



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS CERES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

EMISSORES DE IRRIGAÇÃO (MICROSPRAY E
BAILARINA) LOCALIZADA NO CULTIVO DE AÇAÍ DE
TERRA FIRME

Autor: Rodolfo de Lima Moura
Orientador: Prof. Dr. Luís Sérgio Rodrigues Vale
Coorientador: Prof. Dr. Antônio Evami Cavalcante Sousa

CERES - GO
Agosto - 2024



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS CERES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

EMISSORES DE IRRIGAÇÃO (MICROSPRAY E
BAILARINA) LOCALIZADA NO CULTIVO DE AÇAÍ DE
TERRA FIRME

Autor: Rodolfo de Lima Moura
Orientador: Prof. Dr. Luís Sérgio Rodrigues Vale
Coorientador: Prof. Dr. Antônio Evami Cavalcante Sousa

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO, ao Programa de Pós-Graduação em Irrigação no Cerrado do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Ceres - Área de concentração: Irrigação.

CERES - GO
Agosto - 2024

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas (SIBI) – Instituto Federal Goiano**

M929e

Moura, Rodolfo de Lima.

Emissores de irrigação (Microspray e Bailarina) localizada no cultivo de
açai de terra firme / Rodolfo de Lima Moura. – Ceres, GO: IF Goiano, 2024.
65 fls. : il., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Luís Sérgio Rodrigues Vale.

Co-orientador: Prof. Dr. Antônio Evami Cavalcante Sousa.

Dissertação (Mestrado em Irrigação no Cerrado) – Instituto Federal
Goiano, Campus Ceres, 2024.

1. Ciências Agrárias. 2. Açai. 3. Volume de água 4. BRS Pai D'égua. 5.
Necessidade hídrica. I. Vale, Luís Sérgio Rodrigues. II. Sousa, Antônio
Evami Cavalcante. III. Título.

CDU 633.8



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 9/2024 - CCMIC-CE/GPPI/CMPCE/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos 30 dias do mês de agosto do ano de dois mil e vinte quatro, realizou-se a Defesa de Dissertação do acadêmico **Rodolfo de Lima Moura** do Curso de Mestrado Profissional em Irrigação no Cerrado, número de defesa 068, matrícula 2022103330640013 RG 072484802020 - SSP/MA, CPF: 918.884.462-72, cuja dissertação intitula-se "Emissores de Irrigação (Microspray e Bailarina) Localizada no Cultivo de Açaí de Terra Firme". A defesa iniciou-se às 14 horas, finalizando-se às 15h53, onde a banca examinadora considerou o trabalho Aprovado, estando apta para fins de conclusão da Dissertação, devendo o acadêmico apresentá-lo no prazo de sessenta (60) dias a versão final corrigida conforme considerações da banca, em formato digital (PDF), acompanhado do termo de autorização para publicação eletrônica (devidamente assinado pelo autor), para posterior inserção no Sistema de Gerenciamento do Acervo e acesso ao usuário via internet. Os integrantes da banca examinadora assinam a presente ata.

Prof. Dr. Luís Sérgio Rodrigues Vale

Presidente da banca

IF Goiano - Campus Ceres

Prof. Dr. Frederico Antonio Loureiro Soares

Avaliador Interno

IF Goiano - Campus Rio Verde

Prof. Dr. Luis de Souza Freitas

Avaliador Externo



Documento assinado digitalmente
LUIS DE SOUZA FREITAS
Data: 19/09/2024 17:23:06-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

**Universidade Federal Rural da Amazônia –
Campus Paragominas**

Documento assinado eletronicamente por:

- Frederico Antonio Loureiro Soares, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 30/08/2024 15:59:34.
- Luis Sergio Rodrigues Vale, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 30/08/2024 15:53:42.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 08/08/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 621162
Código de Autenticação: 01a912bb42



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

C

**ampus Ceres Rodovia GO-154, Km 03, SN,
Zona Rural, CERES / GO, CEP 76300-000**

(62) 3307-7100

AOS MEUS PAIS, ROGÉRIO DE OLIVEIRA MOURA & MARINILDA BELATRIZ DE LIMA MOURA, pelo apoio, compreensão ao longo desses dois anos e também por tudo que foram e são em minha vida: exemplo de humildade, dignidade e luta. Novamente, essa conquista também é de vocês.

À MINHA ESPOSA ESTER DIAS MOURA, pela paciência, amor, compreensão, dedicação à nossa família, por não desistir de mim e dos meus sonhos pessoais e pelos sonhos de nossa família. Eu te amo.

À MINHA FILHA HADASSA DIAS MOURA, minha motivação e inspiração diária, meu amor incondicional, minha fonte de determinação, meu amor!

DEDICO

AO MEU REI E SALVADOR A QUEM DOU TODA HONRA E TODA GLÓRIA, TUDO A ELE, JESUS CRISTO, REI DOS REIS E SENHOR DOS SENHORES,

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Sou grato ao senhor da minha vida, Jesus Cristo, por ter me resgatado da morte e me dado vida, por seu melhor amigo, por me amar sem medida.

Sou grato ao meu Deus pela sua bondade e amor, sua misericórdia dura para sempre.

Sou grato à minha esposa Ester e à minha filha Hadassa, que me inspiram, me dão força e são o maior motivo de minhas conquistas, que também pertencem a elas.

Agradeço aos meus pais, verdadeiramente meus maiores incentivadores, pois, com toda certeza, sem o apoio deles jamais chegaria aonde estou, o sucesso da minha jornada e das minhas vitórias também é atribuído a eles.

Ao Instituto Federal Goiano - Campus Ceres e a todos os professores do Programa de Pós- Graduação em Irrigação no Cerrado.

Agradeço a todos os meus amigos do IF Goiano – Campus Ceres e aos demais que sempre estiveram comigo, me ajudando em tudo que precisasse e que tornaram essa jornada acadêmica uma forma de companheirismo.

Agradeço aos meus colegas que estiveram comigo na elaboração deste trabalho, me ajudando sempre que necessário.

Agradeço ao orientador, Prof. Dr. Luís Sérgio Rodrigues Vale, pela disponibilidade de estar orientando e agregando valor nesse trabalho, sendo paciente e pontual.

Agradeço ao coorientador, Prof. Dr. Antônio Evami Cavalcante Sousa, pela disponibilidade de estar me coorientando e agregando valor a esse trabalho, pela amizade e contribuições nas avaliações.

Agradeço à minha ex-orientadora de graduação, Professora Tâmara Lima, por todo apoio e contribuições para a minha vida e para este trabalho com seu auxílio nas análises estatísticas.

Agradeço a meu estagiário Antônio Andson da Silva 02, pela parceria, auxílio e contribuições.

Agradeço a todos os meus professores do IF Goiano – Campus Ceres, que contribuíram para minha formação acadêmica e profissional, muitos foram mais do que professores e se tornaram grandes amigos.

Em especial, ao senhor Franklin Barbosa, pela cessão da área experimental do Sítio Boa Sorte e e por todo o suporte oferecido.

Somente seja forte e muito corajoso! Tenha o cuidado de obedecer a toda a lei que o meu servo Moisés ordenou a você; não se desvie dela, nem para a direita nem para a esquerda, para que você tenha êxito por onde quer que andar. Não deixe de mencionar as palavras deste livro da lei e de meditar nelas de dia e de noite, para que você cumpra fielmente tudo o que nele está escrito. Desse modo, você fará prosperar os seus caminhos e será bem-sucedido. Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o SENHOR, o seu Deus, estará com você por onde você andar.

Josué 1:7-9

BIOGRAFIA DO AUTOR

Me chamo RODOLFO DE LIMA MOURA, sou cristão, casado, 31 anos de idade, bacharel em Engenharia Agrônômica em 2016 pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), bacharel em Administração pela Universidade do Norte do Paraná (UNOPAR) em 2023 e bacharelado em Teologia no centro Universitário Leonardo da Vinci (UNIASSEL VI). Tenho MBA em Irrigação e Gestão de Recursos Hídricos pela Unyleya em 2024, pós-graduação em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas pela Facuminas em 2024 e pós-graduação em Docência no Ensino Superior pela Facuminas em 2024. Iniciei, em 2022, o curso de Mestrado em Irrigação no Cerrado no Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, área de Concentração Tecnologias de Irrigação. Tenho experiência de mais de 8 anos na área de irrigação, atuando como projetista de sistemas de irrigação e também como consultor técnico em fertilidade do solo e em culturas frutíferas.

RESUMO

RODOLFO DE LIMA MOURA. Instituto Federal Goiano – Campus Ceres – GO, julho de 2024. **Emissores de irrigação localizada (microspray e bailarina) no cultivo de açaí de terra firme.** Orientador: Dr. Luís Sérgio Rodrigues Vale Coorientador: Dr. Antônio Evami C. Sousa.

O Pará está em destaque na produção de açaí para comercialização nacional e internacional, movimentando um mercado em constante expansão. Os modelos de microaspersores rotativos variam de acordo com a pressão de serviço, vazão e características de aplicação de água, como precipitação, dimensão das gotas, número de bocais e padrão de distribuição de água. Os microaspersores estacionários (“sprays”) não têm movimento de rotação, mas funcionam de forma similar aos rotativos. Apresentam a vantagem de permitir sua utilização em áreas irregulares, com vazão alta e de baixo custo de aquisição. Neste contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar emissores de irrigação, dos tipos microsprays e microaspersores bailarinas, no cultivo de Açaí BRS, cultivar Pai d’Égua, em terra firme, no estado do Pará. O experimento foi conduzido no Sítio Boa Sorte, propriedade rural na cidade de Paragominas, estado do Pará. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados com quatro tratamentos, com marcas de microaspersores e de microspray, e cinco repetições. O experimento teve um total de 182 touceiras e 546 plantas. Foram avaliados as variáveis biométricas de crescimento e o teste de uniformidade de aplicação de água. Não houve diferença significativa dos resultados dos tratamentos avaliados entre as marcas de microaspersores tipo bailarina e microspray nas características das plantas. Os resultados do teste de uniformidade de distribuição (CUD) para cada tratamento avaliados foram bons para a cultura do açaí. O uso de microspray para os anos iniciais da cultura do açaí pode ser uma alternativa por fornecer água de forma eficiente e de baixo custo de aquisição.

Palavras-chave: Tecnologia de irrigação. Volume de água. *Eutepre oleraceae* Mart.

ABSTRACT

MOURA, RODOLFO DE LIMA. Goiano Federal Institute, Ceres Campus, Goiás State (GO), Brazil, July 2024. **Localized irrigation emitters (microspray and ballerina) in the dryland açai crops.** Advisor: Prof. Dr. Vale, Luís Sérgio Rodrigues. Co-advisor: Prof. Dr. Sousa, Antônio Evami C.

Pará State, Brazil, stands out in the açai yield and is constantly expanding in the national and international market. The models of rotary micro-sprays vary according to the operating pressure, flow rate, and water application characteristics, such as precipitation, droplet size, number of nozzles, and water distribution pattern. Stationary micro-sprays do not have a rotational movement, but they work in a similar way to rotary ones. They have the advantage of being used in irregular areas with high flow rates and low acquisition costs. In this context, this paper aimed to evaluate micro-spray and ballerina type irrigation emitters in the dryland Açai BRS crops, Pai d'Égua cultivar, in the Pará State, Brazil. The experiment was carried out at *Sítio Boa Sorte*, a rural property in the Paragominas Municipality, Pará State. A statistical design in randomized blocks was applied with four treatments with micro-spray brands and five replicates. The experiment had a total of 182 clumps and 546 plants. Biometric growth variables and the water application uniformity test were evaluated. There was no significant difference in the plant characteristics regarding the results of the treatments evaluated ballerina-type microsprinklers and microspray brands. The results of the distribution uniformity test (Coefficient of Uniformity of Distribution-CUD) for each treatment evaluated were good for the açai crop. The use of microspray for the initial years of the açai crop can be an alternative for providing water efficiently and at low acquisition cost.

Keywords: *Euterpre oleraceae* Mart. Irrigation technology. Water volume.

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Estimativa de demanda de água em touceiras de açaizeiro em terra firme na cidade de Tomé-Açu, Pará-----	5
Tabela 2 - Critério para a classificação do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD)-----	11
Tabela 3 - Classificação dos valores de coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD)-----	11
Tabela 4 - Resultados da análise de solo da área experimental-----	21
Tabela 5 - Classificação dos resultados do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD)-----	26
Tabela 6 - Diâmetro molhado dos tratamentos avaliados submetidos a uma pressão de 1.5 kgf/cm ² -----	30
Tabela 7 - Resultados do CUD nos tratamentos avaliados, Paragominas, PA, 2024---	31
Tabela 8 - Resultados de AW e PAM para os tratamentos avaliados, Paragominas, PA, 2024-----	34
Tabela 9 - Resumo da ANOVA para altura de plantas (AP); perímetro do caule (PC), número de folhas (NF), área foliolar (AF) e diâmetro da copa (DC) de plantas de açaí em Paragominas, PA, 2024-----	37
Tabela 10 - Médias dos tratamentos para cada variável analisada: AP (altura de planta: cm); PC (perímetro do caule: cm); AF (área foliolar: cm ²); NF (número de folhas: unidade numérica); DC (diâmetro da copa: cm). Paragominas, PA, 2024.....	37
Tabela 11 - Tratamentos; Vazões tabeladas dos tratamentos (VT); Volume de água aplicado em função do tempo (VA); Tempo de rega (TR), em Paragominas,	

PA, 2024.....	38
---------------	----

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Localização da área experimental -----	20
Figura 2 - Croqui da área experimental -----	21
Figura 3 - (A) e (B) Aferição de pressão de serviço com manômetro de glicerina no cavalete de irrigação de 1.5 bar -----	22
Figura 4 - Dimensões de covas para plantio de açáí: (A) Largura da cova; (B) Comprimento da cova; (C) Visão da cova; (D) Profundidade da cova ----	24
Figura 5 - Mudas de açáí para plantio do experimento selecionadas do viveiro boa sorte, Paragominas, PA -----	25
Figura 6 - Distribuição das canecas para o ensaio do CUD -----	27
Figura 7 - Provetas para coleta de volume de água para o cálculo do CUD -----	28
Figura 8 - Plantas de açáí ao final do experimento, em Paragominas, Pará -----	38
Figura 9 - Plantas de açáí ao final do experimento em cada tratamento aplicado, (A) T1; (B) T2; (C) T3; (D) T4, em Paragominas, Pará -----	39

SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

Símbolo /Sigla	Significado	Unidade
AF	Área Foliolar	cm ²
Al	Alumínio	Cmo/dm ³
ANOVA	Análise de Variância	-
AP	Altura de Plantas	Cm
Ami	Clima que tem um déficit hídrico no período seco que se estende por até 4 meses	-
AW	Área molhada requerida	-
Awi	Clima tropical chuvoso com estação seca bem definida	-
B	Boro	mg dm ⁻³
BAR	Unidade de pressão com plural Bares	
Ca	Cálcio	cmolc dm ⁻³
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento	-
Cu	Cobre	mg dm ⁻³
CV	Coefficiente de Variação	%
DAP	Dias Após o Plantio	Dias
DBC	Delineamento em Blocos Casualizados	-
Fe	Ferro	mg dm ⁻³
GL	Grau de Liberdade	-
H + Al	Hidrogênio e Alumínio	Cmol/dm ³
K	Potássio	mg dm ⁻³
K₂O	Óxido de Potássio	g L ⁻¹
Kgf/cm²	Quilogramas força por centímetro quadrado	-
M	Saturação por alumínio	%
Mg	Magnésio	Cmol/dm ³
MCA	Unidade de pressão (metros de coluna de água)	-
M.O	Matéria Orgânica	g/dm ³
N	Nitrogênio	g L ⁻¹
NF	Número de Folhas	Unidade
P	Fósforo	mg dm ⁻³

PAM	Porcentagem de área molhada	-
PC	Perímetro do Caule	-
pH	Potencial Hidrogeniônico	Em H ₂ O
T	Capacidade de Troca Catiônica	Cmol/dm ³
V	Saturação por bases	%

SUMÁRIO

Página

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1	O fruto de açaí	3
2.2	A irrigação do açaí	5
2.3	Crescimento de planta de açaí	8
2.4	Coefficiente de uniformidade de distribuição (CUD)	10
3	MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1	Identificação do local	12
3.2	Solo e clima	13
3.3	Delineamento experimental	14
3.4	Controle de irrigação	14
3.5	Plantio e adubação	16
3.6	Aplicação de defensivos agrícolas	18
3.7	Coefficiente de uniformidade de distribuição (CUD)	18
3.8	Variáveis avaliadas	21
3.9	Porcentagem de área molhada (PAM)	22
3.10	Diâmetro molhado requerido (Dm)	22
3.11	Análises estatísticas	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1	Coefficiente de uniformidade de distribuição (CUD)	24
4.2	Percentual de área molhada (PAM) e Área Molhada (AW)	27
4.3	Análises das variáveis de plantas	29
5	CONCLUSÕES	33

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais produtores de alimentos no mundo (PARÁ, 2022). O Pará é o segundo maior estado brasileiro em extensão territorial, conta com uma área de 1.245.870,704km², uma população residente de 8.120.131 pessoas, destacando-se na produção de açaí, com o total de 1.595,455 toneladas produzidas por ano (IBGE, 2022).

Segundo dados do Boletim Agropecuário do Pará (PARÁ, 2022), o território cultivável no estado encontra-se em um mosaico de uso e cobertura de terras que compreende ainda florestas, mineração, área urbana, pastos e rios. O setor agropecuário é o responsável por gerar cerca de R\$13.436.000.000 de PIB estadual e empregar 862.064 pessoas. Como pontos favoráveis para o desenvolvimento da agricultura no estado, destacam-se o clima, a água abundante e as terras com preços acessíveis aos aspectos logísticos de exportação. A configuração edafoclimática, de solos e relevos tem caracterizado o estado do Pará como a fronteira agrícola da Amazônia, tendo em vista que algumas culturas ainda apresentam baixa produtividade e baixo nível tecnológico (CORDEIRO *et al.*, 2017). De forma similar, essa mesma diversidade tem grande potencial para culturas pontuais de grande relevância, casos da fruticultura e do cultivo do açaí.

O Pará está em destaque na produção de açaí para comercialização nacional e internacional, movimentando um mercado em constante expansão. Os dados da cadeia produtiva do açaí refletem sua importância social, econômica e ambiental, sendo o estado do Pará atualmente o maior exportador nacional da polpa, conforme dados da pesquisa agrícola municipal (IBGE, 2017).

Em relação à produtividade do açaí no Brasil, seu valor de produção no ano de 2022 foi de R\$6.166.252,00, com uma quantidade produzida de 1.699.588 t em 233.363 ha de área colhida, totalizando um rendimento médio de 7.283 kg ha⁻¹. O maior estado produtor no Brasil é o Pará, com valor de produção de R\$5.927.144, 00, obtendo 1.595.455 t de quantidade produzida, com área colhida de 224.044 ha, alcançando rendimento médio 7.121 kg ha⁻¹. Entre os municípios com destaque de maior produtor

está Igarapé-Mirim, com valor de produção em 2022 de R\$1.598.584,00 (IBGE, 2023).

Por ser uma palmeira e ter sua ocorrência natural em área de várzea, o açazeiro é muito exigente em água. Segundo Navegantes (2023), a disponibilidade de água no solo é um fator importante que favorece a sobrevivência do açazeiro. Dessa forma, é aconselhável o uso de irrigação, principalmente nos locais onde o período de estiagem é prolongado, como nas regiões com clima Ami e Awi.

A Região Norte do Brasil apresenta um grande potencial para a prática da irrigação, devido à sua extensão territorial, à diversidade de ecossistemas e à disponibilidade de recursos hídricos. A Região Norte detém cerca de 80% das águas superficiais do país, além de contar com importantes aquíferos subterrâneos, o que a torna uma das regiões mais ricas em recursos hídricos do Brasil (REBOUÇAS, 2003).

A irrigação é responsável, segundo Silva, J. e Pereira (2019), por cerca de 70% do uso global de água doce, sendo fundamental para a produção de alimentos e para a geração de empregos e renda em áreas rurais. Ela contribui na mitigação dos impactos das mudanças climáticas na agricultura, ao garantir o fornecimento de água para as plantas em momentos de seca. (CUNHA, 2011).

A irrigação localizada é o método de maior eficiência no uso da água, o que tem atraído os produtores rurais e as empresas agrícolas. Na irrigação localizada, irriga-se apenas uma parte da superfície do terreno, que, ocasionalmente, estará à sombra das plantas. Assim sendo, a demanda por água em razão da evaporação do solo será menor e da evapotranspiração da cultura será maior. parte vem da transpiração das plantas. Portanto, para a obtenção da necessidade de irrigação, deve-se aplicar um fator de redução ao valor da evapotranspiração máxima da cultura (MORAES, 2022), por isso o volume de água para irrigação localizada é menor quando comparado aos demais métodos de aplicação, sendo uma vantagem para locais onde os recursos hídricos são escassos.

O objetivo desse trabalho foi avaliar emissores de irrigação, dos tipos microsprays e microaspersores bailarinas, no cultivo de Açaí BRS, cultivar Pai d'Égua, em terra firme, no estado do Pará.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O fruto de açaí

O açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) é uma palmeira típica de regiões tropicais, especialmente da região amazônica. Trata-se de uma espécie frutífera e também produtora de palmito, cuja produção de frutos é tradicionalmente baseada no extrativismo. Destaca-se entre os diversos recursos vegetais existentes pela abundância e pela produção de um importante alimento para as populações locais, tendo o estado do Pará como maior produtor e principal consumidor, onde estão estabelecidas densas e diversificadas populações naturais em áreas de várzeas (HOMMA *et al.*, 2014). O fruto do açaí é um alimento diário característico da população paraense. Dessa preciosa palmeira, praticamente tudo é aproveitado, inclusive o cacho (após a retirada do açaí, através do debulhamento) e a bráctea (em forma de barco), que são utilizados para fazer adubo orgânico que nutre a própria palmeira, segundo algumas famílias produtoras (FERREIRA; SILVA, G. 2020).

No passado, os frutos de açaí eram consumidos, principalmente, ao redor do estuário do Rio Amazonas, onde há muito tempo a polpa in natura faz parte da dieta diária de povos ribeirinhos, explorado sobretudo de forma extrativista (SANTOS, J., 2016; SILVA, I.; SANTANA; REIS, 2006). Da polpa dos frutos, também podem ser fabricados diferentes produtos, como sorvetes, licores, bebidas energéticas e geleias (SANTOS, J., 2016); dos estipes, pode ser colhido o palmito, parte cilíndrica localizada na extremidade superior do estipe (tronco), que é envolvida pela bainha das folhas (MOURÃO, 2010). Desde a década de 1990, observou-se que as vendas de açaí e de produtos relacionados cresceram no Brasil e no exterior, principalmente nos EUA, Europa e Japão (ENGELS, 2010 apud SOUSA, S., 2021; YAMAGUCHI *et al.*, 2015).

Vale ressaltar que essa expansão territorial se dá pela caracterização do fruto, sendo a principal sua imagem exótica e natural e suas qualidades nutricionais, tanto para a saúde quanto para a estética (CESARIN *et al.*, 2020). No Estado do Pará, o açaí constitui

alimento básico na dieta dessa população. Sua composição é caracterizada por um elevado teor de ácidos graxos poli-insaturados, fibras e compostos antioxidantes (CASTRO *et al.*, 2022).

No ano de 2019 foi lançada a cultivar de açaí BRS Pai d'Égua, que tem duas características principais: produção na entressafra e frutos menores. Um dos maiores diferenciais da nova cultivar é a distribuição bem equilibrada da produção anual. A BRS Pai d'Égua produz 46% no período da entressafra (janeiro a junho) e 54% na safra (julho a dezembro), ou seja, há redução da sazonalidade. Tem ainda maior rendimento de polpa com frutos que rendem 30% mais polpa que os frutos do açaí tradicional e maior produtividade, chegando a 12 toneladas ao ano por hectare, enquanto o açaí manejado de várzea e o cultivado em terra firme, sem irrigação, produzem cerca de 5 toneladas anuais por hectare, segundo a página oficial na internet. (NAVEGANTES, 2023).

Mesmo com o aumento da produção de açaí, estimulado pelo avanço tecnológico e pela alta do preço nos últimos anos, a oferta de frutos não evoluiu em ritmo suficiente para atender o incremento da demanda de vinho e de polpa de açaí (SILVA, A.; CALANDRINE, 2024).

Em virtude da expansão comercial dessa bebida, muitos produtores brasileiros vêm mostrando interesse no seu cultivo em escala comercial. O açaí, cujos frutos eram provenientes exclusivamente do extrativismo de populações naturais, passou a ser cultivado em áreas de terra firme (ALMEIDA *et al.*, 2021).

Vale salientar que houve um incremento da demanda no mercado nacional, possivelmente pelo reconhecimento do seu valor nutricional, pois o açaí é rico em proteínas, fibras, lipídeos, minerais e vitamina E (SANTOS, B., 2021). Além da sua importância para a alimentação, o fruto é amplamente utilizado na indústria de alimentos, bebidas, cosméticos e suplementos nutricionais em virtude de suas propriedades antioxidantes, energéticas e nutricionais (TAVARES *et al.*, 2022). A produção de açaí tem ganhado força no mercado local, gerando abertura de mercados, o que fomenta o crescimento na renda do produtor que, através de uma produção extrativista, tem a oportunidade de ter acesso a tecnologias com mais diversidade e qualidade para a própria produção, garantindo, assim, um mercado de melhor qualidade (SILVA, R., 2021).

O açazeiro por ser uma espécie característica de ambientes de várzeas, ou seja, de ambiente úmido, é uma espécie exigente em demanda de água. Dessa forma, é indicado o uso da irrigação, principalmente nos locais onde o período de seca é maior. A floração se inicia a partir do terceiro ano, sendo conveniente adotar um sistema de irrigação que

possibilite maior vazão de água (NOGUEIRA, 2005). Essa prática é essencial no período de implantação da cultura, quando as plantas necessitam de umidade em quantidade suficiente para a absorção de nutrientes e para não sofrerem estresse hídrico (CALBO; MORAES, 2000).

2.2 A irrigação do açaí

A cultivar BRS Pai d'Égua, da EMBRAPA, é destinada à produção em terra firme, necessitando de suplementação hídrica. Esta variedade é altamente atrativa, pois, além de ser extremamente produtiva, é adaptável a diferentes regiões de cultivo. Uma de suas vantagens notáveis é a ausência de sazonalidade, garantindo uma produção constante ao longo do ano (FARIAS NETO, 2019).

A Tabela 1 mostra o consumo de água pelo açazeiro em estudo conduzido por Farias Neto, Resende e Oliveira, M. (2011a), no município de Tomé-Açu, no Pará.

Tabela 1 - Estimativa de demanda de água em touceiras de açazeiro em terra firme na cidade de Tomé-Açu, Pará

Idade	Nº de estipes	Litros/Touceira/dia	Litros/ha/dia
0 a 1 ano de plantio	1 a 2	40	16.000
2 a 3 anos de plantio	2 a 3	60	24.000
A partir do 3º ano	3 a 4	100	40.000

Fonte: Farias Neto, Resende e Oliveira, M. (2011a). Estimado pelo método de Blaney Criddle (1956).

A irrigação tem se tornado um processo essencial na agricultura brasileira, principalmente por disponibilizar água de modo artificial para o crescimento e desenvolvimento das culturas (TESTEZLAF, 2017). Esta prática é muito utilizada em regiões acometidas por déficit hídrico, onde há necessidade de satisfazer a necessidade das culturas para que não ocorram prejuízos na produção (D'ODORICO *et al.*, 2020).

Em busca de potencializar a produção de alimentos, as áreas irrigadas no Brasil tiveram aumento de 225% entre 2010 e 2022 (ANA, 2023).

O setor da fruticultura impulsionou o aumento de áreas irrigadas, principalmente pelo crescente desenvolvimento e também pela grande importância da água para estes produtos, considerando que a grande maioria é consumida *in natura* (SIMÕES *et al.*, 2021).

Para aumentar a produtividade e maximizar a produção, a irrigação é usada para suplementar a distribuição de água, principalmente nos períodos com menor incidência de chuvas (MORAES, 2022). A irrigação agrícola é responsável por, aproximadamente,

70% do uso mundial de água, o que inclui o desvio de rios e o bombeio do subsolo (TORRES *et al.*, 2019). Por ser uma palmeira e ter sua ocorrência natural em área de várzea, o açazeiro é muito exigente em água, dessa forma, é aconselhável o uso de irrigação, principalmente nos locais onde o período de estiagem é prolongado, como nas regiões com clima Ami e Awi (SOUZA, R., 2013). O produto final mais comercializado do açai é sua polpa, altamente valorizada pelo seu perfil nutricional e pelos benefícios à saúde. O status hídrico da planta influencia diretamente as características nutricionais da polpa, afetando seu teor de sólidos solúveis, antioxidantes e outros compostos bioativos (SILVA, C. *et al.*, 2020). Em cultivos de açazeiro em terra firme, a irrigação tem fundamental importância na redução da sazonalidade, possibilitando incrementos na produtividade e a obtenção de frutos de melhor qualidade sanitária, viabilizando a produção no período de entressafra e evitando a ociosidade das pessoas envolvidas na exploração e no processamento dos frutos (DIMENSTEIN; FARIAS NETO, 2008).

Em condições de plena irrigação, a superfície foliar favorece a absorção e o transporte eficiente de água das raízes para a parte aérea, garantindo a adequada distribuição de nutrientes pelo solo e entre as distintas partes da planta (TAIZ *et al.*, 2017).

Embora seja um setor relativamente novo, há no mercado irrigante tecnologia e as mais diversas marcas de produtos (BARBOSA, M., 2015). Informações precisam ser levantadas para que o agricultor em função das características regionais (disponibilidade hídrica, clima, solo, tipo de cultivo), características técnicas do sistema de irrigação (vazão, potência da bomba, eficiência de aplicação da água) e fatores financeiros (custo total) possa avaliar a viabilidade do uso da irrigação. Tarjuelo *et al.* (2015) ressaltam a importância do dimensionamento econômico para reduzir o custo referente à utilização da energia elétrica, que de todos os custos envolvidos é o de maior impacto e pode inviabilizar a utilização do sistema de irrigação.

Outra preocupação é quanto ao uso eficiente da água, considerando que o dimensionamento do projeto deve ser feito de forma a evitar desperdício, atendendo a cultura sem prejudicar todo o resto do sistema, pois isto pode gerar mais custos para o açaicultor (MESQUITA *et al.*, 2022). A irrigação localizada tem sido a mais utilizada por permitir a aplicação precisa e eficiente da água diretamente na zona radicular das plantas, minimizando o desperdício de água por evaporação e percolação (MAGALHÃES *et al.*, 2015).

A irrigação tem alguns impactos ambientais. Andrade *et al.* (2019) afirmam que a irrigação mal planejada pode levar à salinização do solo, à contaminação de aquíferos

subterrâneos e à redução da biodiversidade. A irrigação também contribui para a conservação dos recursos naturais, como solos e água. Para Ceretta e Aita (2010), a irrigação adequada pode prevenir a degradação do solo e reduzir a erosão, além de permitir o uso eficiente da água e evitar o desperdício desse recurso escasso.

O déficit hídrico ocasiona perda foliar em decorrência do fechamento dos estômatos, de menor transpiração e consumo de CO₂ (Fotossíntese). Como consequência, ocorrem aceleração da senescência, abscisão de folhas e, finalmente, a morte da planta. No solo, causa desidratação do tecido vegetal em função da perda da turgescência celular, o que afeta os processos de divisão, expansão celular, fotossíntese, produção e translocação de assimilados, podendo levar à morte, dependendo da intensidade e da duração do déficit. A utilização de um sistema de irrigação no cultivo de açaizeiro tem como principal vantagem a produção contínua de frutos, especialmente na entressafra, época em que o preço pode alcançar o triplo em relação ao preço da safra, garantindo, assim, maior lucro ao produtor (DIMENSTEIN; FARIAS NETO, 2008; FARIAS NETO; VASCONCELOS; NOGUEIRA, 2011b).

A automação da irrigação proporciona benefícios como a economia de água, de energia e de mão de obra, além da maior facilidade e comodidade no manejo da irrigação. Existem diferentes métodos para automação de um sistema de irrigação, como, por exemplo, as tecnologias baseadas em dispositivos eletrônicos (QUEIROZ; BOTREL; FRIZZONE, 2008).

Percebe-se que a agricultura irrigada cresce no Estado, porém o nível de informação dos agricultores e profissionais sobre os aspectos técnicos e econômicos da irrigação é insatisfatório. Parte deste problema se deve a carência de bibliografias que forneçam informações sobre os custos fixos e variáveis da irrigação e estudos de viabilidade econômica entre os tipos de acionamento do sistema. Acredita-se que o preço do açaí na entressafra viabiliza o uso da irrigação e a diferença de gasto energético entre diesel e energia elétrica seja expressiva devido ao elevado preço do combustível no Estado do Pará (SOUZA, R., 2013).

A estimativa da evapotranspiração evita um sistema de irrigação mal dimensionado, assim o desperdício de recursos (água e energia) reduz os impactos ambientais negativos. A aplicação excessiva de água pode levar à lixiviação de nutrientes e, dessa forma, ao aumento dos custos de produção. Nos casos em que o sistema de irrigação fornece uma quantidade inferior à demanda hídrica da cultura, a planta pode sofrer estresse hídrico, diminuindo sua produtividade, principalmente nas fases

fenológicas da cultura com maior exigência de água. Por outro lado, a concentração de raízes na camada mais superficial do solo é maior, devendo, assim ser considerada a profundidade efetiva das raízes (Z) no momento da decisão da demanda hídrica da cultura (PAZOLINI, 2022).

Apesar das vantagens do uso da irrigação na agricultura, seu custo oneroso de instalação, funcionamento e manutenção são fatores que limitam a utilização desta técnica, especialmente pelos agricultores da produção familiar (LUZ; VOESE; KRESPI, 2021). Este fato tem despertado o interesse em estudos que utilizem técnicas de aplicação de águas adaptadas à produção familiar, principalmente no que se refere à redução dos custos com equipamentos e energia elétrica. Deste modo, os sistemas de irrigação com alternativas de baixo custo vêm sendo cada dia mais procurados, entre os quais, podemos destacar o uso de microaspersores spray.

Os microaspersores podem ser classificados como microaspersores rotativos ou estacionários (“spray”), podendo a água ser aplicada sobre ou abaixo da folhagem, dependendo da cultura e das características da área. Os modelos de microaspersores rotativos variam de acordo com a pressão de serviço, vazão e características de aplicação de água, incluindo precipitação, dimensão das gotas, número de bocais e padrão de distribuição de água. O movimento dos microaspersores é produzido por mecanismos de impacto, de reação e de engrenagem. Os microaspersores estacionários (“sprays”) não têm movimento de rotação, mas funcionam de forma similar aos rotativos. Apresentam a vantagem de permitir sua utilização em áreas irregulares com vazão alta e de baixo custo de aquisição (MORAES, 2022).

Dado o exposto, têm sido procuradas formas de reduzir o custo inicial da implementação de sistemas de irrigação na cultura do açaí, tornando esta operação mais viável para os produtores. Os microaspersores surgem como uma opção promissora, pois apresentam a vantagem de serem adequados para áreas irregulares, oferecendo uma vazão alta e sendo de baixo custo de aquisição. A fácil instalação e a manutenção dos microaspersores também contribuem para sua atratividade, reduzindo a necessidade de mão de obra especializada e os custos operacionais a longo prazo. Com a adoção dessa tecnologia, os produtores podem aumentar a eficiência da irrigação, melhorar a produtividade e garantir a sustentabilidade do cultivo de açaí.

2.3 Crescimento de planta de açaí

Por ser considerada um excelente indicador para entender as respostas das plantas às condições ambientais, a folha é o órgão mais proposto no estudo da morfologia, irrigação, nutrição mineral, desenvolvimento vegetal e eficiência fotossintética. Com isso, a folha pode ser usada para investigar questões relacionadas à adaptação ambiental, padrões de competição e efeitos de manejo, tanto no açazeiro quanto em outras espécies que têm estrutura foliar composta. A determinação da área do folíolo se faz necessária por meio de novas técnicas que propiciam maior precisão de estimativas da área foliar por métodos não destrutivos (SOUSA, 2021). A estimativa da área foliar é ferramenta chave na previsão de produtividade, melhorando ações de gerenciamento da produção, armazenamento e venda (MARCON, 2009).

Para pesquisas que abordam as interações entre o crescimento das plantas e seu ambiente, medidas simples e precisas de área foliar são de grande interesse (BOSCO *et al.*, 2012). Com essa finalidade, a utilização de equações de regressão para calcular a área foliar se torna um método viável que não danifica a planta, preciso e confiável (LOPES *et al.*, 2007). Uma alternativa de métodos não destrutivos pode ser o uso de modelagem matemática por meio de medidas lineares do limbo foliar, como comprimento (C) e largura (L) (SILVA, C. *et al.*, 2020). Após a determinação do comprimento e da largura das folhas, é necessário proceder a um ajuste de regressão linear entre essas duas variáveis, o que possibilita estimar o quociente entre a área real e o produto do comprimento pela largura (RICHTER *et al.*, 2014).

O método dimensões foliares (C x L) se baseia na relação entre a área foliar real e parâmetros dimensionais do limbo foliar, como comprimento (C) e largura (L) máximos (ADAMI *et al.*, 2007). Esta forma de avaliação é amplamente empregada em diversas condições, incluindo ambientes de cultivo, épocas de colheita, genótipos, idades das plantas e posicionamento das folhas na planta, que são evidenciados em diversas pesquisas (SCHMILDT; DOUSSEAU-ARANTES, 2023).

Os métodos indiretos não destrutivos mais conhecidos e utilizados de estimativa de área foliar são aqueles caracterizados por relações métricas entre fatores, como as medições lineares feitas nas folhas ou folíolos.

Segundo Maldaner *et al.* (2009), a geração de modelos matemáticos baseados nas dimensões foliares tem destaque, visto que estes métodos possibilitam um elevado ganho de precisão em modelos de estimativas (LIZASO; BATCHELOR; WESTGATE, 2003). Estas relações geralmente são expressas por equações de regressão, em que variáveis morfológicas, como, por exemplo, o comprimento e/ou a largura do limbo

foliar, são relacionadas com a área foliar real da planta (MALAGI *et al.*, 2010). Para Pompelli *et al.* (2012), o uso de modelos precisos pode facilitar a obtenção de área foliar de forma simplificada, mesmo quando não se dispõe de tantos recursos tecnológicos, ou mesmo quando as condições de campo são limitadas. A principal vantagem dos métodos indiretos de estimativa de área foliar é que não é necessário destacar as folhas da planta, fator que permite a determinação de outros parâmetros importantes, considerando que diminui a variabilidade na planta, além de permitir o acompanhamento do desenvolvimento da área foliar num determinado espaço-tempo (PEKSEN, 2007).

2.4 Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD)

A avaliação de sistemas de irrigação é um procedimento indispensável para garantir uma redução nos gastos da irrigação, assim como o bom desempenho da cultura no campo. De acordo com Souza, L. *et al.* (2006), para avaliar em quais condições o sistema de irrigação está operando, os parâmetros de desempenho devem ser definidos com base em determinações de campo, como vazão, uniformidade de aplicação e tempo de irrigação. Um dos principais parâmetros utilizados na avaliação de um sistema de irrigação é o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) de água sobre a área irrigada. Uma baixa uniformidade de distribuição de água reduz a eficiência de aplicação de água e a produtividade.

Neste trabalho, foi feito o teste de coeficiente de uniformidade de distribuição de água (CUD), segundo metodologia proposta por Denículli *et al.* (1980 apud PINTO; SOARES; NASCIMENTO, 1991), para verificar a melhor uniformidade de aplicação entre os tratamentos, visto ser uma informação importante no conhecimento da avaliação de sistemas de irrigação localizada, tanto na fase de projeto como no acompanhamento do desempenho após a implantação, considerando a uniformidade de distribuição (FAVETTA; BOTREL, 2001).

O CUD, que tem como base o menor quartil, representado na equação abaixo, é muito utilizado na irrigação localizada, enfatizando a importância de suprir a cultura com pelo menos uma lâmina média de irrigação [Equação (1)].

$$CUD (\%) = \frac{\bar{x}}{\bar{X}} * 100 \quad (1)$$

em que:

x = Média de 25% do total de pluviômetros, com as menores precipitações, mm; e

X = Média de todos os pluviômetros.

O CUD é o coeficiente mais utilizado em avaliação de sistemas pela sensibilidade para perceber variações na distribuição de água de um sistema de irrigação, pois considera a razão entre a média do menor quartil e a lâmina média coletada, o que favorece a possibilidade de maior atenção às plantas que recebem uma menor lâmina de irrigação. Keller e Karmelli (1974) propuseram uma equação para cálculo do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), que considera a média dos 25% menores valores de precipitação em relação à média total, sendo o coeficiente de uniformidade de distribuição - CUD proposto por Criddle (1956).

Existem critérios para determinar a classificação do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) como a classificação proposta por Keller e Karmelli (1974) apud Miranda e Pires (2003) e a de Mantovani (2001 apud SOUZA, M.; SANTOS, R.; BASSOI, 2017), que foram aplicados para comparação neste estudo (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2 - Critério para a classificação do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD)

Valor do CUD	Classificação
90 % ou maior	Excelente
80 % a 90 %	Bom
70 % a 80 %	Regular
Menor que 70 %	Ruim

Fonte: Keller e Karmelli (1974) apud Miranda e Pires (2003).

Tabela 3 - Classificação dos resultados de coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD)

CLASSIFICAÇÃO	CUD (%)
Excelente	> 84
Bom	68-84
Razoável	52-68
Ruim	36-52
Inaceitável	< 36

Fonte: Mantovani (2001 apud SOUZA, M.; SANTOS, R.; BASSOI, 2017).

Outro parâmetro de coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) que qualifica a uniformidade de aplicação de água dos sistemas de irrigação é o indicado por Bernardo, Soares e Mantovani (2006), os quais consideram excelente a uniformidade quando apresenta coeficientes acima de 90%, bom entre 80 e 90%, regular entre 70 e 80%, ruim entre 70 e 60% e inaceitável abaixo de 60%

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Identificação do local

O local de realização do experimento foi no Sítio Boa Sorte, situado na estrada da maritaca, no entroncamento entre os municípios de Nova Esperança do Piriá, Ipixuna do Pará e Paragominas, próximo da colônia Del Rei, zona rural de Paragominas, PA, estado do Pará, localizado nas seguintes coordenadas: sede da propriedade a 2°46'41.1" S, 47°18'50.3" W e a localização do experimento foi na longitude e latitude UTM e altitude de 242700, 9692539,88, respectivamente (Fig. 1).

Para a realização do experimento, foi necessária a aquisição de materiais de irrigação, mudas, corretivos, adubos, defensivos e maquinários (tratores para transporte de mudas e furadeiras com broca de 30 cm a combustão para auxílio na abertura das covas), bem como a contratação de mão de obra para o plantio e os tratos culturais.

Todas as práticas de tratos culturais a partir do momento do plantio foram aplicadas na área experimental de acordo com o que era utilizado na fazenda, ou seja, todos os tratamentos feitos na área de plantio comercial também foram feitos na área experimental, para retratar ao máximo as situações reais de campo. O relevo predominante da região varia de plano a suave ondulado (RODRIGUES, 2003).



Figura 1 - Localização da área experimental
Fonte: Google Earth (2023).

3.2 Solo e clima

Os principais solos do município de Paragominas, segundo Rodrigues *et al.* (2003), são latossolos amarelos, argissolos amarelos, plintossolos, gleissolos e neossolos, classificados com base nos critérios e características diferenciais para enquadrá-los no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS, H. *et al.*, 2018). O tipo de solo predominante na área do experimento é o latossolo amarelo muito argiloso e os plintossolos.

Município de Paragominas, objeto deste diagnóstico sobre o estado atual do sistema de plantio de grãos, está localizado a sudeste do Estado do Pará, O clima é classificado como Aw, segundo Köppen, com médias anuais de precipitação, umidade relativa e temperatura de 1.743 mm, 81% e 26,3 oC, respectivamente, verificando-se no período de julho a novembro baixa disponibilidade hídrica. Os solos em que predomina a agricultura pertencem ao grande grupo Latossolo Amarelo, com alto teor de argila (acima de 70%) (ALVES; CARVALHO; SILVA, L., 2014) A precipitação pluviométrica média anual é da ordem 1.800 mm (BASTOS *et al.*, 2005), com estação seca bem definida e período chuvoso concentrado nos meses de dezembro a maio.

O experimento foi conduzido no período compreendido entre outubro de 2022 e julho de 2024. Os dados de precipitação pluvial para dias de chuva e temperatura máxima

foram consultados no período do experimento (EMBRAPA, 2024). Para caracterização química e física do solo, foram coletadas amostras com profundidade de 0 a 40 cm na área, que foram encaminhadas ao Laboratório (Tabela 4).

Tabela 4 - Resultados da análise de solo da área experimental

pH	M.O	Ca	Mg	Al	H+Al	K	T	K	P	V	M
em H ₂ O	g/dm ³			Cmol _c /dm ³				mg/dm ³		%	
5,1	25,5	2,1	1,1	0,1	1,8	0,1	5,2	50,4	4,8	65,3	2,9

Fonte: Arquivo pessoal (2022).

3.3 Delineamento experimental

Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados (DBC), com 4 tratamentos e 5 repetições, e linhas de bordadura entre os blocos (Fig. 2). A área do experimento contabilizou 182 touceiras e 546 plantas, contando as linhas de bordadura, que também receberam os tratamentos, tendo sido avaliadas 120 touceiras e 360 plantas efetivamente. Foi considerado que cada emissor de irrigação se refere a uma touceira de açaí (3 plantas). Os emissores foram posicionados na linha de cultivo, no centro da touceira, a uma distância equitativa de 0,3 m central. Os tratamentos avaliados foram as marcas de emissores de irrigação: tratamento T1: Marca 1 (Microspray); tratamento T2: Marca 2 (Microaspersor Bailarina); tratamento T3: Marca 3 (Microspray); e tratamento T4: Marca 4 (Microaspersor Bailarina). A cultivar de açaí utilizada foi a BRS Pai d'Égua.

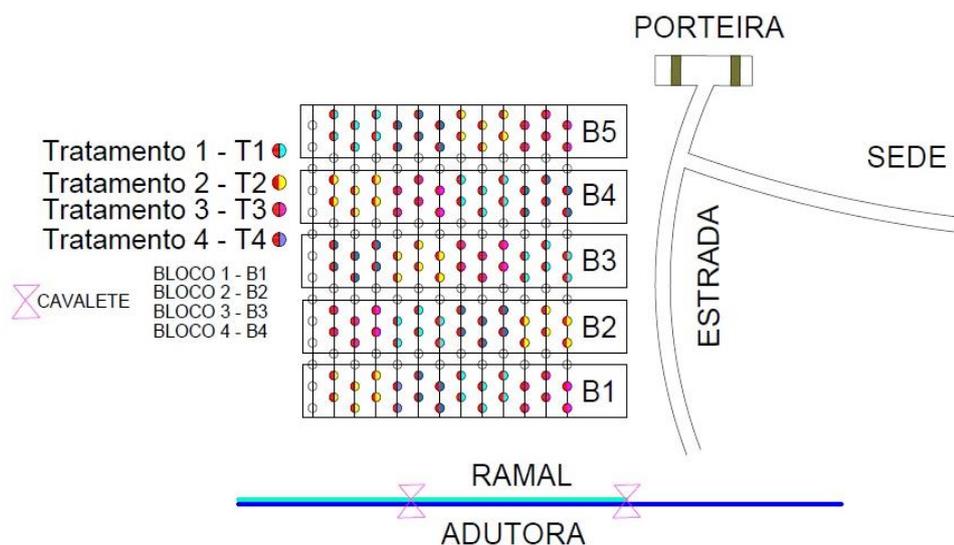


Figura 2 Croqui da área experimental

Fonte: Arquivo Pessoal (2022).

3.4 Controle de irrigação

O experimento foi implantado em condições de campo e o sistema de irrigação foi automatizado e localizado dentro do projeto total do sítio, que foi composto por 18 setores de irrigação com 11 hectares e a área do experimento foi de 0,46 hectare.

A irrigação nos tratamentos foi feita no mesmo turno (manhã, tarde ou noite) de forma programada manual ou automática, de acordo com as irrigações da propriedade, tendo sido adotados também o mesmo turno e o mesmo tempo de rega. Em dias em que chovia, a irrigação não era feita, mas em dias que chovia abaixo de 2 mm, a irrigação era feita.

A vazão do emissor foi escolhida conforme a necessidade de água da cultura de acordo com o seu período fenológico (Tabela 1). O tempo de irrigação foi de 30 minutos por rega. A pressão de serviço administrada foi de 1.5 kgf/cm² (convertendo 1.5 bar ou 15 mca). Para mensuração da pressão de serviço, foi utilizado um manômetro de glicerina em escala de 0 a 10 kgf/cm² (Fig. 3), que foi posicionado no cavalete de irrigação. Os tratamentos tiveram as seguintes vazões de emissão: T1: Marca 1: 113 L h⁻¹; T2: Marca 2: 110 L h⁻¹; T3: Marca 3: 113 L h⁻¹; T4: Marca 4: 112 L h⁻¹.



Figura 3 - Aferição de pressão de serviço com manômetro de glicerina no cavalete de irrigação de 1,5 bar
Fonte: Arquivo pessoal (2023).

Os microaspersores foram conectados a mangueiras de polietileno de baixa densidade (PELBD) de 16 mm de diâmetro externo e 13.6 mm de diâmetro interno. Os tratamentos T2 e T4, que são microaspersores de modelo bailarina e de marcas distintas,

têm maior custo de aquisição, cerca de R\$3,00/unidade, fornecem um raio de alcance de até 5 metros de distância, enquanto os tratamentos T1 e T3, que são microaspersores modelo microspray, fornecem raio de até 2 metros de distância e custam cerca de R\$ 0,50/unidade, ou seja, produzem uma área molhada requerida (AW) menor. Todos os tratamentos têm vazão conhecida, em conformidade com a tabela técnica do seu respectivo fabricante. Também foi feito o teste de campo de forma prática de acordo com a vazão indicada. Para o teste de vazão de campo, foram utilizados um cronômetro do sistema IOS, modelo Iphone 11 pro 512 GB, e um balde graduado, tendo os tratamentos sido submetidos à coleta de toda água aspergida. Após a coleta de cada vazão dos tratamentos, foi feito o cálculo matemático de regra de três simples para comparar a vazão real coletada no campo com a vazão tabelada do fabricante para confirmação de dados.

3.5 Plantio e adubação

O plantio foi feito no dia 09 de novembro de 2022. Para o plantio das mudas de açaí, foram feitas covas de 60 cm x 60 cm x 40 cm (Fig. 4), ajustadas conforme recomendado por Farias Neto (2019) e adaptadas para o plantio de 3 mudas. O espaçamento foi de 5 m entre linhas e de 5 m entre plantas, conforme recomendado por (FARIAS NETO, 2019.)

As mudas foram selecionadas do viveiro do Sítio Boa Sorte, com altura média de 1,25 m (Fig. 5) e idade entre 10 e 12 meses. Para a produção de mudas, foram utilizados terra preta peneirada, esterco de galinha peneirado e pó de serra, nas proporções de 60%, 20% e 20%, respectivamente (FARIAS NETO, 2019). Foram aplicados 100g por cova de calcário dolomítico com poder reativo de neutralização total (PRNT) de 90%. A adubação de plantio foi feita com superfosfato simples, 211g por cova; micronutriente balanceado (MIB), 8% de N, 8% de P₂O₅, 8% de K₂O + 3% de Boro, 10 g por cova; cloreto de potássio, 167 g por cova; esulfato de amônio, 143 g por cova. A ureia foi aplicada aos 60 e aos 90 dias a mesma quantidade. As quantidades de adubos foram baseadas na recomendação de Farias Neto (2019), adaptada de acordo com análise química do solo.

A primeira adubação de cobertura foi feita com aplicação de 60 g de sulfato de amônio por planta, 20 g de fosfato natural reativo e 20 g de cloreto de potássio. Foram repetidas de 3 em 3 meses as adubações de cobertura no período de avaliação do experimento: 50 g de sulfato de amônio por planta, 25 g de fosfato natural reativo e 50 g de cloreto de potássio.

A adubação de cobertura via foliar foi feita com a aplicação de complexo de nutrientes macro e micro, utilizando o produto Max Orggam Foliar na dose de 150 mL, com óleo mineral na dose de 20 mL em uma bomba de pulverização costal de 20 litros.

Foi feita a cobertura do solo com 1 kg de bucha de dendê em torno da touceira com a finalidade de proporcionar melhor conforto térmico para as plantas, diminuindo, assim, a perda de água do solo (Fig. 4 e 5).

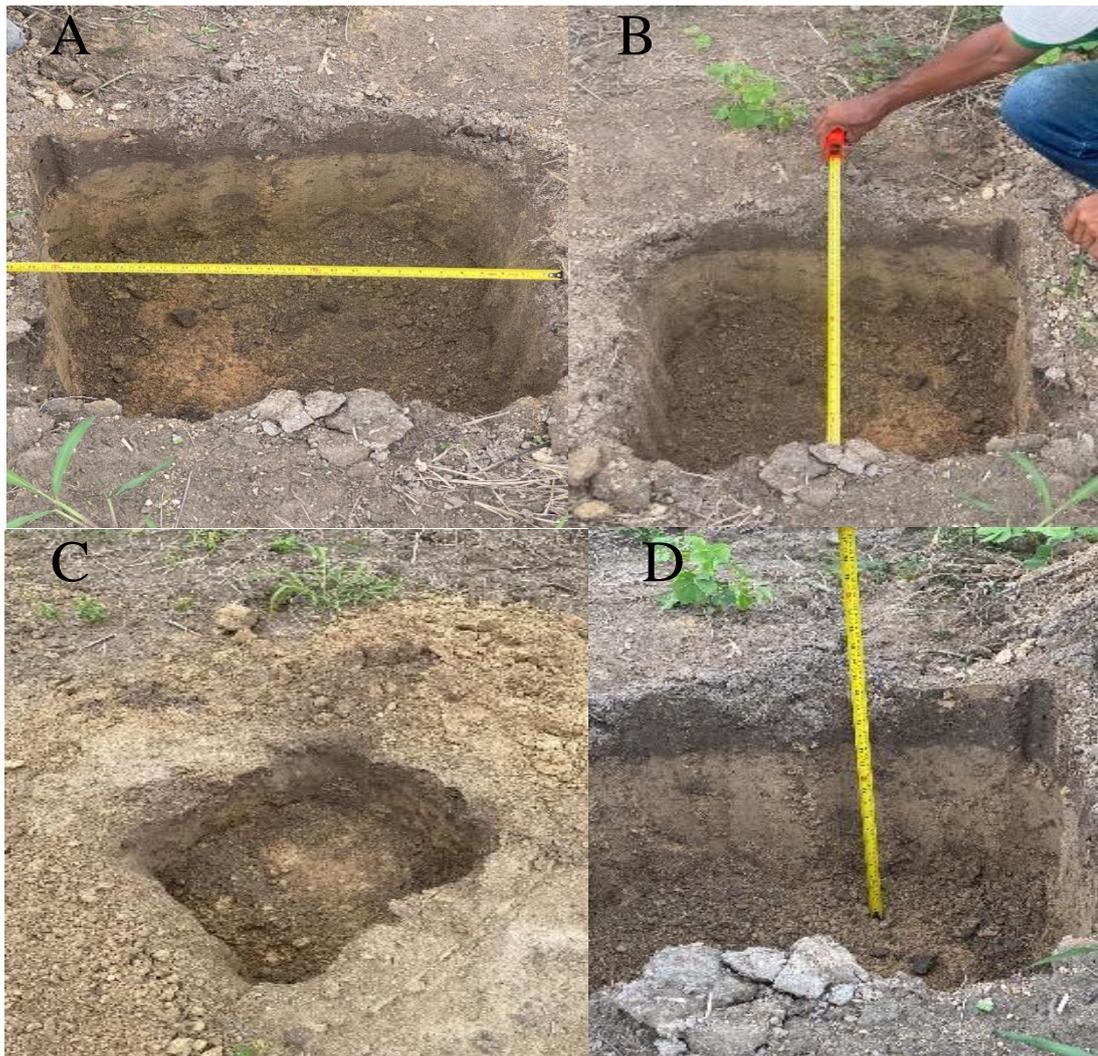


Figura 4 - Dimensões de covas para plantio de açai: (A) Largura da cova; (B) Comprimento da cova; (C) Visão da cova; (D) Profundidade da cova

Fonte: Arquivo pessoal (2022).



Figura 5 - Mudanças de açai para plantio do experimento, selecionadas do viveiro Boa Sorte, Paragominas, PA

Fonte: Arquivo Pessoal (2022).

3.6 Aplicação de defensivos agrícolas

A aplicação de herbicida e óleo mineral foi feita com os seguintes produtos: Glifosato, com modo de ação sistêmico não seletivo, nome comercial SUMÔ, na dose de 270 mL para uma bomba de pulverização costal de 20 litros; Cletodim, de ação sistêmica e seletiva, nome comercial FRENO 240 EC, na dose de 270 mL para uma bomba de pulverização costal de 20 litros; e o adjuvante óleo mineral, nome comercial KRHOM OIL, na dose de 50 mL para uma bomba de pulverização costal de 20 litros. Estes produtos foram misturados e aplicados. A aplicação de produtos foi feita contra o vento para evitar a deriva e o contato com as plantas. Foram feitas 4 aplicações de defensivos, nas seguintes datas após o plantio: a 1ª aplicação em 12/01/23; a 2ª aplicação em 25/09/23; a 3ª aplicação em 05/01/24; e a 4ª aplicação foi no dia 17/06/24. Essas aplicações tinham como fim controlar as seguintes plantas daninhas: capim pé-de-galinha, *Eleusine indica*; picão preto, *Bidens pilosa*; capim-marmelada, *Brachiaria plantaginea*; guanxuma, *Sida rhombiolia*; corda de viola, *Ipomoea grandifolia*; e tiririca, *Cyperus rotundus*.

3.7 Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD)

Nos sistemas de irrigação localizada (microaspersão), a avaliação da uniformidade de distribuição de água foi feita segundo metodologia de Keller e Karmeli (1974), com modificação proposta por Denículi *et al.* (1980 apud PINTO; SOARES;

NASCIMENTO, 1991). Esta metodologia consistiu na coleta de dados em quatro linhas laterais (primeira linha, linha situada a 1/3 da origem, linha situada a 2/3 da origem e última linha), com estudo de oito emissores por linha (primeiro emissor; emissores a 1/7, 2/7, 3/7, 4/7, 5/7 e 6/7 da origem; e último emissor).

Com os dados coletados, foi calculado o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) [Equação (1)].

$$CUD = 100 * \frac{L_q}{L_m} \quad (1)$$

em que:

CUD = Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (%);

L_q = Lâmina média (mm) de todas as observações; e

L_m = Média de 25% das lâminas (mm) com menores valores.

Para verificação do grau de aceitabilidade dos resultados do CUD, usou-se o procedimento de comparação dos resultados obtidos com os resultados de CUD (Tabela 5).

Tabela 5 - Classificação dos resultados do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD)

Classificação	CUD
Excelente	>84
Bom	68–84
Razoável	52–68
Ruim	36–52
Inaceitável	<36

Fonte: Mantovani (2001 apud SOUZA, M.; SANTOS, R.; BASSOI, 2017).

Foram distribuídas na área do experimento canecas de coleta do kit Fabrimar para ensaio de precipitação, com a finalidade de fazer as coletas para o CUD. Estes recipientes foram distribuídos em disposição quadrada a uma distância de 40 cm do caule (Fig. 6). Em todos os tratamentos, as canecas foram enterradas ao nível do solo para a coleta de água dos emissores. Para mensuração do volume de água coletado, foi utilizada uma proveta graduada em milímetros específica para leitura direta em milímetros de lâmina de água na escala de 0,5 mm (Fig. 7). Sobre os materiais de fabricação do kit de ensaio, as canecas são confeccionadas em plástico e as provetas, em termoplástico transparente estabilizado.



Figura 6 - Distribuição das canecas para o ensaio do CUD (A, B, C e D)
Fonte: Arquivo pessoal (2023).



Figura 7 - Proveta para coleta de volume de água para o cálculo do CUD
Fonte: Arquivo pessoal (2023).

3.8 Variáveis avaliadas

Foi avaliado o coeficiente de uniformidade de distribuição de água (CUD).

As variáveis da cultura avaliadas foram: altura da planta (AP) em cm, área foliolar (AF) em cm dada pelo produto da mensuração do comprimento (C) em cm e largura (L) em cm, perímetro do caule da planta em cm (PC), número de folhas (NF) em unidade numérica, e diâmetro da Copa (DC) em centímetros.

As avaliações das variáveis foram feitas 630 dias após o plantio (DAP). As medições de AP foram feitas com o auxílio de uma régua graduada, da altura do colo da planta até o máximo comprimento da ponta da folha mais alta, método semelhante ao utilizado por Matos (2016) e Barbosa, V. *et al.* (2023).

Para as medições de AF, foi utilizada a metodologia indicada por Santos, L. e Souza, M. (2024) e Sousa (2021), em que se utilizou uma fita métrica medindo a maior largura do folíolo e o comprimento central.

Para a mensuração da variável PC, foi utilizada uma fita métrica graduada em centímetros. O DC foi medido conforme metodologia e adaptado do trabalho desenvolvido por Barbosa, V. *et al.* (2023). Foi utilizada uma fita métrica aplicando uma medição em cada diagonal, ou seja, total de duas medições em formato de “X” de uma ponta a outra da copa da planta.

A variável NF foi contabilizada segundo estudo feito por Araújo *et al.* (2018), em que foram contadas as folhas da planta, incluindo pequenas e grandes, novas e velhas.

3.9 Porcentagem de área molhada (PAM)

A porcentagem de área molhada foi calculada de acordo com Keller e Karmelli (1974), apresentada também por Bernardo, Soares e Mantovani (2006) e Barros e Aguiar Neto (2023), conforme Equações (2), (3) e (4).

$$PAM = \frac{AW}{ATotal} \times 100 \quad (2)$$

em que:

PAM = Porcentagem de área molhada (%);

AW = Área molhada requerida (m²); e

ATotal = Área referente ao espaçamento da cultura (m²).

$$Aw = \frac{\pi \times Dm^2}{4} \quad (3)$$

em que:

AW = Área molhada requerida (m²);

π = Letra grega equivalente a 3,1415; e

Dm = Diâmetro molhado do tratamento (emissor de irrigação).

$$ATotal = Sp \times Sl \quad (4)$$

em que:

Atotal = Área referente ao espaçamento da cultura (m²);

Sp = Espaçamento entre plantas (m); e

Sl = Espaçamento entre linhas (m).

3.10 Diâmetro molhado requerido (Dm)

O diâmetro molhado requerido (Dm) dos tratamentos avaliados foi obtido e verificados no catálogo técnico dos fabricantes e testado em campo. Para o teste de campo, foi utilizada uma fita métrica graduada em 50 m, ligada ao sistema de irrigação. Após a pressurização do sistema até a estabilidade de 1,5 kgf/cm², o diâmetro molhado foi medido, posicionando a fita métrica de uma ponta a outra do círculo formado pelos tratamentos. Essa metodologia foi aplicada para confirmação e mensuração do diâmetro molhado de cada tratamento avaliado, contemplando o PAM necessário para a cultura do

açáí. Os tratamentos avaliados têm a distância de diâmetro molhado na pressão de serviço de 1,5 kgf/cm² (Tabela 6).

Tabela 6 - Diâmetro molhado dos tratamentos avaliados submetidos à pressão de 1,5 kgf/cm²

Tratamentos	Dm (m)
T1	3,20
T2	9,80*
T3	3,20
T4	9,80

Fonte: Arquivo pessoal (2024).

*Este resultado foi obtido em teste de campo em condições sem vento. A tabela técnica do fabricante somente apresenta resultado de 10,2 m de diâmetro submetido a 2,0 kgf/cm².

3.11 Análises estatísticas

Para a análise dos dados, foram adotados métodos de estatística experimental descritos por Rossetti *et al.* (2017) e submetidos à análise de variância (ANOVA). Os dados foram processados no programa computacional AgroEstat - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaio Agronômicos, Versão 1.1.0.712 (2014).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD)

Observou-se que o tratamento T2 (Marca 2) apresentou resultado de uniformidade de distribuição de 98%, sendo a melhor distribuição entre os tratamentos. Já o menor resultado para o coeficiente de uniformidade de distribuição foi do tratamento T4 (Marca 4), de 79%. Foram constatados resultados de 84% e 90% para o T1 (Marca 1) e T3 (Marca 3), respectivamente, que são o microspray's. Esses resultados podem ser conferidos na Tabela 7. De acordo com Bernardo, Soares e Mantovani (2006), a microaspersão é um sistema de irrigação localizada que tem cerca de 90% de eficiência. Para o experimento, o volume de água aplicado nas plantas pelos tratamentos no tempo de irrigação estabelecido de 30 minutos por rega foi de T1 (Marca 1): 56,5 L dia⁻¹, T2 (Marca 2): 55 L dia⁻¹, T3 (Marca 3): 56,5 L dia⁻¹ e T4 (Marca 4): de 56 L dia⁻¹.

A Tabela 7 mostra os resultados de CUD para os tratamentos avaliados, os quais se enquadraram como bons, segundo Keller e Karmelli (1974), Mantovani (2001 apud SOUZA, M.; SANTOS, R.; BASSOI, 2017) e Bernardo, Soares e Mantovani (2006), demonstrados nas Tabelas 2 e 3. Dessa forma, os resultados dos tratamentos obtidos nesse estudo podem ser classificados como bons.

Tabela 7 - Resultados do CUD nos tratamentos avaliados, Paragominas, PA, 2024

Tratamentos	CUD (%)
T1	84%
T2	98%
T3	90%
T4	79%

Fonte: Arquivo pessoal (2024).

A pressão de serviço adotada no sistema de irrigação foi de 1,5 kgf/cm², no teste do CUD, a mesma pressão empregada no sistema. Dessa forma, observou-se que essa pressão de serviço não favoreceu o melhor resultado de CUD observado no tratamento

T4, por outro lado, a pressão de serviço de 1,5 bar para o tratamento T2 se apresentou com uma boa pressão de trabalho, mostrando uma melhor uniformidade de distribuição. Os tratamentos T1 e T3 trabalham com pressões de serviços baixas a partir de 0,5 bar, dessa forma, apresentaram uniformidade semelhante, quando submetidos à mesma pressão de trabalho. Outro fator que pode ter relação com a menor uniformidade de distribuição no tratamento T4 está relacionado com coletores próximos às plantas e com o posicionamento dos microaspersores, pois, possivelmente, a água poderia estar aspergindo diretamente na copa da planta, impedindo a melhor distribuição de água ao coletor.

Outro fator que pode ter interferido no CUD em comparação aos tratamentos é o fato de o microspray ter sido instalado diretamente na mangueira, incidindo diretamente na altura do jato e no raio de alcance, sendo assim, a emissão de água aspergida é mais localizada, formando um bulbo molhado.

Entretanto, mesmo no tratamento T4, que apresentou o menor resultado de CUD, observou-se que foi próximo do desejado (Tabelas 2 e 3), para a classificação de BOM, na pressão de serviço empregada de 1,5 kgf/cm². Outro fator que pode ter contribuído para o menor resultado de CUD no tratamento T4 foi a questão da manutenção e do entupimento do sistema de irrigação, que pode ter ocorrido com algum tipo de obstrução, ou seja, emissores entupidos no momento do teste, o que não foi verificado minuciosamente.

Matos *et al.* (1999) relatam que são vários os fatores que influenciam na uniformidade de distribuição de água do microaspersor, a citar: posição do suporte, ângulo de irrigação, tronco e folhagem da árvore, elemento distribuidor, reguladores e amortecedores e vazão nominal.

Outro fator que deve ser levado em consideração e que pode afetar a uniformidade de aplicação de água é a pressão de serviço dos emissores (MANTOVANI; BERNARDO, S.; PALARETTI, 2006). Para obter um bom perfil de distribuição, os aspersores devem funcionar dentro dos limites de pressão especificados pelo fabricante. Pressão muito alta causará excessiva pulverização do jato de água, diminuindo seu raio de alcance, causando precipitação excessiva perto do aspersor. Pressão muito baixa resultará numa inadequada pulverização do jato de água, o que causará um perfil de distribuição muito irregular. O raio de alcance do aspersor é ampliado com o aumento da pressão até determinado ponto. Pressões acima e abaixo desses resultados podem causar decréscimo do raio de alcance (BERNADO, S.; SOARES; MANTOVANI, 2006).

Estudos conduzidos por Souza, L. *et al.* (2006) afirmam que o decréscimo na uniformidade de aplicação é causado geralmente por uma manutenção inapropriada do sistema de irrigação, ou por falta de manutenção, gerando uma perda de aproximadamente 60% da uniformidade. Outros fatores que afetam a uniformidade são as possíveis avarias na fabricação dos emissores e seu tempo de uso.

Baixos resultados de CUD podem representar perda de água por percolação profunda quando a lâmina mínima aplicada corresponde à lâmina necessária ou ainda desuniformidade dos emissores e também se a cultura apresentar potencial econômico e sistema radicular raso, nesse caso, o resultado deve ser superior a 80% (PAULINO *et al.*, 2009; SANTOS, D. *et al.*, 2012; SANTOS, M. *et al.*, 2015).

Observou-se que mesmo havendo diferenças entre o coeficiente de uniformidade de distribuição entre os tratamentos, todos apresentaram uma boa uniformidade de distribuição de água.

Segundo Valnir Junior *et al.* (2011), a baixa eficiência do sistema de irrigação pode afetar diretamente a produtividade das culturas agrícolas, pois a baixa uniformidade de distribuição pode favorecer um desenvolvimento espacialmente diferenciado das plantas. Esse fato ocorre, principalmente, da localização da água na zona radicular das culturas, em pequenas intensidades, porém com alta frequência.

De forma a evitar o baixo rendimento das culturas, em razão dos problemas na uniformidade de aplicação da água, é necessário verificar periodicamente o sistema de irrigação, buscando manter as condições recomendadas no projeto. Isso só é possível pela associação das medidas de uniformidade com os conceitos de eficiência (VALNIR JUNIOR *et al.*, 2011). Essa não verificação pode promover o excesso de água no solo e provocar lixiviação de nutrientes, redução na concentração de oxigênio disponível às raízes, podendo ainda aumentar a incidência de pragas e doenças, enquanto a escassez aumenta os riscos de salinização do solo e inibe o potencial produtivo da planta (SANTOS, F.; COELHO; CARVALHO, 2014).

A velocidade do vento é um dos fatores que afetam a uniformidade de aplicação de água, podendo, adicionalmente, proporcionar perdas de 5%, pois a força dos ventos proporciona carregamento das gotículas aspergidas pelo emissor (MANTOVANI; BERNARDO, S.; PALARETTI, 2006).

Segundo Marques e Frizzone (2005), a irrigação justifica-se como recurso tecnológico indispensável ao aumento da produtividade das culturas em regiões onde a insuficiência ou a má distribuição das chuvas inviabiliza a exploração agrícola. Estudos

que auxiliem técnicos e agricultores nas tomadas de decisões quanto à agricultura irrigada são, cada dia, mais necessários (SOUZA, J.; FRIZZONE, 2003). Dessa forma, as observações realizadas neste estudo contribuem para o melhor entendimento do uso da irrigação para a cultura do açaí no estado do Pará.

4.2 Percentual de área molhada (PAM) e Área Molhada (AW)

Os resultados de PAM e a AW dos tratamentos avaliados estão descritos na Tabela 8. O resultado obtido para o PAM neste estudo foi de 32,16 % para os tratamentos T1 e T3 e de 301,70 % para os tratamentos T2 e T4. O espaçamento de plantio foi de 5 metros entre linhas e 5 metros entre plantas, totalizando 25 m² de área da cultura. Segundo Keller e Karmelli (1974), o resultado mínimo de PAM para culturas agrícolas em irrigação localizada é de 33% da área da cultura (A_{total}), ou seja, o resultado do presente estudo foi próximo ao obtido pelos autores.

Tabela 8 - Resultados de AW e PAM para os tratamentos avaliados. Paragominas, PA, 2024

Tratamentos	AW (m ²)	PAM (%)
T1	8,25	32,16
T2	75,48	301,70
T3	8,25	32,16
T4	75,48	301,70

Fonte: Arquivo pessoal (2024).

Os resultados de PAM obtidos para os tratamentos T3 e T4 são explicados por serem emissores de maior raio de alcance em relação aos tratamentos T1 e T3, que têm menores raios de alcance. Entretanto, para o período de avaliação dos tratamentos, essa diferença não apresentou nenhum tipo de vantagem. Esse resultado ocorreu provavelmente em decorrência de o período de avaliação compor os dias iniciais das plantas antes do seu período reprodutivo, quando as raízes já estão maiores e já devem atingir distâncias mais longas, dessa forma, encontrando a água disponível nesses locais mais longe.

O estado do Pará tem uma estação chuvosa mais longa em comparação com outras regiões, como, por exemplo, o Cerrado, que faz divisa de bioma. Esse fato se reflete em um menor período de irrigação. O uso da irrigação será sempre complementar, não efetivo, diferentemente de regiões como o Nordeste ou o Sul do Brasil, caso dos plantios de arroz na região.

O açaí é uma cultura perene, que no período das águas no estado do Pará desenvolve bem o seu sistema radicular. Assim, quando chega o período de estiagem, a irrigação complementar se torna suficiente, de acordo com os tratamentos avaliados, para suprir a demanda hídrica da cultura nos anos iniciais, principalmente para manter as plantas saudáveis e fora de déficit hídrico.

A utilização de sistemas de irrigação mais eficientes é uma busca constante na agricultura irrigada, pois existe tendência de aumento no custo da energia e de redução da disponibilidade hídrica dos mananciais. Entre os sistemas pressurizados, a irrigação localizada é a que propicia a maior eficiência de irrigação, uma vez que as perdas na aplicação de água são relativamente pequenas, considerando que, quando bem projetada e manejada, a área máxima molhada não deve ser superior a 55% da área sombreada pela planta, com área mínima molhada de 20% nas regiões úmidas e de 30% nas regiões de clima semiárido (AZEVEDO, 1986).

Os modelos de microaspersores bailarina, quando avaliados, foram suficientes para a irrigação do açaí. De acordo com o estudo, os resultados são bem interessantes, o que possibilita a indicação de uso de microaspersores microspray's para irrigação do açaí nos anos iniciais. O custo de aquisição desse tipo de microaspersor microspray no mercado irrigante é de cerca de R\$ 0,50 a unidade, enquanto o microaspersor bailarina chega a custar até R\$ 4,50 a unidade. A variação no preço pode ocorrer de acordo com as diferentes variedades de marcas, tecnologia empregada no produto e modelo.

Outro ponto positivo nos resultados obtidos está relacionado ao dimensionamento do projeto de irrigação. O trabalho com pressões de serviços menores em sistemas de irrigação com emissores de baixa e média vazão caso dos microspray's, reflete-se em conjuntos de motobombas e diâmetros de tubulações com pressão nominal menor, o que torna o custo do projeto ainda menor.

Holzapfel *et al.* (2007), ao avaliar técnica e economicamente sistemas de irrigação localizada com gotejadores de regime turbulento e autocompensantes, verificaram que, independentemente do tipo de emissor, sistemas operando com baixas pressões de serviço proporcionam menores custos totais anuais. Os autores observaram que emissores de regime turbulento apresentaram menor custo total anual em relação aos autocompensantes, em razão do menor custo de aquisição e da menor faixa de pressão utilizada na operação dos emissores.

O menor consumo de água e de energia é observado nos sistemas de irrigação localizada, estando associado à aplicação pontual de água através de emissores

(gotejadores ou microaspersores) que operam com baixas pressões de serviço (BERNARDO, S.; SOARES; MANTOVANI, 2006; BORSSOI *et al.*, 2012; MANTOVANI; BERNARDO, S.; PALARETTI, 2009).

Também vale ressaltar que os custos com tratos culturais como a roçagem e a aplicação de defensivos agrícolas para controle de plantas daninhas se tornam menores visto passar a aspergir uma quantidade de água menor nas entre linhas de plantio ou entre as plantas.

O raio de alcance dos microsprays é, em média, de 1,70 m e o de bailarinas em média de 3,0 m, ou seja, são menores de acordo com a observação em catálogos técnicos de várias marcas do mercado irrigante com 1,5 kgf/cm² de pressão de serviço.

O uso de microspray na irrigação proporciona também o maior acúmulo de volume de água próximo ao caule e também provavelmente favorece o aumento do tempo da planta que tem essa água disponível no solo, favorecendo as raízes mais próximas do caule. Para a validação dessa hipótese, faz-se necessária a realização de novos testes para obter esses resultados.

4.3 Análises das variáveis de plantas

Foi observado que os resultados das médias para cada variável estudada em plantas de açaí após 630 DAP apresentaram respostas iguais entre si, estatisticamente (Tabela 9). Visualmente, houve proporcionalidade no crescimento das plantas nas variáveis estudadas nos tratamentos avaliados no período de avaliação do experimento (Fig. 8 e 9).

Para a variável AP, a média dos tratamentos foi de 190,30 cm (Tabela 10). As plantas estavam no momento do plantio com uma altura média de 125 cm, tendo crescido 65,30 cm no período do estudo. A variável PC apresentou média geral dos tratamentos de 33,12 cm (Tabela 10). No início dos estudos, o perímetro do caule foi de 4 cm. Para a AF, a média dos tratamentos foi de 125,52 cm² e no plantio do experimento foi de 25 cm² (Tabela 10), com crescimento de 5 vezes. Para a variável NF, a média dos tratamentos avaliados foi de 7,6 folhas por planta de açaí, 2,5 vezes maior do que na época do plantio, que foi de 3 folhas por planta (Tabela 10). Foi obtida média nos tratamentos de 1,80 m para a variável DC, tendo as plantas no início apresentado diâmetro médio de copa de 40 cm, ou seja, resultado 4,5 vezes maior (Tabela 10).

Tabela 9 - Resumo da ANOVA para altura de plantas (AP); perímetro do caule (PC); número de folhas (NF); área foliolar (AF) e diâmetro da copa (DC), de plantas de açaí em Paragominas, PA, 2024

Variação	GL	QUADRADO MÉDIO				
		AP	PC	AF	NF	DC
Tratamento	3	4634,26 ^{ns}	109,499 ^{ns}	1609,21 ^{ns}	3,8247 ^{ns}	0,4516 ^{ns}
Bloco	4	27433,84 ^{**}	255,201 ^{**}	2771,06 ^{ns}	16,19 ^{**}	3,264 ^{**}
Resíduo	352	2673,99	60,4547	1639,65	2,285	0,302
CV		27,17%	23,47%	32,25%	19,88%	30,41%
Média		190,3	33,12	125,5	7,604	1,809

Fonte: AgroEstat - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos, Versão 1.1.0.712 (2014).
^{**}significativo a 1%, Ns não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Estudos realizados por Santos, L. e Souza, M. (2024) apresentaram resultados médios de área foliolar real da cultura do açaizeiro de 310,66 cm², em 197 folíolos analisados em plantas de 7 anos de idade. Neste estudo, após 630 dias de observação, os resultados médios obtidos para área foliolar foram de 125,52 cm². Essa comparação mostra que os resultados obtidos neste estudo para a variável AF correspondem a 40,40% do resultado obtido pelo autor, entretanto são 5 anos de diferença em idade da planta.

Tabela 10 - Médias dos tratamentos para cada variável analisada: AP (altura de planta: cm); PC (perímetro do caule: cm); AF (área foliolar: cm²); NF (número de folhas: unidade numérica); DC (diâmetro da copa: m) e média geral. Paragominas, PA, 2024

Tratamentos	AP	PC	AF	NF	DC
T1	189,28 ^a	33,86 ^a	123,72 ^a	7,47 ^a	1,88 ^a
T2	190,97 ^a	32,63 ^a	131,85 ^a	7,58 ^a	1,75 ^a
T3	199,22 ^a	34,18 ^a	123,08 ^a	7,90 ^a	1,85 ^a
T4	181,73 ^a	31,81 ^a	123,44 ^a	7,45 ^a	1,74 ^a
Média	190,30	33,12	125,52	7,60	1,80

Fonte: AgroEstat - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos, Versão 1.1.0.712 (2014).
^aMédias seguidas da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Turkey.

Estudos feitos por Lunz *et al.* (2016) mostraram que o açaizeiro apresenta variação no padrão de crescimento em função da idade da planta e da variável estudada. Os resultados obtidos podem estar relacionados com o fornecimento de água, pois as plantas foram irrigadas sempre nos mesmos horários e com volume semelhante de água (Tabela 11). As plantas de açaí não exigem quantidades superiores a 60 litros por dia na touceira de água nos seus anos iniciais (FARIAS NETO, 2019).

Os resultados obtidos significam que o uso de irrigação localizada em plantas jovens de açaí, com emissores de baixa pressão e vazão, no tempo de irrigação estipulado nesse estudo, é uma alternativa viável para a cultura na região estudada no estado do Pará. Estudos feitos em Castanhal, PA, por Santos, B. (2021), concluíram que a técnica de irrigação para a cultura do açaí é viável economicamente, pois garante que as plantas

sejam menos suscetíveis às condições micrometeorológicas e às condições de aumento de preço de insumos (Fig.8).

Tabela 11 - Vazões tabeladas dos tratamentos (VT); Volume de água aplicado sob o tempo (VA); Tempo de rega (TR). Paragominas, PA, 2024

Tratamentos	VT (L dia ⁻¹)	VA (L dia ⁻¹)	TR (min)
T1	113	56,6	30
T2	110	55	30
T3	113	56,5	30
T4	112	56	30

Fonte: Arquivo Pessoal (2024).



Figura 8 - Plantas de açai ao final do experimento, em Paragominas, Pará
Fonte: Arquivo pessoal (2024).

Neste estudo não foi possível avaliar a produtividade das plantas nos tratamentos no período de dois anos, pois a cultura do açai inicia sua produção a partir do terceiro ano de plantio, quando começa a lançar seus primeiros cachos. A produção efetiva se estabelece a partir do quarto ano após o plantio. Dessa forma, se faz necessária a realização de novos estudos e testes para a continuação deste trabalho no intuito de suprir essa lacuna de dados de produção em relação aos tratamentos avaliados em plantas de açai (Fig. 9).



Figura 9 - Plantas de açai ao final do experimento em cada tratamento (A) T1; (B) T2; (C) T3; (D) T4, em Paragominas, Pará
Fonte: Arquivo pessoal (2024).

5 CONCLUSÕES

Não houve diferença significativa dos resultados dos tratamentos entre as marcas de microaspersores tipo bailarina e microspray nas características das plantas.

Os resultados do teste de uniformidade de distribuição (CUD) para cada tratamento avaliado se apresentaram como bons para a cultura do açaí.

O uso de microspray para os anos iniciais da cultura do açaí pode ser uma alternativa por fornecer água de forma eficiente e de baixo custo de aquisição.

É necessária a realização de novos estudos para a continuação deste trabalho a fim de suprir a lacuna de dados de produção de açaí em relação aos tratamentos avaliados.

REFERÊNCIAS

ADAMI, M. *et al.* Estimativa de área foliar de soja usando imagens digitais e dimensões foliares. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, **Anais...** INPE, p.9-14. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052008000400030> Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.16.01.08.52/doc/9-14.pdf> Acesso em: 7 jul. 2024.

AGROESTAT - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos, Versão 1.1.0.712 (2014.) Disponível em: <https://archive.org/details/agro-estat> Acesso em: 26 maio 2024.

ALMEIDA, H. P. *et al.* Perfil socioeconômico da produção de açaí manejado em comunidades rurais do Município de Igarapé-Miri, Pará. **Research, Society and Development**, v.10, n.11, p.e592101120084, 2021. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i11.20084> Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1159077> Acesso em: 23 maio 2024.

ALVES, L. W. R.; CARVALHO, E. J. M.; SILVA, L. G. T. Diagnóstico agrícola do município de Paragominas, PA. 2014. **Boletim de Pesquis e Desenvolvimento 91**, Belém, Pará: Embrapa Amazônia Oriental, 26p.:il., 2014. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/988380/1/BPD91.pdf> Acesso em: 20 jul. 2024.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil - 1985-2022. Boletim do SNIRH, n.4, 2023. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/e2d38e3f-5e62-41ad-87ab-990490841073> Acesso em: 6 maio 2024.

ANDRADE, A. T. S. de *et al.* **Salinização secundária em solos do distrito irrigado do Baixo-açu, em Alto do Rodrigues/RN.** 21 fev. 2019. 81f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2019. <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/5177> Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/items/02023f9f-1ade-4d7b-a8e4-3ea285fac736> Acesso em: 16 maio 2024.

ARAÚJO, C. S. de *et al.* Crescimento de mudas de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.)

submetidas a diferentes doses de fósforo. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, [S.l.], v.5, n.1, 11 maio 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/view/1475> Acesso em: 26 maio 2024.

AZEVEDO H. M. de. Irrigação localizada. **Informe Agropecuário**, EPAMIG, Belo Horizonte, v.12, n.139, p.40-53, 1986. Disponível em: <https://agris.fao.org/search/en/providers/122605/records/64774eefbc45d9ecdbc0454> Acesso em: 3 ago. 2024.

BARBOSA, M. A. G. Viabilidade de investimento e análise de risco econômico em projetos de irrigação para produção de tomate no agropolo Ibiçara-Mucugê, Bahia. 2015. 114p. Tese (Doutorado Acadêmico em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo Baiano, Cruz das Almas, mar. 2015. Disponível em: <https://ri.ufrb.edu.br/jspui/handle/123456789/925> Acesso em: 14 maio 2024.

BARBOSA, V. da S. *et al.* Taxa de crescimento de açaizeiro em função de diferentes níveis de sombreamento. 2023. In: SEMINÁRIO DA EMBRAPA ACRE DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO, 5., 2022, Rio Branco, AC. O papel da tecnologia agrícola na segurança alimentar: **Anais**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, p.51-56, 2023. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1157464> Acesso em: 17 jul. 2024.

BARROS, A. C.; AGUIAR NETTO, A. O. de. **Projetos de irrigação por gotejamento e microaspersão**. E-book, 1.ed. fev. 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/368536357_Projetos_de_Irigacao_-_Gotejamento_e_Microaspersao Acesso em: 21 maio 2024.

BASTOS, T. X. *et al.* Características agroclimáticas do município de Paragominas. Belém: PA Embrapa Amazônia Oriental, **Documento 228**, 2005, 21p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/407905> Acesso em: 27 jul. 2024.

BERNARDO. S; SOARES. A. A. MANTOVANI. E. C. **Manual de Irrigação**. 8.ed. Viçosa: Ed. UFV. 2006. 625p.

BORSSOI, A. L. *et al.* Water application uniformity and fertigation in a dripping irrigation set. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.32, n.4, p.718-726, Aug. 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162012000400011> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/bXdJdXH69KCbKCFtkY8wnvz/?lang=en> Acesso em: 5 maio 2024.

BOSCO, L. C. *et al.* Seleção de modelos de regressão para estimar a área foliar de macieiras ‘royal gala’ e ‘fuji suprema’ sob tela antigranizo e em céu aberto. **Revista Brasileira de Fruticultura**, SP, v.34, n.2, p.504-514, jun. 2012. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.scielo.br/j/rbf/a/v5L6tVVTBZLXn3Y43RJC6rx/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 30 maio 2024.

CALBO, M. E. R; MORAES, J. A. P. V. de. Efeitos da deficiência de água em plantas

de *Euterpe oleracea* (açai). **Rev. bras. Bot.**, v. 23, n.3, p.225-230, set. 2000.
<https://doi.org/10.1590/S0100-84042000000300001> Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbb/a/8PX9pYzPxWnnVwwKpvwBgJ/> Acesso em: 25 jul. 2024.

CASTRO, A. F. de *et al.* Adoção da cultivar BRS Pará no Amazonas: um estudo exploratório da expansão de açaiçais com tecnologia agropecuária disponibilizada pela Embrapa. In: SILVA, L. de J. de S.; MENEGHETTI, G. A.; PINHEIRO, J. O. C. (ed.). **O despertar para a ciência: contribuições dos alunos de iniciação científica para a pesquisa socioeconômica na Amazônia**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. p.17-41. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1144854> Acesso em: 11 jul. 2024.

CERETTA, C. A.; AITA, C. **Manejo e conservação do solo**. 2010. E-book. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/16180> Acesso em: 2 jul. 2024.

CESARIN, V. *et al.* Produção de mudas de açazeiro. **Revista Agronomia Brasileira**, Jaboticabal, SP, v.4, p.1-7, 14 dez. 2020. doi: [10.29372/rab202036](https://doi.org/10.29372/rab202036) Disponível em: <https://www.fcav.unesp.br/#!/ensino/departamentos/ciencias-da-producao-agricola/laboratorios/labmato/rab/volume-4-2020/rab202036/> Acesso em: 24 jun. 2024.

CORDEIRO, I. M. C. C. *et al.* **Nordeste Paraense: panorama geral e uso sustentável das florestas secundárias**. Belém, PA: EDUFRA, 2017. 323p. E-book. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1073621> Acesso em: 18 jul. 2024.

CRIDDLE, W. D. **Métodos para avaliar sistemas de irrigação**, n.82. Soil Conservation Service, Departamento de Agricultura dos EUA, 1956. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?q=CRIDDLE+et+al.+1956&hl=en&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart Acesso em: 17 maio 2024.

CUNHA, D. A. da. **Efeitos das mudanças climáticas globais na agricultura brasileira: análise da irrigação como estratégia adaptativa**, 2011. 147f. Tese (Doutorado em Economia e Gerenciamento do Agronegócio) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011. Disponível em: <https://bibliotecasemiariados.ufv.br/handle/123456789/2489> Acesso em: 14 maio 2024.

DIMENSTEIN, L.; FARIAS NETO, J. T. de. Dados preliminares para a produção de frutos em açazeiros sob irrigação em terra firme no Estado do Pará. In: DIMENSTEIN, L.; FARIAS NETO, J. T. de. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras**. Semana da Fruticultura, Floricultura e Agroindústria – FRUTAL AMAZÔNIA, 8., Flor Pará, 26-29 jun. 2008. Fortaleza: Instituto Frutal. 2008. 134p. p.123-133. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1157010/irrigacao-e-fertirrigacao-em-fruteiras> Acesso em: 30 jun. 2024.

D'ODORICO, P. *et al.* The global value of water in agriculture. **Economic Sciences**, v.117, n.35, p.21985-21993, 24 Aug. 2020. <https://doi.org/10.1073/pnas.2005835117> Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.2005835117> Acesso em: 19 maio 2024.

EMBRAPA. **INFOCLIMA** - Informações Climáticas. 2024. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/6044/infoclima---informacoes-climaticas> Acesso em: 27 ago. 2024.

FARIAS, NETO J. T. de. BRS Pai D'égua: cultivar de açaí para terra firme com suplementação hídrica. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, **Comunicado técnico**, 317. 2019. 8p. Disponível em: Acesso em: 28 jul. 2024

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1114134> Acesso em: 28 jul. 2024.

FARIAS NETO, J. T. de; RESENDE, M. D. V. de; OLIVEIRA, M. do S. P. de. Seleção simultânea em progênies de açaizeiro irrigado para produção e peso do fruto. **Rev. Bras. Frutic.**, v.33, n. 2, p.532-539 2011, jun. 2011a. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.scielo.br/j/rbf/a/zPSXL8SjGBdnRkT34gsgL6S/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 13 jul. 2024.

<chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.scielo.br/j/rbf/a/zPSXL8SjGBdnRkT34gsgL6S/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 13 jul. 2024.

FARIAS NETO, J. T. de; VASCONCELOS, M. A. M. de; NOGUEIRA, A. K. M. **Produção, processamento e mercado para a cultura do açaí**. Fortaleza: Instituto Frutal. 2011b. Disponível em:

<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/919590>. Acesso em: 27 jun. 2024.

FAVETTA, G. M.; BOTREL, T. A. Uniformidade de sistemas de irrigação localizada: validação de equações. **Sci. Agric.**, Piracicaba, SP, v.58 n.2, jun. 2001.

<https://doi.org/10.1590/S0103-90162001000200030> Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/sa/a/8HzmMg6RZHVnxd7SwrVDmyt/> Acesso em: 10 jun. 2024.

FERREIRA, M. P. L.; SILVA, G. M. da. A produção de açaí nos igarapés Combu e Periquitaquara na Ilha do Combu: uma análise sobre as práticas de manejo, Pará, Brasil. **Agricultura Familiar: Pesquisa, Formação e Desenvolvimento**, v.13, n.2, p.230, 14 maio 2020. Disponível em:

<https://periodicos.ufpa.br/index.php/agriculturafamiliar/article/view/8717> Acesso em: 11 jul. 2024.

GOOGLE EARTH WEBSITE. **O globo mais detalhado do mundo**. 2023. Disponível em: <https://www.google.com.br/earth/> Acesso em: 18 jul. 2024.

HOLZAPFEL, E. A. *et al.* Análisis técnico-econômico para selección de aspersores.

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.11, n.6, p.557-563, dez. 2007. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662007000600002> Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/7tPNhPVZRyYk7kmz5TLnLDv/> Acesso em: 2 jun. 2024.

HOMMA, A. K. O. *et al.* Açaí: novos desafios e tendências. *In*: HOMMA, A. K. O. (ed.). **Extrativismo vegetal na Amazônia: história, ecologia, economia e domesticação**. Brasília, DF: Embrapa. 1.ed., Cap.7, p.133-148, jan. 2014. 468p.:il., color. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/268217287_EXTRATIVISMO_VEGETAL_NA_AMAZONIA_historia_ecologia_economia_e_domesticacao Acesso em: 3 jun. 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário**. Resultados definitivos. 2017. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/pesquisa/24/0>. Acesso em: 30 ago. 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e estados**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa.html>. Acesso em: 30 ago. 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de Açaí (cultivo) – Brasil**. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/acai-cultivo/pa> Acesso em: 28 ago. 2024.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, MI, v.17, n.4, p.678-684, Jul./Aug. 1974. <http://dx.doi.org/10.13031/2013.36936> Disponível em: <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp??JID=3&AID=36936&CID=t1974&v=17&i=4&T=1> Acesso em: 18 jun. 2024.

LIZASO, J. L.; BATCHELOR, W. D.; WESTGATE, M. E. A leaf area model to simulate cultivar specific expansion and senescence of maize leaves. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.80, n.1, p.1-17, Jan. 2003. Disponível em: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2003FCrRe..80....1L/abstract> Acesso em: 19 jul. 2024.

LOPES, S. J. *et al.* Estimativa da área foliar de meloeiro em estádios fenológicos por fotos digitais. **Ciência Rural**, v.37, n.4, p.1153-1156, ago. 2007. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000400039> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/MpXkKvvgg5mYpQNzfwRKqmwg/?lang=pt> Acesso em: 21 maio 2024.

LUNZ, A. M. P. *et al.* Crescimento de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) com irrigação, no município de Rio Branco-AC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 24., 2016, São Luis. Fruteiras nativas e sustentabilidade: **Anais**. São Luis: SBF, 2016. 4p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1055414> Acesso em: 7 jul. 2024.

LUZ, K. C. A. da; VOESE, S. B.; KRESPI, N. T. Custos de produção do açaí: Um estudo em Municípios da Região Norte do Brasil. **Anais do CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS**, 28., ABC, [S.l.], 2021. Disponível em: <https://anaiscbc.abcustos.org.br/anais/article/view/4869> Acesso em: 19 dez. 2021

MAGALHÃES, F. A. *et al.* Produção de cultivares de alface tipo crespa sob diferentes lâminas de irrigação. **Water Resources and Irrigation Management**, v.4, n.1-3, p.41-50, dez. 2015. [10.19149/2316-6886/wrim.v4n1-3p41-50](https://doi.org/10.19149/2316-6886/wrim.v4n1-3p41-50) Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/307776814_Producao_de_Cultivares_de_Alface_Tipo_Crespa_sob_Diferentes_Laminas_de_Irigacao Acesso em: 12 jun. 2024.

MALAGI, G. *et al.* Método não destrutivo para determinação da área foliar da videira, cultivar BRS-Violeta. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.4, p.1250-1254, dez. 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011005000005> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/4r6rbt9TLFF3jVczDJ4MbGR/?lang=pt> Acesso em: 29. jul.

2024.

MALDANER, I. C. *et al.* Modelos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol. **Ciência Rural**, v.39, n.5, ago. 2009. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009000500008> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ct/a/ZzJvHBGbsf7DHPWH3XQvLfh/> Acesso em: 7 maio 2024.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: UFV, 2006. 318p. Acesso em: 22 maio 2024.

MARCON, M. Modelos matemáticos para estimativa da área foliar de um cafeeiro por meio de análise de imagens. 2009. 70p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas) – Universidade Federal de Lavras, 2009. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/1964> Acesso em: 12 jun. 2024.

MARQUES, P. A. A.; FRIZZONE, J. A. Modelo computacional para determinação do risco econômico em culturas irrigadas. **Acta Scientiarum Agronomy** [online], v.27, n.4, p.719-727.26 ago. 2005. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v27i4.1347> Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/1347> Acesso em: 28 maio 2024.

MATOS, J. de A. de *et al.* Avaliação da distribuição de água de um microaspersor autocompensante. **IRRIGA**, [S.l.], v.4, n.3, p.113–117, 1999. <https://doi.org/10.15809/irriga.1999v4n3p113-117> Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3036> Acesso em: 21 jul. 2024.

MATOS, T. E. S. **Sobrevivência e crescimento inicial do açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) em recuperação de ecossistema ripário, São Domingos do Araguaia-PA**. 2016. 57f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Agronomia) - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá, 2016. Disponível em: <http://repositorio.unifesspa.edu.br/handle/123456789/1662> Acesso em: 12 jul. 2024.

MESQUITA, D. Z. *et al.* Crescimento inicial de cultivares de Açaí com irrigação automatizada/Initial growth of Açaí cultivars with automated irrigation. **Brazilian Journal of Development**, v.8, n.1, p.8354-8372, 2022. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n1-561> Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/43556> Acesso em: 13 jun. 2024.

MIRANDA, J. H de; PIRES, R. C de M. (ed.). **Irrigação**. Piracicaba: FUNEP, 2003. 703p. (Serie Engenharia Agrícola, 1). Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/003039603> Acesso em: 11 jul. 2024.

MORAES, E. L. R. **Análise comparativa de custo para implantação de sistemas de irrigação em cultivo de açaí**. 2022. 39f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Tomé-Açu, PA, 2022. Disponível em: <https://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/2877> Acesso em: 29 maio 2024.

MOURÃO, L. História e natureza: do açaí ao palmito. **Revista Territórios e**

Fronteiras, [S.l.], v.3, n.2, p.74-96, 2010. <https://doi.org/10.22228/rtf.v3i2.69>
Disponível em:
<https://periodicoscientificos.ufmt.br/territoriosefronteiras/index.php/v03n02/article/view/69> Acesso em: 13 maio 2024.

NAVEGANTES, P. C. A. **Respostas fisiológicas e bioquímicas em duas cultivares comerciais de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) submetidas ao déficit hídrico**. 2023. 70f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Belém, 13 set. 2023. Disponível em:
<https://repositorio.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/2058> Acesso em: 16 maio 2024.

NOGUEIRA, O. L. Cultivo de açaizeiro em terra firme. Irrigação. Desbaste e limpeza das touceiras. In: HOMMA, A. K. O. *et al.* Açaí. **Sistema de produção 4**, p.45, jul. 2005. Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/408196/1/SISTEMAPR OD4ONLINE.pdf> Acesso em: 22 jun. 2024.

PARÁ (Estado). Governo do Estado do Pará. Fundação Amazônia de amparo a estudo e pesquisas. Boletim Agropecuária Paraense 2022, **Boletim**: Agropecuária Paraense 2022. Disponível em:
<https://drive.google.com/file/d/1yaCF0Z7gCsdWC0Z5v4QfP9e36nVUggiH/view>
Acesso em: 21 ago. 2024.

PAULINO, M. A. de O. *et al.* Avaliação da uniformidade e eficiência de aplicação de água em sistemas de irrigação por aspersão convencional. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.3, n.2, p.48-54, 2009. Disponível em:
<https://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/18> Acesso em: 23 jul. 2024.

PAZOLINI, P. V. D. **Manejo da irrigação do café conilon com o uso de planilha eletrônica**. 2022. 29f.:il. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Agronomia) – Instituto Federal do Espírito Santo, Sana Teresa, 2022. Disponível em:
<https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/1917> Acesso em: 19 jul. 2024.

PEKSEN, E. Non-destructive leaf area estimation model for faba bean (*Vicia faba* L.). **Scientia Horticulturae**, v.113, n.4, p.322-328, Aug. 2007.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.04.003> Get rights and content Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423807001525> Acesso em: 15 maio 2024.

PINTO, J. M.; SOARES, J. M.; NASCIMENTO, T. Análise de coeficientes de uniformidade de distribuição de água em sistema de irrigação localizada. Petrolina, PE EMBRAPA-CPATSA, 1991. 25p. (EMBRAPA-CPATSA. **Boletim de Pesquisa, 41**). Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/132870/1/Analise-de-coeficientes-n41.pdf> Acesso em: 12 jun. 2024.

POMPELLI, M. F. *et al.* Allometric models for non-destructive leaf area estimation of *Jatropha curcas*. **Biomass and Bioenergy**. v.36, p.77- 85, 2012. Disponível em:

<chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://biologiavegetal.com/wp-content/uploads/2019/10/allometric-model-purgingnut-leaf-area-estimation.pdf> Acesso em: 9 jul. 2024.

QUEIROZ, T. M. de; BOTREL, T. A.; 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, mar. 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162008000100005> Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228844832_Developing_software_and_hardware_for_precision_irrigation_using_central_pivot Acesso em: 14 jul. 2024.

REBOUÇAS, A. C. Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez. **Bahia análise & dados**, v.13, n.esp., p.341-345, 2003. <https://repositorio.usp.br/item/001594350> Disponível em: <https://repositorio.usp.br/bitstream/e9f86828-38da-4701-8905-a7b10ff7775f/1594350.pdf>. Acesso em: 13 maio 2024.

RICHTER, G. L. *et al.* Estimativa da área de folhas de cultivares antigas e modernas de soja por método não destrutivo. **Fitotecnia**. **Bragantia**, v.73, n.4, p.416-425, dez. 2014. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.0179> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/5t8dfDshhDZFcwQq4rZZ8Cz/abstract/?lang=pt> Acesso em: 9 maio 2024.

RODRIGUES, T. E. *et al.* Caracterização e classificação dos solos do município de Paragominas, Estado do Pará. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, **Documentos**, **162**, 2003. 49p. Anexo mapa: Mapa de solos do Município de Paragominas - Estado do Pará. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/408067/caracterizacao-e-classificacao-dos-solos-do-municipio-de-paragominas-estado-do-para> Acesso em: 16 jul. 2024.

RODRIGUES, T. E. *et al.* Caracterização e classificação dos solos do município de Paragominas, Estado do Pará. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, **Documentos**, **162**, 2003. 44p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/408067/caracterizacao-e-classificacao-dos-solos-do-municipio-de-paragominas-estado-do-para> Acesso em: 26 ago. 2024.

ROSSETTI, A. G. *et al.* Orientações para instalação, condução e avaliação de experimentos de campo. Embrapa Agroindústria Tropical. **Documentos**, 177, 2017. 85p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1079923> Acesso em: 12 maio 2024.

SANTOS, B. N. dos. **Análise de risco econômico da produção de açaizeiro irrigado no município de Castanhal-PA**. 2021. 41f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA, 2021. Disponível em: <https://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/2014> Acesso em: 30 jun. 2024.

SANTOS, J. N. B. **Equações alométricas para estimativa de área foliar de espécies lenhosas de floresta ombrófila de terras baixas**. 2016. 120p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife,

Pernambuco, 2016. Disponível em:
<http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/4972> Acesso em: 30 jul. 2024.

SANTOS, F. P.; COELHO, E. F.; CARVALHO, J. T. Uniformidade de distribuição de água e ions em diferentes profundidades do solo com bananeira fertirrigada. INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 2., Fortaleza, 2014.
<http://dx.doi.org/10.12702/ii.inovagri.2014-a712> Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfefindmkaj/https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/114681/1/Uniformidade-de-distribuicao-I525T858-INOVAGRI.pdf>
Acesso em: 25 ago. 2024

SANTOS, D. D. O. *et al.* Avaliação da uniformidade de aplicação de água na irrigação por microaspersão na cultura da banana em São João do Jaguaribe-CE. *In: Inovagri International Meeting, 1., & Winotec, 4., Fortaleza – CE. 4 jun. 2012.* Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/320119721_AVALIACAO_DA_UNIFORMIDADE_DE_UM_SISTEMA_DE_IRRIGACAO_POR_GOTEJAMENTO Acesso em: 12 jul. 2024.

SANTOS, H. G. dos *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5.ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. E-book: il. color. E-book, no formato ePub, convertido do livro impresso. 355p. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfefindmkaj/https://www.agroapi.cnptia.embrapa.br/portal/assets/docs/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf> Acesso em: 14 maio 2024.

SANTOS, L. O.; SOUZA, M. F.C. de. **Estimativa de área foliolar do açaizeiro** (*Euterpe Oleracea* Mart.). 42f.:il.color, 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Capitão Poço, PA, 18 abr. 2024. Disponível em: <http://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/3601> Acesso em: 2 maio 2024.

SANTOS, M. A. L. dos *et al.* Avaliação da uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação por gotejamento em inhame (*Dioscorea cayennensis* L.). **Revista Ciência Agrícola**, Rio Largo, v.13, n.1, p.7-13, 2015. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/revistacienciaagricola/article/view/1272> Acesso em: 12 jul. 2024.

SCHMILDT, V. de S. O.; DOUSSEAU-ARANTES, S. (org.). Modelagem da Área Foliar Individual. **Brazilian Journals Editora**, São José dos Pinhais, PR, 1.ed., 2023. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfefindmkaj/https://www.brazilianjournals.com.br/assets/ebooks/2ru0OPWFt9iDCs7803d4fEc4491mS6YR.pdf> Acesso em: 26 maio 2024.

SILVA, R. S. da. **Açaí: importância socioeconômica nos estados do Pará e Goiás**. 2021. 41p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronegócio) – Instituto Federal Goiano, Rio Verde, 11 maio 2021. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfefindmkaj/https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/am/prefix/1711/1/TCC%20-%20RENATA%20SANTOS%20DA%20SILVA.pdf>
Acesso em: 31 jul. 2024.

SILVA, A. B. V. da; CALANDRINE, F. de N. da S. **Produção de mudas de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) sob níveis de silício e lâminas de água.** 17 abr. 2024. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Capitão Poço, 2024. Disponível em: <https://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/3603> Acesso em: 28 maio 2024.

SILVA, A. J. P. da *et al.* Aproveitamento de água da chuva com sistemas de irrigação de baixo custo para agricultura familiar do Semiárido Baiano. 2014. *In:* Brasil. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. **Avaliação de políticas públicas:** reflexões acadêmicas sobre o desenvolvimento social e o combate à fome. Brasília, DF: MDS; Secretaria de Avaliação e Gestão da Informação, v.4, p.57-72, 2014. Segurança alimentar e nutricional. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=1075831&biblioteca=va zio&busca=1075831&qFacets=1075831&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1> Acesso em: 12 jul. 2024.

SILVA, C. C. da *et al.* Modelos alométricos para estimar a área do limbo foliar de teca. **Nativa**, Sinop: MT, v.8, n.1, p.129-136, jan./fev. 2020. [10.31413/nativa.v8i1.7969](https://doi.org/10.31413/nativa.v8i1.7969) Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/339056394_MODELOS_ALOMETRICOS_PARA_ESTIMAR_A_AREA_DO_LIMBO_FOLIAR_DE_TECA Acesso em: 4 jul. 2024.

SILVA, I. M. da; SANTANA, A. C. de; REIS, M. da S. Análise de restornos sociais oriundos de adoção tecnológica na cultura de açaí no estado do Pará. **Amazônia: Ci. & Desenv.**, v.2, n.3, p.25-37, jul./dez. 2006. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/858551> Acesso em: 12 jul. 2024.

SILVA, J. F do A.; PEREIRA, R. G. Panorama global da distribuição e uso de água doce. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.3, p.263-280, abr.- maio 2019. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.003.0023> Disponível em: <https://sustenere.inf.br/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2019.003.0023> Acesso em: 15 maio 2024.

SIMÕES, W. L. *et al.* Produção e qualidade da mangueira Kent (*Mangifera indica* L.) submetida a diferentes lâminas de irrigação no semiárido nordestino. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente** – RAMA, v.14, n.2, abr./jun. 2021. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14n2e7832> Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/7832> Acesso em: 26 maio 2024.

SOUSA, S. K. A. de. **Estimativa da área foliolar de plantas jovens de açaizeiro por métodos não destrutivos.** 2021. 53p.:il., color Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, PA, 2021. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/858551> Acesso em: 28 jun. 2024.

SOUZA, J. L. M. de; FRIZZONE, J. A. Modelo aplicado ao planejamento da cafeicultura irrigada. III Análise de risco econômico da cafeicultura em dois sistemas de irrigação. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.25, n.2, 2003. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v25i2.2049> Disponível em:

<https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/2049> Acesso em: 22 maio 2024.

SOUZA, L. O. C de *et al.* Avaliação de sistemas de irrigação por gotejamento, utilizados na cafeicultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.3, p.541-548, set. 2006. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662006000300002> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/rCs7D8CTVNvsghWyn9hZnrF/> Acesso em: 30 jun. 2024.

SOUZA, M. H. C.; SANTOS, R. D. S.; BASSOI, L. H. Avaliação da uniformidade de um sistema de irrigação por gotejamento. INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 4., 2017 Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/166155/1/Avaliacao-da-uniformidade-....pdf> Acesso em: 22 maio 2024.

SOUZA, R. O. R. de M. *et al.* Avaliação econômica da irrigação em pomares de açaí. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v.7, n.1, 2013. Disponível em: https://inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/137/pdf_122 Acesso em: 17 jun. 2024.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre, RS: Artmed, 6.ed., 2017. E-book. 864p. Disponível em: https://www.google.com.br/books/edition/Fisiologia_e_Developolvimento_Vegetal_6ed/PpO4DQAAQBAJ?hl=en&gbpv=1&dq=inauthor:%22Lincoln+Taiz%22&printsec=frontcover Acesso em: 21 maio 2024.

TARJUELO, J. M. *et al.* Efficient water and energy use in irrigation modernization: Lessons from Spanish case studies. **Agricultural Water Management**. v.162, p.67-77, dez. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.08.009> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377415300755?via%3Dihub> Acesso em: 24 jul. 2024.

TAVARES, G. dos S. *et al.* Análise da produção e comercialização de açaí no estado do Pará, Brasil. 2022. In: HOMMA, A. K. O. **Sinergias de mudança da agricultura amazônica: conflitos e oportunidades**. Parte III – Oportunidades Produtivas mais Sustentáveis, Embrapa Amazônia Oriental, 2022. p.445-463. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1143144/1/LV-Sinergias-446-465.pdf> Acesso em: 12 jun. 2024.

TESTEZLAF, R. **Irrigação: métodos, sistemas e aplicações**. Faculdade de Engenharia Agrícola/UNICAMP, 1.ed., fev. 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/318197795_Irigacao_metodos_sistemas_e_aplicacoes Acesso em: 14 jun. 2024.

TORRES, D. M. *et al.* Tratamento de efluentes e produção de água de reuso para fins agrícolas. **HOLOS**, [S.l.], v.8, p.1-15, 2019. <https://doi.org/10.15628/holos.2019.9192> Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/9192> Acesso em: 22 jun. 2024.

VALNIR JUNIOR, M. *et al.* Análise de desempenho em laboratório de linha gotejadora antes e após sua utilização em campo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.5, n.4, p.351-360, 2011. Disponível em: https://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/108/pdf_95 Acesso em: 12 jun. 2024.

YAMAGUCHI, K. K. de L. *et al.* Amazon açai: chemistry and biological activities: a review. **Food Chem**, v.16, n.179, p.137-151, jul. 2015. DOI: [10.1016/j.foodchem.2015.01.055](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.01.055) Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25722148/> Acesso em: 1 jul. 2024.