

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA  
CURSO DE DOUTORADO**

**FLUXO DE SEIVA E ÁREA FOLIAR DA ATEMÓIA NO  
SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO**

**Irai Manuela Santana Santos**

**CRUZ DAS ALMAS - BA  
2019**

# **FLUXO DE SEIVA E ÁREA FOLIAR DA ATEMÓIA NO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO**

**Irai Manuela Santana Santos**  
Engenheira Agrônoma  
Universidade do Estado da Bahia, 2013

Tese apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do Título de Doutora em Engenharia Agrícola, área de concentração em Agricultura Irrigada e Recursos Hídricos.

**Orientador:** Prof. Dr. Lucas Melo Vellame  
**Coorientador:** Prof. Dr. Jairton Fraga Araújo

**CRUZ DAS ALMAS - BA  
2019**

## FICHA CATALOGRÁFICA

S237f Santos, Irai Manuela Santana.  
Fluxo de seiva e área foliar da atemóia no Submédio São Francisco / Irai Manuela Santana Santos.\_ Cruz das Almas, BA, 2019.  
96f.; il.

Orientador: Lucas Melo Vellame.  
Coorientador: Jairton Fraga Araújo.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas.

1.Atemóia – Cultivo. 2.Atemóia – Fluxo de seiva. 3.Irrigação – Manejo – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.

CDD: 634.41

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas – UFRB.  
Responsável pela Elaboração – Antonio Marcos Sarmento das Chagas (Bibliotecário – CRB5 / 1615).  
Os dados para catalogação foram enviados pela usuária via formulário eletrônico.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA  
CURSO DE DOUTORADO**

**FLUXO DE SEIVA E ÁREA FOLIAR DA ATEMÓIA NO SUBMÉDIO  
SÃO FRANCISCO**

Comissão Examinadora da Defesa de Tese de  
Irai Manuela Santana Santos

Aprovada em: 29 de agosto de 2019

---

Prof. Dr. Lucas Melo Vellame  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB  
(Orientador)

---

Prof. Dr. Vital Pedro da Silva Paz  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB  
(Examinador Interno)

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lígia Borges Marinho  
Universidade do Estado da Bahia - UNEB  
(Examinadora Externa)

---

Prof. Dr. Alisson Jadavi Pereira da Silva  
Instituto Federal Baiano (IF Baiano)  
(Examinador Externo)

---

Dr. Rafael Dreux Miranda Fernandes  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB (PNPD/UFRB)  
(Examinador Interno)

## DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus pais, Heredias Firmino Santos e Joanita Santana Santos; Ao meu irmão, Hercules Williams (*in memoriam*); ao meu irmão, Aquilis Emerson; aos meus sobrinhos e demais familiares.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, por renovar sempre a minha fé e estar comigo durante essa caminhada.

Aos meus pais, Heredias Firmino Santos e Joanita Santana Santos, pelo amor incondicional, carinho, confiança e apoio em todos os momentos.

Ao meu irmão, Aquilis Emerson, pelo incentivo e companheirismo; e a meu irmão Hércules Williams, que se vivo estivesse, estaria me apoiando e incentivando na concretização dos meus sonhos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Lucas Melo Vellame, pelos conhecimentos transmitidos, confiança, apoio e incentivo.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Jairton Fraga Araújo pelo apoio concedido.

À professora Dr. Lígia Borges Marinho pelo suporte e parceria.

À Universidade do Recôncavo da Bahia e ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola e à Universidade do Estado da Bahia pela estrutura e apoio para o desenvolvimento dos trabalhos.

À FAPESB, pela concessão da bolsa.

À minha prima, Leide Priscilla, por todo o apoio nas etapas do projeto.

Aos amigos e colegas que dividiram comigo as vitórias e dificuldades ocorridas durante o curso.

Aos colegas, amigos e parceiros da Universidade do Estado da Bahia pelo apoio concedido.

Aos professores do Programa de Pós Graduação que contribuíram para o meu aprendizado e crescimento.

Aos funcionários da UFRB e UNEB que contribuíram com a realização deste trabalho.

A todos que de alguma forma colaboraram para o meu crescimento pessoal e profissional, muito obrigada!

## **EPÍGRAFE**

“O mérito pertence ao homem que está por inteiro na arena da vida, cujo rosto está manchado de poeira, suor e sangue; que luta bravamente...” (Theodore Roosevelt)

## FLUXO DE SEIVA E ÁREA FOLIAR DA ATEMÓIA NO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO

**RESUMO:** A atemoeira é uma planta que se adapta bem às condições tropicais e subtropicais, no entanto, como toda frutífera, exige irrigação adequada para explorar todo seu potencial produtivo, principalmente em regiões com escassez e irregularidade pluviométrica, como é caso da região Nordeste do Brasil. O manejo da irrigação atua, então, como ferramenta primordial, contudo, devido ao manejo diferenciado da cultura, com a ocorrência de podas drásticas para a produção, o uso de métodos convencionais para determinação da lâmina a ser aplicada, apresenta limitações. O objetivo do trabalho foi quantificar o consumo hídrico de duas cultivares de atemóia, em pomares irrigados, pelo método da sonda de dissipação térmica, e relacionar a transpiração com a área foliar e demanda evaporativa da atmosfera. A primeira etapa do estudo teve como objetivo calibrar a sonda de dissipação térmica para estimativa do fluxo de seiva da cultura; e a segunda, teve o intuito de estimar o fluxo de seiva de duas cultivares de atemóia, em dois pomares com diferentes idades, relacionando-o com a área foliar e a demanda evaporativa da atmosfera, na região do Submédio São Francisco. Os experimentos foram realizados no campo experimental da Universidade do Estado da Bahia, no município de Juazeiro-BA. O primeiro estudo foi conduzido com plantas de atemóia, em fase inicial de desenvolvimento, transplantadas para vasos de 21,5 litros. Os vasos foram dispostos em plataformas de pesagem que funcionaram como lisímetros. Determinou-se o fluxo de seiva pelo método da sonda de dissipação térmica, utilizando sondas de 1 cm de comprimento e considerando a área de seção efetiva do xilema que conduz a seiva bruta. O coeficiente angular da equação de Granier foi ajustado pela minimização dos desvios absolutos entre o fluxo de seiva acumulado do dia e a transpiração diária medida pelo lisímetro. De acordo com os resultados, faz-se necessário o ajuste do coeficiente angular da equação geral de Granier. O erro médio absoluto entre FS e TR foi de 3,1%. O segundo experimento foi instalado em pomares de atemóia (jovem e adulto), com as cultivares Gefner e African Pride. Determinou-se a transpiração das plantas através de sondas de dissipação térmica, o crescimento vegetativo das plantas (área foliar e diâmetro de caule) e as variáveis meteorológicas obtidas de uma estação meteorológica localizada próximo à área experimental. Os dados obtidos foram relacionados por meio de regressões, buscando estabelecer as relações existentes entre os fatores de estudo. O fluxo de seiva da atemóia, no pomar jovem, atingiu valores máximos de 10,2 e 8,4 L planta<sup>-1</sup>, para as cultivares Gefner e African Pride, respectivamente. No pomar adulto, esses valores foram de 50,1 L planta<sup>-1</sup> para a Gefner e de 98,2 L planta<sup>-1</sup>, para a African Pride. A relação fluxo de seiva e área foliar apresentou linearidade apenas para determinada faixa de área foliar, em ambas as cultivares e pomares. A estimativa do fluxo de seiva a partir do produto da área foliar da planta e da evapotranspiração de referência pode ser utilizada no planejamento da irrigação de plantas de atemóia desde que sejam considerados os limites de área foliar em que essa relação ocorre em cada variedade em estudo.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Annona squamosa* L. x *A. cherimola* Mill.; fluxo de seiva; sonda de dissipação térmica; transpiração



## SAP FLOW AND LEAF AREA OF ATEMOYA IN THE SUBMEDIO SÃO FRANCISCO

**ABSTRACT:** Atemoya is a plant that adapts well to tropical and subtropical conditions. However, like all fruit trees, it requires adequate irrigation to exploit its full productive potential, especially in regions with scarcity and irregular rainfall, as is the case in the Northeast of Brazil. Irrigation management acts, therefore, as a primordial tool, however, due to the differentiated management of the crop, with the occurrence of drastic pruning for production, the use of conventional methods to determine the blade to be applied presents limitations. The aim of this work was to quantify the water consumption of two atemoya cultivars, in irrigated orchards, by the thermal dissipation probe method, and to relate the transpiration with the leaf area and the atmosphere evaporative demand. The first stage of the study aimed at calibrating the thermal dissipation probe to estimate the sap flow of the crop; and the second was to estimate the sap flow of two atemoya cultivars, in two orchards of different ages, relating it to the leaf area and the evaporative demand of the atmosphere in the region of Submedio São Francisco. The experiments were performed in the experimental field of the Universidade do Estado da Bahia, in the city of Juazeiro-BA. The first study was conducted with early developmental atemoya plants transplanted into 21.5 liter pots. The pots were arranged on weighing platforms that functioned as lysimeters. The sap flow was determined by the thermal dissipation probe method using 1 cm long probes and considering the effective section area of the xylem that conducts the raw sap. The angular coefficient of the Granier equation was adjusted by minimizing the absolute deviations between the accumulated sap flow of the day and the daily sweating measured by the lysimeter. According to the results, it is necessary to adjust the angular coefficient of the general Granier equation. The absolute mean error between FS and TR was 3.1%. The second experiment was installed in atemoya orchards (young and adult), with cultivars Gefner and African Pride. Plant transpiration was determined through thermal dissipation probes, plant vegetative growth (leaf area and stem diameter) and meteorological variables obtained from a meteorological station located near the experimental area. The data obtained were related through regressions, seeking to establish the existing relationships between the study factors. In response, the relationship between sap flow and leaf area showed linearity only for a given leaf area range in both cultivars and orchards. The estimation of sap flow from the plant leaf area product and reference evapotranspiration can be used in the planning of atemoya irrigation provided that the leaf area limits in which this relationship occurs in each variety under study are considered.

**Keywords:** *x Annona squamosa* L. *x A. cherimola* Mill; sap flow; thermal dissipation probe; transpiration

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Esquema do método de dissipação térmica. Fonte: SEIXAS, 2009...28
- Figura 2. Experimento de calibração da sonda de dissipação térmica para a atemóia. Juazeiro-BA.....45
- Figura 3. Erro médio entre a massa padrão e a determinada na calibração dos lisímetros utilizados na calibração. ....46
- Figura 4. Detalhe da sonda de dissipação térmica, instalada em muda de atemóia.. .....48
- Figura 5. Detalhe da seção transversal de ramo de atemóia. Juazeiro, BA. ....50
- Figura 6. Área da seção condutora em função do diâmetro externo do caule de plantas de atemóia em fase inicial de desenvolvimento. Área da seção condutora em função do diâmetro externo do caule de plantas de atemóia em fase inicial de desenvolvimento.....52
- Figura 7. Temperatura do ar e diferenças térmicas naturais medidas ao longo de um dia, em plantas de atemóia.....53
- Figura 8. Curso do fluxo de seiva, radiação solar, déficit de pressão de vapor d'água e temperatura média do ar, durante três dias sequenciais de avaliação.....54
- Figura 9. Curso da umidade do solo, da relação fluxo de seiva/evapotranspiração de referencia (FS/ETo) e da relação transpiração/evapotranspiração de referência (TR/ETo) durante o período de avaliação. ....55
- Figura 10. Relação entre o fluxo de seiva médio estimado pela sonda de dissipação térmica e a transpiração medida através do lisímetro em mudas de atemóia...57
- Figura 11. Relação entre o fluxo de seiva ajustado e a transpiração medida através do lisímetro para as três plantas de atemóia (P1, P2 e P3).....58
- Figura 12. Vista da área experimental e distribuição das plantas jovens de atemóia, em blocos casualizados, no CAERDES, em Juazeiro, BA 2018-2019. ....68
- Figura 13. Croqui e vista da área experimental de plantas adultas de atemóia no DTCS, em Juazeiro, BA. Foto: Santos, I.M.S.....69
- Figura 14. Detalhe das sondas instaladas (A); Monitoramento do fluxo de seiva da atemóia em pomar jovem (B) e adulto (C). Juazeiro,BA. Foto: Santos, I.M.....71
- Figura 15. Temperatura do ar (máxima, média e mínima) e radiação solar global durante os dois ciclos de cultivo da atemóia no pomar jovem ( Figuras A e B) e no pomar adulto (Figuras C e D). Juazeiro, BA. ....79
- Figura 16. Precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar média durante o ciclo de cultivo da atemóia nos meses de dezembro de 2017 a maio de 2019. Juazeiro, BA. ....80

Figura 17. Déficit de pressão de vapor d'água e evapotranspiração de referência registrados durante o ciclo de cultivo da atemóia nos meses de dezembro de 2017 a maio de 2019. Juazeiro, BA.....	81
Figura 18. Potencial de água no solo durante o experimento no pomar jovem de atemóia.....	82
Figura 19. Potencial de água no solo durante os experimentos no pomar adulto de atemóia: A (ciclo I); B (Ciclo II).....	83
Figura 20. Curso da área foliar (AF) e da relação fluxo de seiva pela evapotranspiração de referência (FS/ET <sub>o</sub> ) médios das cultivares em estudo, no pomar jovem de atemóia.....	86
Figura 21. Relação do fluxo de seiva pela evapotranspiração de referencia em função da área foliar média de atemoia das cultivares Gefner(A) e African (B), para o pomar jovem de atemóia.....	87
Figura 22. Relação do fluxo de seiva (FS) observado e o estimado pela área foliar média e evapotranspiração de referencia para as cultivares de atemoia das Gefner(A) e African (B).....	87
Figura 23. Curso da área foliar (AF) e da relação fluxo de seiva pela evapotranspiração de referência (FS/ET <sub>o</sub> ) médios das cultivares em estudo, no pomar adulto de atemóia.....	90
Figura 24. Relação do fluxo de seiva pela evapotranspiração de referencia em função da área foliar média de atemóia das cultivares Gefner(A) e African (B), no pomar adulto. ....	91
Figura 25. Relação do fluxo de seiva (FS) observado e o estimado pela área foliar média e evapotranspiração de referencia para as cultivares de atemóia das cultivares Gefner(A) e African Pride (B), no pomar adulto. ....	92

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Coeficientes da regressão linear ( $Massa = Sinal \cdot a + b$ ) para a calibração dos lisímetros de pesagem .....	46
Tabela 2. Valores do diâmetro externo, da área da seção condutora e da área foliar de plantas de atemóia na fase inicial de desenvolvimento. ....	50
Tabela 3. Parâmetros de regressão múltipla com evapotranspiração de referência ( $E_{To}$ ) e umidade do solo ( $\Theta$ ), para estimativa do fluxo de seiva e da transpiração de plantas de atemóia em fase inicial de desenvolvimento.....	56
Tabela 4. Diâmetro externo e área da seção condutora de pomares de atemóia de plantas jovens e adultas das cultivares Gefner e African Pride. Juazeiro, BA...	73
Tabela 5. Datas de avaliação da área foliar e realização das podas da atemóia no pomar jovem e adulto. ....	74
Tabela 6. Umidade de saturação ( $\theta_s$ ), residual ( $\theta_r$ ) e parâmetros ( $\alpha$ , $n$ e $m$ ) do modelo da curva de van Genuchten para os solos das áreas dos pomares de atemóia. Juazeiro, BA.....	76
Tabela 7. Resumo da análise de variância do fluxo de seiva e da área foliar média das cultivares de atemóia Gefner e African Pride em pomar jovem, para todo o período de avaliação.....	84
Tabela 8. Valores médios de fluxo de seiva e área foliar de duas cultivares de atemóia em pomar jovem, para todo o período de avaliação.....	84
Tabela 9. Análise de regressão múltipla para o fluxo de seiva em função da área foliar (AF) e da evapotranspiração de referência ( $E_{To}$ ).....	85
Tabela 10. Resumo da análise de variância do fluxo de seiva e da área foliar média das cultivares de atemóia Gefner e African Pride em pomar adulto, para todo o período de avaliação.....	88
Tabela 11. Valores médios de fluxo de seiva e área foliar de duas cultivares de atemóia em pomar adulto, para todo o período de avaliação.....	88
Tabela 12. Análise de regressão múltipla para o fluxo de seiva em função da área foliar (AF) e da evapotranspiração de referência ( $E_{To}$ ) para o pomar adulto de atemóia.....	89

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL .....	14
2.OBJETIVOS.....	17
2.1 GERAL .....	17
2.2 ESPECÍFICOS.....	17
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	17
3.1 O Vale do Submédio São Francisco e a fruticultura.....	17
3.2 Atemóia .....	18
3.2.1 Caracterização Geral .....	18
3.2.2 Cultivares.....	20
3.2.3 Poda e Polinização .....	21
3.2.4 Condições edafoclimáticas e aspectos econômicos.....	22
3.3 Transpiração e necessidade hídrica das plantas.....	24
3.3.1 Fluxo de Seiva pelo método de Granier.....	27
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	30
CAPÍTULO 1 .....	40
RESUMO.....	41
ABSTRACT .....	41
1.INTRODUÇÃO .....	42
2.MATERIAL E MÉTODOS .....	44
2.1 Local do Experimento .....	44
2.2 Calibração dos Lisímetros .....	45
2.3 Determinação da transpiração e conteúdo de água no solo.....	46
2.4 Construção e instalação das sondas de dissipação térmica .....	47
2.5 Determinação do fluxo de seiva xilemático.....	48
2.6 Diferenças Térmicas Naturais.....	49
2.7 Diâmetro do caule e área da seção condutora .....	49

2.8 Calibração da equação de Granier .....	50
2.9 Monitoramento dos dados micrometeorológicos .....	51
3.RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	51
3.1 Área da seção condutora.....	51
3.2 Gradientes térmicos naturais .....	52
3.3 Fluxo de seiva e variáveis meteorológicas .....	53
3.4 Calibração da Equação de Granier para a Atemóia .....	56
4.CONCLUSÕES.....	59
5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	59
CAPÍTULO 2.....	64
RESUMO:.....	65
ABSTRACT .....	65
1. INTRODUÇÃO .....	66
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	67
2.1 Caracterização da área de estudo .....	67
2.1.1 Fluxo de Seiva em Plantas Jovens de Atemóia.....	67
2.1.2 Transpiração de Plantas Adultas de Atemóia sob Cultivo Convencional .....	68
2.2 Monitoramento do fluxo de seiva xilemático .....	70
2.3 Construção e instalação das sondas de dissipação térmica .....	70
2.4 Diferenças Térmicas Naturais.....	71
2.5 Análises Biométricas da Atemóia .....	72
2.5.1 Estimativa da Área Foliar.....	73
2.6 Podas .....	75
2.7 Polinização .....	76
2.8 Potencial de água no solo e manejo da irrigação .....	76
2.9 Monitoramento dos dados micrometeorológicos .....	77
2.10 Análise dos dados.....	77

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	78
3.1 Caracterização Meteorológica.....	78
3.1.1 Temperatura do ar e Radiação Solar .....	78
3.1.2 Precipitação pluviométrica e Umidade Relativa do Ar .....	79
3.1.3 Déficit de pressão de vapor e Evapotranspiração de Referência.....	80
3.2 Variação da Potencial de Água no Solo .....	81
3.3 Relações fluxo de seiva, área foliar e demanda atmosférica .....	83
3.3.1 Pomar com plantas jovens de atemóia .....	83
3.3.2 Pomar com plantas adultas de atemóia .....	88
4. CONCLUSÕES.....	93
5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	93
6.CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	96

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O Vale do São Francisco desponta como um dos polos de maior produção da fruticultura irrigada no país, com destaque para a manga e a uva (SOUZA, 2018). A produção de frutas na região é praticamente ininterrupta, graças à disponibilidade hídrica e às condições climáticas favoráveis. No entanto, tem-se buscado estratégias para a sustentabilidade da fruticultura, através da diversificação na produção, com a introdução de novas espécies frutíferas na região (PIRES, 2015).

A atemóia, híbrido resultante do cruzamento da pinha (*Annona squamosa* L.) com a cherimóia (*Annona cherimola* Mill), apresenta grande potencial produtivo no Brasil, reunindo características que a qualifica para atingir os melhores mercados nacionais e internacionais. A cultura tem ganhado grande interesse dos produtores, devido ao seu alto valor comercial e às suas características organolépticas (MORAES, 2016), sendo cultivada principalmente nas regiões Sudeste e Sul e Nordeste do país (SANTOS et al., 2018).

No Nordeste, a expansão do cultivo da atemóia é limitada, principalmente, pela escassez de informações técnico-científicas suficientes sobre os sistemas de cultivo e importância econômica da atividade (SILVA et al., 2009). Isso gera a necessidade de aprofundar os estudos envolvendo aspectos relacionados ao manejo dessa planta, e assim, fornecer informações confiáveis que possam ser utilizadas pelos produtores, principalmente com relação ao uso da água, pois devido à escassez e irregularidade pluviométrica na região, a adoção da prática adequada de irrigação torna-se fundamental, evitando as alterações metabólicas decorrentes do estresse hídrico, além de promover o uso racional da água.

Nesse sentido, a quantificação das necessidades hídricas das plantas é de grande importância nos estudos das relações hídricas, no sistema solo-planta-atmosfera, bem como para a busca de estratégias para o monitoramento da irrigação (BERGAMASCHI & MATZENAUER, 2014), sendo frequentemente utilizada, para esse fim, a estimativa da evapotranspiração das culturas. Contudo, em plantas perenes, como as fruteiras, a principal dificuldade encontrada para determinação da evapotranspiração, refere-se ao uso de métodos tradicionais, como a lisimetria e o balanço de água no solo, os quais são, muitas vezes, dispendiosos, e ineficientes, devido à alta variabilidade da transpiração no espaço e no tempo e à diferenciação na extração de água no solo pelas raízes (VELLAME & SILVA, 2014).



Quando se recorre à estimativa da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), utilizando-se coeficientes de cultivo (K<sub>c</sub>), associados à evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), verifica-se certo desajustamento nas estimativas, pois, no caso das plantas lenhosas, essas ocupam apenas uma parte do solo e somente parte dele é molhado.

Como alternativa para o manejo de água nos pomares, alguns autores têm realizado estudos visando a modelagem da transpiração, em que a área foliar é usada como variável para padronização da transpiração, e, posteriormente, é relacionada com a demanda atmosférica (ET<sub>o</sub>), podendo reduzir a variação decorrente do tamanho da árvore e do espaçamento de plantios (COELHO FILHO et al., 2007; OLVEIRA et al., 2009). De acordo com Pereira et al. (2009), tais modelos apresentam simplicidade no cálculo da transpiração, porém, sua aplicação é específica de cada espécie e das condições meteorológicas em estudo.

Na atemóia, a prática de indução floral através da poda, juntamente com a aplicação da técnica da polinização artificial, estão entre os tratos culturais exigidos para o bom desenvolvimento e produção da cultura. As plantas da atemoeira são semidecíduas, e só desenvolvem brotos a partir da exposição das gemas vegetativas localizadas abaixo dos pecíolos (BRICKELL & JOYCE, 2017). Com isso, durante a poda de produção, deve ser realizada a desfolha dos ramos permitindo induzir a brotação das gemas, a qual é utilizada para controlar sua época de produção (HAWERROTH et al., 2014), regular o mercado e proporcionar melhores preços aos produtores. Esse manejo diferenciado da cultura, com a ocorrência da desfolha da planta para a produção, dificulta o uso de métodos tradicionais para determinação do seu consumo hídrico. Nessa situação, a medida direta da transpiração pode representar melhor o uso de água pelo pomar.

A mensuração da densidade de fluxo de seiva está entre os parâmetros fisiológicos utilizados na caracterização do estado hídrico das plantas, sendo ferramenta promissora para o manejo da irrigação (SAMPAIO et al., 2014). Tais medidas baseiam-se na influência da demanda atmosférica no movimento ascendente da água na planta, permitindo o monitoramento da água no contínuo solo-planta-atmosfera (CASAROLI et al., 2019). Essa estimativa pode ser feita por meio de métodos termométricos, os quais se baseiam na instalação de sensores que fornecem calor ao tronco, e serve como um marcador para o movimento da seiva no xilema (FUCHS et al., 2017). A aplicação desses métodos vem proporcionando avanços no conhecimento das relações hídricas diversas culturas

como citros (VELLAME et al., 2012), nim (SEIXAS, 2009), cacau (FRAGA JÚNIOR, 2017; PAMPONET et al., 2012, mangabeira (BIUDES et al., 2011), coqueiro anão verde (ARAÚJO et al., 2012), árvores de Eucalyptus (GENTIL, 2010), entre outras.

Vale salientar que o entendimento das relações hídricas das culturas está atrelado tanto ao conhecimento das suas respostas fisiológicas, como aos estímulos do ambiente circundante (SÉRVULO, et al., 2017). Desse modo, o comportamento do fluxo de seiva pode variar em função de fatores como a variedade em estudo, a idade das plantas, as condições meteorológicas reinantes ou ainda o próprio manejo agrônomo do pomar.

Nesse estudo, escolheu-se o método da sonda de dissipação térmica, desenvolvido por Granier (1985), para determinação do fluxo de seiva. O método relaciona a velocidade de dissipação de calor com o fluxo de seiva, sendo mais simples quanto à instrumentação utilizada, além de apresentar facilidade de confecção e instalação da sonda (HÖLTTÄ et al., 2015), quando comparado com outros métodos. Para a atemóia, ainda não foram verificadas estimativas de transpiração utilizando essa metodologia. Contudo, para que sua aplicação seja adequada, faz-se necessária a calibração da equação de estimativa do fluxo proposta pelo autor, de modo a evitar subestimativas ou superestimativas das necessidades hídricas da cultura; aliado à minimização dos potenciais erros ligados ao método, como a influência dos gradientes térmicos naturais e a determinação da área condutora de seiva do xilema.

Considerando a escassez de informações sobre a demanda hídrica da atemóia, e devido às características diferenciadas de manejo da cultura que dificultam o uso de métodos tradicionais na estimativa da evapotranspiração, a medição do fluxo de seiva pode se tornar uma ferramenta útil para o planejamento e manejo da irrigação da cultura, contribuindo para o aumento do potencial produtivo da cultura, com redução no consumo de água e, conseqüentemente, nos custos de produção.

## **2.OBJETIVOS**

### **2.1 GERAL**

Quantificar o consumo de água pela cultura da atemóia pelo método da sonda de dissipação térmica relacionando-o com a área foliar e demanda evaporativa da atmosfera, oferecendo base para o manejo da irrigação.

### **2.2 ESPECÍFICOS**

- ✓ Calibrar a equação de determinação do fluxo de seiva pela sonda de dissipação térmica para a cultura em estudo;
- ✓ Avaliar o método da sonda de dissipação térmica na estimativa do fluxo de seiva em duas cultivares de atemóia com diferentes idades;
- ✓ Relacionar a transpiração da atemóia com a área foliar e demanda evaporativa da atmosfera em cultivo irrigado.

## **3. REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1 O Vale do Submédio São Francisco e a fruticultura**

O Vale do Rio São Francisco é dividido em quatro regiões fisiográficas: Alto, Médio, Submédio e Baixo São Francisco. O Submédio São Francisco está localizado na região semiárida do Nordeste, entre o oeste do Estado de Pernambuco e norte do Estado da Bahia, abrangendo uma área de 125.755 Km<sup>2</sup> (SÁ et al., 2009). O clima da região é BSh (Clima semiárido quente), caracterizado pela escassez pluviométrica (250 a 750 mm) e irregularidade em sua distribuição; baixa nebulosidade; forte insolação; índices elevados de evaporação, e temperaturas médias elevadas (por volta de 27°C) (EMBRAPA FLORESTAS, 2018).

Graças à região fértil, fortalecida pela disponibilidade hídrica do Rio São Francisco e pelas condições climáticas, o Vale do São Francisco representa para o país, e em especial para a região Nordeste, um importante papel no campo do desenvolvimento agrícola com base na irrigação, destacando-se como um dos polos de maior produção da fruticultura irrigada. A região é referência no fornecimento de frutas para o mercado interno e externo, com destaque para o polo Juazeiro-

Petrolina, o qual se configura como maior produtor de manga e a uva do país (SOUZA, 2018).

No entanto, manter as atividades concentradas em poucos produtos pode significar a perda de oportunidades, além de ocasionar uma vulnerabilidade na economia local devido às variações de mercado. Com isso, têm-se buscado estratégias para a sustentabilidade da fruticultura, através da diversificação na produção, com a introdução de novas espécies frutíferas de clima subtropical e temperado, na região (PIRES, 2015). Tais iniciativas revelam a oportunidade de expandir o setor agrícola, explorando novas culturas, e, assim, trazer maior rendimento para a economia local.

## **3.2 Atemóia**

### **3.2.1 Caracterização Geral**

A família Annonaceae é composta por 129 gêneros e mais de 2000 espécies, a maioria nativa de regiões tropicais e subtropicais (AWACHARE et al., 2018). Os gêneros *Annona*, *Rollinia* e *Alberonoa* apresentam grande importância, destacando-se no gênero *Rollinia* as espécies *Rollinia silvatica* (araticum-do-mato), *Rollinia mucosa* (biribá) e *Rollinia escalbida* (araticum ou quaresma); e no gênero *Alberonoa*, *Alberonoa purpuracea* (marolo) e a *Alberonoa lanceolata* (pindaíba) (MANICA, 1994). No Brasil, apenas as espécies do gênero *Annona* são cultivadas comercialmente, sendo as mais importantes a graviola, para indústria de suco e polpa, e a fruta-do-conde, a cherimóia, a atemóia e a fruta-da-condessa, para consumo in natura (MOSCA et al., 2006). Dentre elas, a atemóia tem sido atraída por diversos fruticultores para o cultivo, devido ao alto preço alcançado no mercado, bem como pela sua inserção no mercado europeu e americano (BRAGA SOBRINHO, 2010).

A atemóia tem origem nas terras baixas tropicais da América Central e do Sul, e nas Índias Ocidentais. Caracteriza-se como um híbrido interespecífico resultado do cruzamento entre a cherimóia (*Annona cherimola* Mill.) e a pinha (*A. squamosa* L.), também conhecida como ata ou fruta-do-conde, surgindo, assim, o nome atemóia. Os primeiros cruzamentos foram feitos por P. J. Webster em 1907, na Flórida, tendo como intuito desenvolver uma fruta comercialmente superior à fruta-do-conde, com sabor da cherimóia e que se adaptasse bem ao clima tropical. Os cruzamentos

naturais ocorreram no campo na Austrália em 1850 e na Palestina em 1930 (PADMANABHAN & PALIYATH, 2016). Na década de 40, foram iniciados estudos em Israel visando padronizar sua propagação (MORTON, 1987). No Brasil, a cultura foi introduzida nos anos 60, no município de Taubaté-SP, despertando grande interesse dos produtores, os quais aos poucos a implantaram e disseminaram em todo o estado paulista (BONAVENTURE, 1999). De acordo com Pereira & Kavati (2011), em meados da década de 1990, a cultura passou a ser trabalhada pela área de pesquisa agropecuária, inicialmente nas Universidades, sendo elaboradas diversas dissertações e teses, como a de Kavati (1998), Savazaki (2000) e Pereira (2001).

A planta de atemóia apresenta porte pequeno a médio, atingindo de 4 a 5 m de altura, considerada intermediária à dos pais, sendo, no entanto, mais vigorosa que a da ata (*Annona squamosa* L.). As suas folhas são elípticas, ovaladas ou lanceoladas a depender da variedade, simples e sem recortes, dispostas de forma alternada e medindo de 10 a 20 cm de comprimento e 4 a 8 cm de largura (MOSCA et al., 2006).

As flores são hermafroditas, compostas de três pétalas longas, de cor amarelo-esverdeada, solitárias ou agrupadas e dicogâmicas, localizadas nas axilas das folhas de ramos com um ano de idade ou nos brotos novos (BETTIOL NETO, 2008; MANICA, 1994).

Os frutos são característicos da família Annonaceae, possuem um pseudocarpo formado pela fusão dos carpelos e receptáculos dentro de uma massa carnosa, com a casca levemente rugosa e apresentam polpa mais saborosa, além de maior proporção polpa/semente que aqueles da fruta-do-conde (LUNDGREN, 2017). O amadurecimento ocorre de 4 a 6 meses após o florescimento a depender da região de cultivo, são esverdeados e chegam ao amarelo-pálido, na maturação. A polpa é branca ou creme, macia, doce e nutritiva (MANICA, 1994; BONAVENTURE, 1999).

O sistema radicular das anonáceas é considerado superficial e abundante, em que, 90% encontra-se entre 40 e 50 cm de profundidade do solo. No entanto, em solos profundos e ricos em matéria orgânica a raiz pivotante pode ser encontrada a uma profundidade maior que 1,0 m, criando um sistema radicular diversificado ao longo do perfil do solo (BONAVENTURE, 1999).

### 3.2.2 Cultivares

Devido às variações presentes nas espécies parentais, existem cultivares de atemóia com características diversas e com possibilidade de adaptação às diversas condições climáticas. Algumas delas foram introduzidas no Brasil por órgãos de pesquisa ou através de produtores, sendo encontradas principalmente a Gefner, a Thompson e a African Pride, no entanto, existem ainda a Page, Bradley, IAC - A, PR - 2, PR - 3, Bernitski, Hete, Island Gem, Kabri, Malali, Malamud, Pink's Mammoth e Sterner (MOSCA et al.,2006).

Bonaventure (1999) destaca que entre as cultivares de atemóia disponíveis, a Pink's Mammoth é mais antiga e mais plantada no mundo; seguida pela Thompson correspondente da variedade australiana 'Hillary'. A Gefner é de origem israelense, destacando-se como uma das cultivares mais promissoras disponíveis atualmente, por atender a maioria dos requisitos exigidos no âmbito produtivo e comercial, como a produtividade e vigor das plantas, o tamanho e aspecto bem definidos de seus frutos e o sabor e aroma de sua polpa (MOSCA et al., 2006). Destaca-se ainda a variedade 'African Pride', originária da Austrália, que é a mesma que a israelense 'Kaller', sendo a mais parecida com a cherimóia.

De acordo com informações da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI, 2019), órgão da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, algumas dessas cultivares apresentam melhor desempenho sob determinadas condições climáticas a que são submetidas nos locais de cultivo, uma vez que a atemoeira é bastante influenciada por esses aspectos, especialmente a temperatura. No Estado paulista, as cultivares mais plantadas, atualmente, são a Gefner e a Thompson, que produzem frutos de tamanho médio a grande, com cerca de 450 a 500 gramas de peso, e com alta concentração de açúcares em frutos adequadamente maduros, chegando a apresentar 25 °Brix. Ambas apresentam a maioria das características desejáveis nos diversos aspectos da produção, como boa produtividade, bom vigor das plantas e relativamente tolerantes às diversas doenças fúngicas. No semiárido nordestino, a variedade Gefner tem sido a preferida, aparentemente por se adaptar melhor às condições de temperaturas mais elevadas (LEMOS, 2014).

### 3.2.3 Poda e Polinização

O conhecimento da fenologia de uma espécie cultivada auxilia no planejamento das épocas oportunas para a realização de práticas culturais, bem como permite o estabelecimento de tecnologias de produção adequadas ao desenvolvimento de diversas culturas e na estimativa de safra, previsão da época de maturação e programas de melhoramento (MORAIS et al., 2008), permitindo o estabelecimento de tecnologias de produção adequadas ao desenvolvimento de diversas culturas.

Dentre os fatores que influenciam diretamente a produção na maioria das espécies cultivadas do gênero *Annona*, aquele que envolve o sistema reprodutivo da planta, é, sem dúvida, o de maior importância (GUEDES, 2015). As atemoiras são plantas semidecíduas e entram em período de dormência, perdendo as folhas nos períodos de seca ou de baixas temperaturas (BRICKELL & JOYCE, 2017; SILVA et al., 2006). No verão, as altas temperaturas induzem rápido crescimento vegetativo, juntamente com o aparecimento de flores. A utilização de técnicas de manejo complementares, como a poda, a desfolha e a polinização, é fundamental para o sucesso da cultura, pois minimiza o problema de concentração da safra em um único período do ano (HAWERROTH et al., 2014) tornando-se uma ferramenta importante para regular o mercado e proporcionar melhores preços aos produtores.

A poda da atemóia está entre os tratamentos culturais adequados ao seu bom desenvolvimento e produção. De acordo com Bonaventure (1999), as podas têm como função formar a estrutura da planta, ou ainda, estabelecer ou manter o seu equilíbrio, controlando ou reduzindo o excesso de vegetação. Inicia-se com a realização da poda de formação da estrutura da planta, quando essa atinge 90 cm de altura após o transplante, e segue-se com as podas verdes e podas de produção, durante o seu ciclo de vida. A poda verde envolve a remoção de ramos próximos ao chão, voltados para o centro da copa, ou que estejam entrelaçados, com o objetivo de permitir o acesso da luz solar e da ventilação no interior da copa (GEORGE & NISSEN, 1986). No que se refere à poda de produção, na atemóia, assim como na pinheira, as gemas vegetativas são subpeciolares necessitando de sua exposição para iniciar um novo processo de brotação (BRICKELL & JOYCE, 2017; OLIVEIRA et al., 2005). Assim, no momento da poda, as folhas devem ser removidas por completo mecanicamente ou com o uso de produtos químicos, pois

como a floração natural é bastante heterogênea, a desfolha de ramos tem por finalidade uniformizar a brotação dos ramos, e, conseqüentemente, uniformizar a floração, frutificação e desenvolvimento dos frutos. Nos perímetros irrigados do semiárido brasileiro, recomenda-se a poda de produção preferencialmente entre os meses de julho a setembro, embora possa ser realizada em qualquer época do ano, tendo em vista a elevada temperatura e o uso da irrigação (PEREIRA et al., 2011).

Para aumento efetivo da frutificação e conseqüentemente da produção de frutos, há ainda a necessidade tornar a polinização artificial em plantações comerciais uma metodologia acessível e mais eficiente do que a natural. Estudos realizados em anonáceas indicam a presença do fenômeno da dicogamia protogínica, ou seja, a maturação do gineceu antes do androceu, o que limita a ocorrência de autofecundação (BONAVENTURE et al., 1999). O florescimento ocorre em três picos durante a estação chuvosa (NAKASONE e PAULL, 1998) e a frutificação pode ocorrer de maio a agosto a depender das podas e do regime de irrigação empregado.

### **3.2.4 Condições edafoclimáticas e aspectos econômicos**

A atemóia se desenvolve melhor em áreas tropicais a subtropicais e com chuvas adequadas. É uma planta semidecídua que apresenta sensibilidade ao gelo e não suporta baixas temperaturas. A radiação solar é considerada um fator climático fundamental, pois atua como fonte de energia e estímulo ao desenvolvimento. A temperatura basal da cultura está entre 8 e 9°C, e para seu bom desenvolvimento a temperatura do ar deve variar entre 13°C e 32°C; na maturação, esta deve estar entre 13°C e 26°C. Durante a época de polinização a temperatura ideal deve estar entre 27 e 28°C, com umidade relativa do ar no mínimo entre 70 e 80%, ressaltando que a saturação excessiva da umidade é contra-indicada por promover doenças (BONAVENTURE, 1999). De acordo com Silva (2006), nas regiões que apresentaram valores médios de temperatura máxima acima de 32°C a cultura da atemóia não apresenta bons rendimentos, havendo redução da taxa de autopolinização, do número de brotos florais emitidos, da frutificação e estabelecimento dos frutos da cultura. Em trabalho sobre as exigências térmicas da atemóia em duas estações agrônômicas, Mendes et al., (2019) verificaram que foram necessários 2469 e 2302 graus dias, respectivamente. Os efeitos do déficit de pressão de vapor no desenvolvimento da cultura foram observados por George &



Nissen (1988), os quais verificaram que valores de déficit de 1,2 kPa reduziram severamente a floração e a frutificação da cultivar de atemóia “African Pride”. Quanto às condições de solo, a atemóia é uma espécie que, semelhante aos seus parentais, pode se desenvolver em vários tipos de solos. No entanto, a cultura se desenvolve melhor em solos arenosos ou argilosos com umidade uniforme, mas com uma boa drenagem (PAULL & DUARTE, 2011).

A produção brasileira de anonáceas é destinada principalmente ao mercado interno. De acordo com informações da Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP, 2013), o cultivo depende das exigências climáticas de cada espécie e também de hábitos de consumo no país o que o torna bastante regionalizado. As áreas de produção de anonáceas abrangem em torno de 12 mil hectares. Para a atemóia são mais de 1000 hectares espalhados pelo Brasil com o plantio da cultura, destacando-se como maiores produtores os Estados de São Paulo, Paraná e Bahia (IBGE, 2017). De acordo com dados do instituto até setembro de 2017 a safra da cultura no país foi de aproximadamente 7,5 mil toneladas, colhidas em 1191 hectares.

No Nordeste, a exploração da atemóia ocorre em algumas regiões da Bahia, com maior concentração no município de Presidente Dutra, abrangendo uma área de cultivo em torno de 30 ha (IBGE, 2017). O cultivo ainda é considerado incipiente e com pequenas áreas plantadas, no entanto, vários aspectos têm favorecido a expansão comercial da cultura no Estado, dentre os quais se destacam as excelentes condições climáticas, associadas às técnicas de manejo, como poda, irrigação e adubação. Além disso, as qualidades organolépticas, o alto valor comercial agregado ao fruto, os mercados internacionais firmados para outras fruteiras e as linhas de crédito oferecidas pelo Banco do Nordeste tem despertado o interesse do produtor na exploração da cultura (SILVA et al., 2009).

Apesar do grande potencial da cultura para ser explorada, existem poucas informações e tecnologia para o manejo adequado da cultura, principalmente em relação ao manejo dos recursos hídricos, característica de extrema importância, principalmente na região semiárida nordestina que é caracterizada pela escassez e a irregularidade pluviométrica durante o ano, o que reforça a importância do suprimento das necessidades hídricas das plantas na quantidade e momento adequados, evitando assim, as alterações metabólicas decorrentes do estresse hídrico, além da promoção do uso racional da água.

### 3.3 Transpiração e necessidade hídrica das plantas

A água é o recurso que a planta necessita em maior abundância pra seu crescimento e funcionamento (TAIZ et al., 2017), tornando necessário o monitoramento do seu estado hídrico de modo a fornecer a quantidade adequada ao seu desenvolvimento. A deficiência hídrica provoca alterações no comportamento vegetal cuja irreversibilidade vai depender do genótipo, da duração e severidade do estresse, e do estágio de desenvolvimento da planta (SILVA et al. 2012).

A atemoeira é uma planta sensível em relação à água. As necessidades hídricas para a cultura são maiores do que para árvores de folhas caducas, estimando-se entre 6000 e 6500m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de água por ano numa plantação de árvores adultas (BONAVENTURE, 1999). Durante seu cultivo, a deficiência de água no solo deve ser evitada, principalmente durante a floração, a formação e o desenvolvimento dos frutos, pois os frutos são mais sensíveis do que as folhas ao estresse hídrico, o que poderá afetar drasticamente a produção (PAULL & DUARTE, 2011). Por outro lado, quando o fruto chega à maturidade, é importante evitar qualquer excesso de água, pois facilmente provoca rachaduras no fruto e queda prematura (BONAVENTURE, 1999).

A forma usual de se quantificar a água a ser aplicada ao longo do ciclo de uma cultura é considerar os processos de evaporação do solo e de transpiração da planta, denominados conjuntamente de evapotranspiração (SILVA et al., 2011). A lisimetria é considerada como boa referência para determinação do consumo direto de água pelas plantas, entretanto, é um sistema considerado bastante complexo, delicado e caro (PEREIRA et al., 2013), além de apresentar problemas de representatividade, o que torna viável a sua utilização apenas em condições de pesquisa. Além disso, pode ser ineficiente devido à alta variabilidade da transpiração no espaço e no tempo e à diferenciação na extração de água no solo pelas raízes (VELLAME & SILVA, 2014). Alternativamente, recorre-se ao cálculo do consumo de água (ETc) a partir de dados meteorológicos (ETo) e parâmetros específicos da cultura, através do uso dos coeficientes de cultivo (Kc) (BERGAMSCHI & BERGONCI, 2017). Essa metodologia tem demonstrado resultados satisfatórios, sobretudo em cultivos com cobertura baixa e uniforme. Porém, no caso de culturas com certo grau de desenvolvimento acima do nível do solo, como é o caso das plantas lenhosas e com cobertura descontínua do solo, verifica-se um

desajustamento nas estimativas (PAÇO, 2003). Para esses casos, tem-se adotado o coeficiente de cultura dual, o qual consiste na conjunção do coeficiente basal da cultura ( $K_{cb}$ ) e do coeficiente de evaporação do solo ( $K_e$ ). No entanto, essa abordagem envolve certa complexidade, exigindo a realização de um balanço hídrico diário da camada de evaporação do solo, além do balanço hídrico do solo da zona radicular (PAÇO et al., 2012).

Como metodologia mais prática em relação às anteriores, a observação da transpiração das plantas através de medidas do fluxo de seiva, caracteriza-se como uma alternativa capaz de fornecer estimativas de uso de água em árvores inteiras e em diversas escalas espaço-temporais (PAÇO et al., 2014; PETERS et al. 2018), minimizando problemas de determinação do consumo de água, principalmente em cultivos do tipo pomar, nos quais a cobertura parcial do solo origina zonas de utilização diferenciada de água. Para a atemoeira, a estimativa do fluxo de seiva pode ser uma ferramenta ideal para representar o consumo de água da planta, devido ao manejo diferenciado da planta, que apresenta desfolha no período de dormência.

A transpiração é considerada a perda de água das plantas para a atmosfera, na forma de vapor de água, sendo o processo dominante nas relações da planta com a água. O fluxo da transpiração é fundamental para a manutenção do metabolismo vegetal, sendo a força motriz para o transporte de água e nutrientes, além de promover o resfriamento das folhas (CAEMMERERET & BAKER, 2007), sendo, portanto necessário que sua taxa seja mantida dentro dos limites ótimos para cada cultura. Os fatores ambientais influenciam a transpiração na medida em que alteram o gradiente de vapor d'água entre a superfície da folha e o ar que a envolve (PIMENTEL, 2004). O controle desse fluxo é regulado pelos estômatos, que têm sua abertura e fechamento regulados pelo hormônio ácido abscísico (ABA), o qual, por sua vez, é regulado pela concentração de  $O_2$  e  $CO_2$ , pela umidade, temperatura do ar e radiação (ARVE et al., 2013). Além disso, mudanças no sistema de plantio, no crescimento do pomar, nos níveis de adubação e irrigação, no tipo de solo, nas podas de formação e na condução também influenciam nas respostas das plantas à demanda de água pela atmosfera (BIUDES, 2006; COELHO FILHO et al., 2007). Na atemoia, grande parte da variação nas taxas de transpiração e condutância estomática é influenciada pela umidade relativa do ar. Os estômatos apresentam grande sensibilidade, fechando rapidamente em resposta à baixa umidade relativa o

que limita à formação de carboidratos, sendo uma das razões da deficiência em tamanho e teor nutricional dos frutos, sob condições subtropicais (GEORGE & NISSEN, 2002).

Técnicas para determinação do fluxo de seiva avançaram nos últimos anos, embora as primeiras experiências tenham sido feitas há muitas décadas. Essas técnicas determinam o fluxo de água através das plantas e, portanto, podem ser usadas para avaliar diretamente as respostas das plantas à irrigação (GONZÁLEZ-ALTOZANO et al., 2008). Em escala diária, aproximadamente 99% do fluxo é perdido pela planta como transpiração; e em escalas de tempo mais curto, o mesmo pode ser direcionado para os processos fisiológicos. Nesse sentido, as medições de fluxo de seiva são comumente usadas como uma aproximação da transpiração (FORSTER, 2017). Tais métodos são baseados nas propriedades de dissipação do calor pelo movimento da água através do tronco (DRAGONI et al., 2005). Como o fluxo que ocorre no floema é muito menor que o do xilema, este último pode ser equiparado ao fluxo total (PEARCY et al., 1989).

Kallarackal et al. (2013) afirmam que medições de fluxo de seiva, usando métodos térmicos ganharam popularidade, uma vez que oferecem oportunidades para estimar a transpiração de uma árvore toda, além disso, as medições podem ser redimensionadas até a escala de ecossistema, utilizando o índice de área foliar. Além disso, tais métodos são facilmente automatizados podendo ser obtidos, portanto, registros contínuos do uso de água das plantas com alta resolução de tempo (SMITH & ALLEN, 1996).

Com diversas aplicações na agricultura, horticultura, silvicultura e ecologia, a aplicação desses métodos vem proporcionando avanços no conhecimento das relações hídricas (COELHO FILHO et al., 2005). Já foram utilizados para quantificar o uso da água por diversas culturas como citros (VELLAME et al., 2012), nim (SEIXAS 2009), cacau (FRAGA JÚNIOR, 2017; PAMPONET et al., 2012), mangabeira (BIUDES et al., 2011), coqueiro anão verde (ARAÚJO et al., 2012), árvores de Eucalyptus (GENTIL, 2010), entre outras; Em estudo que relacionam o fluxo de seiva com a condutância estomática, como os realizados por Lopez-Bernal et al., (2015), avaliando os efeitos do déficit hídrico controlado sobre assimilação líquida de CO<sub>2</sub> em oliveiras; e naqueles que a relacionam com a fotossíntese, como os realizados por Hernandez-Santana et al.,(2018). Além disso, dados de fluxo de seiva podem ser utilizados visando o estabelecimento de modelos simplificados que

relacionam a transpiração com a área foliar e a evapotranspiração de referência (COELHO FILHO et al., 2004; COELHO FILHO et al., 2003; COELHO FILHO et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2009; PEREIRA et al., 2009). A utilização desses modelos trazem simplicidade para o cálculo da transpiração, porém, sua aplicação é específica de cada espécie e das condições meteorológicas em estudo.

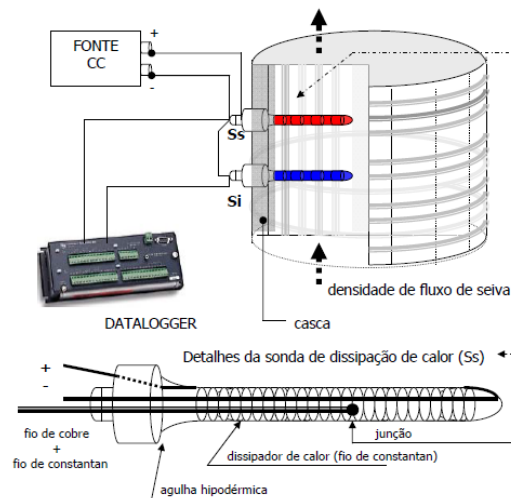
Diversos métodos podem ser utilizados para estimar o fluxo de seiva de uma planta, cada qual com seus méritos e limitações (LÓPEZ-BERNAL et al., 2017). Um desses métodos utiliza pulsos intermitentes de calor, denominando-se assim como método do pulso de calor; o do balanço de calor que emprega fornecimento de calor constante em um segmento do tronco, aplicando potência constante ou variável para aquecer continuamente o tecido através do uso de uma jaqueta térmica que o envolve; e, há ainda aquele que estima o fluxo de seiva através de uma sonda de dissipação térmica inserida em um ponto do tronco, como é o método de Granier (1985) (MINER et al., 2017; FORSTER, 2017).

### **3.3.1 Fluxo de Seiva pelo método de Granier**

O método Granier, também conhecido como método da sonda de dissipação térmica, tem sido particularmente popular devido à sua simplicidade, confiabilidade e custo relativamente baixo (LU et al. 2004). Granier (1985) desenvolveu o método originalmente para medida de fluxo de seiva em espécies lenhosas e relacionou a velocidade de dissipação de calor com o fluxo de seiva. O dispositivo utilizado para medir o fluxo de seiva consta de duas sondas, compostas por agulhas de cerca de dois milímetros de diâmetro e de um a dois centímetros de comprimento, que são inseridas na mesma linha axial no caule, separadas por uma distância vertical de cinco a quinze centímetros. Além do termopar, a sonda superior possui uma resistência elétrica, que é aquecida continuamente a uma potência constante, enquanto a sonda inferior é deixada sem aquecimento, à temperatura ambiente do tecido do caule, atuando como uma sonda de referência (Figura 1) (LU et al. 2004; GRANIER, 1985).

Desta maneira se estabelece uma diferença de temperatura entre a sonda superior e a inferior, que é função do fluxo de seiva pelos vasos intactos. No período de um dia, a máxima diferença de temperatura entre os dois pontos de medida caracteriza um fluxo de seiva mínimo ou nulo, enquanto que a mínima diferença

significa uma taxa máxima de fluxo de seiva através dessa área de transporte, promovendo dissipação do calor por convecção (DELGADO-ROJAS, 2003).



**Figura 1.** Esquema do método de dissipação térmica. Fonte: SEIXAS, 2009.

Trabalhando com três espécies lenhosas (*Pseudotsuga menziesii*, *Pinus nigra* e *Quercus pedunculata*) Granier (1985) calibrou o método em laboratório, verificando que uma única equação de calibração pode ser utilizada em plantas com diâmetro de caule superior a 4 cm. Com base nisso, propôs uma relação entre a densidade de fluxo de seiva  $J_s$  ( $10^{-6} \text{ ms}^{-1}$ ) e um fator  $K$  característico de cada espécie vegetal, denominado índice de fluxo, determinado a partir das medidas térmicas registradas pelo sensor. Na determinação do índice de fluxo, deve-se considerar também a diferença máxima de temperatura ( $\Delta T_m$ ) entre as sondas, o que necessita que ocorra um período em que o fluxo de seiva seja nulo. No entanto, as condições climáticas favorecem, por vezes, a ocorrência de transpiração noturna, não correspondendo ao gradiente de temperatura medido a  $\Delta T_m$ . Para o cálculo final do fluxo de seiva ( $F$ ) é considerada a área da seção efetiva do xilema que conduz a seiva bruta.

O método de dissipação térmica apresenta como grande vantagem, a facilidade de confecção e instalação do sensor, quando comparado com outros métodos térmicos (BRAUN, 1997). Apesar disso, para que o mesmo apresente maior efetividade nos resultados, é necessário um estudo mais aprofundado, principalmente, no que diz respeito à sua calibração para cada espécie de planta estudada, assim como a maneira de minimizar os potenciais erros mencionados na literatura (DELGADO-ROJAS et al., 2007).

Nesse sentido, embora os coeficientes de calibração da equação de Granier sejam semelhantes em diversos tipos de lenhosas e, até mesmo, em meios artificiais, a afirmação inicial de que a calibração original de Granier pode ser utilizada para qualquer espécie deve ser considerada com cautela, sendo indicada a calibração dos coeficientes da equação, e a validação do método para cada espécie em questão (LU et al., 2004).

Uma das principais fontes de erro desse método está associada à ocorrência de perturbações térmicas externas, o que gera diferença de temperatura ao longo do caule (DELGADO-ROJAS et al., 2007). Esses gradientes decorrem da incidência de radiação solar e dos efeitos de temperatura do ar e do solo sobre o caule, sendo indispensável sua correção, para adequar a estimativa da densidade de fluxo de seiva. Em geral, são mais acentuados perto do solo e ao nascer e pôr do sol, ou perto da parte do caule em que a luz solar direta é projetada. Para a correção dos gradientes térmicos, os dados de diferenças de temperatura são correlacionados com uma medida de referência, podendo ser de outra sonda sem aquecimento ou com a temperatura média do ar. Em estudos com plantas de mangueira adultas, Vellame et al. (2011) verificaram que sensores posicionados no interior da copa apresentam gradientes térmicos menores que em ramos expostos de plantas jovens, verificando-se assim, a influencia dos gradientes, em função do posicionamento dos sensores.

Outra fonte de erro é a determinação da área efetiva do xilema condutora de seiva no caule, que depende, principalmente, da espécie vegetal, da idade da árvore e do diâmetro do caule. Sendo necessária a sua quantificação, pois a sonda de dissipação térmica determina a densidade de fluxo, no local de inserção da sonda, exigindo muitas vezes a retirada de uma amostra do lenho ou a destruição total da planta, revela ser um procedimento desvantajoso desse método, em relação a outros (VELLAME et al., 2009).

Para a atemóia, ainda não foram encontrados trabalhos de determinação do fluxo de seiva utilizando métodos térmicos, como o método da dissipação térmica. Assim, para aplicação do método faz-se necessária a realização de estudos sobre a área de seção condutora da planta, bem como a calibração da equação de estimativa do fluxo para a cultura. Desse modo, considera-se que seja uma alternativa economicamente viável, capaz de trazer informações sobre as

necessidades hídricas da cultura, que podem ser utilizadas no manejo de irrigação, principalmente na região do Submédio São Francisco.

#### **4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ARAÚJO, M. C.; ESTEVES, B. D. S.; SOUSA, E. F. de. Método de dissipação térmica para determinação do fluxo de seiva em coqueiro anão-verde. *Bragantia*, Campinas, v.71, n.4, p.558-562, nov., 2012.

ARVE, L. E.; TERFA, M. T.; GISLERØD, H. R.; OLSEN, J. E.; TORRE, S. High relative air humidity and continuous light reduce stomata functionality by affecting the ABA regulation in rose leaves. *Plant, Cell and Environment*, Hoboken, v.36, p.382-392, mar., 2013.

AWACHARE, C.M.; KURIAN, R.M.; UPRETI, K.K. LAXMAN, R.H .Morpho-physiological diversity in *Annona* species. *Scientia Horticulturae* 234 (2018). p 58-62. 2018.

BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J.I. *As plantas e o clima: Princípios e aplicações*. Guaíba: Agrolivros, 2017, 352p.

BERGAMASCHI, H.; MATZENUER, R. *O milho e o clima*. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2014. 84 p.

BETTIOL NETO, J.E. *Conservação de pólen de anonas comerciais*. Dissertação (Mestrado). 78 f. Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2008.

BIUDES, M.S. *Estimativa da transpiração em plantas de mangabeira*. 93 f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2006.

BIUDES, M. S; JÚNIOR-CAMPELO J. H; LOBO, F. A; NOGUEIRA, J. S; DALMAGRO, H. J. Densidade de fluxo de seiva em mangabeiras cultivadas em diferentes regimes hídricos no cerrado. *Revista de Ciências Agro-Ambientais*, v. 9, n. 1, p. 71-82, 2011.



BONAVENTURE, L. A cultura da cherimoia e de seu híbrido, a atemoia. São Paulo: Nobel, 1999. 184 p.

BRAUN, P. Sap flow measurements in fruit trees – Advantages and shortfalls of currently used systems. *Acta Horticultural*, v.449, p.267-272, 1997.

BRAGA SOBRINHO, R. Produção integrada de anonáceas no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.36, p.102-107, 2014.

BRICKELL, C.; JOYCE, D. Pruning and training: Revised New Edition; Over 800 Plants; What, when and how to pruning. DK Publishing, London. 2017.

CAEMMERER, S.V.; BAKER, N.; The biology of transpiration: from guard cells to globe *Plant Physiol.*, 143 p. 3. 2007.

CASAROLI, D.; SÉRVULO, A.C.; VELLAME, L.M.; ALVES JUNIOR, J.; EVANGELISTA, A. W.P.; MESQUITA, M.; FLORES, R. A. Transpiration and growth of young African mahogany plants subject to different water regimes *International Journal of Biometeorology*. 2019.

CEAGESP. Companhia de entrepostos e armazéns gerais de São Paulo. 2013. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/anonaceas.pdf>. Acesso em: 12 set. 2017.

COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E F.; CRUZ, L. L. Uso da Transpiração Máxima de Mamoeiro para o Manejo de Irrigação por Gotejamento em Regiões Úmidas e Sub-úmidas. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2007 (Documento 162).

COELHO FILHO, M.A.; ANGELOCCI, L.R.; CAMPECHE, L.F.S.M.; FOLEGATTI, M.V.; BERNARDES, M.S. Field determination of young acid lime plants transpiration by the stem heat balance method. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.62, n.3, p.240-247, 2005.

COELHO FILHO M. A.; ANGELOCCI, L.R.; ROJAS, J. S. D.; CAMPECHE, L.F.S.M.; FOLEGATTI, M. V. Relações entre transpiração máxima, área foliar e

evapotranspiração de referência em pomar jovem de lima ácida 'Tahiti'. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 12, n.2, p.265-274, 2004.

COELHO FILHO, M.A.; CASTRO NETO, M.T.; COELHO, E.F. Transpiração máxima de plantas de mamão (*Carica Papaya* L.) em pomar fertirrigado, nas condições de Cruz das Almas BA. (compact disc) In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 13., 2003, Juazeiro. Anais... Viçosa: ABID, 2003. CD-ROM

COORDENADORIA DE DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL. CATI. Produção Vegetal. Cultivares de Atemóia. Disponível em:<http://www.cati.sp.gov.br/portal/produtos-e-servicos/publicacoes/acervo-tecnico/cultivares-de-atemoia>. Acesso em 25 Mai. 2019.

DELGADO-ROJAS, J.S. Avaliação do uso do fluxo de seiva e da variação do diâmetro do caule e de ramos na determinação das condições hídricas de citros, como base para o manejo de irrigação. 110 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

DELGADO-ROJAS, J. S.; ANGELOCCI, L. R.; FOLEGATTI, M. V.; COELHO FILHO, M. A. Desempenho da sonda de dissipação térmica na medida da transpiração de plantas jovens de lima ácida. Engenharia Agrícola, v.27, p.404-413. 2007

DRAGONI, D; LAKSO, A.N.; PICCIONI, R.M. Transpiration of apple trees in a humid climate using heat pulse sap flow gauges calibrated with whole-canopy gas exchange chambers. Agricultural and Forest Meteorology, Amsterdam, v. 130, p.85-94, 2005.

EMBRAPA FLORESTAS. Clima. Disponível em:  
<http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>. Acesso em dez 2018.

FRAGA JÚNIOR, L. S. Relações hídricas do cacauzeiro: Efeito da área foliar, potencial da água do solo e condições de sombreamento. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. 2017.

FORSTER, M. How Reliable Are Heat Pulse Velocity Methods for Estimating Tree Transpiration? Forests, v. 8, n. 9, p. 350, 2017.

FUCHS, S.; LEUSCHNER, C.; LINK, R.; CONERS, H.; SCHULDT, B. Calibration and comparison of thermal dissipation, heat ratio and heat field deformation sap flow probes for diffuse-porous trees. *Agric. For. Meteorol.* 244–245, 151–161. 2017.

GENTIL, M. S. Transpiração e eficiência do uso da água em árvores clonais de *Eucalyptus* aos 4 anos em áreas com e sem irrigação em Eunápolis, Bahia. 71p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 2010.

GEORGE, A.P.; NISSEN, R.J. Custard apple. Biennial Report Maroochy Horticulture Research Station, Queensland, v.4, p.46-68, 1986.

GEORGE, A. P.; NISSEN, R. J. Effects of temperature, vapor pressure deficit and moisture stress on growth, flowering and fruit set of custard apple (*A. cherimola* x *A. squamosa* L.) 'African Pride'. *Scientia Horticulturae*, v.183, p.137-147, 1988.

GEORGE, A. P.; NISSEN, R. J. Effects of environment, season and crop load on gas exchange and plant water status of *Annona* ssp. hybrid cultivar African Pride. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, v.77, n.2, p.131-136. 2002.

GONZÁLEZ-ALTOZANO, P.; PAVEL, E.W.; ONCINS, J.A.; DOLTRA, J.; COHEN, M.; PAÇO, T.; MASSAI, R.; CASTEL, J.R. "Comparative assessment of five methods of determining sap flow in peach trees", *Agricultural Water Management* 95, 5: 503 - 515. 2008.

GRANIER, A. Une nouvelle methode pour la mesure du flux de seve brute dans le tronc des arbres. *Annales Sciences Forestieres*, v.42, p.193-200, 1985.

GUEDES, E. L. F. Identificacao dos insetos e semioquimicos envolvidos na polinizacao da pinheira (*Annona squamosa* L.). 59p. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) - Universidade Federal de Alagoas, Arapiraca, AL. 2015.

HAWERROTH, F. J.; MARTINS, M. V. V.; AZEVEDO, A. E.C. Uso da desfolha para indução da brotação de atemoleiras 'Gefner'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 36, n. 4, p. 1041-1045. 2014.

Hernandez-Santana, V.; Fernandes, R. D. M.; Perez Arcoiza, A.; Fernández, J. E.; Garcia, J. M.; Diaz-Espejo, A.; Relationships between fruit growth and oil accumulation with simulated seasonal dynamics of leaf gas exchange in the olive tree. *Agric. For. Meteorol*, 256–257, p. 458-469. 2018.

HÖLTTÄ, T.; LINKOSALO, T.; RIIKONEN, A.; SEVANTO, S.; NIKINMAA, E. Analysis of Granier sap flow method, its sensitivity to heat storage and a new approach to improve its time dynamics. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2015.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6616>. Acesso em: 20 set. 2018.

KALLARACKAL J; OTIENO, D.O; REINEKING, B, J.E.; SCHMIDT M.W.T, GRANIER, A; TENHUNEN, J.D. Functional convergence in water use of trees from different geographical regions: a meta-analysis. *Trees* 27:787–799. 2013.

KAVATI, R. Efeito de época de poda na produção tardia e fenologia de atemoia (*Annona cherimola* Mill. X *Annona squamosa* L.), cv. Gefner. Dissertação (Mestrado), 1998, 105 f. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1998.

LEMOS, E. E. P. A produção de anonáceas do Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 36, p. 77–85, 2014.

LÓPEZ-BERNAL, Á. GARCÍA-TEJERA, O. VEJA, V. A.; HIDALGO, J. C.; TESTI, L.; ORGAZ, F.; VILLALOBOS, F. J. Using sap flow measurements to estimate net assimilation in olive trees under different irrigation regimes. *Irrigation Science*, v. 33, n. 5, p. 357–366, 2015.

LÓPEZ-BERNAL, Á.; TESTI, L.; VILLALOBOS, F. J. A single-probe heat pulse method for estimating sap velocity in trees. *The New phytologist*, v. 216, n. 1, p. 321–329, 2017.

LU, P., URBAN, L. AND ZHAO, P. Granier's thermal dissipation probe (TDP) method for measuring sap flow in trees: Theory and practice. *Acta Botanica Sinica* 46(6):631-646. 2004.

LUNDGREN, G. A. Conservação de atemoia submetida a 1-metilciclopropeno. 78P. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2017.

MANICA, I. Taxonomia ou sistemática, morfologia e anatomia. In: MANICA, I. Fruticultura : cultivo das annonáceas. Porto Alegre: EVANGRAF, 1994. p. 3-11.

MANICA, I., ICUMA, I. M., JUNQUEIRA, K. P., OLIVEIRA, M. A. S., CUNHA, M. M., OLIVEIRA Jr., M. E., JUNQUEIRA, N. T. V., ALVES R. T. Frutas Anonáceas: Ata ou Pinha, Atemóia, Cherimólia e Graviola. Tecnologia de Produção, Pós-colheita e Mercado. Porto Alegre, RS, Cinco Continentes Editora. 596p. 2003.

MENDES, D; S.; PEREIRA, M.C.T.; NIETSCHE, S.; XAVIER, H. R. A. ; PAIXÃO, P. T. M.; FONSECA, M. P. Phenology and thermal requirements of the atemoya tree (*Annona cherimola* Mill. X *Annona squamosa* L.). Revista Ceres, Viçosa , v. 66, n. 3, p. 200-209. 2019.

MINER, G. L.; HAM, J. M.; KLUITENBERG, G. J. A heat-pulse method for measuring sap flow in corn and sunflower using 3D-printed sensor bodies and low-cost electronics. Agricultural and Forest Meteorology, v. 246, n. May, p. 86–97, 2017.

MORAES, M.R. Avaliação e caracterização dos compostos bioativos da atemóia (*Annona cherimola* Mill x *Annona squamosa* L.). 119p. Tese (doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, SP. 2016.

MORAIS, H.; CARAMORI, P. H.; KOGUISHI, M. S.; RIBEIRO, A. M. DE A. SCALA Fenológica detalhada da fase reprodutiva de *Coffea arabica*. Bragantia, Campinas, v.67, n.1, p.257-260, 2008.

MORTON, J. (Ed.) Atemoya. In: Fruits of warm climates. Miami, 1987. p.72-75. Disponível em: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/atemoya.html>. Acesso em: 11 set 2017.

MOSCA, J.L.; CAVALCANTE, C.E.B.; DANTAS, T.M. Características botânicas das principais anonáceas e aspectos fisiológicos de maturação. Fortaleza: Embrapa agroindústria tropical, 2006. 28p. (Documentos, 106).

NAKASONE, Y.H.; PAUL, R.E. Tropical Fruits. In: Crop Production Science in Horticulture Series, CAB International, Wallingford, 468. 1998.

OLIVEIRA, Z. P.; QUEIROZ, F. M.; BARROS, P. G.; CAMPOS, R. S.; LEMOS, E. E. P.; SILVA NETO, J. P. Recomendações técnicas para a cultura da pinha. Maceió: SEAGRI-AL, 2005. 56 p.

OLIVEIRA, G. X. S.; COELHO FILHO, M. A.; PEREIRA, F. A. DE C.; COELHO, E. F.; PAZ, V. P. DA S.; CASTRO NETO, M. T. de. Relações entre transpiração máxima, evapotranspiração de referência e área foliar em quatro cultivares de mangueira. Revista Brasileira de Fruticultura, v.31, p.20-27, 2009.

PAÇO, T. A. Modelação da evapotranspiração em cobertos descontínuos: programação da rega em pomar de pessegueiro. Tese (Doutoramento em Engenharia Agronómica), Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2003.

PAÇO, T.; FERREIRA, M.; ROSA, R.; PAREDES, P.; RODRIGUES, G.; CONCEIÇÃO, N.; PACHECO, C.; PEREIRA, L. The dual crop coefficient approach using a density factor to simulate the evapotranspiration of a peach orchard: SIMDualKc model versus eddy covariance measurements. *Irrig. Sci.*, 30, 115–126. 2012.

PAÇO, T.A.; PÔÇAS, I.; CUNHA, M.; SILVESTRE, J.C.; SANTOS, F.L.; PAREDES, P.; PEREIRA, L.S. Evapotranspiration and crop coefficients for a super intensive olive orchard. An application of SIMDualKc and METRIC models using ground and satellite observations. *J. Hydrol.* 519, 2067-2080. 2014.

PADMANABHAN, P.; PALIYATH, G. Annonaceous Fruits. Encyclopedia of Food and Health. p 169-173. 2016.

PAMPONET, B. M.; OLIVEIRA, A. DA S.; MARINHO, L. B.; VELLAME, L. M.; PAZ, V. P. DA S. Efeitos das diferenças térmicas naturais na estimativa do fluxo de seiva pelo método de Granier em cacauero a pleno sol. *Irriga, Edição Especial*, p.120 - 132, 2012.

PAULL, R.; DUARTE, O. Tropical Fruits. 2nd ed. Oxford: CAB International. v.1, 400p. (Crop production science in horticulture series, 20). 2011.

PEARCY, R.W.; SCHULZE, E.D.; Zimmerman, R. Measurement of transpiration and leaf conductance. In Pearcy, R.W., Ehleringer, J.R., Mooney, H.A, Rundel, P.W. (Eds.) Plant Physiological Ecology: field methods and instrumentation. London: Chapman and Hall. p.137-160. 1989.

PEREIRA, A. R.; SEDIYAMA, G. C.; NOVA, N. A. V. Evapotranspiração. Campinas: le,Fundag, 2013. 323 p.

PEREIRA, M.J.B. Biologia, exigência térmicas e inimigos naturais da broca-da-polpa das anonáceas *Cerconota anonella* (Sepp, 1830) (Lepidóptera:Ocecophoridae). Tese (Doutorado), 2001. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2001.

PEREIRA, F. M., KAVATI, R. Contribuição da pesquisa científica brasileira no desenvolvimento de algumas frutíferas de clima subtropical. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal,v. esp. E, p. 92-108, 2011.

PEREIRA, M. C. T.; NIETSCHE, S.; COSTA, M. R.; CRANE, J.T. H.; CORSATO, C. D. A.; MIZOBUTSI, E. H. Anonáceas: pinha, atemoia e graviola. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, MG, v. 32, n. 264, p. 26-34, set./out. 2011.

PEREIRA, A. B.; VILLA NOVA, N. A.; ALFARO, A. T. Necessidades hídricas de citros e macieiras a partir da área foliar e da energia solar. *Rev. Bras. Fruticultura*. vol.31, n.3. p. 671-679. 2009.

PETERS R. L; FONTI, P; FRANK, D. C.; POYATOS, R.; PAPPAS, C; KAHMEN, A; CARRARO, V; PRENDIN, A. L; SCHNEIDER, L.; BALTZER, J. L; BARON-GAFFORD, G. A., DIETRICH, L; HEINRICH, I.; MINOR, R. L; SONNENTAG, O.; MATHENY, A. M; WIGHTMAN, M. G.; STEPPE, K. Quantification of uncertainties in conifer sap flow measured with the thermal dissipation method. *New Phytologist*. Vol 219. 2018.

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

PIRES, Y. Uma receita de sucesso no Vale do São Francisco. Revista Pano de fundo, ed. 4. Ano 1-p. 32-34. 2015.

SÁ, I. B.; SÁ, I. I. S.; SILVA, A. de S.; SILVA, D. F. Caracterização ambiental do Vale do Submédio São Francisco, In: *Subsídios técnicos para a indicação geográfica de procedência do Vale do Submédio São Francisco*, Vol. 222. Embrapa Semiárido Documentos, Petrolina, pp. 9– 16. 2009.

SAMPAIO, A. H. R.; COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; DANIEL, R. Indicadores fisiológicos da lima ácida ‘Tahiti’ submetida à irrigação deficitária com secamento parcial de raiz. *Irriga*, Botucatu. v.19, n.2, p.292-301, 2014.

SANTOS, A. J. S.; ROCHA, A. M. S.; GONÇALVES-GERVÁSIO, R. C. R.; CARVALHO NETO, M. F.; RABÊLO, S. V. BIOATIVIDADE DO EXTRATO DE ATEMOIA (*Annona cherimola* x *A. squamosa*) SOBRE *Ascia monuste orseis* (GODART, 1818). *Nucleus*, Ituverava, v. 15, n. 2, p. 311-318, 2018.

SAVAZAKI, E.T. Efeito do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de três cultivares de atemoia (*Annona cherimola* Mill. X *Annona squamosa* L.) e formação de muda. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

SEIXAS, G. B. Determinação da transpiração em plantas de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) utilizando métodos de estimativa de fluxo de seiva. 2009. 71 p. Dissertação (mestrado em Física Ambiental) – Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Cuiabá, 2009.

SÉRVULO, A. C. O.; VELLAME, L. M.; CASAROLI, D.; ALVES JÚNIOR, J.; SOUZA, P. H. African Mahogany transpiration with Granier method and water table lysimeter. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, p.322-326. 2017.

SILVA, T. G. F. Zoneamento agroclimático do Estado da Bahia para a cultura da atemoia (*Annona cherimola* Mill. x *Annona squamosa* L.). 2006. 104 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SILVA T. G. F.; ZOLNIER, S.; MOURA M. S. B.; SEDIYAMA G. C. Potencial pedoclimático do Estado da Bahia para o cultivo da atemoia. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental*, v.13, n.5, p.566 – 574, 2009.



- SILVA, A. C.; LIMA, L. A.; EVANGELISTA, A. W. P.; MARTINS, C. P.  
Evapotranspiração e coeficiente de cultura do cafeeiro irrigado por pivô central.  
Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, p.1215-1221, 2011.
- SILVA, M. R.; MARTIN, T. N.; ORTIZ, S.; BERTONCELLI, P.; VONZ, D.  
Desempenho agrônômico de genótipos de milho sob condições de restrição  
hídrica. Revista de Ciências Agrárias, Lisboa, v. 35, n. 1, p. 202-212, jun. 2012.
- SMITH, D.M.; ALLEN, S.J. Measurement of sap flow in plants stems. Journal of  
Experimental Botany, v.47, p.1833-1844, 1996.
- SOUZA, A. M. M. Analisando o polo dinâmico frutícola do Submédio do São  
Francisco: uma abordagem crítica à noção dos APLs. Cadernos de Ciências Sociais  
da UFRPE, Recife, Vol. I, N. 12, Jan/Jun, 2018.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento  
vegetal. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 888 p. 2017.
- VELLAME, L. M.; SILVA, A. J. . Sistema Solo-Água-Planta-Atmosfera e Manejo da  
Irrigação em Plantas Perenes. In: José Antonio Frizzone; Francisco de Souza, Sílvio  
Carlos; Ribeiro Vieira Lima; Hans Raj Gheyi; Claudivan Feitosa de Lacerda. (Org.).  
INOVAGRI Book - Irrigation and Salinity: Researches and Technological Innovations.  
1ed.Fortaleza: INOVAGRI, 2014, v. , p. 149-160. 2014.
- VELLAME, L.M; COELHO FILHO, M.A.; PAZ, V. P. S; COELHO, E.F. Gradientes  
térmicos naturais na estimativa do fluxo de seiva pelo método Granier. Revista  
Caatinga, Mossoró, v. 24, n. 1, p. 116-122, 2011.
- VELLAME, L. M.; COELHO FILHO, M. A.; PAZ, V. P. S. Transpiração em mangueira  
pelo método Granier. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.  
Campina Grande, v. 13, n. 5, p. 516-523, 2009.
- VELLAME, L. M.; COELHO, R.D.; TOLENTINO, J. B.; Transpiração de plantas  
jovens de laranjeira 'valência' sob porta-enxerto limão'cravo' e citrumelo 'swingle' em  
dois tipos de solo. Rev. Bras. Fruticultura, Jaboticabal - SP, v. 34, n. 1, p. 024-032.  
2012.

## **CAPÍTULO 1**

### **CALIBRAÇÃO DA SONDA DE DISSIPAÇÃO TÉRMICA PARA ATEMOEIRA** *(Annona squamosa L. x A. cherimolla Mill.)*

**CRUZ DAS ALMAS**  
**2019**

## CALIBRAÇÃO DA SONDA DE DISSIPACÃO TÉRMICA PARA ATEMOEIRA

(*Annona squamosa* L. x *A. cherimola* Mill.)

**RESUMO:** Na determinação da transpiração das plantas através do método da sonda de dissipação térmica, é necessária a calibração da equação para estimativa do fluxo para cada espécie em estudo, de modo a fornecer água na quantidade ideal para atender à necessidade da cultura. O objetivo do trabalho foi calibrar a equação de determinação do fluxo de seiva pela sonda de dissipação térmica para a cultura da atemóia. O experimento foi realizado no campo experimental da Universidade do Estado da Bahia, localizada no município de Juazeiro. O estudo foi conduzido com plantas de atemóia, em fase inicial de desenvolvimento, transplantadas para vasos de 21,5 litros. Os vasos foram dispostos em plataformas de pesagem que funcionaram como lisímetro, e tiveram sua superfície coberta para evitar a evaporação da água do solo. Determinou-se o fluxo de seiva pelo método da sonda de dissipação térmica, utilizando sondas de 1 cm de comprimento considerando a área de seção efetiva do xilema que conduz a seiva bruta. O coeficiente angular da equação de Granier foi ajustado pela minimização dos desvios absolutos entre o fluxo de seiva acumulado (FS) do dia e a transpiração diária (TR) medida pelo lisímetro. De acordo com os resultados, fez-se necessário o ajuste do coeficiente angular da equação geral de Granier. O erro médio absoluto entre FS e TR foi de 3,1%.

**Palavras-chave:** Anonáceas, fluxo de seiva, lisímetro

## CALIBRATION OF THERMAL DISSIPATION PROBE FOR ATEMOYA (*Annona squamosa* L. x *A. cherimola* Mill.)

**ABSTRACT:** In the determination of plant transpiration by the thermal dissipation probe method, the equation calibration is necessary to estimate the flow for each species under study, in order to supply water in the ideal quantity to meet the crop needs. The aim of this work was to calibrate the sap flow determination equation by the thermal dissipation probe for atemoya culture. The experiment was carried out in the experimental field of the State University of Bahia, located in Juazeiro. The study was conducted with early developmental atemoya plants transplanted into 21.5 liter pots. The pots were arranged on weighing platforms that functioned as a lysimeter, and were covered to prevent evaporation of water from the ground. The sap flow was determined by the thermal dissipation probe method using 1 cm long probes considering the effective section area of the xylem leading to raw sap. The angular coefficient of the Granier equation was adjusted by minimizing the absolute deviations between the accumulated sap flow (FS) of the day and the daily transpiration (TR) measured by the lysimeter. According to the results, it was necessary to adjust the angular coefficient of the general Granier equation. The absolute mean error between FS and TR was 3.1%.

**KEYWORDS:** Anonaceae; sap flow; lysimeter

## 1. INTRODUÇÃO

A atemóia (*Annona squamosa* L. x *A. cherimola* Mill) híbrido resultante do cruzamento da pinha com a cherimóia, esta dentre as poucas espécies comerciais da família das anonáceas que tem recebido atenção especial por parte dos produtores e consumidores (SILVA et al., 2009). Essa fruteira tropical apresenta-se como umas das alternativas de alto potencial, apreciada pelo mercado interno e externo face ao agradável sabor e pelas suas propriedades nutritivas e medicinais (MARTIN & SOUZA NETO, 2015). No entanto, estudos envolvendo aspectos relacionados tanto à produção, crescimento e desenvolvimento, quanto ao consumo hídrico dessa planta ainda necessitam ser aprofundados, de modo a fornecer informações confiáveis que possam ser utilizadas pelos produtores.

A água é o recurso que a planta necessita em maior abundância pra seu crescimento e funcionamento (TAIZ et al., 2017), de modo que, a irrigação torna-se um fator decisivo na maximização da produção e qualidade dos produtos, principalmente em regiões onde a escassez e a irregularidade pluviométrica são recorrentes, como na região semiárida brasileira. Para aplicar água às plantas na quantidade ideal ao seu bom desenvolvimento é necessário conhecer as necessidades hídricas das mesmas, evitando assim, as alterações metabólicas decorrentes do estresse hídrico, e promovendo o uso racional da água. A estimativa da evapotranspiração, a partir de parâmetros da cultura ( $K_c$ ) e de dados meteorológicos ( $E_{To}$ ), é a forma usual de quantificação desse consumo (BERGAMSCHI & BERGONCI, 2017). Entretanto, para a atemóia, que é uma cultura com cobertura descontínua do solo, e que apresenta manejo diferenciado, com a ocorrência de desfolha para produção, o uso desses métodos é dificultado. Considerando esses aspectos, a medida da transpiração pode representar melhor o uso de água pelo pomar do que a evapotranspiração.

Nos últimos anos as pesquisas agrônômicas têm avançado no sentido de quantificar o consumo de água pelas plantas, utilizando técnicas que permitam avaliações mais simples e precisas. Dentre as técnicas que tem apresentado resultados satisfatórios estão os métodos térmicos, que estimam o fluxo de seiva com base no fornecimento de calor ao caule e na detecção da transferência de calor convectivo pela seiva (FUCHS et al., 2017). Com diversas aplicações na agricultura,

horticultura, silvicultura e ecologia, esses métodos vêm sendo utilizados para quantificar o uso da água por diversas culturas, como citros (VELLAME et al., 2012), bananeira (HAI-JUN et al., 2015), macieira (BHUSAL et al., 2019), coqueiro anão verde (ARAÚJO et al., 2012), mangueira (COTRIM et al., 2019), entre outras.

O método de Granier, também conhecido como método da sonda de dissipação térmica, é um dos métodos térmicos amplamente utilizados devido a sua simplicidade e custo relativamente baixo, além da facilidade de aplicação em condições de campo, sem alterar as condições fisiológicas e micrometeorológicas da planta (HÖLTTÄ et al., 2015). A densidade de fluxo de seiva é calculada pela diferença de temperatura entre a sonda superior aquecida e a inferior mantida a temperatura ambiente do caule, utilizando uma equação originalmente calibrada para diversas espécies lenhosas proposta por Granier (1985). No entanto, embora os coeficientes de calibração sejam similares para diversas espécies lenhosas, o uso de uma equação padrão deve ser considerado com cautela, pois esta é dependente, entre outros fatores, da distribuição dos vasos, das propriedades térmicas da madeira e da distribuição radial da densidade de fluxo de seiva no caule, os quais podem causar grandes erros na avaliação do uso diário da água das plantas (PASQUALOTTO, et al., 2019; VERGEYNST et al., 2014).

Bush et al. (2010) afirmam que a calibração original de Granier não é universalmente aplicável a todos os tipos de espécies e xilemas, e que estimativas prévias de taxas absolutas de uso de água para espécies com porosidade anelar obtidas com o uso dos coeficientes de calibração originais podem ocasionar erros substanciais. Sérvulo et al. (2017) realizando a calibração em mogno africano, observou que o modelo original subestimou a transpiração em 44,4%. Considerando o resultado de diversos estudos, é necessária que seja realizada a calibração do método de dissipação térmica para cada espécie em estudo. Para a atemóia não foram encontrados estudos de determinação do fluxo de seiva utilizando o método de Granier. Dessa forma, para que esse seja aplicado na cultura servindo de base para pesquisas ecofisiológicas e para o manejo de irrigação, faz-se necessária a calibração do método.

Assim, o objetivo deste capítulo foi calibrar a equação de determinação do fluxo de seiva pelo método de Granier para a cultura da atemóia, em cultivo no semiárido baiano.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Local do Experimento**

O experimento foi conduzido no campo experimental do Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais – DTCS da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), localizada no município de Juazeiro-BA (latitude 09° 24' 50" S; longitude 40° 30' 10" W; altitude 368 m), região do Submédio São Francisco, entre os meses de março e abril de 2018. De acordo com a classificação de Koppen's o clima é do tipo semiárido quente (BSwh), com precipitação média anual de 540 mm (TEIXEIRA, 2010).

Foram utilizadas plantas de atemóia da variedade Gefner, com 18 meses de idade, cultivadas em vasos de 21,5 L, colocados sob plataformas de pesagem que funcionaram como lisímetros (Figura 2). Os vasos foram preenchidos com solo, classificado como Neossolo Flúvico, o qual foi coletado na área experimental na camada de 0-20 cm de profundidade. Para facilitar a drenagem no vaso foi adicionada uma camada de 2,5 cm de espessura de brita, tecido não tecido (TNT) e registros. As irrigações foram realizadas com o auxílio de proveta graduada, de modo a manter o solo próximo à capacidade de vaso, e permitir a transpiração potencial das plantas. A capacidade de vaso correspondeu ao volume de água contido no conjunto vaso-solo-planta após a saturação e posterior drenagem do solo por um período de 24h.



**Figura 2.** Experimento de calibração da sonda de dissipação térmica para a atemóia. Juazeiro-BA.

## 2.2 Calibração dos Lisímetros

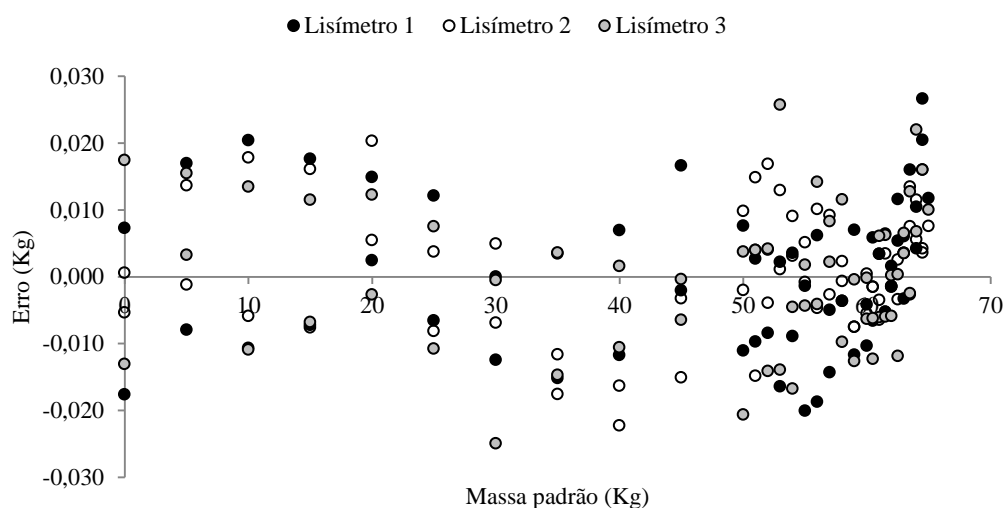
Foram utilizados três lisímetros de pesagem, os quais eram compostos por vasos contendo solo e planta sobre plataformas de pesagem com capacidade de 120 kg (Alfa Instrumentos), conectado a um 'datalogger' (CR800, Campbell SCi), associado a um multiplexador de canais (AM 16/32B Multiplexer, Campbell, SCi). Para efetuar a calibração das plataformas, foram confeccionadas massas conhecidas de 500, 1000 e 5000 g contendo brita, por meio de balança analítica. As massas foram aplicadas sob as plataformas de pesagem, em três ciclos de carga e descarga. Após cada acréscimo e decréscimo de massa, aguardou-se a estabilidade da voltagem de leitura, detectada no 'datalogger', para a anotação do sinal elétrico. As informações eram geradas a cada 30 segundos, com médias a cada hora.

De posse dos dados, as equações de calibração para as plataformas de pesagem foram ajustadas por meio de regressão linear, representadas pelos valores de saída das células de carga, em milivoltagem (mV) por volt de excitação e o equivalente em massa do conjunto (Kg), as quais evidenciaram comportamento linear entre as variáveis (Tabela 1).

**Tabela 1.** Coeficientes da regressão linear ( $\text{Massa} = \text{Sinal} \cdot a + b$ ) para a calibração dos lisímetros de pesagem

	Carregamento			Descarregamento		
	A	b	$r^2$	a	b	$r^2$
Lisímetro 1	93,274	-11,582	0,9999	93,305	-11,614	0,9999
Lisímetro 2	88,925	-13,077	0,9999	88,947	-13,100	0,9999
Lisímetro 3	91,470	-12,702	0,9999	91,494	-12,731	0,9999

A acurácia dos lisímetros foi determinada por meio do erro padrão (Figura 3). Ao longo da calibração, os erros apresentaram pequena magnitude, com dispersão em torno do zero, e variaram de -0,020 a 0,027; de -0,022 a 0,020; e de -0,025 a 0,026 Kg, para os lisímetros 1, 2 e 3, respectivamente; Com valor médio do erro absoluto de 0,0089; 0,0072; e 0,0087 Kg, para os três lisímetros, respectivamente; indicando boa acurácia do sistema.



**Figura 3.** Erro médio entre a massa padrão e a determinada na calibração dos lisímetros utilizados na calibração.

### 2.3 Determinação da transpiração e conteúdo de água no solo

Durante o estudo, a superfície do solo dos lisímetros foi coberta com plástico, para evitar as perdas por evaporação, obtendo-se assim, apenas a transpiração das plantas (Figura 4). O cálculo da transpiração consistiu na diferença de massa do conjunto, de meia-noite de um dia até a meia-noite do dia posterior, descontando o volume irrigado (Eq.1).



$$TR_L = M_{i(0:00h)} - M_{i+1(0:00h)} \quad (1)$$

TR = transpiração das plantas obtidas através dos lisímetro, L dia<sup>-1</sup>;

M<sub>i</sub> = massa registrada no lisímetro às 0:00h do dia anterior, Kg;

M<sub>i+1</sub> = massa registrada no lisímetro às 0:00h do dia atual, Kg.

Com base nos dados de massa, registrados nos lisímetros, determinou-se a umidade no solo, através da seguinte equação (Eq. 2):

$$\theta = \frac{M_L - (M_{SS} + tara)}{V} dw \quad (2)$$

Em que:

Θ = umidade volumétrica (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>)

ML = massa do conjunto lisimétrico, Kg;

V = volume de solo; m<sup>3</sup>

tara = massa do conjunto vaso-sistema de drenagem, Kg;

dw = densidade da água; 1000 Kg m<sup>-3</sup>

## 2.4 Construção e instalação das sondas de dissipação térmica

As sondas de dissipação térmica (SDT) foram construídas no Laboratório de Instrumentação Agrícola, do Núcleo de Engenharia de Água e Solo, da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas – BA. Foram construídas sondas com 1 cm de comprimento utilizando-se termopares de cobre-constantan, de 0,5 mm de diâmetro, inseridos em agulhas hipodérmicas de 1,0 mm, de diâmetro interno, preenchidas com resina para fixação. Na sonda superior foi montado um elemento aquecedor formado por um fio de constantan, enrolado em torno da agulha, permitindo o aquecimento, por efeito Joule, com dissipação contínua. Para promover esse aquecimento, a tensão foi regulada de acordo com a resistência elétrica do elemento aquecedor de cada sensor, com a potência elétrica dissipada sendo mantida próxima de 0,2 W, como recomendado pela literatura para o método, utilizando-se uma fonte de tensão ajustável desenvolvida na plataforma Arduino.

Durante a instalação das sondas foram feitos dois furos na mesma linha axial do caule das plantas, com espaçamento de 7 cm entre si (Figura 4). Em seguida, o segmento do caule foi revestido com papel alumínio, e, no local do sensor, foi feita uma proteção no formato de saia, minimizando dessa maneira o efeito dos gradientes térmicos naturais pela reflexão da energia radiante no tronco e minimização da carga térmica sobre o sensor, conforme proposto por Vellame et al. (2011).

Os sensores foram ligados a um sistema de aquisição e armazenamento de dados ('datalogger' CR800 Series, Campbell SCi.) associado a multiplexador de canais (AM 16/32B Multiplexer, Campbell Sci.). As informações foram geradas a cada 30 segundos, com médias registradas a cada hora.



**Figura 4.** Detalhe da sonda de dissipação térmica, instalada em muda de atemóia.  
Foto: Santos, I.M.

## 2.5 Determinação do fluxo de seiva xilemático

O método SDT relaciona a densidade de fluxo de seiva  $J_s$  ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{m}^2$ ) e a diferença de temperatura ( $\Delta T$ ) entre a sonda aquecida e a sonda de referência, através da seguinte relação (Eq. 3):

$$k = \frac{\Delta T_m - \Delta T}{\Delta T} = 0,0206 J_s^{0,8124} \quad (3)$$

em que:  $k$  = índice de fluxo;  $\Delta T_m$  = diferença de temperatura entre as duas sondas, na situação de fluxo nulo ( $^{\circ}\text{C}$ );  $\Delta T$  = diferença de temperatura atual

O fluxo de seiva foi calculado, com a correção das diferenças térmicas naturais, considerando a área de secção efetiva do xilema que conduz a seiva bruta, através da seguinte equação (Eq.4):

$$F_s = 118,99 \cdot 10^{-6} k^{1,231} \cdot A_s \quad (4)$$

em que,

$F_s$  – fluxo de seiva,  $m^3 s^{-1}$ ;  $A_s$  – área de secção efetiva do xilema,  $m^2$ .

## 2.6 Diferenças Térmicas Naturais

Com o intuito de corrigir os efeitos das diferenças térmicas naturais (DTN) sobre o caule, o aquecimento das sondas foi desligado por um período de 24 horas, conforme metodologia empregada por Vellame et al. (2009). Foram medidas, assim, as diferenças térmicas obtidas com o sensor não aquecido, em período distinto à medição de fluxo de seiva, e a partir daí, gerados modelos de estimativa por meio de regressão linear em função da temperatura do ar, de forma individual para cada sonda (DTNe). Posteriormente, os dados obtidos foram corrigidos com base nesses modelos, através da seguinte equação (Eq. 5):

$$\Delta T = \Delta T_m - DTNe \quad (5)$$

Em que:

$\Delta T$  = diferença térmica atual corrigida, °C;

$\Delta T_m$  = diferença térmica não corrigida, medida pela sonda, °C;

DTNe = diferença térmica natural estimada para cada sonda, °C.

## 2.7 Diâmetro do caule e área da seção condutora

A determinação do diâmetro do caule é fundamental para medidas de fluxo de seiva pelo método da sonda de dissipação térmica, devendo-se conhecer a área condutora de seiva no caule para a estimativa do fluxo de seiva, já que a sonda de dissipação térmica determina a densidade de fluxo no local de inserção da sonda.

Como reportado por Koek-Noorman & Westra (2012), a família Annonaceae é facilmente reconhecida não só pelas suas flores, frutas e hábitos vegetativos, mas também pela madeira característica. Duas características da estrutura do xilema destacam-se em particular: primeiro, os raios multiseriados largos e altos e, segundo, as numerosas faixas de parênquima estreito que são visíveis em seções transversais como linhas tangenciais mais ou menos contínuas, perpendiculares aos raios. Pimenta (2014) em estudo com estacas de araticunzeiro (*Annona crassiflora* Mart. - Annonaceae) verificaram que o caule possui crescimento secundário, apresentando periderme, córtex, cambio, xilema, floema e medula.

Na estimativa área condutora do xilema foram selecionados ramos de diversos diâmetros e realizados cortes transversais. Os cortes foram fotografados, e, delimitadas as principais estruturas anatômicas do caule (Figura 5). Por meio de regressões lineares, foi possível determinar a área da seção condutora (Tabela 2), considerando o diâmetro externo do caule das plantas, e desconsiderando a região ocupada pela área da medula.



**Figura 5.** Detalhe da seção transversal de ramo de atemóia. Juazeiro, BA.

**Tabela 2.** Valores do diâmetro externo, da área da seção condutora e da área foliar de plantas de atemóia na fase inicial de desenvolvimento.

	Diâmetro externo (cm)	AS condutora (cm <sup>2</sup> )	Área Foliar (m <sup>2</sup> )
Planta 1	1,45	1,63	0,187
Planta 2	1,46	1,65	0,231
Planta 3	1,59	1,96	0,222

## 2.8 Calibração da equação de Granier

Para ajustar o coeficiente da equação proposta por Granier (1985) para a atemoeira, os dados de fluxo de seiva e da transpiração lisimétrica, integrados no

período de 24h, foram correlacionados por meio de regressão linear, com intercepto forçado em zero. Posteriormente, o coeficiente angular da equação de Granier foi ajustado pela minimização dos desvios absolutos entre o fluxo de seiva acumulado do dia e a transpiração diária medida pelo lisímetro.

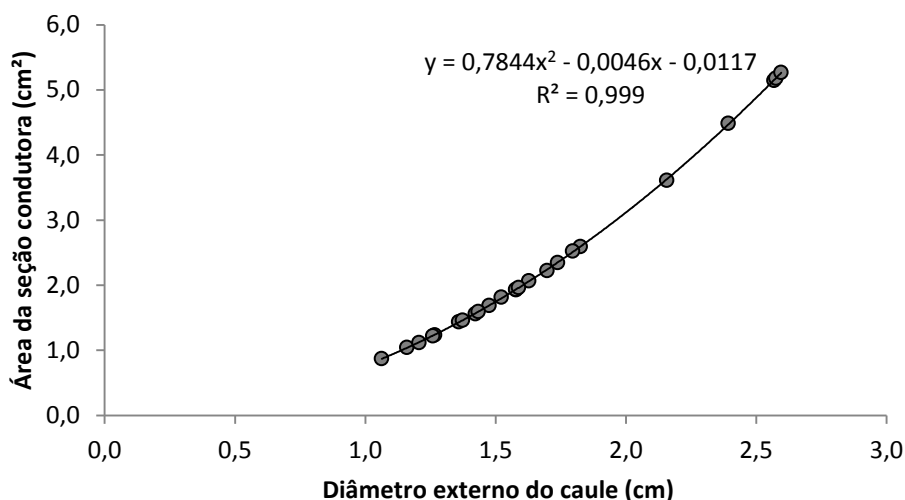
## **2.9 Monitoramento dos dados micrometeorológicos**

Os dados de micrometeorológicos foram obtidos de uma estação meteorológica automática, localizada na Universidade do Estado da Bahia, a uma distância de aproximadamente 90 m da área experimental. Foram utilizados dados de precipitação pluviométrica; temperatura do ar, na correção dos gradientes térmicos naturais; radiação solar global; e evapotranspiração de referência, pelo método de Penman-Monteith.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1 Área da seção condutora**

A estimativa da área da seção condutora da seiva bruta no caule da atemoeira, em função do diâmetro externo, é apresentada na Figura 6. Para tal relação, a área do alburno foi representada descontando-se apenas a área da medula. O modelo polinomial de 2º grau expressou bom ajuste dos dados ( $R^2 = 0,999$ ). Em média, a área do alburno com a casca representou 99,8% e a medula 0,2% da área total da seção reta do caule.

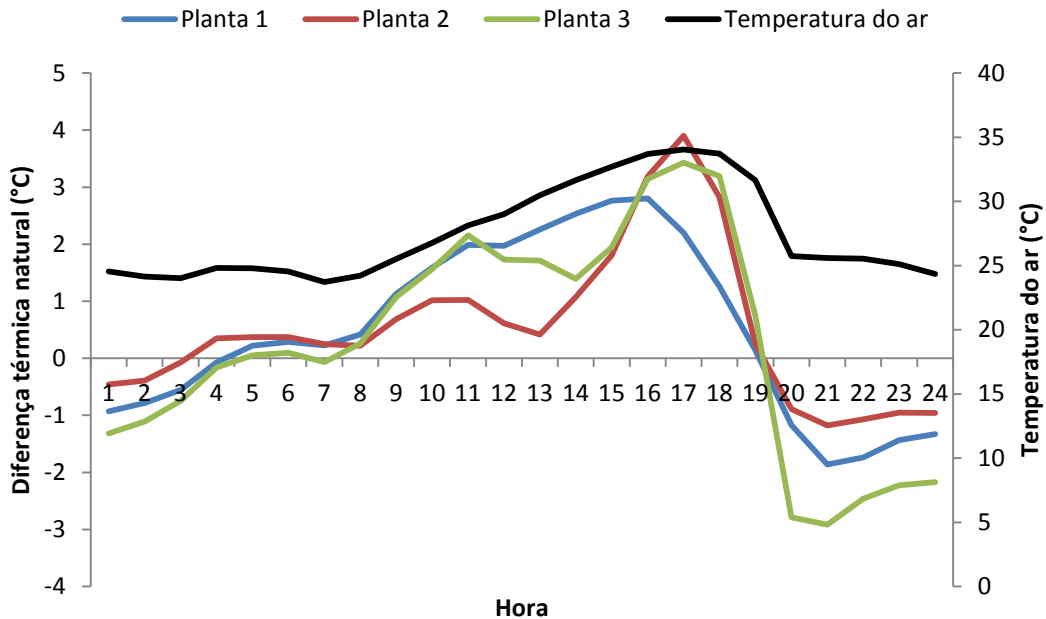


**Figura 6.** Área da seção condutora em função do diâmetro externo do caule de plantas de atemóia em fase inicial de desenvolvimento.

### 3.2 Gradientes térmicos naturais

Na Figura 7 é apresentado o curso das DTNs de cada planta de atemóia, e da temperatura do ar, observada durante 24h. Observa-se que as diferenças térmicas foram mais acentuadas no período da tarde, a partir das 15h, acompanhando a variação da temperatura do ar. Pamponet et al. (2012) em estudo com cacauero adulto, cultivado a pleno sol, também verificaram boa correlação da temperatura do ar com as DTN.

A média das DTNs entre as três plantas de atemóia foi de 0,43°C, com máxima de 3,9°C. Vellame et al. (2011) trabalhando com diferentes tipos de isolamento em ramos e troncos de cacauero, na região do Recôncavo Baiano, encontraram diferença térmica média de 0,14°C e máxima de 0,83°C, quando o isolamento foi realizado com papel laminado aberto. A amplitude das DTNs apresentou valor máximo entre as plantas, próximo a 6°C. Cotrim (2009), em estudo com pomares de manga na região semiárida baiana, encontraram valor próximo a 3°C. De acordo com o autor, regiões com elevada amplitude térmica, como o semiárido, podem contribuir para a ocorrência de elevadas diferenças térmicas naturais registradas pelos sensores não aquecidos. No município de Juazeiro, a amplitude térmica no período ficou registrada em 10,3°C.

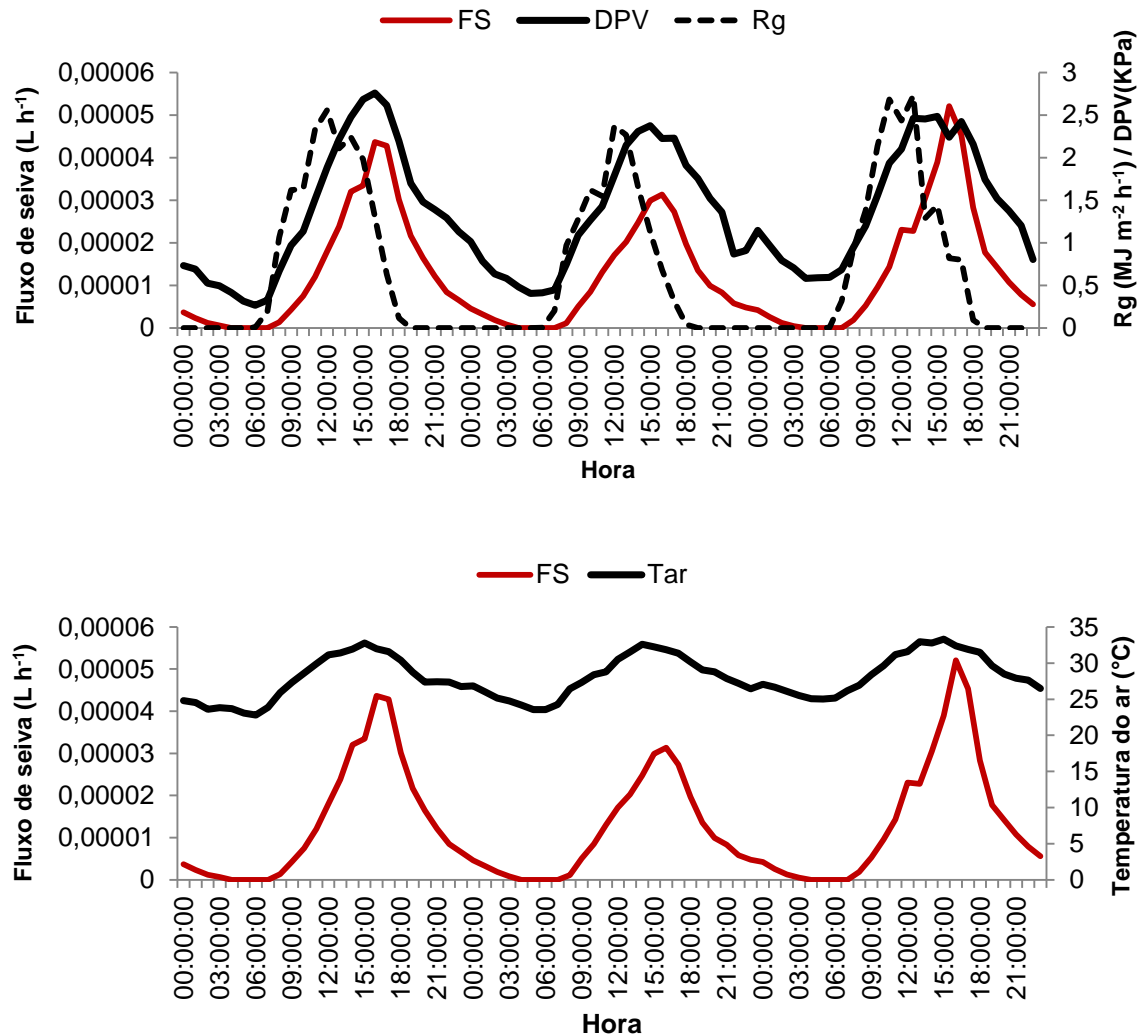


**Figura 7.** Temperatura do ar e diferenças térmicas naturais medidas ao longo de um dia, em plantas de atemóia.

### 3.3 Fluxo de seiva e variáveis meteorológicas

O curso do fluxo de seiva com radiação solar, o déficit de pressão de vapor d'água, e a temperatura média do ar, durante três dias sequenciais de avaliação estão apresentados nas Figuras 8A e 8B. Observa-se que ao longo de uma sequência de dias, os padrões do fluxo de seiva (FS) apresentaram comportamento similar, com início às 7:00 h da manhã, seguindo com valores crescentes e positivos, até atingir o máximo entre as 15:00 e 16:00h, e diminuindo posteriormente, até o fim do dia. O déficit de pressão de vapor (DPV) e a temperatura do ar (Tar), seguiram padrão semelhante, entretanto com início do processo, às 6:00h da manhã, concomitantemente com a radiação solar. Apesar do dinamismo do FS com a radiação solar (Rg), verifica-se que os processos não ocorrem simultaneamente, sendo notada, ao longo do dia, uma defasagem temporal entre eles. Os valores máximos de FS ocorreram 3 a 4h após o pico máximo da Rg, e coincidentes com o DPV e a Tar. Verifica-se ainda ao final do dia, mesmo não havendo mais suprimento energético, o fluxo de seiva continua a ocorrer, de modo a repor a água presente nos tecidos, e perdida ao longo do dia (COELHO FILHO et al., 2011). Dawson et al. (2007) afirmam que o fluxo de água durante a noite ocorre devido à permanência de

um gradiente de potencial hídrico entre a folha e o solo, que conduz o movimento de água, e que pode ser detectado pelos sensores de fluxo de seiva.

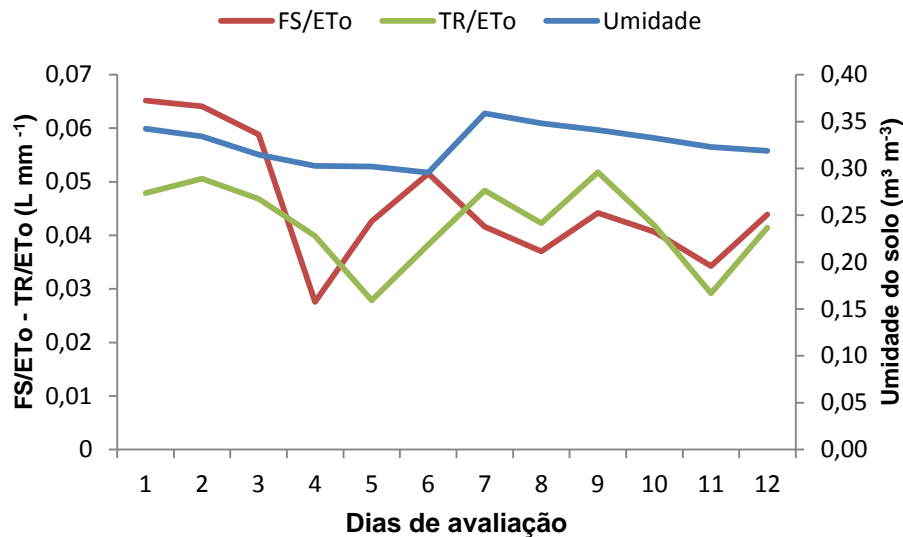


**Figura 8.** Curso do fluxo de seiva, radiação solar, déficit de pressão de vapor d'água e temperatura média do ar, durante três dias sequenciais de avaliação.

Embora haja forte interação entre as variáveis ambientais que afetam o fluxo de seiva, muitas vezes, estes podem revelar efeitos opostos sobre a fisiologia vegetal; isso dificulta a compreensão das respostas dessas variáveis sobre o fluxo de seiva, de modo que, a relação simultânea entre elas é quem conduzirá as respostas (Liu et al., 2011; O'Brien et al., 2004). Em estudos com a atemóia African Pride, George & Nissen (2002) verificaram que a maior variação da transpiração foi atribuída às mudanças na umidade relativa do ar, enquanto que, a temperatura do ar está apresentou maior influência na variação do potencial de água das folhas.



A umidade do solo é uma variável que influencia de forma diferenciada os processos de FS e TR (Figura 9). Rodrigues et al. (2011), em estudo sobre a variabilidade da condutância estomática em um ecossistema de manguezal amazônico, verificaram que a condutância estomática varia proporcionalmente ao déficit de pressão de vapor, na ausência de restrição de água no solo. Liu et al., (2011) em estudo com arbustos do deserto, observaram que a limitação de água no solo diminuiu a transpiração, durante períodos de alta demanda evaporativa. Em situações de estresse hídrico, a diminuição na velocidade do fluxo de seiva ocorre devido ao fechamento estomático, para regular a perda de água pelas plantas. Assim, a velocidade do fluxo de seiva é impulsionada, não apenas por fatores como a energia disponível e demanda evaporativa, mas também pela disponibilidade de água no solo.



**Figura 9.** Curso da umidade do solo, da relação fluxo de seiva/evapotranspiração de referência (FS/ETo) e da relação transpiração/evapotranspiração de referência (TR/ETo) durante o período de avaliação.

Os coeficientes de regressão múltipla para estimativa da transpiração média das plantas de atemóia em função da ETo e da umidade do solo ( $\Theta$ ) estão apresentados na Tabela 3. Os coeficientes que relacionam a ETo ao fluxo de seiva e à transpiração foram significativos ( $p < 0,01$ ). No entanto, para o fator umidade do solo, apenas a transpiração apresentou coeficiente significativo ( $p < 0,01$ ). O que reforça a hipótese de que o FS e a TR nem sempre são fenômenos iguais.

Considerando os coeficientes apresentados, a transpiração média, e o fluxo de seiva médio, observados e estimados, foram relacionados por meio de regressão,

revelando melhor ajuste dos dados para a estimativa da transpiração, com coeficiente de determinação de 0,8425.

**Tabela 3.** Parâmetros de regressão múltipla com evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) e umidade do solo (Θ), para estimativa do fluxo de seiva e da transpiração de plantas de atemóia em fase inicial de desenvolvimento.

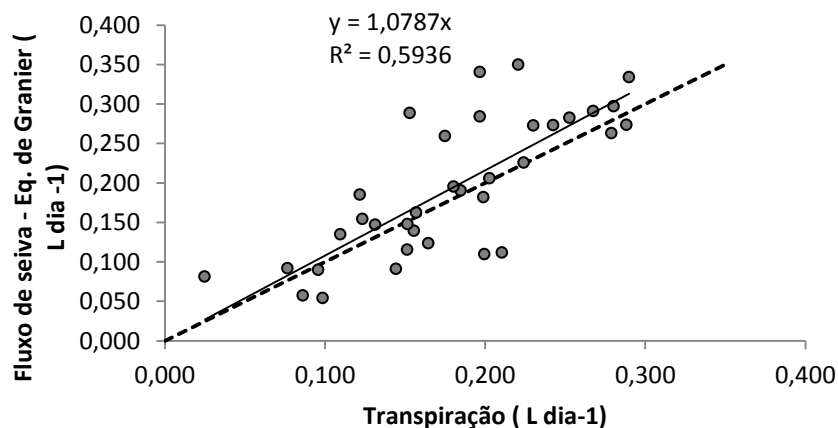
<b>Fluxo de Seiva</b>		
Regressão		<b>PR&gt;Fc</b>
$Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot ET_o + \beta_2 \cdot \Theta$		0,0480
	<b>Coefficientes</b>	<b>Valor p</b>
<b>β0 ( Intercepto)</b>	-0,2547	0,3850
<b>β1 (ET<sub>o</sub>)</b>	0,0834	0,0164
<b>β2 (Θ)</b>	0,3023	0,6897
<b>R<sup>2</sup></b>	0,4908	
<b>Transpiração</b>		
Regressão		<b>PR&gt;Fc</b>
$Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot ET_o + \beta_2 \cdot \Theta$		0,0002
	<b>Coefficientes</b>	<b>Valor p</b>
<b>β0 ( Intercepto)</b>	-0,4626	0,0027
<b>β1 ( ET<sub>o</sub>)</b>	0,0730	0,0001
<b>β2 (Θ)</b>	1,0245	0,0073
<b>R<sup>2</sup></b>	0,8425	

### 3.4 Calibração da Equação de Granier para a atemóia

Observando-se as flutuações entre as medidas de fluxo de seiva e da transpiração da atemóia, no período de doze dias de avaliação, verificou-se que a transpiração máxima de 0,290 L dia<sup>-1</sup>, mínima de 0,025 L dia<sup>-1</sup> e média de 0,179 L dia<sup>-1</sup>. Já o fluxo de seiva atingiu máxima de 0,350 L dia<sup>-1</sup> e mínimo de 0,054 L dia<sup>-1</sup>, com média de 0,194 L dia<sup>-1</sup>.

A relação entre a transpiração medida pelo lisímetro e o fluxo de seiva estimado pela equação geral de Granier, a partir dos dados da sonda de dissipação térmica, é apresentada na Figura 10. Observa-se que os valores de fluxo de seiva foram ligeiramente superiores aos valores de transpiração obtidos diretamente do lisímetro, apresentando uma superestimativa de aproximadamente 7,9%. As relações entre FS e TR, encontradas na literatura, variam consideravelmente entre as espécies. Cotrim (2009) ao avaliar o método da dissipação térmica em pomares de manga no semiárido baiano, verificou uma superestimativa do fluxo de seiva pelo método de Granier de aproximadamente 6,44%; Niu et al (2015), trabalhando com

palma de óleo na Indonésia, verificaram superestimativa de 17,3%; Vellame et al. (2009), observaram para a cultura da mangueira no Recôncavo Baiano, subestimativa do fluxo de seiva em aproximadamente 31% em relação à transpiração medida diretamente no lisímetro; Marinho et al. (2013) trabalhando com pimenta tabasco em ambiente protegido, em Piracicaba – SP, verificaram subestimativa dos valores de fluxo de seiva em relação à transpiração do lisímetro, com desvio médio de 6,1%; Cabral (2013) identificou subestimativa dos valores de fluxo de seiva estimado pela equação universal de Granier sem alteração dos parâmetros empíricos, com os valores de transpiração obtida com lisímetro para a cultura do cacauero, com desvio de aproximadamente de 13,1%.



**Figura 10.** Relação entre o fluxo de seiva médio estimado pela sonda de dissipação térmica e a transpiração medida através do lisímetro em mudas de atemóia.

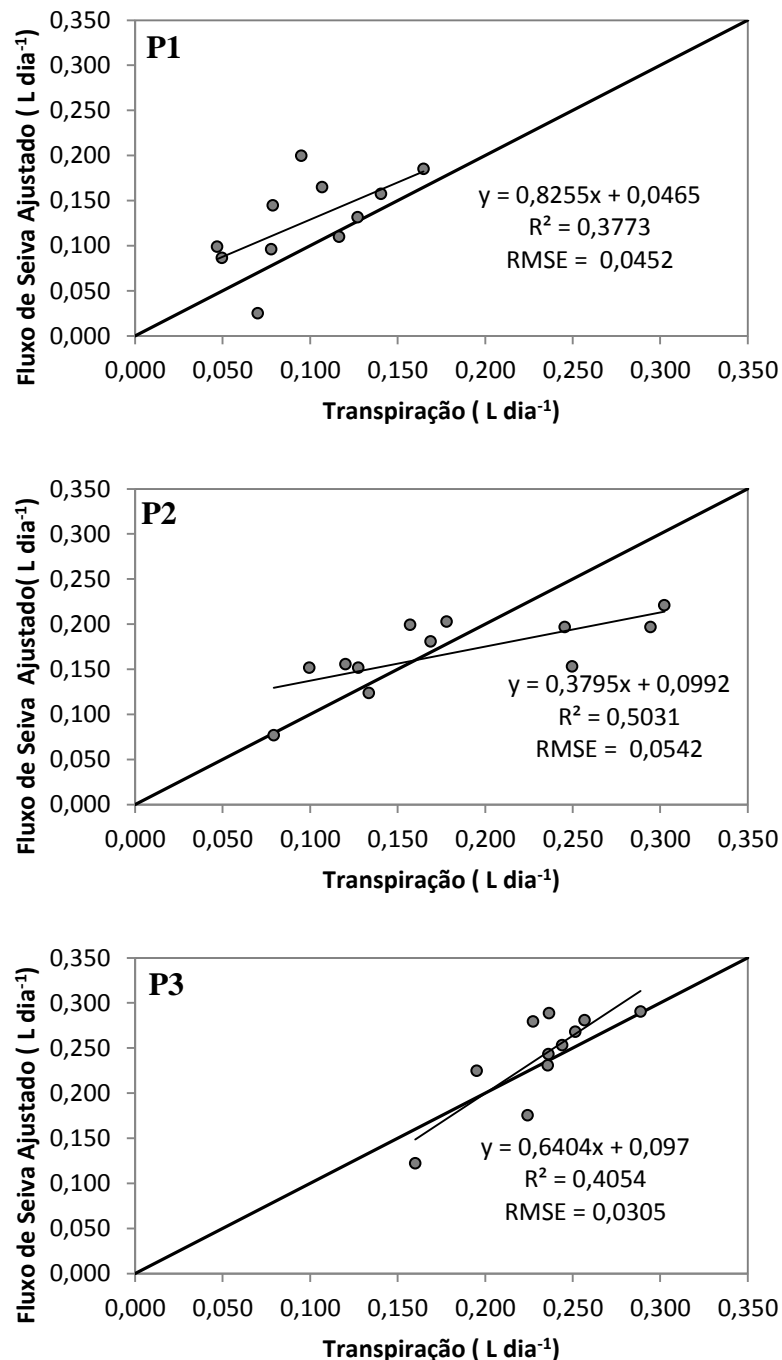
Verificada a superestimativa entre o fluxo de seiva e a transpiração, realizou-se uma modificação no coeficiente linear da equação geral de Granier aproximando os valores em escala diária como ilustra a Eq. (6). O coeficiente  $\beta$  (1,231) foi mantido, devido a pouca variação entre as espécies (Coelho et al., 2010; Fernandez et al, 2006).

(6)

$$FS=0,000103 K^{1,231} AS$$

O desvio absoluto médio entre o fluxo de seiva e a transpiração do lisímetro no período estudado foi de aproximadamente 7,9 %, indicando uma superestimativa dos valores de fluxo de seiva determinado pelo método de Granier em relação às medidas lisimétricas. Utilizando a equação modificada (eq.6), o erro absoluto médio

foi de 3,3%, representando 0,061 Kg de água. Levando em conta os erros inerentes ao sistema de medição (0,027 Kg no sistema de pesagem dos lisímetros), esse valor é considerado aceitável. Além disso, como citado por Maltese et al. (2018), as diferenças entre os processos de transpiração e fluxo de seiva também alteram a dinâmica e armazenamento de água na planta. Essas diferenças entre os processos não ocorrem de forma uniforme em todas as plantas (Figura 11), aumenta a dispersão.



**Figura 11.** Relação entre o fluxo de seiva ajustado e a transpiração medida através do lisímetro para as três plantas de atemóia (P1, P2 e P3).

#### **4. CONCLUSÕES**

A aplicação do método de Granier, com a correção das diferenças térmicas naturais e a modificação do coeficiente angular da equação, foi satisfatória para a estimativa da transpiração da azeitona, com erro médio absoluto de 3,1%.

As diferenças temporais entre o fluxo de seiva e a transpiração, acentuada pela variação de umidade do solo, e pelos erros do sistema de medição, explicam a dispersão dos dados de calibração.

#### **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ARAÚJO, M. C.; ESTEVES, B. D. S.; SOUSA, E. F. de. Método de dissipação térmica para determinação do fluxo de seiva em coqueiro anão-verde. *Bragantia*, Campinas, v.71, n.4, p.558-562, nov., 2012.

BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J.I. *As plantas e o clima: Princípios e aplicações*. Guaíba: Agrolivros, 2017, 352p.

BUSH, S. E.; HULTINE, K. R.; SPERRY, J. S.; EHLERINGER, J. R. Calibration of thermal dissipation sap flow probes for ring- and diffuse-porous trees. *Tree Physiology*, v. 30, n. 12, p. 1545-1554, 2010.

BHUSAL, N.; HAN, S.G.; YOON, T. M. Impact of drought stress on photosynthetic response, leaf water potential, and stem sap flow in two cultivars of bi-leader apple trees (*Malus × domestica* Borkh.) *Scientia Horticulturae*, Volume 246, Pages 535-543. 2019.

CABRAL, G. A. *Calibração de sonda de dissipação térmica e estimativa da transpiração do cacaueiro cultivado a pleno sol*. 82p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz Das Almas. 2013.

COELHO, R. D; VELLAME, L. M.; FRAGA JUNIOR, E. F. Estimation of transpiration of the 'Valência' orange young plant using thermal dissipation probe method. *Engenharia Agrícola*, v.32, p.573-581, 2012.

COELHO FILHO, M. A. C.; BASSOI, L.H.; ANGELOCCI, L. R.; COELHO, E. F.; PEREIRA, F. A. C. Relação solo-planta- atmosfera. In: SOUSA, V. F. de; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011.

COTRIM, C. E. Otimização da irrigação localizada em pomares de manga no semiárido baiano. 2009. 164 f. Tese (Doutorado em Irrigação) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

COTRIM, C. E.; SANTOS, M.R.; COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; SILVA, J. A. Sap flow in 'Tommy Atkins' mango trees under regulated deficit irrigation. *Rev. Ambient. Água*, Taubaté, v. 14, n. 3, e2316, 2019.

DAWSON T.E; BURGESS, S. S. O.; TU, K. P.; OLIVEIRA, R.S.; SANTIAGO, L. S.; FISHER, J. B.; SIMONIN, K. A.; AMBROSE, A. R. Nighttime transpiration in woody plants from contrasting ecosystems. *Tree Physiol* 27:561–575. 2007.

FERNÁNDEZ, J.E.; DURÁN, P.J.; PALOMO, M.J.; DIAZ-ESPEJO, A.; CHAMORRO, V.; GIRÓN, I. F. Calibration of sap flow estimated by the compensation heat pulse method in olive, plum and orange trees: relationships with xylem anatomy. *Tree Physiology*, Victoria, v. 26, p.719–728, 2006.

FUCHS, S.; LEUSCHNER, C.; LINK, R.; CONERS, H.; SCHULDT, B. Calibration and comparison of thermal dissipation, heat ratio and heat field deformation sap flow probes for diffuse-porous trees. *Agric. For. Meteorol.* 244–245, 151–161. 2017.

GEORGE, A. P.; NISSEN, R. J. Effects of environment, season and crop load on gas exchange and plant water status of *Annona* ssp. hybrid cultivar African Pride. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, v.77, n.2, p.131-136. 2002.

GRANIER, A. Une nouvelle methode pour la mesure du flux de seve brute dans le tronc des arbres. *Annales Sciences Forestieres*, v.42, p.193-200, 1985.

HAI-JUN, L.; SHABTAI, C.; LEMCOFF, J. H.; YAIR, I.; JOSEF, T. Sap flow, canopy conductance and microclimate in a banana screenhouse. *Agricultural and Forest Meteorology*. p.201. 2015.

HÖLTTÄ, T.; LINKOSALO, T.; RIIKONEN, A.; SEVANTO, S.; NIKINMAA, E. An analysis of Granier sap flow method, its sensitivity to heat storage and a new approach to improve its time dynamics. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2015.

KOEK-NOORMAN, J. & WESTRA, L.Y.T. Macrophotographic wood atlas of Annonaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 169: 135-189. 2012.

LIU, B.; ZHAO, W.; JIN, B. The response of sap flow in desert shrubs to environmental variables in an arid region of China, *Ecohydrology*, 4, 448–457, 2011.

MALTESE, A.; AWADA, H.; CAPODICI, F.; CIRAIOLO, G.; LA LOGGIA, G.; RALLO, G.. "On the Use of the Eddy Covariance Latent Heat Flux and Sap Flow Transpiration for the Validation of a Surface Energy Balance Model", *Remote Sens.*, vol. 10, pp. 195, 2018.

MARINHO, L. B.; VELLAME, L. M.; FRIZZONE, J. A; JÚNIOR, J. B. T.; FRAGA JUNIOR, E. F.. Tabasco pepper transpiration by the heat dissipation probe method. *Water Resources and Irrigation Management, Campina Grande*, v.2, n.1, p.11-18. 2013.

MARTIN, R. M. L.; SOUSA NETO, Roseli de. Ateemoia: Caracterização, cultivo e propriedades nutricionais. *Contextos da Alimentação* , v. 4, p. 4-19. 2015.

NIU, F.; RÖLL, A.; HARDANTO, A.; MEIJIDE, A.; KÖHLER, M. HENDRAYANTO; HÖLSCHER, D. Oil palm water use: calibration of a sap flux method and a field measurement scheme, *Tree Physiology*, p.563–573. 2015.

O'BRIEN, J. J.; OBERBAUER, S. F.; CLARK, D. B. Whole tree xylem sap flow responses to multiple environmental variables in a wet tropical forest, *Plant Cell Environ.*, 27, 551–567, 2004.

PAMPONET, B. M.; OLIVEIRA, A. DA S.; MARINHO, L. B.; VELLAME, L. M.; PAZ, V. P. DA S. Efeitos das diferenças térmicas naturais na estimativa do fluxo de seiva pelo método de Granier em cacaueteiro a pleno sol. *Irriga, Edição Especial*, p.120 - 132, 2012.

PASQUALOTTO, G.; CARRARO, V.; MENARDI, R.; ANFODILLO, T. Calibration of Granier-Type (TDP) Sap Flow Probes by a High Precision Electronic Potometer. Sensors. 2019.

PIMENTA, A. C. Caracterização morfológica de frutos, sementes e plântulas, estaquia e germinação de sementes de araticunzeiro (*Annona crassiflora* mart. Annonaceae). 123p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2014.

RODRIGUES, B. M.; ARCOVERDE, G. B.; ANTONINO, A. C. D.; SANTOS, M. G. Water relations in physic nut according to climatic seasonality, in semiarid conditions. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.46, n.9, p.1112-1115, 2011.

SÉRVULO, A. C. O.; VELLAME, L. M.; CASAROLI, D.; ALVES JÚNIOR, J.; SOUZA, P. H. de. African Mahogany transpiration with Granier method and water table lysimeter. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, p.322-326. 2017.

SILVA T. G. F.; ZOLNIER, S.; MOURA M. S. B.; SEDIYAMA G. C. Potencial pedoclimático do Estado da Bahia para o cultivo da atemóia. Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental, v.13, n.5, p.566 – 574, 2009.

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

TEIXEIRA, A. H. de C. Informações agrometeorológicas do Polo Petrolina, PE/Juazeiro, BA - 1963 a 2009. Petrolina: Embrapa Semiárido. 21 p.(Embrapa Semiárido. Documentos, 233). 2010.

VELLAME, L. M.; COELHO FILHO, M. A.; PAZ, V. P. S. Transpiração em mangueira pelo método Granier. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, v. 13, n. 5, p. 516-523, 2009.

VELLAME, L.M; COELHO FILHO, M.A.; PAZ, V. P. da SILVA; COELHO, E.F. Gradientes térmicos naturais na estimativa do fluxo de seiva pelo método Granier. Revista Caatinga, Mossoró, v. 24, n. 1, p. 116-122, 2011.



VELLAME, L.M.; COELHO, R. D.; TOLENTINO, J. B.. Transpiração de plantas jovens de laranjeira 'valência' sob porta-enxerto limão'cravo' e citrumelo 'swingle' em dois tipos de solo. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal , v. 34, n. 1, p. 24-32, Mar. 2012.

VERGEYNST, L.L., VANDEGEHUCHTE, M.W., MCGUIRE, M.A.; TESKEY, R. O.; STEPPE, K. Changes in stem water content influence sap flux density measurements with thermal dissipation probes. Trees 28: 949. 2014.

## **CAPÍTULO 2**

### **FLUXO DE SEIVA DE CULTIVARES DE ATEMÓIA COM DIFERENTES IDADES**

**CRUZ DAS ALMAS - BA  
2019**

## FLUXO DE SEIVA DE CULTIVARES DE ATEMÓIA COM DIFERENTES IDADES

**RESUMO:** O conhecimento do consumo de água pelas plantas é fundamental para implantação e manejo das culturas. A atemoeira necessita de um manejo da irrigação diferenciado, pois com a desfolha da planta para produção, o uso de métodos tradicionais é dificultado. O objetivo do trabalho foi estimar o fluxo de seiva de duas cultivares de atemóia, através do método da sonda de dissipação térmica, em pomares com diferentes idades; e relacionar a transpiração da cultura com a área foliar e a demanda evaporativa da atmosfera, na região do Submédio São Francisco. Os estudos foram realizados na área experimental da Universidade do Estado da Bahia, no município de Juazeiro-BA, utilizando-se as cultivares Gefner e African Pride. Foram determinados: a transpiração das plantas através de sondas de dissipação térmica; o crescimento das plantas (área foliar e diâmetro de caule); e as variáveis meteorológicas. Houve diferença significativa entre as cultivares de atemóia quanto à densidade de fluxo de seiva e a área foliar, nos dois pomares, com exceção da área foliar no pomar adulto. Para cada condição, houve correlação linear positiva entre o fluxo de seiva, a área foliar e a evapotranspiração de referência. A estimativa do fluxo de seiva a partir do produto da área foliar da planta e da evapotranspiração de referência pode ser utilizada no planejamento da irrigação de plantas de atemóia desde que sejam considerados os limites de área foliar em que essa relação ocorre em cada variedade em estudo.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Annona squamosa* L. x *Annona cherimola* Mill; métodos térmicos; transpiração

## SAP FLOW OF ATEMOYA CULTIVARS WITH DIFFERENT AGES

**ABSTRACT:** Knowledge of water consumption by plants is fundamental for crop implementation and management. The atemeira needs a differentiated irrigation management, because with the defoliation of the plant for production, the use of traditional methods is difficult. The objective of this work was to estimate the sap flow of two atemoya cultivars, through the thermal dissipation probe method, in orchards with different ages; and to relate the transpiration of the crop with the leaf area and the evaporative demand of the atmosphere, in the Submdio São Francisco. The studies were carried out in the experimental area of the State University of Bahia, in the city of Juazeiro-BA, using the cultivars Gefner and African Pride. The following were determined: plant transpiration through thermal dissipation probes; plant growth (leaf area and stem diameter); and the weather variables. There was a significant difference between the atemoya cultivars in sap flow density and leaf area in the two orchards, except for the leaf area in the adult orchard. For each condition, there was a positive linear correlation between sap flow, leaf area and reference evapotranspiration. The estimation of sap flow from the plant leaf area product and reference evapotranspiration can be used in the planning of atemoya irrigation provided that the leaf area limits in which this relationship occurs in each variety under study are considered.

**KEYWORDS:** *Annona squamosa* x *Annona cherimola*; transpiration; thermal methods

## 1. INTRODUÇÃO

A atemóia é um híbrido da família das anonáceas que apresenta algumas das boas características da cherimóia, associadas a outras da pinha. No Nordeste do Brasil, a atemóia é explorada em algumas regiões do estado da Bahia, no entanto, a produção ainda é considerada pequena devido à escassez de informações técnico-científicas que auxiliem no sistema produtivo e que reforcem a importância econômica da atividade (SILVA et al., 2009), entre elas, as relações hídricas da cultura durante o seu ciclo de desenvolvimento e sua relação com a demanda atmosférica.

Uma das principais dificuldades para a determinação das necessidades hídricas da atemóia reside no fato de que, a cultura apresenta manejo diferenciado em função da desfolha da planta para a produção. Isso dificulta o uso de métodos tradicionais, como a lisimetria e o balanço de água no solo; ou ainda aqueles que se baseiam na estimativa da evapotranspiração da cultura através do uso dos coeficientes de cultura ( $K_c$ ), associados à evapotranspiração de referência. Por outro lado, a utilização de modelos em que a área foliar é usada como variável para padronização da transpiração, e, posteriormente, é relacionada com a demanda atmosférica ( $E_{To}$ ) (COELHO FILHO et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2009; PEREIRA et al., 2009), trazem simplicidade para o cálculo da transpiração, porém, sua aplicação é específica de cada espécie e das condições meteorológicas em estudo. Com isso, é preciso buscar técnicas mais diretas de medida do consumo de água pelas plantas.

A mensuração do fluxo de seiva xilemático está entre as técnicas utilizadas para determinação da transpiração em plantas. Tal estimativa pode ser feita por meio de métodos termométricos, que estimam o fluxo de seiva com base no fornecimento de calor ao caule e na detecção da transferência de calor convectivo pela seiva, tendo como vantagem o fácil manuseio e instalação, o baixo custo, e a grande acurácia quando utilizados para determinadas culturas (ALMEIDA et al., 2016). Nesse estudo, escolheu-se o método da sonda de dissipação térmica, desenvolvido por Granier (1985), para determinação do fluxo de seiva em

atemoieira. Em comparação aos demais métodos térmicos mais comumente utilizados, o método de Granier é o mais simples quanto à instrumentação utilizada, além de apresentar facilidade de confecção, da instalação da sonda, e da aplicação em condições de campo. (HÖLTTÄ et al., 2015).

Esse trabalho teve como objetivo, estimar o fluxo de seiva de duas cultivares de atemóia, através do método da sonda de dissipação térmica, em pomares com diferentes idades; e relacionar a transpiração da cultura com a área foliar e a demanda evaporativa da atmosfera, na região do Submédio São Francisco.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Caracterização da área de estudo**

O experimento foi conduzido no campo experimental da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), localizada no município de Juazeiro-BA (latitude 09° 24' 50" S; longitude 40° 30' 10" W; altitude 368 m), região do Submédio São Francisco, no período de dezembro de 2017 a maio de 2019.

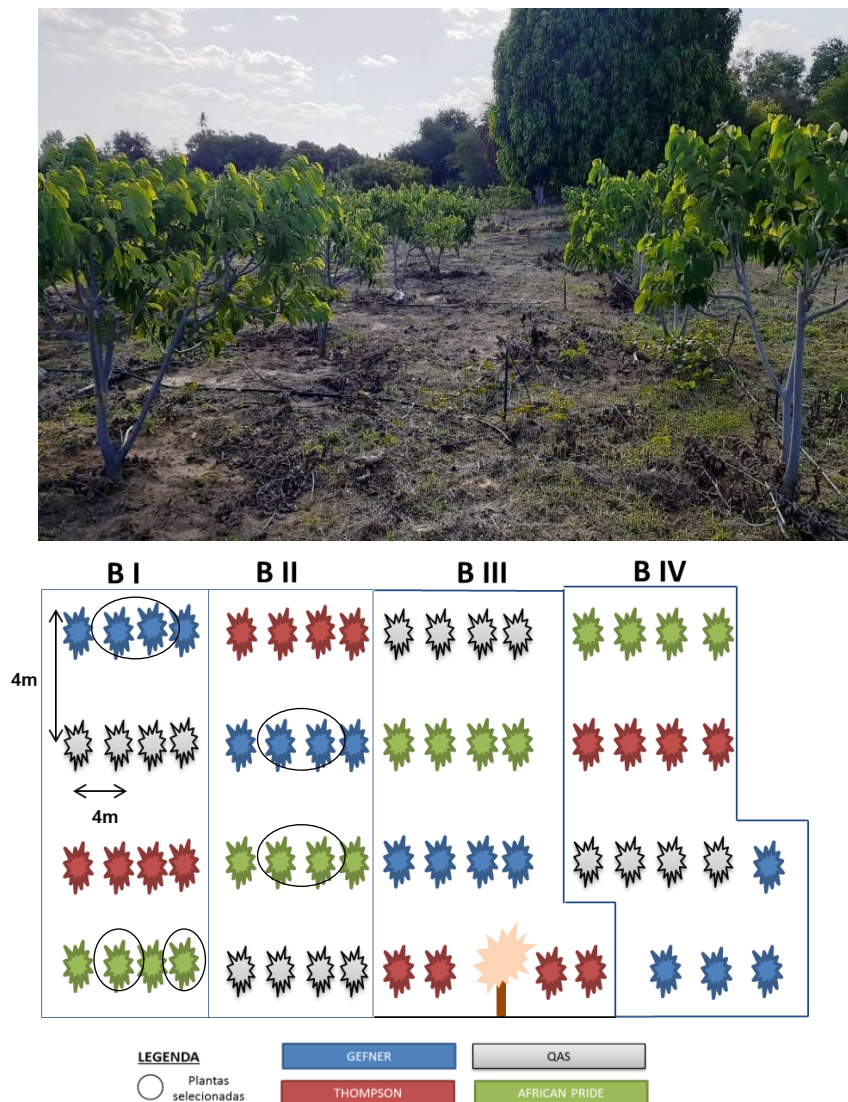
Para a realização desse estudo foram instalados, concomitantemente, experimentos em dois pomares de atemóia, com diferentes idades. A cultura foi implantada em campo aberto, em solo classificado como Neossolo Flúvico, sendo selecionadas para o estudo, plantas das cultivares Gefner e African Pride.

#### **2.1.1 Fluxo de Seiva em Plantas Jovens de Atemóia**

O estudo foi conduzido na área experimental do Centro de Agroecologia, Energias Renováveis e Desenvolvimento Sustentável (CAERDES), no Campus III, da Universidade do Estado da Bahia, em Juazeiro. Nesse experimento foram utilizadas oito plantas (quatro de cada cultivar) com três anos de idade, e que estavam dispostas delineamento em blocos casualizados, com espaçamento de 4m x 4m, consorciada com mamona e abacaxi, e sob sistema de cultivo orgânico (Figura 12).

O pomar consta de uma área de aproximadamente 960 m<sup>2</sup>, irrigado por sistema de irrigação por microaspersão, com microaspersores com vazão de 340 L hora<sup>-1</sup>, sob pressão de 2,5 Kgf cm<sup>-2</sup>. As adubações foram realizadas com base na análise de solo utilizando-se composto orgânico, torta de mamona, cinzas e

biofertilizante foliar. Foram coletadas amostras de solo na camada de 0-30 cm e de 30-60 cm e encaminhadas ao Laboratório de Análises de Água, Solo e Planta do CAERDES, para determinação das análises químicas, obtendo-se os seguintes valores médios: pH (H<sub>2</sub>O) = 6,60; K<sup>+</sup> = 0,18 cmolc dm<sup>-3</sup> de TFSA; P = 12,02 mg dm<sup>-3</sup>; Ca = 2,97 cmolc dm<sup>-3</sup> de TFSA; Mg = 1,34 cmolc dm<sup>-3</sup> de TFSA; Na = 0,04 cmolc dm<sup>-3</sup> de TFSA; H+Al = 0,28 cmolc dm<sup>-3</sup> de TFSA; Al = 0,008 cmolc dm<sup>-3</sup> de TFSA; % M.O. = 7,99 g/Kg; T = 4,8 cmolc dm<sup>-3</sup> de TFSA; V = 94,17%.



**Figura 12.** Vista da área experimental e distribuição das plantas jovens de atemóia, em blocos casualizados, no CAERDES, em Juazeiro, BA 2018-2019.

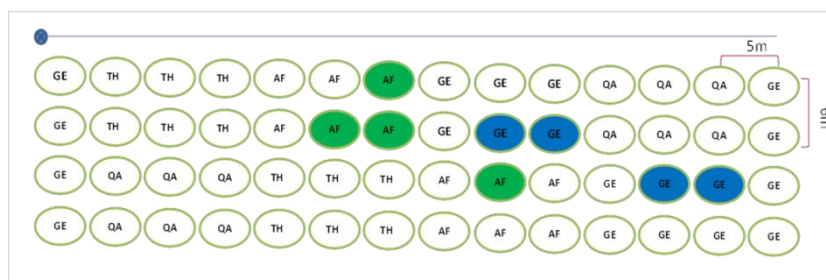
### 2.1.2 Transpiração de Plantas Adultas de Atemóia sob Cultivo Convencional

O segundo estudo foi conduzido na área experimental do próprio DTCS, com oito plantas adultas (quatro de cada cultivar), com aproximadamente quinze anos de

idade, sob delineamento inteiramente casualizado, com espaçamento de 6m x 5m (Figura 13), totalizando uma área de 1680 m<sup>2</sup>.

O sistema de irrigação adotado na área foi por microaspersão, com microaspersores com vazão de 50 L hora<sup>-1</sup>, sob pressão nominal de 2 Kgf cm<sup>-2</sup>.

As adubações foram realizadas seguindo as recomendações do Manual de Adubação para o Estado de Pernambuco (IPA, 2008) para a cultura da pinha irrigada, utilizando adubos químicos. Para realização das análises químicas do solo, coletou-se amostra composta da área na camada de 0-40 cm, a qual foi encaminhada ao Laboratório de Análises de Solo e Planta (LASP) da empresa Valexport, cujos valores médios foram: pH (H<sub>2</sub>O) = 6,9; K<sup>+</sup> = 0,27 cmolc dm<sup>-3</sup> de TFSA; P = 40 mg dm<sup>-3</sup>; Ca = 5,3 cmolc dm<sup>-3</sup> de TFSA; Mg = 3,2 cmolc dm<sup>-3</sup> de TFSA; Na = 0,11 cmolc dm<sup>-3</sup> de TFSA; H+Al = 0,48 cmolc dm<sup>-3</sup> de TFSA; Al = 0,00 cmolc dm<sup>-3</sup> de TFSA; % M.O. = 7,8 g/Kg; T = 9,36 cmolc dm<sup>-3</sup> de TFSA; V= 95,0%.



**LEGENDA**

GE – GEFNER  
 AF – AFRICAN  
 TH- THOMPSON  
 QA - QAS



Plantas selecionadas

**Figura 13.** Croqui e vista da área experimental de plantas adultas de atemóia no DTCS, em Juazeiro, BA. Foto: Santos, I.M.S.

## 2.2 Monitoramento do fluxo de seiva xilemático

O fluxo de seiva foi calculado pela equação de Granier calibrada para a atemóia, através da seguinte relação (Eq. 6):

(6)

$$FS=0,000103 \left( \frac{\Delta T_m - \Delta T}{\Delta T} \right)^{1,231} AS$$

em que: FS= fluxo de seiva ( $m^3s^{-1}$ );  $\Delta T_m$  = diferença de temperatura entre as duas sondas, na situação de fluxo nulo ( $^{\circ}C$ );  $\Delta T$  = diferença de temperatura atual; e AS = área da seção de condução de seiva do xilema ( $m^2$ ).

## 2.3 Construção e instalação das sondas de dissipação térmica

As sondas de dissipação térmica foram construídas com 2 cm de comprimento utilizando-se termopares de cobre-constantan, de 0,5 mm de diâmetro, inseridos em agulhas hipodérmicas de 1,0 mm, de diâmetro interno, preenchidas com resina para fixação. Na sonda superior foi montado um elemento aquecedor, formado por um fio de constantan, enrolado em torno da agulha, permitindo o aquecimento, por efeito Joule, com dissipação contínua.

Para promover esse aquecimento, a tensão foi regulada de acordo com a resistência elétrica do elemento aquecedor de cada sensor, com a potência elétrica dissipada sendo mantida próxima de 0,2 W como recomendado pela literatura para o método, utilizando-se uma fonte de tensão ajustável desenvolvida na plataforma Arduino. O fornecimento de energia ao sistema foi realizado utilizando-se fontes de energia específicas, em cada área experimental. No primeiro estudo foi utilizada uma fonte de corrente contínua obtida através de bateria automotiva de 12V – 45Ah, alimentada por placa solar, via controlador de carga. E no segundo, utilizou-se fonte de corrente alternada por meio de tensão da rede elétrica (220V) a qual alimentou uma fonte chaveada de 12V – 15Ah responsável pelo fornecimento de energia ao sistema.

Durante a instalação das sondas, foram realizados dois furos na mesma linha axial do caule, espaçados 7 cm entre si. Em seguida, o segmento do caule foi revestido com papel alumínio, e no local do sensor foi feita uma proteção no formato de saia com utilizando o mesmo papel (Figura 14), minimizando dessa maneira o



efeito dos gradientes térmicos naturais pela reflexão da energia radiante no tronco e minimização da carga térmica sobre o sensor, conforme Vellame et al. (2011).

Após serem instalados nas árvores, os sensores foram ligados a um sistema de aquisição de dados/datalogger (CR1000 e CR800Series associado a multiplexador de canais, AM16/32B Multiplexer, Campbell Sci. In., Logan, UT). As informações foram geradas a cada 30 segundos, com médias registradas a cada hora.



**Figura 14.** Detalhe das sondas instaladas (A); Monitoramento do fluxo de seiva da atemóia em pomar jovem (B) e adulto (C). Juazeiro,BA. Foto: Santos, I.M.

## 2.4 Diferenças Térmicas Naturais

As sondas tiveram o aquecimento desligado a cada 15 dias, por um período de 24 horas, para compensação das diferenças térmicas naturais (DTN) conforme metodologia empregada por Vellame et al. (2009). Foram medidas, assim, as diferenças térmicas com o sensor não aquecido (DTm) em períodos distintos à medição de fluxo de seiva e a partir daí, gerados modelos de estimativa por meio de regressão linear em função da temperatura do ar, de forma individual para cada sonda (DTNe). Posteriormente, os dados obtidos foram corrigidos com base nesses modelos, através da seguinte equação (Eq. 7):

$$\Delta T = \Delta T_m - DTNe \quad (7)$$

Em que:

$\Delta T$  = diferença térmica atual corrigida, °C;

$\Delta T_m$  = diferença térmica não corrigida, medida pela sonda, °C;

$DT_{Ne}$  = diferença térmica natural estimada para cada sonda, °C.

## 2.5 Análises Biométricas da Atemóia

Ao longo dos experimentos foram realizadas, periodicamente, medições do diâmetro do caule das plantas, a partir do qual foi possível realizar a estimativa da área da seção condutora do xilema; a contagem do número de folhas; e medições do comprimento e largura das folhas, estimativa da área foliar da cultura da atemóia.

O diâmetro do caule das foi determinado com o auxílio de fita métrica, na altura de instalação da sonda superior, sendo obtido, indiretamente, através da medida do perímetro (Eq.8):

$$D = \frac{P}{\pi} \quad (8)$$

Em que: P - perímetro da circunferência da planta, dado em centímetros.

Com os valores de diâmetro externo foram realizadas as estimativas das áreas das seções condutoras do xilema, descontando a região ocupada pela casca e a área da medula (Eq. 11), por meio estimativas, usando regressões lineares (Eqs. 9 e 10). Na tabela 4 são apresentados os valores de diâmetro externo do caule ao início e final do período de estudo.

$$AS_{cc} = 0,7844DE^2 - 0,0046DE - 0,0117 \quad (R^2 = 0,999) \quad (9)$$

$$AC = -9,39 \times 10^{-4} DE^2 + 0,0346DE + 0,464 \quad (10)$$

$$Aa = AS_{cc} - AC \quad (11)$$

Em que:  $AS_{cc}$  = área da seção com casca,  $cm^2$ ;  $DE$  = diâmetro externo, cm;  $AC$  = área da casca,  $cm^2$ ;  $Aa$  = área do alburno,  $cm^2$ .

**Tabela 4.** Diâmetro externo e área da seção condutora de pomares de atemóia de plantas jovens e adultas das cultivares Gefner e African Pride. Juazeiro, BA

POMAR JOVEM				
Planta	jan/18		abr/19	
	Diâmetro externo (cm)	AS condutora (m <sup>2</sup> )	Diâmetro externo (cm)	AS condutora (m <sup>2</sup> )
GEF 1	7,00	0,0038	7,96	0,0049
GEF 2	8,24	0,0054	8,85	0,0061
GEF 3	6,88	0,0036	7,51	0,0044
GEF 4	5,89	0,0027	6,84	0,0036
AFR 1	6,68	0,0034	7,56	0,0044
AFR 2	6,37	0,0031	7,16	0,0040
AFR 3	5,41	0,0022	6,60	0,0033
AFR 4	4,49	0,0015	5,60	0,0024

POMAR ADULTO				
Planta	dez/17		abr/19	
	Diâmetro externo (cm)	AS condutora (m <sup>2</sup> )	Diâmetro externo (cm)	AS condutora (m <sup>2</sup> )
GEF 1	12,41	0,0120	12,83	0,0128
GEF 2	13,17	0,0135	13,23	0,0136
GEF 3	13,27	0,0137	13,42	0,0140
GEF 4	11,78	0,0108	12,20	0,0116
AFR 1	14,91	0,0173	15,24	0,0186
AFR 2	14,71	0,0169	15,10	0,0178
AFR 3	12,94	0,0131	14,31	0,0160
AFR 4	12,22	0,0116	13,03	0,0132

### 2.5.1 Estimativa da Área Foliar

A estimativa da área foliar foi obtida através do produto do valor da área foliar média (AFm) pelo número de folhas de cada planta de atemóia avaliada. Contou-se o número total de folhas e mediu-se o comprimento e a largura de 25% do total de folhas. Esse percentual foi estipulado com base na distribuição de frequência dos dados obtidos de uma planta considerada representativa, para um erro na estimativa menor que 5%.

Para obtenção da AFm foram realizadas medidas de comprimento (C) e maior largura (L) em folhas de diferentes tamanhos. Em seguida, a área da folha foi calculada pelas equações 12 e 13.

### Variedade Gefner

$$AF=0,7039 C*L (R^2=99,9\%) \quad (12)$$

### Variedade African Pride

$$AF=0,7305 C*L (R^2=99,5\%) \quad (13)$$

Em que AF = área foliar (cm<sup>2</sup>); C\*L = produto do comprimento e largura das folhas(cm).

As medidas de área foliar da atemóia foram realizadas em diferentes períodos durante o ciclo da cultura (Tabela 5). Para os dias em que não foi possível determinar a área foliar das plantas, correspondentes aos intervalos entre as medições, a área foliar foi obtida por meio de interpolação linear entre o valor da área foliar obtida na medida anterior e posterior à coleta de dados.

**Tabela 5.** Datas de avaliação da área foliar e realização das podas da atemóia no pomar jovem e adulto.

		POMAR JOVEM							
	Avaliações	GEF 1	GEF 2	GEF 3	GEF 4	AFR 1	AFR 2	AFR 3	AFR 4
Ciclo I	1 <sup>a</sup>	05/abr	03/abr	02/abr	01/abr	04/abr	05/abr	04/abr	01/abr
	2 <sup>a</sup> (PD)	25/jul	26/jul	26/jul	26/jul	25/jul	25/jul	25/jul	25/jul
	3 <sup>a</sup> (AF*)	14/ago	14/ago	14/ago	14/ago	14/ago	14/ago	14/ago	14/ago
	4 <sup>a</sup>	05/set	05/set	05/set	05/set	05/set	05/set	04/set	04/set
Ciclo II	5 <sup>a</sup>	24/set	24/set	24/set	24/set	24/set	24/set	24/set	24/set
	6 <sup>a</sup>	14/jan	14/jan	14/jan	14/jan	14/jan	14/jan	14/jan	14/jan
	7 <sup>a</sup>	22/nov	22/nov	22/nov	22/nov	22/nov	22/nov	22/nov	22/nov
	8 <sup>a</sup>	22/jan	22/jan	24/jan	24/jan	24/jan	24/jan	24/jan	24/jan
		POMAR ADULTO							
	Avaliações	GEF 1	GEF 2	GEF 3	GEF 4	AFR 1	AFR 2	AFR 3	AFR 4
Ciclo I	1 <sup>a</sup>	20/jan	23/jan	15/jan	18/jan	30/jan	01/fev	04/fev	07/fev
	2 <sup>a</sup>	27/mai	24/mai	16/mai	02/ago	29/mai	04/jun	31/mai	31/mai
	3 <sup>a</sup> (AF*)	09/ago	10/ago	10/ago	08/ago	15/ago	17/ago	17/ago	17/ago
	4 <sup>a</sup>	22/set	22/set	21/set	21/set	22/set	24/set	24/set	26/set
	5 <sup>a</sup> (PD)	11/out	11/out	11/out	11/out	11/out	11/out	11/out	11/out
Ciclo II	6 <sup>a</sup>	11/nov	12/nov	12/nov	12/nov	11/nov	08/nov	08/nov	08/nov
	7 <sup>a</sup>	31/jan	04/fev	05/fev	06/fev	31/jan	30/jan	29/jan	29/jan

PD = poda drástica

AF\* = medida de área foliar sem

poda

## 2.6 Podas

As podas na atemoeira foram realizadas durante grande parte do ciclo da cultura, pois está entre os tratos culturais adequados para seu bom desenvolvimento e produção, sendo realizadas podas verdes e podas de frutificação, em todas as plantas nas cultivares em estudo.

Foi considerada como poda verde aquela realizada com o objetivo de retirada de ramos voltados para centro da copa, ramos ladrões e rebrotes do porta-enxerto, buscando uma melhor ventilação e iluminação do interior da copa das plantas.

Na poda de frutificação realizou-se a supressão de todas as folhas das plantas e de ramos considerados secos. Após a poda foi aplicado fungicida em cobertura total, e pasta contendo fungicida nos cortes de ramos de maior diâmetro com a finalidade de proteger os cortes contra a possível entrada de agentes patogênicos.

Na Tabela 5 são apresentadas as datas de execução da poda para as plantas de cada variedade. No primeiro ciclo de avaliação, realizou-se uma poda verde, antes da poda drástica em julho. Ao fim de três anos a estrutura permanente da atemóia deverá ser alcançada, dando início à sua fase produtiva, assim, a execução da poda drástica foi realizada com o objetivo de estimular a primeira produção da cultura. A partir do início desse segundo ciclo, as avaliações de área foliar foram realizadas a cada 20 dias, até os 80 dias após a poda drástica (DAP), sendo posteriormente realizadas mais duas, aos 120 DAP e aos 180 DAP. Em cada avaliação foram realizadas podas leves de modo a eliminar brotos em excesso e mal posicionados.

Na área com plantas adultas, o experimento foi instalado em campo em dezembro do ano de 2017. Em janeiro de 2018 as plantas foram submetidas a uma poda de renovação da copa, promovendo uma redução de 55 a 85% de sua área foliar. Ao todo foram realizadas três podas verdes durante o primeiro ciclo. Em outubro de 2018 as plantas foram submetidas a uma poda drástica, dando início a um novo ciclo de produção. Na cultura da atemóia deve-se favorecer a formação anual de novos galhos, proporcionando, assim, uma melhor floração e frutificação. Para esse segundo ciclo, realizou-se apenas uma poda verde leve, em novembro, e uma segunda medida da área foliar em janeiro de 2019.

## 2.7 Polinização

Durante o primeiro ciclo de avaliação da cultura, a polinização foi de origem natural, em ambos os estudos. A polinização artificial foi realizada apenas no segundo ciclo de avaliação das plantas adultas (as plantas jovens não foram polinizadas devido à ausência de material suficiente para as plantas dos dois estudos).

Para isso, utilizou-se pólen de flores de pinheira, considerado como mais efetivo no pegamento e vingamento dos frutos (Melo et al., 2002). O pólen foi recolhido de flores em estágio feminino e acondicionado sob refrigeração para manter-se viável até o dia seguinte no momento da polinização. O horário de coleta das flores foi à tarde a partir das 16 horas. A aplicação do pólen nas flores foi realizada entre 7h e 9h da manhã durante 15 dias, utilizando-se bomba polinizadora adaptada.

## 2.8 Potencial de água no solo e manejo da irrigação

Durante o período experimental o conteúdo de água no solo foi medido por meio de tensiômetros de punção, instalados em duas plantas de cada variedade. O potencial da água do solo foi medido por meio de duas baterias de tensiômetros em cada parcela, instalados a uma profundidade de  $\frac{1}{4}$  e  $\frac{3}{4}$  da profundidade efetiva do sistema radicular (50 cm) e a uma distância de 60 cm do tronco das plantas de atemóia.

As irrigações, por microaspersão, foram realizadas utilizando-se a curva de retenção de água no solo, ajustada pelo modelo de van Genuchten (1980), mediante utilização do programa SWRC (Soil Water Retention Curve) (Tabela 6).

**Tabela 6.** Umidade de saturação ( $\theta_s$ ), residual ( $\theta_r$ ) e parâmetros ( $\alpha$ ,  $n$  e  $m$ ) do modelo da curva de van Genuchten para os solos das áreas dos pomares de atemóia. Juazeiro, BA.

	Camada (cm)	$\theta_r$ ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )	$\theta_s$ ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )	$\alpha$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	$m$	$n$
DTCS	(0-40)	0,051	0,542	1,9356	0,1794	3,293
Caerdes	(0-40)	0,042	0,393	1,8718	0,1385	3,2571

Os dados de potencial de água no solo, obtidos pelos tensiômetros, foram convertidos em umidade correspondente, com as lâminas de irrigação sendo

aplicadas sempre que a umidade do solo atingisse valor menor ao da capacidade de campo, com base nas seguintes equações:

$$LL = \frac{(CC - Ua) \times Da \times Z \times PAM}{10} \quad (14)$$

Em que: LL = lâmina líquida, mm; CC = teor de água no solo na capacidade de campo,  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ; Ua = teor de água atual do solo,  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ; Da = densidade aparente do solo,  $\text{g cm}^{-3}$ ; Z = profundidade efetiva do sistema radicular, cm; PAM = porcentagem de área molhada, % (Plantas jovens, PAM = 100%; Plantas adultas, PAM= 24%).

$$LB = \frac{LL}{Ei} \quad (15)$$

Em que: LB = lâmina bruta, mm; Ei = eficiência do sistema de irrigação, (90%).

## 2.9 Monitoramento dos dados micrometeorológicos

Foram obtidos dados micrometeorológicos de precipitação pluviométrica, temperatura máxima, mínima e média do ar, velocidade do vento, radiação solar global, umidade relativa e evapotranspiração de referência (calculada pelo método de Penman-Monteith, parametrizado pela FAO (Allen et al., 1998), de uma estação meteorológica automática localizada na Universidade do Estado da Bahia, a cerca de 580 m e 90 m da área experimental com plantas jovens e adultas, respectivamente.

## 2.10 Análise dos dados

Considerando a variação nas épocas de execução de poda, e nos ciclos das plantas jovens e adultas, os estudos apresentaram diferentes durações. Assim, no estudo com as plantas jovens o primeiro ciclo foi avaliado entre abril a julho de 2018, e o segundo ciclo entre julho de 2018 a abril de 2019. Nas plantas adultas o primeiro ciclo compreendeu o período de dezembro de 2017 a agosto de 2018, e o segundo de outubro de 2018 a maio de 2019.

Os dados de fluxo de seiva e área foliar foram submetidos à análise de variância, tendo como fonte de variação, as cultivares de atemóia, utilizando o software Sisvar versão 5.7. Para estabelecer as relações entre fluxo de seiva, área foliar e variáveis meteorológicas, foram realizadas análises de regressão múltipla e segmentada. O valor limite de área foliar, nas análises de regressão linear segmentada, foi escolhido em função do menor valor da raiz quadrada, da média dos quadrados dos desvios.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Caracterização Meteorológica**

A caracterização meteorológica durante todo o período experimental, considerando os dois ciclos de estudo da cultura e em cada área de estudo, são apresentados abaixo.

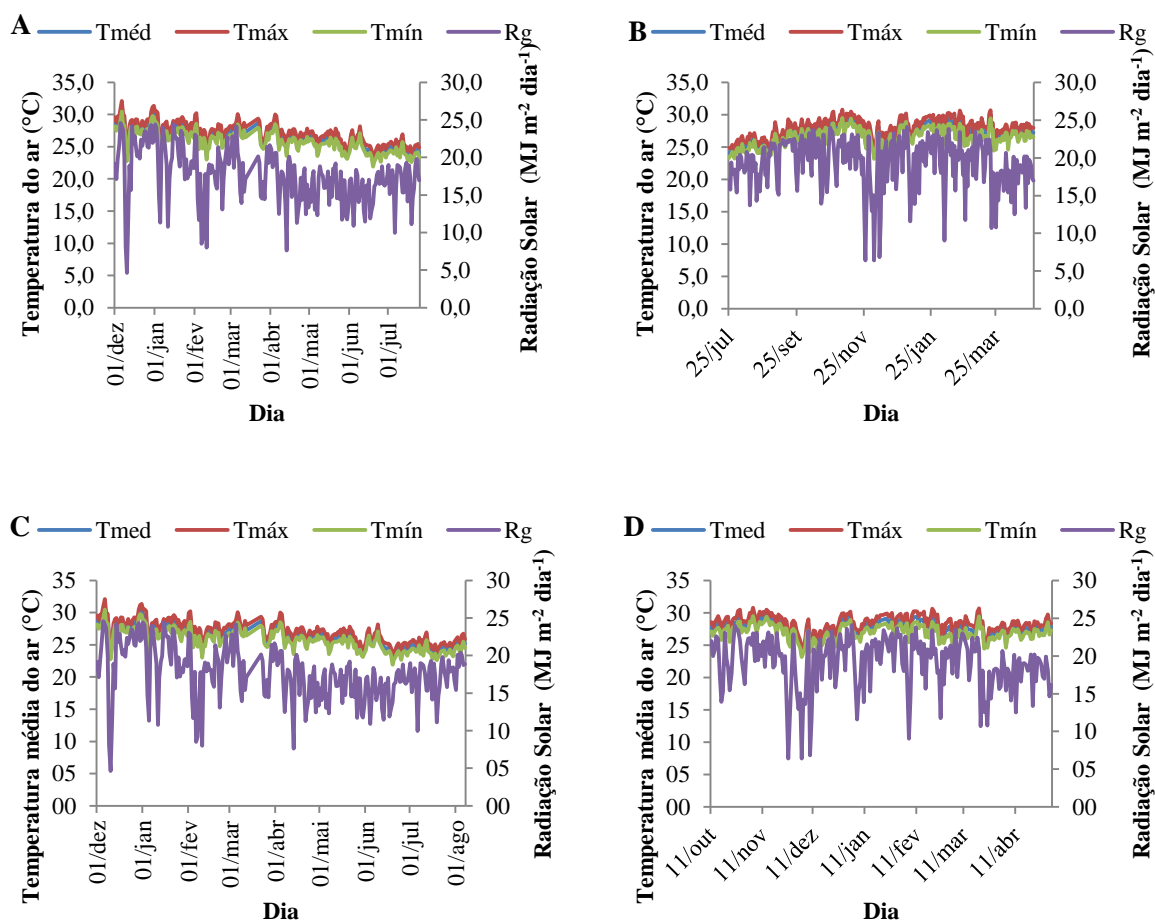
##### **3.1.1 Temperatura do ar e Radiação Solar**

Durante o primeiro ciclo de avaliação, no pomar jovem, a temperatura média do ar ficou registrada em 26,5°C, enquanto que para o pomar adulto, ficou em 26,4°C; com máxima de 32,1°C, observada no dia 06 de dezembro de 2017, e mínima de 21,9°C, verificada no dia 19 de junho de 2018 (Figura 15 A-D). No segundo ciclo, a temperatura média do ar ficou registrada em 27,2°C e 27,7°C, no pomar jovem e adulto, respectivamente. A maior temperatura foi registrada no dia 05 de novembro (30,8°C) e a mínima no dia 30 de julho de 2018 (23,2°C). Tais valores revelam que a temperatura do ar durante o período observado esteve dentro da faixa considerada ideal para o bom desenvolvimento da cultura da atemóia, a qual está situada entre 13 e 32°C, como citado por Bonaventure (1999).

Verificou-se ainda que a radiação solar global (Rg) variou de 4,6 a 29,1 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, com média de 17,9 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> para o primeiro ciclo, em ambas as áreas de estudo. Para o segundo ciclo, esta variou entre 6,4 a 24,1 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, apresentando média de 19,3 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> no pomar jovem, e de 19,1 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> no pomar adulto. Como é esperado, com o céu nublado e ocorrência de precipitação, a



radiação solar global tende a uma queda abrupta, acompanhada de queda na temperatura do ar, como pode ser observado nas Figuras 15 (A-D).



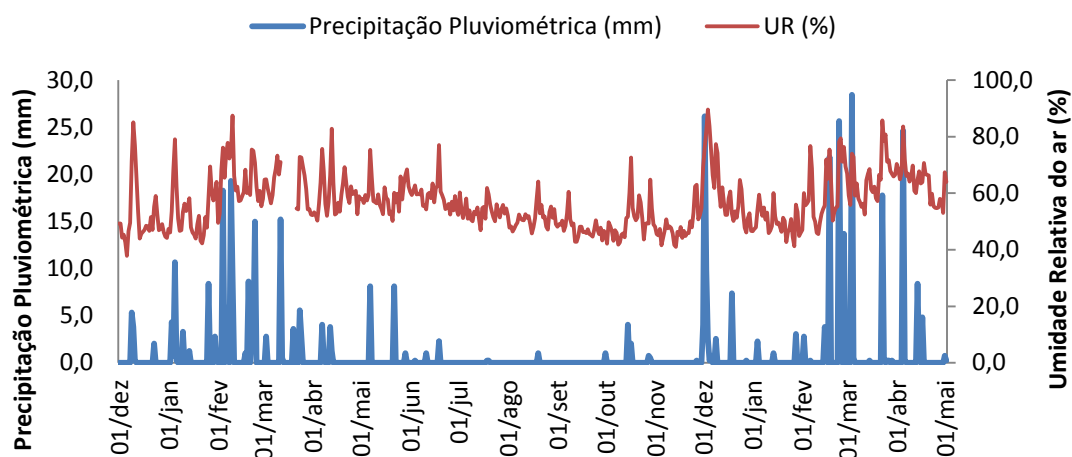
**Figura 15 (A-D).** Temperatura do ar (máxima, média e mínima) e radiação solar global durante os dois ciclos de cultivo da atemóia no pomar jovem (Figuras A e B) e no pomar adulto (Figuras C e D). Juazeiro, BA.

### 3.1.2 Precipitação pluviométrica e Umidade Relativa do Ar

A pluviosidade acumulada do início de dezembro de 2017 até o início de maio de 2019 foi de 423,2 mm (Figura 16). Considerando apenas o ano de 2018, esta atingiu 242,6 mm, valor considerado abaixo da média anual para o município. Para a região de Juazeiro, a precipitação média anual é de aproximadamente 540 mm (Teixeira, 2010), com o período chuvoso iniciando em novembro e se estendendo até abril, podendo ocorrer chuvas a partir do mês de outubro. Considerando a época de estudo em questão, foi observado, nos dois anos, que as chuvas foram

concentradas entre os meses de dezembro e abril, com maior volume precipitado em 04 de março de 2018, sendo registrados 28,4 mm. Os menores índices pluviométricos ocorreram nos meses de junho a outubro de 2018, totalizando 13,5 mm, ou seja, 5,6% do total precipitado no ano. Tal comportamento corroborou com o observado por Santiago et al. (2017), em documento sobre a ocorrência de chuva no município.

A umidade relativa do ar média, durante o estudo no pomar jovem, foi de 57,9% no primeiro ciclo de cultivo, e de 55,2% no segundo ciclo. No estudo com plantas adultas, esta apresentou média de 57,5 e 57,6%, no primeiro e segundo ciclo, respectivamente; atingindo máxima de 89,6% em dezembro de 2018. Para a cultura da atemóia, a faixa ideal de UR relatada por Bonaventure (1999) é de 70 a 80% durante o período de produção. Verificou-se que durante a maior parte do período estudado, incluindo a época de formação dos frutos, a UR foi inferior ao considerado ideal, o que afeta a taxa de produção da cultura.

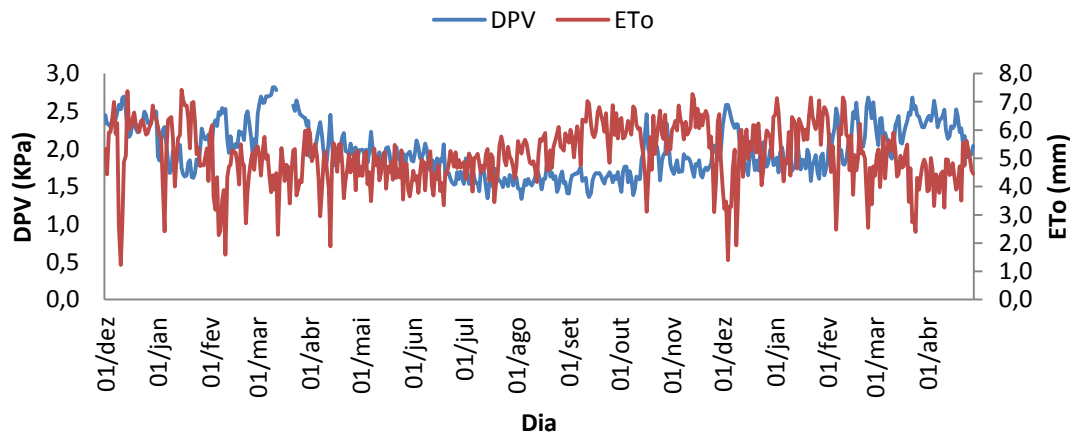


**Figura 16.** Precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar média durante o ciclo de cultivo da atemóia nos meses de dezembro de 2017 a maio de 2019. Juazeiro, BA.

### 3.1.3 Déficit de pressão de vapor e Evapotranspiração de Referência

No que se refere ao déficit de pressão de vapor, constatou-se que os seus valores variaram entre 1,3 e 2,8 KPa no primeiro ciclo dos dois experimentos, e entre 1,3 e 2,7 KPa e 1,6 e 2,7 KPa no segundo ciclo, para o experimento no pomar jovem e adulto, respectivamente. George & Nissen (1988), em estudo com a atemóia African Pride, verificaram que valores de déficit de 1,2 kPa reduziram

severamente a floração e a frutificação da cultivar de atemóia “African Pride”. A evapotranspiração de referência calculada pelo método de Penman- Monteith indicou valores entre 1,2 e 7,4 mm para todo o período experimental (Figura 17).

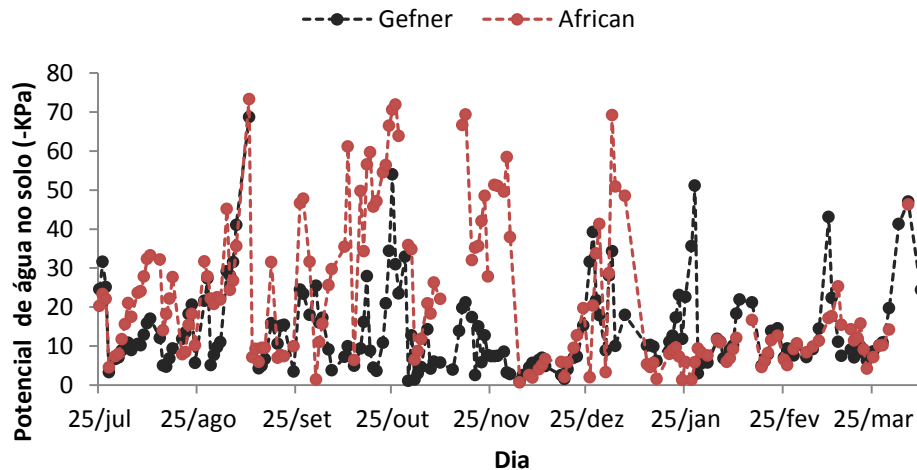


**Figura 17.** Déficit de pressão de vapor d’água e evapotranspiração de referência registrados durante o ciclo de cultivo da atemóia nos meses de dezembro de 2017 a maio de 2019. Juazeiro, BA.

### 3.2 Variação da Potencial de Água no Solo

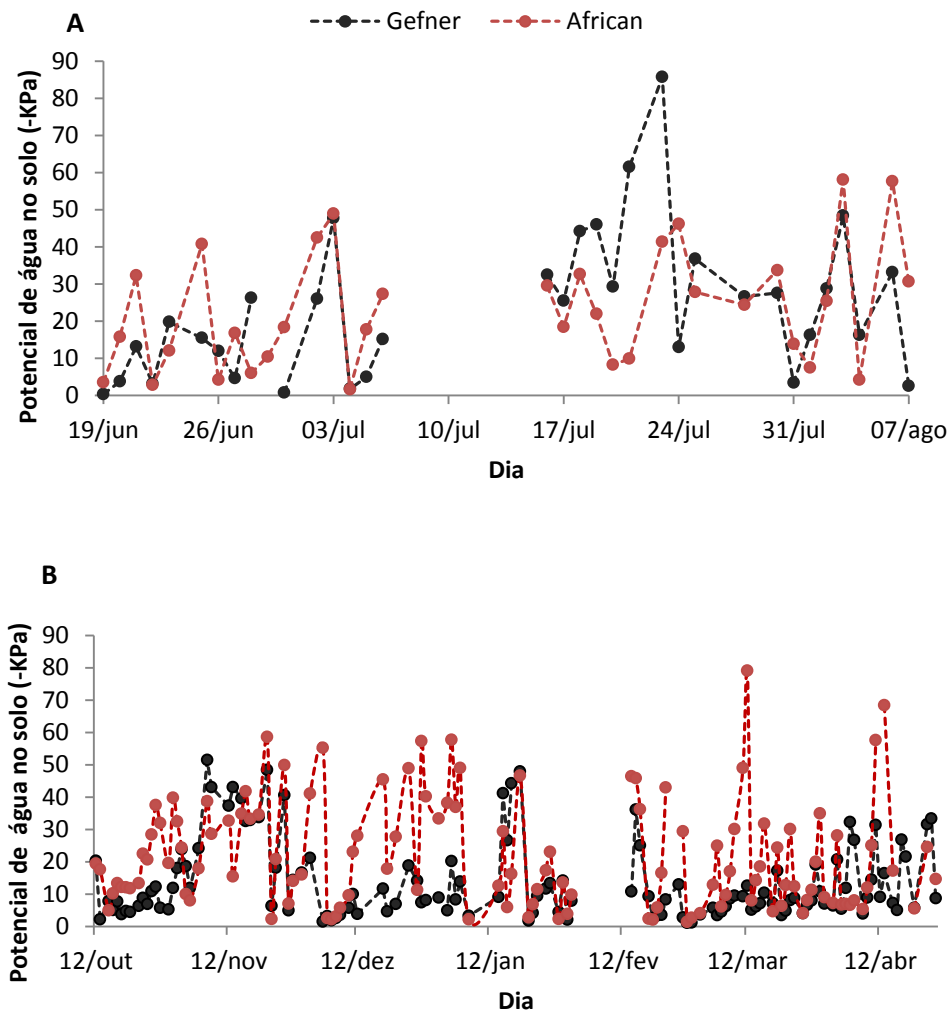
Os valores do potencial mátrico de água no solo, durante o período experimental, estão apresentados nas Figuras 18 e 19, para o pomar jovem e adulto, respectivamente.

Para o pomar jovem (Figura 18) os valores variaram de - 0,8 a - 68,6 KPa para a variedade Gefner, e de - 0,6 a - 73,28 KPa para a African Pride. Baixos valores de água no solo, em alguns momentos, estiveram ligados a problemas de ordem operacional, com a impossibilidade de fornecimento de água em alguns momentos durante o experimento. No entanto, verifica-se que na maior parte do tempo, os valores de potencial de água no solo foram superiores a - 30 KPa.



**Figura 18.** Potencial de água no solo durante o experimento no pomar jovem de atemóia.

No pomar adulto, durante o primeiro ciclo da cultura (Figura 19A), o potencial de água no solo variou de - 0,4 a - 85,4 KPa para a cultivar Gefner e de -1,7 a - 58,1KPa para a African Pride. Durante o segundo ciclo (Figura 19B) este variou de - 1,1 a -51,4 KPa, para Gefner e de -1,3 a -79,1 KPa, para African Pride. Grande parte dos potenciais altamente negativos foi decorrente de impossibilidade de irrigação em algumas quartas-feiras e aos domingos, o que reduziu rapidamente o conteúdo de água no solo, devido ao consumo hídrico da cultura e/ou à demanda atmosférica. Além disso, em alguns momentos durante o período experimental, observaram-se também problemas relacionados à infiltração de água no solo. No entanto, em média os potenciais ficaram na faixa de -13,5 e -22,2 KPa.



**Figura 19.** Potencial de água no solo durante os experimentos no pomar adulto de atemóia: A (ciclo I); B (Ciclo II).

### 3.3 Relações fluxo de seiva, área foliar e demanda atmosférica

#### 3.3.1 Pomar com plantas jovens de atemóia

O resumo da análise de variância do fluxo de seiva e área foliar, em função das cultivares de atemóia, está apresentado na Tabela 7. As variáveis foram significativas a 1% de probabilidade pelo Teste F.

A média de fluxo de seiva para todo o período experimental foi maior para as plantas da cultivar Gefner (Tabela 8). O maior valor de área foliar das plantas dessa cultivar em relação à African Pride é um dos fatores que podem ter contribuído para essa maior taxa de fluxo. De acordo com Pimentel (2008) e Coelho Filho et al,

(2011), quanto maior a área foliar fotossinteticamente efetiva, (sem limitação na interceptação da energia luminosa) maior a transpiração. Taiz et al. (2017) afirmam que a transpiração depende da diferença na concentração de vapor de água entre os espaços foliares e o ar externo, e da resistência à difusão dessa rota, cujo controle é regulado pelos estômatos, o qual é regulado tanto por fatores ambientais, como pelos próprios aspectos anatômicos e morfológicos das folhas, variando e em cada cultivar, os quais podem influenciar a espessura da camada limítrofe, alterando a dinâmica do processo.

**Tabela 7.** Resumo da análise de variância do fluxo de seiva e da área foliar média das cultivares de atemóia Gefner e African Pride em pomar jovem, para todo o período de avaliação.

POMAR JOVEM			
FV	GL	Fluxo de seiva (L dia <sup>-1</sup> )	Área Foliar (m <sup>2</sup> )
----- Quadrado médio -----			
Cultivares	1	1812,96**	2235,6**
Erro	558	2,96	25,86
CV (%)	-	42,71	55,45

Valores seguidos \*\* são significativos a 1% de probabilidade pelo teste F.

**Tabela 8.** Valores médios de fluxo de seiva e área foliar de duas cultivares de atemóia em pomar jovem, para todo o período de avaliação.

	Gefner	African P.
FS médio (L dia <sup>-1</sup> )	5,8	2,2
AF media (m <sup>2</sup> )	11,2	7,2

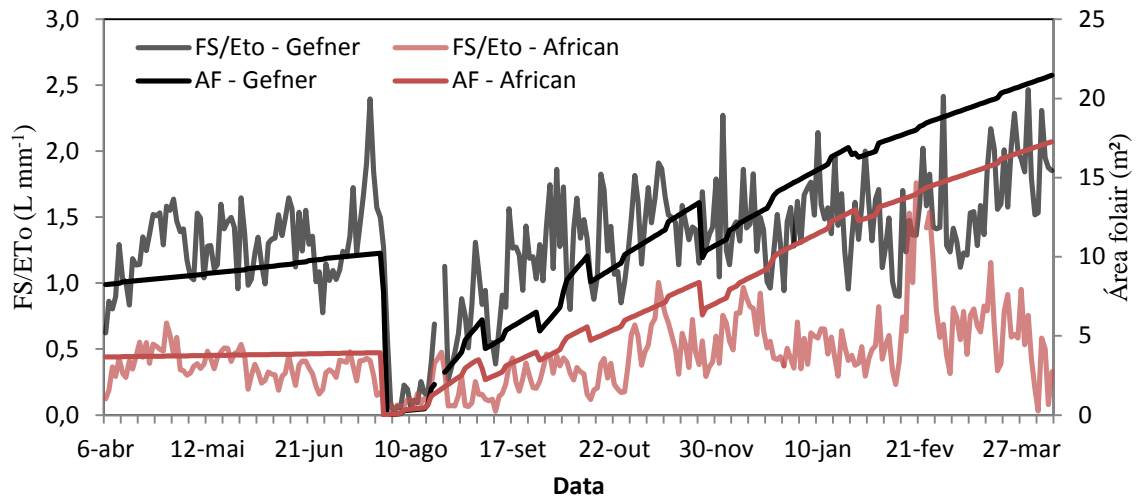
Na Tabela 9 são apresentados os coeficientes de regressão linear múltipla para estimativa do fluxo de seiva em função da área foliar e da evapotranspiração de referência. Observa-se que apesar da baixa correlação, os coeficientes que relacionam a área foliar e a evapotranspiração ao fluxo de seiva foram altamente significativos ( $p < 0,01$ ). Nota-se que as plantas da variedade Gefner apresentaram maior resposta do fluxo de seiva à demanda evaporativa da atmosfera (ET<sub>o</sub>) do que a African Pride, apresentando, um coeficiente 3,8 vezes maior. A resposta significativa do fluxo de seiva com a ET<sub>o</sub> demonstra a relação causal entre a

demanda evaporativa da atmosfera e a transpiração das plantas, a qual está diretamente relacionada à variação na condutância estomática das folhas.

**Tabela 9.** Análise de regressão múltipla para o fluxo de seiva em função da área foliar (AF) e da evapotranspiração de referência (ETo)

	African		Gefner	
	Coefficiente	valor-P	Coefficiente	valor-P
Interseção	-0,4262	0,220644	-2,3364	0,000999
ETo	0,3192	7,68E-07	1,2116	5,74E-18
AF	0,1426	4,45E-24	0,2382	3,26E-29
r <sup>2</sup> ajustado	0,3450		0,4033	

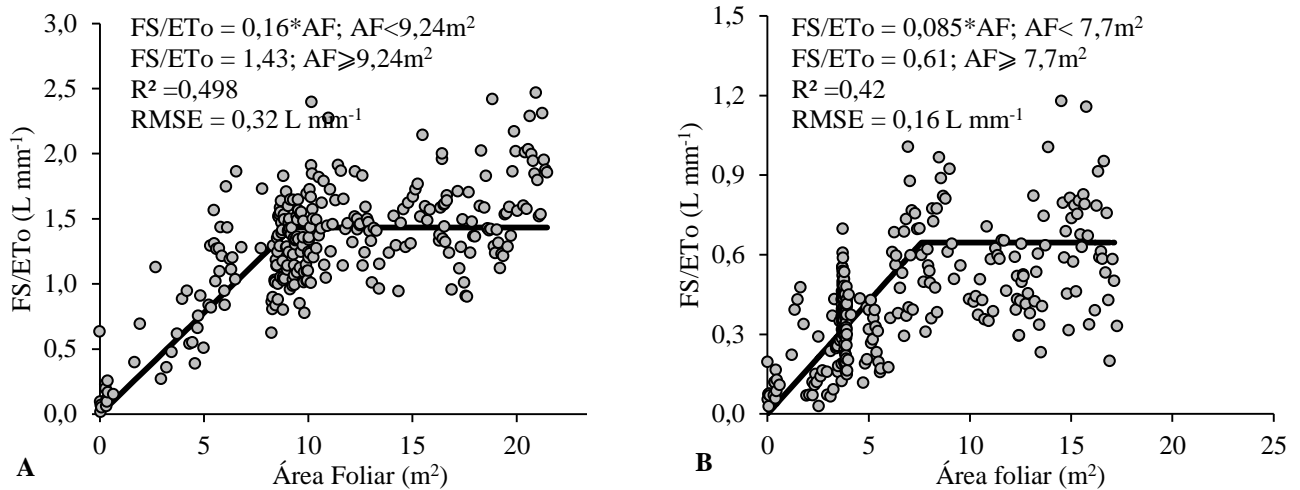
Na Figura 20, são apresentados os dados da relação fluxo de seiva/evapotranspiração de referência (FS/ETo) e a área foliar média de cada variedade, de abril de 2018 a abril de 2019. No período de abril a julho de 2018, a área foliar e a relação FS/ETo apresentaram pequena variação ao longo do tempo, com valores entre 0,86 e 2,4L mm<sup>-1</sup> nas plantas da variedade Gefner; e 0,19 e 0,70 Lmm<sup>-1</sup> na variedade African Pride. Para esse período, a média do fluxo de seiva foi de 6,33 L planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> para a variedade Gefner e de 1,81 L planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> para a variedade African Pride. A partir do segundo ciclo foi possível acompanhar bem a relação existente entre a área foliar e o FS/ETo. Nota-se que com a ocorrência da poda drástica os valores de fluxo tendem a zero. No entanto, com a emissão de novas folhas e ramos, os valores de fluxo rapidamente aumentam, acompanhando o crescimento da planta. Tal comportamento ocorre, pois a velocidade de circulação da seiva aumenta quando a planta se encontra em fase de crescimento vegetativo intenso, apresentando grande divisão e crescimento celular.



**Figura 20.** Curso da área foliar (AF) e da relação fluxo de seiva pela evapotranspiração de referência (FS/ETo) médias das cultivares em estudo, no pomar jovem de atemóia.

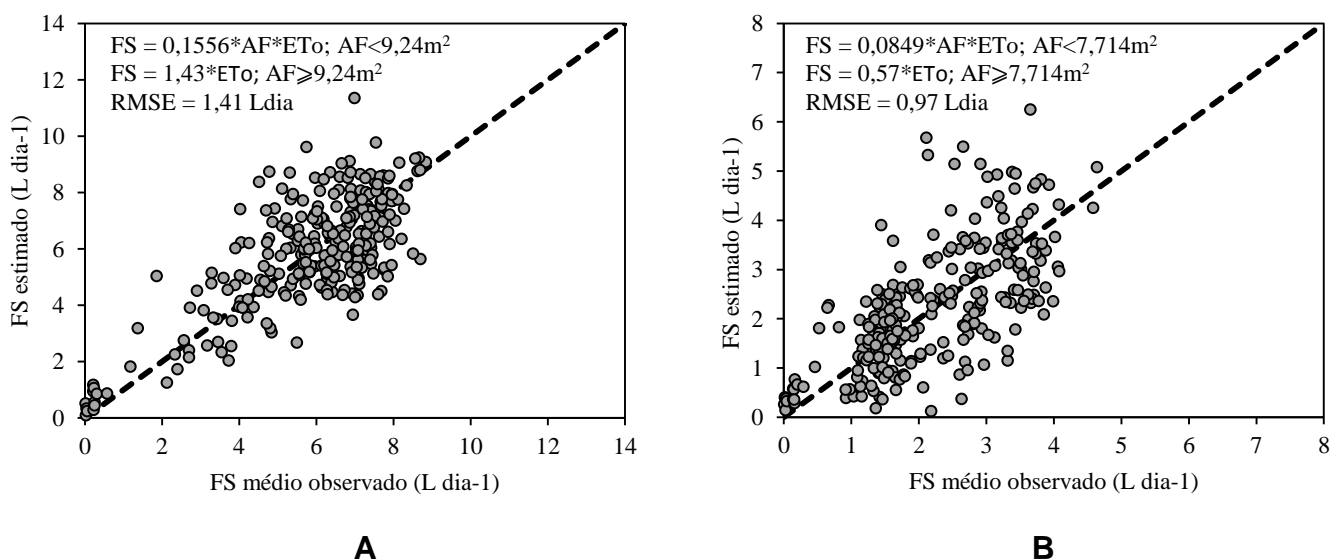
Verificou-se, no entanto, que a relação FS/ETo com a área foliar perdeu linearidade após um período, ou seja, foi crescente até um determinado limite de área foliar. Através do uso da regressão linear segmentada, dois estágios distintos foram identificados (Figura 21): um primeiro estágio em que o fluxo de seiva apresenta forte correlação com a área foliar, verificado quando esta foi menor do que 9,24 m<sup>2</sup> para a variedade Gefner, e do que 7,71 m<sup>2</sup> para a African Pride; e um segundo estágio, quando a área foliar é maior que esse limiar, em que não houve correlação com o fluxo de seiva. A ausência de correlação nesse segundo estágio pode estar relacionada ao fato de que, apesar do maior crescimento foliar da planta, o que contribuiria para maior taxa transpiratória, a arquitetura das folhas muda, com tendência de autosombreamento, o que ocasiona absorção diferenciada da energia pelas folhas, redução na condutância estomática e, conseqüentemente, diminuição da transpiração em cada folha. Nesse ciclo, o fluxo de seiva médio diário para a cultivar 'Gefner foi de 6,10 L planta<sup>-1</sup>, com máximo de 10,2 L planta<sup>-1</sup>; para a African Pride, a média do FS foi de 2,60 L planta<sup>-1</sup>, e máximo de 8,45 L planta<sup>-1</sup>. O fluxo de seiva acumulado foi de 1189,2 L para a cultivar Gefner e 506,4 L para a African Pride, sendo aplicado um volume total de irrigação de 2343 L durante o período.





**Figura 21.** Relação do fluxo de seiva pela evapotranspiração de referência em função da área foliar média de atemoia das cultivares Gefner(A) e African (B), para o pomar jovem de atemoia.

Com base nas informações obtidas sobre cada cultivar e considerando que a estimativa do fluxo de seiva pode ser obtida a partir da área foliar média do pomar e da ETo, e assim ser diretamente usada na determinação da quantidade de água a aplicar ao solo para suprimento das necessidades das plantas, a Figura 22, mostra as relações geradas por esses fatores para a cultura da atemoia, considerando os respectivos limites de área foliar.



**Figura 22.** Relação do fluxo de seiva (FS) observado e o estimado pela área foliar média e evapotranspiração de referência para as cultivares de atemoia das cultivares Gefner(A) e African Pride (B), no pomar jovem.

A relação entre o fluxo de seiva observado e estimado revelou que o modelo é capaz de explicar de 52 a 41% das variações existentes devido às variáveis utilizadas, com RMSE= 1,41 e 0,97L dia<sup>-1</sup> de água para as plantas jovens da variedade Gefner e African Pride, respectivamente.

### 3.3.2 Pomar com plantas adultas de atemóia

Na Tabela 10, é apresentado o resumo da análise de variância do fluxo de seiva e área foliar das cultivares de atemóia para o pomar adulto. Apenas o fluxo de seiva revelou diferenças significativas a 1% de probabilidade pelo Teste F.

A média de fluxo de seiva para todo o período experimental foi maior para as plantas da African Pride (Tabela 11), fator ligado à estrutura de copa da planta que alteram a dinâmica do fluxo de seiva. De acordo com Coelho Filho et al. (2011) a transpiração depende não apenas da superfície foliar total mas também da densidade de folhas, a qual pode causar autosombreamento, reduzindo a transpiração.

**Tabela 10.** Resumo da análise de variância do fluxo de seiva e da área foliar média das cultivares de atemóia Gefner e African Pride em pomar adulto, para todo o período de avaliação.

POMAR ADULTO			
FV	GL	Fluxo de seiva (L Dia <sup>-1</sup> )	Área Foliar (m <sup>2</sup> )
----- Quadrado médio -----			
Trat	1	14176.49**	50,18
Erro	680	119.79	201,21
CV (%)	-	48,79	62,47

Valores seguidos \*\* são significativos a 1% de probabilidade pelo teste F.

**Tabela 11.** Valores médios de fluxo de seiva e área foliar de duas cultivares de atemóia em pomar adulto, para todo o período de avaliação.

	Gefner	African P.
FS médio (L dia <sup>-1</sup> )	17,9	27,0
AF media (m <sup>2</sup> )	22,4	23,0

Por meio de análise de regressão múltipla, observa-se que apesar da baixa correlação, os coeficientes que relacionam a área foliar e a evapotranspiração ao fluxo de seiva foram altamente significativos ( $p < 0,01$ ) (Tabela 12). Os coeficientes angulares revelaram melhor resposta do fluxo de seiva da variedade African Pride à demanda evaporativa da atmosfera (ETo) do que a variedade Gefner. Contudo, o modelo que relaciona a ETo e a AF representou menos os valores de FS em comparação à Gefner.

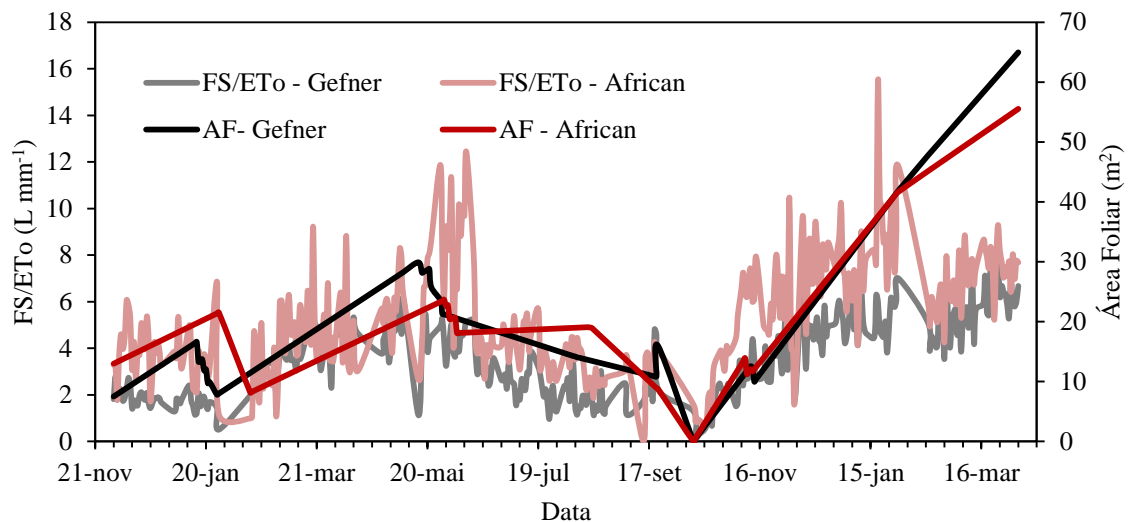
**Tabela 12.** Análise de regressão múltipla para o fluxo de seiva em função da área foliar (AF) e da evapotranspiração de referência (ETo) para o pomar adulto de atemóia.

	African		Gefner	
	Coeficiente	valor-P	Coeficiente	valor-P
Interseção	-12,319	0,00016	-5,704	0,00143
ETo	5,444	7,8E-20	2,832	4,29E-18
AF	0,513	2,32E-26	0,394	7,27E-55
r <sup>2</sup> ajustado	0,369		0,53	

Na Figura 23 é possível visualizar a evolução da área foliar com a relação FS/ETo média. Analisando o primeiro ciclo observa-se que durante os quatro primeiros meses após a poda de janeiro, houve alto vigor vegetativo da cultura, com crescimento intenso da área foliar. No entanto, de junho a agosto, observou-se uma redução nessa taxa de crescimento. De acordo com Taiz et al., (2017), as plantas podem reduzir sua área foliar por diminuição da divisão e expansão das células foliares, alteração das formas foliares e iniciação da senescência e abscisão das folhas. De fato, as plantas de atemóia, por serem semidecíduas, reduzem sua atividade celular, com perda das folhas durante o outono/inverno para entrada em um novo ciclo. Durante o primeiro ciclo da cultura, a área foliar nas plantas adultas alcançou valor máximo de 37m<sup>2</sup> para a cultivar Gefner e 36 m<sup>2</sup> para a African Pride, enquanto que, no segundo ciclo, esse valor foi de aproximadamente 71,4 e 61,2m<sup>2</sup>, respectivamente, para as duas cultivares. Os eventos simultâneos de crescimento vegetativo e época de formação e crescimento dos frutos de atemóia, de janeiro a maio de 2018, refletiram no aumento do fluxo de seiva. No entanto, a partir de junho houve redução dos valores, proporcionado pela época de amadurecimento e colheita de frutos, com posterior senescência foliar a partir de agosto, reduzindo a

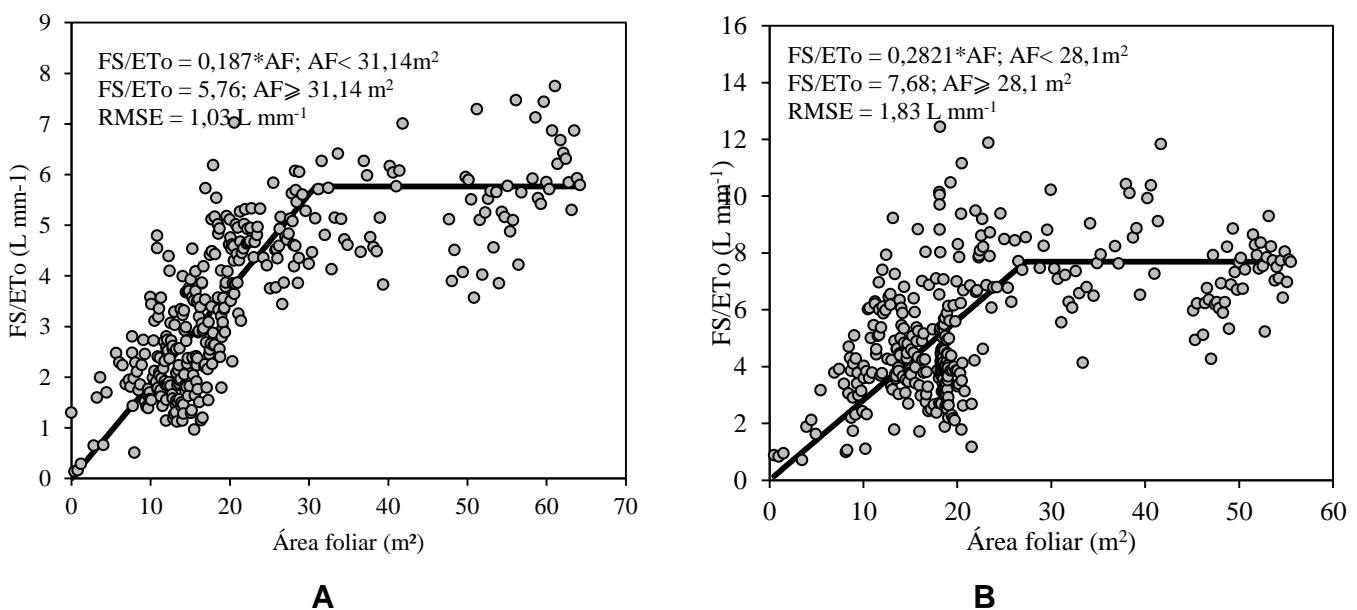
velocidade de circulação da seiva. A média do fluxo de seiva para esse período foi de 15,6 L planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> para a variedade Gefner; e de 23,8 L planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> para a variedade African Pride, atingindo valores máximos de 29,3 e 60,1 L planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, respectivamente. O fluxo de seiva acumulado durante esse período foi de 2746,4 L e 4193,7 L, sendo aplicado um volume de 6621,6 L.

Para o segundo ciclo de desenvolvimento, assim como ocorreu com as plantas do pomar jovem, o fluxo de seiva chegou a próximo de zero, na ocorrência da poda drástica, e apresentou crescimento linear até um determinado limite de área foliar, se estabilizando mesmo com a continuação do crescimento da área foliar. Os resultados encontrados revelaram comportamento diferente do encontrado por Oliveira et al. (2009), em estudos sobre a estimativa da transpiração máxima em cultivares de mangueira, os quais observaram aumento proporcional da transpiração com a área foliar da planta, independente da variedade e tamanho das plantas. Baseado nisso, a geração de modelos de estimativa da transpiração através da área foliar e da evapotranspiração de referência, deve ser realizada de maneira cuidadosa, pois é necessário levar em conta que, muitas vezes, a planta não transpira linearmente de acordo com a área foliar durante todo seu período de crescimento, o que pode levar a uma superestimativa da lâmina aplicada às culturas.



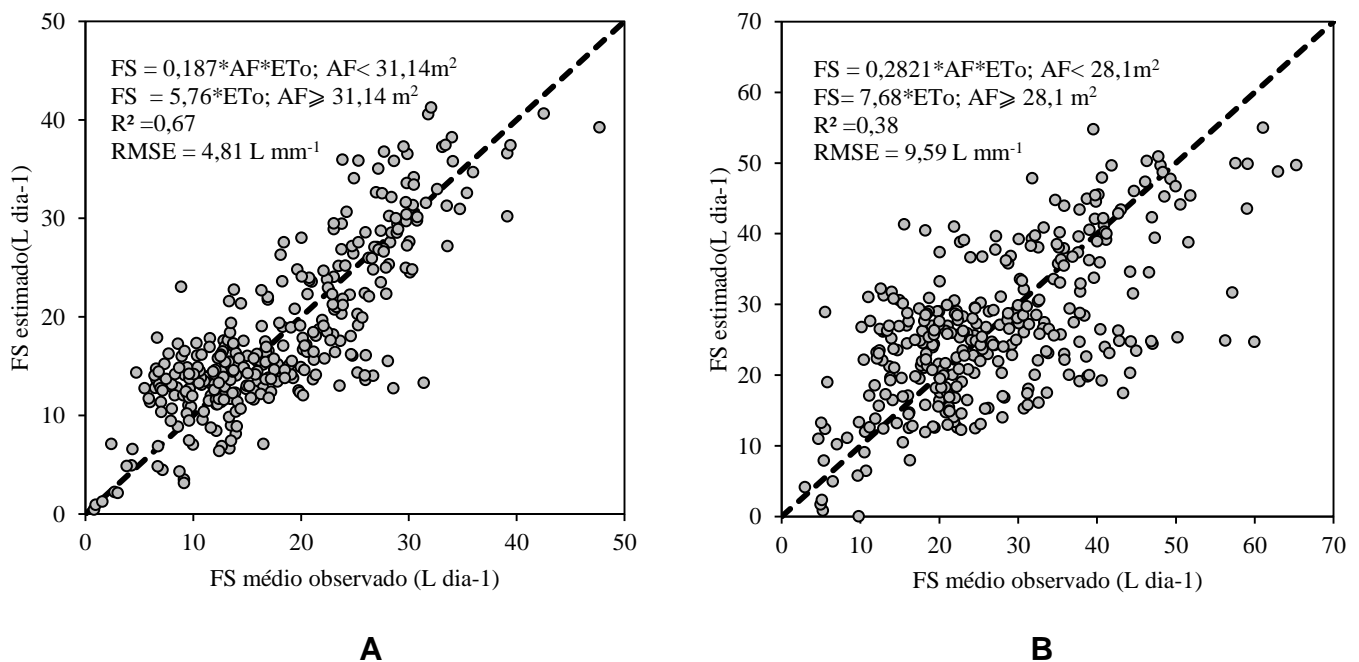
**Figura 23.** Curso da área foliar (AF) e da relação fluxo de seiva pela evapotranspiração de referência (FS/ETo) médias das cultivares em estudo, no pomar adulto de atemóia.

Para a variedade Gefner, observa-se que existiu uma tendência linear de aumento da relação fluxo de seiva/ET<sub>o</sub> para valores de área foliar menor que 31,14m<sup>2</sup> (Figura 24). Enquanto que, para valores acima desse limite a relação FS/ET<sub>o</sub> média foi de 5,76L mm<sup>-1</sup>. Na variedade African Pride o aumento linear entre a relação FS/ET<sub>o</sub> e a área foliar ocorreu até o limite de 28,1m<sup>2</sup>, com valor médio de 5,76 L mm<sup>-1</sup> para área foliar maior que esse limite. Nesse período a média do fluxo de seiva foi de 24,3 L planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> para a variedade Gefner; e de 36,6 L planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> para a variedade African Pride, com valores máximos de 50,1 e 98,2 L planta<sup>-1</sup>, respectivamente. O fluxo de seiva médio acumulado foi de 3306,7 L para a Gefner e 4972,6L para a African Pride, sendo aplicado um volume de 8328,1L durante o período. Os maiores valores de fluxo de seiva das plantas em relação ao primeiro ciclo estão associados à produção da cultura. No segundo ciclo, a realização de polinização contribuiu para maior formação de frutos, o que, conseqüentemente, elevou a necessidade hídrica da planta, aumentando a extração de água no solo (Figura 19B), principalmente de novembro a janeiro, época de formação e crescimento dos frutos. A produtividade para este período foi de 6,5tha<sup>-1</sup> para a variedade Gefner e de 6,2 t ha<sup>-1</sup> para a African Pride, valores foram próximos ao descrito por Manica et al. (2003) para a atemóia em que são obtidos de 7 a 9t ha<sup>-1</sup> por safra.



**Figura 24.** Relação do fluxo de seiva pela evapotranspiração de referência em função da área foliar média de atemóia das cultivares Gefner(A) e African (B), no pomar adulto.

Na Figura 25 estão relacionados o fluxo de seiva médio observado e o estimado por meio dos coeficientes encontrados com base na regressão segmentada. Observa-se um bom ajuste dos dados para a variedade Gefner, com coeficiente de determinação de 0,67 e RMSE = 4,81 L. Para a variedade African Pride, apenas 38% da variação do fluxo de seiva consegue ser explicada pelo modelo, apresentando um erro de 9,59L. A variação de umidade no solo ocorrida durante o experimento pode explicar parte da dispersão dos dados.



**Figura 25.** Relação do fluxo de seiva (FS) observado e o estimado pela área foliar média e evapotranspiração de referência para as cultivares de atemóia das cultivares Gefner(A) e African Pride (B), no pomar adulto.

#### 4. CONCLUSÕES

O fluxo de seiva da atemóia, no pomar jovem, atingiu valores máximos de 10,2 e 8,4 L planta<sup>-1</sup>, para as cultivares Gefner e African Pride, respectivamente. No pomar adulto, esses valores foram de 50,1 L planta<sup>-1</sup> para a Gefner e de 98,2 L planta<sup>-1</sup>, para a African Pride.

A relação entre a razão fluxo de seiva/evapotranspiração de referência e a área foliar apresentou relação linear até certos valores de AF, indicando possível auto-sombreamento.

A estimativa do fluxo de seiva a partir do produto da área foliar da planta e da evapotranspiração de referência pode ser utilizada no planejamento da irrigação de plantas de atemóia, desde que sejam considerados os limites de área foliar em que essa relação ocorre em cada variedade em estudo.

#### 5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C. A. B. de; OLIVEIRA, I. A. de; SILVA NETO, J. A. da; SILVA, C. J. da. Transpiração em coffea canephora I. via balanço de calor no caule e lisímetro de pesagem eletrônica. Holos. p. 62-74. 2016.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop Evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO. 307p. Irrigation and Drainage Paper 56. 1998.

BONAVENTURE, L. A cultura da cherimoia e de seu híbrido, a atemoia. São Paulo: Nobel, 1999. 184 p.

COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E F.; CRUZ, L. L. Uso da Transpiração Máxima de Mamoeiro para o Manejo de Irrigação por Gotejamento em Regiões Úmidas e Sub-úmidas. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2007 (Documento 162).

COELHO FILHO, M. A. C.; BASSOI, L.H.; ANGELOCCI, L. R.; COELHO, E. F.; PEREIRA, F. A. C. Relação solo-planta- atmosfera. In: SOUSA, V. F. de; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.).

Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011.

GEORGE, A. P.; NISSEN, R. J. Effects of temperature, vapor pressure deficit and moisture stress on growth, flowering and fruit set of custard apple (*A. cherimola* x *A. squamosa* L.) 'African Pride'. *Scientia Horticulturae*, v.183, p.137-147, 1988.

GRANIER, A. Une nouvelle methode pour la mesure du flux de seve brute dans le tronc des arbres. *Annales Sciences Forestieres*, v.42, p.193-200, 1985.

HÖLTTÄ, T.; LINKOSALO, T.; RIIKONEN, A.; SEVANTO, S.; NIKINMAA, E. An analysis of Granier sap flow method, its sensitivity to heat storage and a new granier approach to improve its time dynamics. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2015.

IPA - Instituto de Pesquisa Agrônômica. Recomendações de Adubação para o Estado de Pernambuco. Recife, IPA. 198p. 2008.

MANICA, I., ICUMA, I. M., JUNQUEIRA, K. P., OLIVEIRA, M. A. S., CUNHA, M. M., OLIVEIRA Jr., M. E., JUNQUEIRA, N. T. V., ALVES R. T. Frutas Anonáceas: Ata ou Pinha, Atemólia, Cherimólia e Graviola. *Tecnologia de Produção, Pós-colheita e Mercado*. Porto Alegre, RS, Cinco Continentes Editora. 596p. 2003.

MELO, M.R.; POMMER, C.V.; KAVATI, R. Polinização artificial da atemólia com diversas fontes de pólen comparada com a natural. *Bragantia*, Campinas, v. 61, n. 3, 231-236, 2002.

OLIVEIRA, G. X. S.; COELHO FILHO, M. A.; PEREIRA, F. A. DE C.; COELHO, E. F.; PAZ, V. P. DA S.; CASTRO NETO, M. T. de. Relações entre transpiração máxima, evapotranspiração de referência e área foliar em quatro cultivares de mangueira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.31, p.20-27, 2009.

PEREIRA, A. B.; VILLA NOVA, N. A.; ALFARO, A. T. Necessidades hídricas de citros e macieiras a partir da área foliar e da energia solar. *Rev. Bras. Fruticultura*. vol.31, n.3. p. 671-679. 2009.

PIMENTEL, C. *Metabolismo de carbono na agricultura tropical*. Seropédica: Edur, 1998. 150 p.



SANTIAGO, E.J.P.; OLIVEIRA, G.M.; LEITÃO, M.M.V.B.R.; MOURA, M.S.B.; GONÇALVES, I.S. Precipitação esperada, em diferentes níveis de probabilidade, na região de Juazeiro-BA. *Journal of Environmental Analysis and Progress* V. 02 N. 04. pag 457-464. 2017.

SILVA T. G. F.; ZOLNIER, S.; MOURA M. S. B.; SEDIYAMA G. C. Potencial pedoclimático do Estado da Bahia para o cultivo da atermóia. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental*, v.13, n.5, p.566 – 574, 2009.

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

TEIXEIRA, A. H.de C. Informações agrometeorológicas do Polo Petrolina, PE/Juazeiro, BA - 1963 a 2009. Petrolina: Embrapa Semiárido. 21 p.(Embrapa Semiárido. Documentos, 233). 2010.

van GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, WI, v. 44, p. 892- 898, 1980.

VELLAME, L. M.; COELHO FILHO, M. A.; PAZ, V. P. S. Transpiração em mangueira pelo método Granier. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, v. 13, n. 5, p. 516-523, 2009.

VELLAME, L.M; COELHO FILHO, M.A.; PAZ, V. P. S; COELHO, E.F. Gradientes térmicos naturais na estimativa do fluxo de seiva pelo método Granier. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 24, n. 1, p. 116-122, 2011.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O método da sonda de dissipação térmica, com ajuste da calibração original, mostrou-se eficaz na determinação do fluxo de seiva de plantas de atemóia em diferentes condições de cultivo por 16 meses, permitindo estudos da hidrodinâmica no sistema solo-planta-atmosfera.

Verificado o potencial que a cultura da atemóia tem para ser explorada comercialmente, espera-se que os resultados encontrados possam auxiliar no manejo e inspirar novas pesquisas que envolvam as relações hídricas da cultura.

As relações do fluxo de seiva com o diâmetro de copa e sua interação com o conteúdo de água no solo; ou ainda a obtenção de medidas de condutância estomática, temperatura foliar e fotossíntese sob diferentes condições hídricas da planta, poderão dar sequência aos estudos apresentados nesse trabalho.