, A. A. Açáí, Sistemas de produção. **Embrapa Amazônia Oriental**, v. 2, 2005.

OLIVEIRA JUNIOR, A. G. D. Utilização de acionador simplificado de baixo custo para manejo de irrigação de mudas de Aroeira-Pimenteira (*Schinus terebinthifolius*). Dissertação de Mestrado, 45 p., UFRRJ, 2016.

OLIVEIRA, A. M. G.; AQUINO, A. M.; NETO, M. T. C. Compostagem Caseira De Lixo Orgânico Doméstico, **Embrapa**, Bahia, Circular Técnica 76, 6 p., 2005.

OLIVEIRA, F. N. S., LIMA, H. J. M., & CAJAZEIRA, J. P. Uso da compostagem em sistemas agrícolas orgânicos. **Embrapa Agroindústria Tropical**. 2004.

OLIVEIRA, M. A. J. D., BOVI, M. L. A., MACHADO, E. C., GOMES, M. M. D. A., HABERMANN, G., & RODRIGUES, J. D. Fotossíntese, condutância estomática e transpiração em pupunheira sob deficiência hídrica. **Scientia Agricola**, 59-63. (2002).

OLIVEIRA, M. D. S. P. D.; DE FARIAS NETO, J. T.; DA SILVA PENA, R. Açáí: técnicas de cultivo e processamento. **CEP**, v. 60, p. 002, 2007.

OLIVEIRA, M., & de FARIAS NETO, J. T. Cultivar BRS-Pará: açazeiro para produção de frutos em terra firme. **Embrapa Amazônia Oriental**. Comunicado técnico. 2005.

OLIVEIRA,, M. do S.P. Avaliação do modo de reprodução e de caracteres quantitativos em 20 acessos de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart. – Arecaceae) em Belém-PA. Dissertação de Mestrado, Recife: UFRPE, 145p., 1995.

PACHECO, L. P., MIGUEL, A. S. D. C. S., SILVA, E. M. D., SOUZA, E. D., & SILVA, F. D. Influência da densidade do solo em atributos da parte aérea e sistema radicular de crotalária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 45 (4), 464 -472, 2015.

PASSIOURA, J. B. Drought and drought tolerance. In: Drought tolerance in higher plants. Genetical, physiological and molecular biological analysis. Belhassen E. (Ed.). **Kluwer Acad. Publ.**, Dordrecht. P. 1-5. 1997.

PASSOS, M. A. B., & MENDONÇA, M. S. D.. Epiderme dos segmentos foliares de *Mauritia flexuosa* L. f.(Arecaceae) em três fases de desenvolvimento. **Acta Amazonica**, 36(4), 431-436. (2006).

PENMAN, H. L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proceedings of the Royal Society. A - Series**, London, v.193, p.120-145, 1948.

PEREIRA, A.P; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Lavras: Agropecuária, 478p, 2002.

PEREIRA, L. A. G.; FERREIRA, W. R. Comercialização, logística de transportes e exportações do setor de fruticultura no projeto Jaíba. **GeoTextos**, v. 12, n. 1, 2016.

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G. Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 7, p. 791-796, 2003.

PEZZOPANE, J. R. M.; DA SILVEIRA CASTRO, F.; PEZZOPANE, J. E. M.; BONOMO, R., & SARAIVA, G. S. Zoneamento de risco climático para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo. **Revista Ciência Agronômica**, 41(3), 341-348. 2010.

PEZZOPANE, J. R. M.; SANTOS, E. A.; ELEUTÉRIO, M. M.; REIS, E. F.; SANTOS, A. R. Espacialização da temperatura do ar no Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.12, n.1, p.151-158, 2004.

PIMENTEL, C. Livro: **A relação da planta com a água**. Seropédica, RJ: Edur, 191p., 2004.



PORTINHO, J. A.; ZIMMERMANN, L. M.; BRUCK, M. R. Efeitos benéficos do açaí. **International Journal of Nutrology**, v. 5, n. 1, p. 15-20, 2012.

QUEIROZ, T. M.; BOTREL, T.; FRIZZONE, J. A. Desenvolvimento de Software e Hardware para Irrigação de Precisão usando Pivô Central. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.28, n.1, p.44-54, Jan./mar. 2008.

RAMOS, A., BOVI, M. L., & FOLEGATTI, M. V. Desenvolvimento vegetativo da pupunheira irrigada por gotejamento em função de níveis de depleção de água no solo. **Horticultura Brasileira**, 20(1), 2002.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

REIS, M. V. M.; DAMASCENO JUNIOR, P. C.; CAMPOS, T. de O.; DIEGUES, I. P.; FREITAS, S. C. de. Variabilidade genética e associação entre caracteres em germoplasma de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n.2, p.412-420, abr-jun 2015.

ROGEZ, H. Açaí: Preparo, Composição e Melhoramento da Conservação. 1 ed. Belém-Pará: EDUFPA, 313p, 2000.

ROSA M.F.; BEZERRA F.C.; CORREIA D.; SANTOS F.J.S.; ABREU F.A.P.; FURTADO A.A.L.; BRÍGIDO A.K.L.; NORÕES E.R.V. Utilização da casca de coco como substrato agrícola. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos 52. 24p, 2002.

ROSSETTI, L. A. Zoneamento agrícola em aplicações de crédito e securidade rural no Brasil: aspectos atuariais e de política agrícola. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 386-399, 2001.

SACRAMENTO, J. M. C. S. Z.; KALSING, J.; SCHULTZ, G. Açaí no Norte e juçara no Sul: A necessidade do estudo de cadeias de produtos. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, 2016.

SAIDELLES, F. L. F.; CALDEIRA, M. V. W.; SCHIRMER, W. N. & SPERANDIO, H. V. Casca de arroz carbonizada como substrato para produção de mudas de tamboril-da-mata e garapeira; **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, 30(suplemento 1), 1173-1186, 2009.

SANTOS, G.O; HERNANDEZ, F.B.T.; ROSSETTI, J.C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.4, n. 3, p.142-149, 2010.

SANTOS, J.C.; SENA, A.L.S.; HOMMA, A.K.O. Viabilidade econômica do manejo de açaizais no estuário amazônico do Pará. In: GUIDUCCI, R.C.N.; LIMA FILHO, J.R.;MOTA, M.M. (eds.). Viabilidade econômica de sistemas de produção agropecuários. Brasília: Embrapa, p.351-409, 2012.

SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. **Análise química de plantas**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 56p. 1974.

SCHMITZ, J. A. K., SOUZA, P. V. D. D., & KAMPF, A. N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para cultivo de mudas em recipientes. **Ciência rural**. Santa Maria. Vol. 32, n. 6 (nov./dez. 2002), p. 937-944. 2002.

SEDIYAMA, G. C.; MELO JUNIOR, J. C.; SANTOS, A. D.; RIBEIRO, A.; COSTA, M. H.; HAMAKAWA, P. J.; COSTA, J. M. N. D.; COSTA, L. C. Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para o Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 501-509, 2001.

SELBORNE, L. A ética do uso da água doce: um levantamento. Brasília, UNESCO, 80p., 2002.

SENTELHAS, P. C; MONTEIRO, J. E. B. de A. **Agrometeorologia dos Cultivos**. Brasília, DF: INMET, 2009.

SILVA, B. M. D. S., MORO, F. V., SADER, R., & KOBORI, N. N. Influência da posição e da profundidade de semeadura na emergência de plântulas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.-Arecaceae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, 187-190. 2007.

SILVA, R. P. D.; PEIXOTO, J. R.; JUNQUEIRA, N. T. V. Influência de diversos substratos no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* DEG). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP , v.23, n.2, p.377-381, 2001.

SILVA, W. L.; DEREZYNSKI, C. P. Caracterização climatológica e tendências observadas em extremos climáticos no estado do Rio de Janeiro. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 37, n. 2, p. 123-138, 2014.

SOBRAL, B. S., OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F., DE GOIS, G., & PEREIRA-JÚNIOR, E. R. Spatial variability of SPI and RDIST drought indices applied to intense episodes of drought occurred in Rio de Janeiro State, Brazil. **International Journal of Climatology**, 38(10), 3896-3916, 2018.

STABILE, S. D. S., SALAZAR, D. R., JANK, L., RENNÓ, F. P., & SILVA, L. F. P. Características de produção e qualidade nutricional de genótipos de capim-colonião colhidos em três estádios de maturidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 39(7), 1418-1428, 2010.

STEFFEN, G. P. K; ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, R. B.; BELLÉ, R. Húmus de esterco bovino e casca de arroz carbonizada como substratos para a produção de mudas de boca-de-leão, **Acta Zoológica Mexicana** (n.s.) Número Especial, p: 345-357, 2010.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. Livro: **Fisiologia Vegetal**, 4<sup>o</sup> edição, 719p., 2009.

THORNTHWAITE, C.W. An approach towards a rational classification of climate. **Geogr Rev.** v.38, p.55-94, doi: 10.2307/210739. 1948

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Centerton, N.J.: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 104p. (Publications in Climatology, v. 8, n.1). 1955.

TOZI, F. A. de. Sistemas de informação geográfica na agricultura. In: BALASTREIRE, L. A. (Ed.). **O Estado da arte da agricultura de precisão no Brasil**. Ed. do Autor: Piracicaba, p. 187-192, 2000.

TRINDADE, A. V. Orgânico ou Adubação Mineral. **Revista Ceres**, 48(276), 181-194. 2001.

TURNER N.C. Adaptation to water deficits: A changing perspective. **Aust J Plant Physiol** 13:175-190, 1986.

UHL, N.W.; DRANSFIELD, J.. Genera palmarum: a classification of palms based on the work Harold E. Moore, Jr. Allen Press, Lawrence, Kansas. 610p. 1987.

VALENÇA, D. D. C. Irrigação automatizada com déficit controlado em alface em ambiente protegido: produção em vasos e em bandejas. Dissertação de Mestrado, 83 p., UFRRJ, 2016.

VALERIANO, M. M.; PICINI, A. G. Uso de sistemas de informação geográfica para a geração de mapas de médias mensais de temperatura do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.8, n.2, p.255-262, 2000.

VALERIANO, M. M.; ROSSETTI, D. F. Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data. **Applied Geography** (Sevenoaks), v. 32, p. 300–309, 2011.

VALERIANO, M. M. Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul, São José dos Campos, SP INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-10550-RPQ/756). 72p., 2004.

VALLEJO, M. I.; GALEANO G.; BERNAL R.; ZUIDEM, P.A. The fate of populations of *Euterpe oleracea* harvested for palm heart in Colombia. **Forest Ecology and Management**. v. 318, p. 274–284, 2014.

VENTURI, S. & PAULILO, M. T. S. Esgotamento das reservas na semente de *Euterpe edulis* Mart. e efeito da nutrição mineral nas plântulas. **Acta Botanica Brasilica** 12:215-220. 1998.

VIDAL, W. N.; VIDAL, M. R. S. **Botânica - Organografia; quadros sinóticos ilustrados de fanerógamos**. 4ª ed. rev. ampl. Viçosa: Editora UFV, 124 p. ISBN 85-7269-054-9. 2006.

VIEIRA, E. L.; SOUZA, G. S.; SANTOS, A. R.; SILVA, J. S. **Manual de fisiologia vegetal**. 1.ed. São Luis: EDUFMA, 230p, 2010.

WENDLING, I & GATTO, A. **Substratos, Adubação e Irrigação na Produção de Mudás**. Viçosa: Editora Aprenda Fácil. 146 p. 2002.

WOLLMANN, C. A.; GALVANI, E. Zoneamento agroclimático: linhas de pesquisa e caracterização teórica-conceitual. **Sociedade & Natureza**, v. 25, n. 1, 2013.

ZOBEL, D. B.; LIU V. T. Leaf-conductance patterns of seven palms in a common environment. **Botanical Gazette** (Chicago, Ill.) 141 : 283 – 289 . 1980.