



**NICOLLY KALLILINY CAVALCANTI SILVA**

**CONSTRUÇÃO, CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO  
DE SENSORES DE DISSIPAÇÃO TÉRMICA  
PARA O FLUXO DE SEIVA EM MELOEIRO**

LAVRAS – MG

2015

**NICOLLY KALLILINY CAVALCANTI SILVA**

**CONSTRUÇÃO, CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DE SENSORES DE  
DISSIPACÃO TÉRMICA PARA O FLUXO DE SEIVA EM MELOEIRO**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Lavras, como  
parte das exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Recursos Hídricos em  
Sistema Agrícolas, área de concentração  
em Engenharia e Manejo da Irrigação,  
para a obtenção do título de mestre.

Orientador  
Alberto Colombo

LAVRAS – MG  
2015

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pela própria autora.**

Silva, Nicolly Kalliliny Cavalcanti.

Construção, calibração e validação de sensores de dissipação  
térmica para o fluxo de seiva em meloeiro / Nicolly Kalliliny  
Cavalcanti Silva. –Lavras: UFLA, 2015.

69 p.

Dissertação (mestrado acadêmico) – Universidade Federal de  
Lavras, 2015.

Orientador: Alberto Colombo.

Bibliografia.

1. *Cucumis melo* L. 2. Transpiração. 3. Manejo da irrigação. I.  
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

**NICOLLY KALLILINY CAVALCANTI SILVA**

**CONSTRUÇÃO, CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DE SENSORES DE  
DISSIPACÃO TÉRMICA PARA O FLUXO DE SEIVA EM MELOEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos em Sistema Agrícolas, área de concentração em Engenharia e Manejo da Irrigação, para a obtenção do título de mestre.

APROVADA em 28 de novembro de 2015.

Dr. Vladimir Batista Figueirêdo      UFERSA

Dr. Fábio Ponciano de Deus      UFLA

Alberto Colombo  
Orientador

**LAVRAS - MG**

**2015**

*Dedico*  
*À minha mãe*

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pelas oportunidades diárias de transformação, pelo conhecimento de Sua palavra e pelo amor incondicional aos Seus filhos.

À minha mãe e melhor amiga Maria Natália, por estar sempre ao meu lado incansavelmente, e por não medir esforços para que eu alcance meus objetivos.

Ao meu amigo e amado Rogério, pelo amor e companheirismo nesta e em tantas outras jornadas.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Engenharia pela oportunidade de realização deste trabalho.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido pela disponibilidade de estrutura e pessoal para realização do experimento.

À CAPES, pela concessão da bolsa.

Ao professor Dr. Alberto Colombo, pela orientação e aprendizado durante o mestrado.

Ao professor Dr. Vladimir Batista Figueirêdo, pela orientação desde a graduação, pela paciência e amizade.

Ao professor Fábio, pelo enriquecimento deste trabalho.

Ao professor José Espínola Sobrinho, pelos valiosos conselhos.

Aos professores José Francismar, Neyton Miranda e Francisco de Assis (Thikão) pelo suporte ao experimento.

Aos bolsistas Igor, Jessyka, Isadora, Ana Luiza e Ana Paula e ao colaborador Sérgio pela ajuda concedida no experimento de campo.

As minhas amoras Deyse, Gabriela, Raíza e Cássia pela sólida amizade.

Aos meus tios Gilberto e Dudu pelo apoio que me deram durante a minha estadia fora de casa, sem vocês tudo teria sido mais difícil.

Aos colegas de turma Priscila, Samuel, Joyce, Fabi, Malu, Lucas, Fernando, Aline, André, Mayra, Flávio, Anita, Jodean e Vipa, por tornar meus dias longe de casa mais felizes.

À Thiago pela ajuda na estatística.

Meus sinceros agradecimentos.

*O poder é a maior tentação do ser humano, pois ele nos dá o sentimento da onipotência divina. Ele é vigor puro. E ficando só vigor, ele é destrutivo. Só a ternura limita o poder, fazendo com que ele seja benfazejo. Ternura e vigor são as duas dimensões básicas que constroem o ser humano bem realizado. O equilíbrio entre ternura e vigor fez com que os grandes fossem grandes, como Gandhi, Chico Mendes, Betinho, Francisco de Assis e, não em último lugar o homem de Nazaré.*

Leonardo Boff.



## RESUMO

A agricultura é o setor produtivo que mais consome água, além disso, esse recurso natural está cada vez mais escasso. Tendo em vista essa demanda, sensores precisos de estimativa do consumo de água pelas culturas vêm sendo desenvolvidos para tornar esse uso eficiente. No entanto, tais equipamentos carecem de calibrações, especialmente quando sofrem alguma modificação ou são utilizados em situações diferentes das propostas. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi construir, calibrar e validar um sensor de fluxo de seiva para o meloeiro, usando o método de dissipação térmica (SFDT) como descrito por Granier (1985). O trabalho foi dividido em duas etapas, sendo a primeira destinada à construção do sensor, apresentando dimensões menores que o de Granier (1985), por se tratar da estimativa do fluxo de seiva na cultura do meloeiro. Os SFDT's foram construídos com quatro resistências, constituindo-se nos tratamentos. Com a calibração do SFDT foram determinadas as equações que relacionam o fluxo de seiva da planta às diferenças de temperatura obtidas pelo sensor, ao qual foi utilizada uma bomba específica para calibração de manômetro do tipo Bourdon, em que na saída desta bomba se conectou uma mangueira flexível transparente a uma seção de caule. A água foi pressurizada a 10, 20, 30, 40 e 50 kPa na mangueira conectada ao caule e, coletada na outra extremidade por uma proveta graduada. A segunda etapa constituiu-se de um experimento em casa de vegetação para validação dos sensores, localizado no Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas – DCAT/UFERSA. O delineamento experimental utilizado foi de blocos inteiramente casualizados, constituído por quatro tratamentos e três repetições, totalizando 12 parcelas. Os tratamentos constituíram-se por quatro diferentes tamanhos de fios dissipadores (12, 15, 18 e 21 cm), que resultaram em quatro diferentes resistências (T1) 13,2; (T2) 16,5; (T3) 19,8 e (T4) 23,0 ohms, respectivamente. Os dados foram analisados por análise de variância, utilizando-se o software “R”, as médias entre os tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância. Não houve diferença entre os valores de fluxo de seiva fornecidos pelos sensores com diferentes comprimentos de fios de dissipação. As maiores diferenças de temperatura foram verificadas com o sensor de resistência mais baixa. Os fluxos de seiva estimados pelos sensores construídos apresentaram valores próximos da transpiração da cultura, indicando que os SFDT sejam adequados para a medição do fluxo de seiva no caule do meloeiro.

Palavras – chave: *Cucumis melo* L. Transpiração. Manejo da irrigação.

## ABSTRACT

Agriculture is the productive sector that consumes more water and water is becoming increasingly scarce. In view of this increased demand, in order to improve water use efficiency, accurate sensors for estimating water consumption by crops have been developed. However, such devices require calibration, especially when they are subjected to modifications or when used in field conditions different from those in which they were originally developed. Due to these facts, the objective of this study was to build, calibrate and validate a sensor for measuring sap flow on melon plants by using the thermal dissipation method (SFDT), as described by Granier (1985). The work was divided into two phases. The first phase was dedicated to the construction and calibration of a sensor, smaller than the one developed by Granier (1985), to be used to estimate sap flow in melon plants. The SFDTs were built with four different resistances, used as different treatments. Equations relating plant sap to temperature differences measured by the sensor were developed by using a pump for Bourdon type pressure gauge calibration that was connected to a transparent flexible hose in which it was inserted a melon plant stem section. Water was pressurized at 10, 20, 30, 40 and 50 kPa through the hose connected to the stem and collected at the other end by a graduated cylinder. The second stage consisted of an experiment for validation of sensors in a greenhouse, located at Department of Environmental Sciences and Technology – DCAT / UFERSA. A randomized block experimental design, with four treatments and three replications, was used, totaling twelve experimental parcels. Treatments were represented by four different sizes of sink wires (12, 15, 18 and 21 cm), that resulted in four different resistances (T1) 13.2, (T2) 16.5, (T3) 19.8 and (T4) 23.0 ohms, respectively. The "R" software analysis of variance was used for data analysis. Treatment averages were compared using a 5% significance level Tukey test. There was no difference among sap flow values provided by sensors with different lengths of dissipation wires. The greatest temperature differences were observed with the lower resistance sensor. All built sensors provided similar values of sap flow that were in the same range of calculated transpiration rate values, indicating that the SFDT are adequate for measuring sap flow through melon plant stem.

Key-words: *Cucumis melo* L. Transpiration. Irrigation management.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Junção dos dois fios constituindo os dois termopares ligados em série, mostrando a resistência formada por um fio de constantan em um dos termopares .....	31
Figura 2	Esquema do circuito eletrônico do regulador ajustável de tensão contínua (A) e foto do regulador construído em fase de teste (B)..	32
Figura 3	Bomba de calibração de manômetro para obtenção do fluxo de seiva (A), e, caule conectado a mangueira e proveta, registrando as leituras de temperatura por um datalogger (B).....	33
Figura 4	Esquema do sensor de dissipação térmica inserido perpendicularmente no caule de uma planta .....	34
Figura 5	Croqui da área experimental localizada na UFERSA .....	36
Figura 6	Isolamento térmico do caule com papel alumínio.....	39
Figura 7	Detalhe do sistema alternativo de irrigação utilizando garrafas pet .....	40
Figura 8	Sensor de fluxo de seiva por dissipação térmica (SFDT) unido ao regulador ajustável de tensão contínua em fase de testes.....	44
Figura 9	Temperaturas do ar médias (Méd.), mínimas (Min.) e máximas (Máx.) e umidade relativa do ar média (UR) encontradas durante o ciclo do melão amarelo cv. Ouro em ambiente protegido.....	49
Figura 10	Radiação global (Rg) e velocidade do vento (Vel. vento), medidas durante o ciclo do melão cv. Ouro em ambiente protegido.....	50
Figura 11	Variação dos valores diários de Evapotranspiração de referência (ETo) e Evapotranspiração da cultura (ETc) observados durante o período experimental.....	52

Figura 12	Volume diário de água aplicado durante o ciclo da cultura do meloeiro com destaque para o período que compreendeu a avaliação do fluxo de seiva (46 a 57 DAE).....	53
Figura 13	Variação dos valores diários de fluxo de seiva, evapotranspiração da cultura estimada utilizando Kc dual (ETc-Kcdual) e Kc simples (ETc-Kc) e evapotranspiração de referência (ETo) observados durante a fase fenológica III.....	55
Figura 14	Variabilidade do fluxo de seiva estimado pelos sensores de fluxo de seiva de 12 cm (A), 15 cm (B), 18 cm (C) e 21 cm (D) em suas repetições.....	57
Figura 15	Média das variações dos valores horários de fluxo de seiva ( $L h^{-1}$ ) e Radiação global ( $MJ m^{-2} dia^{-1}$ ) dos 46 aos 58 DAE.....	58

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Características químicas do solo utilizado no experimento .....	37
Tabela 2	Área foliar média do meloeiro em cada tratamento medida aos 63 DAE.....	54
Tabela 3	Resumo da análise de variância para fluxo de seiva medido com quatro SFDT com diferentes tamanhos de fios dissipadores de calor .....	54

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AD	Área dos discos
AS	Área efetiva do xilema
AWG	American Wire Gauge
BSw'	Grupo da classificação climática de Köppen
cv.	Cultivar
DAE	Dias após a emergência
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETc	Evapotranspiração da cultura
ETo	Evapotranspiração de referência
FAO	Food and Agriculture Organization
FS	Fluxo de seiva
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
Kc	Coeficiente de cultivo
Kcb	Coeficiente basal de cultivo
Ke	Coeficiente de evaporação do solo
MSD	Massa seca dos discos
MSF	Massa seca das folhas
SFDT	Sensor de fluxo de seiva por dissipação térmica
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi – Árido

## LISTA DE SIMBOLOS

$\Delta T$	Diferença de temperatura real
$\Delta T_m$	Diferença máxima de temperatura entre os dois pontos de medida
$e_a$	Pressão atual de vapor
$e_s$	Pressão de saturação de vapor
$G$	Fluxo de calor do solo
$kPa$	Quilopascal
$R_n$	Radiação líquida na superfície da grama
$T$	Temperatura média do ar
$T_{máx}$	Temperatura máxima
$u$	Densidade de fluxo de seiva
$u_2$	Média horária da velocidade do vento à 2 metros de altura
$\Omega$	ohms
$W$	watts

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	18
2.1.1	Aspectos gerais da cultura do melão .....	18
2.1.2	Morfologia .....	20
2.1.3	Exigências climáticas .....	21
<b>2.2</b>	<b>Manejo da irrigação</b> .....	22
2.2.1	Estimativa da evapotranspiração .....	23
2.2.2	Transpiração .....	26
2.2.3	Método de dissipação térmica .....	27
2.3	Calibração de sensores .....	28
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	30
3.1	Etapa I: Construção e calibração dos SFDT em laboratório .....	30
3.2	Etapa II: Experimento em casa de vegetação .....	35
3.2.1	Delineamento experimental .....	38
3.2.2	Montagem do experimento .....	38
3.2.3	Manejo das irrigações .....	39
3.2.4	Estimativa de evapotranspiração .....	40
3.2.5	Área foliar .....	42
3.3	Teste estatístico .....	43
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	44
4.1	Etapa I: Construção, calibração dos SFDT em laboratório .....	44
4.2	Etapa II: Experimento em casa de vegetação .....	49
4.2.1	Caracterização climática dentro da casa de vegetação .....	49
4.2.2	Área foliar .....	53
4.2.3	Medidas de fluxo de seiva pelo método de dissipação térmica .....	54
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	59
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	60



## 1 INTRODUÇÃO

A cultura do melão é muito apreciada pelos produtores, devido principalmente aos preços bastante compensadores e ao ciclo curto (60 a 115 dias) que permite até mais de duas colheitas por ano. No Brasil, a área colhida foi de 22.789 hectares com rendimento médio de 25,24 t ha<sup>-1</sup>, ficando acima da média mundial e ocupando a 12ª colocação na escala de produção (FAO, 2012).

Segundo o IBGE, em 2012, o Nordeste foi responsável por 93,3% da produção nacional, sendo os principais estados produtores da fruta, em ordem decrescente de área plantada: Rio Grande do Norte, Ceará, Bahia, Pernambuco, Piauí, Alagoas e Maranhão.

A área explorada com melão no semiárido nordestino é irrigada em sua totalidade. Nesse contexto, a irrigação é uma das principais atividades responsáveis pela produção de frutos de alta qualidade. Portanto, o conhecimento da demanda hídrica de uma cultura é de grande importância para o dimensionamento e o manejo de sistemas de irrigação, contribuindo para o aumento da produtividade e otimização dos recursos hídricos, da energia elétrica e dos equipamentos de irrigação.

Embora existam diversos métodos de estimativa das necessidades hídricas das culturas, a avaliação dos seus desempenhos em casa espécie ainda continua sendo objeto de estudo.

Nas últimas décadas, as pesquisas agronômicas têm dado um salto no que se refere ao desenvolvimento de métodos que permitam avaliações mais precisas e simples da quantidade de água consumida por uma planta. As técnicas conhecidas como “métodos térmicos”, vêm demonstrando bons resultados para estimativas da transpiração de culturas. Dentre esses métodos, a sonda de dissipação térmica destaca-se por apresentar princípios físicos simples e

possibilidade de ser aplicado diretamente no campo sem alterar as condições fisiológicas e micrometeorológicas da planta (PIMENTEL et al., 2010).

Entretanto, o método de dissipação térmica (SFDT) desenvolvido por Granier (1985) tem sido estudado principalmente em frutíferas lenhosas, que se baseiam em metodologias de fornecimento de calor no tronco. A estimativa da transpiração com base nesta metodologia pressupõe a equivalência entre o fluxo de seiva no tronco e o fluxo transpiratório nas superfícies foliares, pressuposto válido quando se considera o fluxo em escala diária (COELHO FILHO et al., 2005; DELGADO-ROJAS et al., 2007; LU; WOO; LIU, 2002).

A estimativa do fluxo de seiva combinado às medidas de evaporação do solo podem ser ferramentas importantes no manejo da irrigação, toda via a utilização de equipamentos novos ou com aplicabilidade em situações diferentes das recomendadas por seus desenvolvedores faz-se necessário a calibração e validação desses em campo. Dessa forma, objetivou-se por meio desse trabalho construir, calibrar e estimar o fluxo de seiva na cultura do meloeiro, com a utilização de sensores de dissipação térmica (SFDT).

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1.1 Aspectos gerais da cultura do melão

O meloeiro pertence à família Cucurbitaceae, gênero *Cucumis* e espécie *Cucumis melo* L., sendo sua origem ainda desconhecida, encontrando-se relatos das formas selvagens que apontam para o continente africano (WHITAKER; DAVIS, 1962) e para o oeste da Ásia (MALLICK; MASUI, 1986).

É uma cultura muito apreciada em todo o mundo. Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), em 2012, a área colhida de melão foi de 1.339.006 hectares, com uma produção de 31.925.787 toneladas de frutos e produtividade média de 23,84 t ha<sup>-1</sup>. Neste mesmo ano, no Brasil, a área colhida foi de 22.789 hectares, com rendimento médio de 25,24 t ha<sup>-1</sup>, superestimando a média mundial e ocupando a 12<sup>a</sup> colocação na escala de produção (FAO, 2012).

Estudos realizados por Priori et al. (2010) reuniu informações sobre a introdução de diversos gêneros de Cucurbitáceas no Brasil, entre eles o melão, e observaram relatos da ocorrência de diferentes variedades tradicionais coletadas em estados do Sul e Sudeste do Brasil. A pesquisa apontou ainda que, um mutante do melão Valenciano de casca verde, que havia sido introduzido da Espanha no Sudeste brasileiro, que apresentava casca amarela e excelentes características organolépticas, foi selecionado pela Cooperativa de Cotia-SP e disseminou-se pelo país, ganhando notada expressão econômica.

Em meados da década de 80, a produção do melão tomou grande impulso no Nordeste, por apresentar melhor adaptação ao clima desta região, sendo as microrregiões de Mossoró e Açu, no Rio Grande do Norte, Baixo Jaguaribe, no Ceará, e o sub-médio do Vale do São Francisco, os maiores polos de produção desta cultura (ARAÚJO et al., 2008).

Embora haja produção de melão em todos os estados brasileiros, a região Nordeste é a maior produtora desta fruta, destacando-se os estados do Rio Grande do Norte, Ceará, Bahia e Pernambuco que são responsáveis por 93,3% da produção nacional (IBGE, 2012).

Os estados do Rio Grande do Norte e Ceará foram responsáveis, em 2012, por 80,59% da produção nacional, com destaque para a microrregião do polo Açu-Mossoró/RN, com participação individual de 51,86%. Juntos, esses estados foram responsáveis por quase 99% das exportações brasileiras (ORTH, 2014).

O grande sucesso desta cultura no Nordeste deve-se à sua alta adaptabilidade às condições climáticas características dessa região, onde temperaturas diurnas e noturnas elevadas e a baixa umidade relativa do ar promovem a elevação do teor de açúcares nos frutos, tornando-os mais saborosos e aromáticos, e com maiores vidas úteis pós-colheita (ANGELOTTI; COSTA, 2010).

No Brasil, o cultivo de melão em ambiente protegido vem se intensificando devido à suas vantagens sobre o cultivo em campo, resultando em aumento de produtividade que varia entre 50 a 100%, quando comparado com o cultivo rasteiro (VÁSQUEZ et al., 2005). Dentre as vantagens, Barni, Barni e Silveira, (2003) e Koetz et al., (2006) destacam: a possibilidade de colocação do produto no mercado, antecedendo a safra ou após seu término; a elevação da qualidade dos frutos; a facilidade dos tratamentos culturais, do controle fitossanitário e a maior comodidade no processo de condução e colheita, além de maior proteção quanto aos fenômenos climáticos e proteção do solo contra a lixiviação.

### 2.1.2 Morfologia

A variedade mais produzida e difundida no Brasil é o melão amarelo ou valenciano, pertencente ao grupo inodorus. Possui frutos de forma arredondada com casca pouco rugosa a rugosa de coloração amarelo intenso, quando maduros, polpa branca esverdeada a creme, peso médio variando de 1,4 e 2,8 kg que são muito apreciados pelo seu elevado conteúdo de sólidos solúveis, entre 9 e 11 °Brix (MENEZES et al., 2000).

O meloeiro tipo Amarelo é uma planta anual, herbácea, andromonoica, ocasionalmente monóica, prostrada, de hastes trepadeiras, folhas pecioladas aveludadas, com 1 a 5 lobos, e flores amarelas, que, em regiões de clima quente, apresenta ciclo curto, variando de 70 a 80 dias em (LORENZI et al., 2006).

Nas axilas das folhas pode desenvolver ramificações secundárias que crescem consideravelmente, contribuindo para o crescimento vegetativo da planta. Na parte superior, também se desenvolvem ramos, porém menores, que dão origem aos ramos frutíferos. O caule é do tipo trepador ou prostrado, com secção circular, provido de nós com gemas, que se desenvolvem em gavinhas, podendo atingir até 5 m de comprimento. Possui um sistema radicular superficial e praticamente sem raízes adventícias, com baixa capacidade de regeneração quando danificado (ALMEIDA, 2006).

Segundo Zocoler et al. (2006), observando a morfologia do caule de uma cucurbitácea, o mesmo apresenta seção transversal pentagonal, tricomas glandulares bastante alongados, de extremidades afiladas, com número variável de células e unisseriados, contendo cinco a seis camadas de colênquima angular. Os feixes vasculares são do tipo biclateral no qual se distingue, em um único feixe, uma porção de floema externa e outra porção interna ao xilema. No círculo externo, os feixes são menores e encontram-se na direção das arestas,

enquanto que os feixes do círculo interno são de maior diâmetro e intercalam-se com os do círculo externo.

### **2.1.3 Exigências climáticas**

Dentre os fatores climáticos, a temperatura, a luminosidade e a umidade relativa do ar são os que mais interferem no desenvolvimento do meloeiro. A temperatura intervém desde a germinação das sementes até a qualidade final do fruto (GRANGEIRO et al., 2002).

Sendo originário de regiões tropicais, o meloeiro é exigente em clima quente e seco. Segundo Silva et al., (2000), temperaturas na faixa de 20 a 30 °C são favoráveis para o desenvolvimento e produção da cultura, gerando frutos com teores de sólidos solúveis mais altos.

Em temperaturas que variam de 15 a 20 °C, a ramificação do meloeiro é afetada, reduzindo a taxa de crescimento e conseqüentemente a produtividade. Quando o meloeiro é submetido a temperaturas inferiores a 6 °C por mais de uma semana, a planta morre (COSTA, 2008). Para Dusi (1992), níveis de temperaturas abaixo de 18 °C ou acima de 35 °C dificultam a abertura das flores ou podem ainda causar abortamento de flores e frutos. Para relacionar a temperatura do ar com o desenvolvimento da cultura, é necessário que a planta absorva certa quantidade de energia. O meloeiro requer de 2.500 a 3.000 graus de soma térmica do plantio até a maturação completa dos frutos (SILVA et al., 2000).

Assim como a temperatura, o meloeiro é exigente também em condições de alta luminosidade. Para um bom rendimento da cultura, as plantas devem receber de 12 a 15 horas de luz por dia, que conseqüentemente favorecerá seu crescimento inicial, e haverá incremento do acúmulo de matéria seca quanto maior for o aumento da energia luminosa, seja pelo fotoperíodo ou pela

intensidade da luz (FARIAS, 1988). Durante o vingamento e crescimento dos frutos, se tais condições não forem atendidas, estes serão menores em número e tamanho, além de influenciar a expressão sexual das flores e expansão da área foliar do meloeiro (CRISÓSTOMO et al., 2002)

Para Costa (2008), melões produzidos em condições de alta umidade relativa do ar são de má qualidade, pequenos e de sabor inferior devido ao baixo teor de açúcares. Isso ocorre, principalmente, devido à maior incidência de doenças fúngicas que causam a queda das folhas. Durante o crescimento vegetativo da cultura, a umidade deve ficar na faixa entre 65 a 75%, enquanto que, para a frutificação, entre 55% a 65% (ALMEIDA, 2006; CRISÓSTOMO et al., 2002).

## **2.2 Manejo da irrigação**

Para a produção de melão no semiárido brasileiro ser bem-sucedida, faz-se necessário o uso de tecnologias de produção adequadas. A escolha da cultivar, a irrigação por gotejamento, a fertirrigação e o cultivo em alta densidade são exemplos de importantes tecnologias que podem ser adotadas pelo produtor. Nos casos do cultivo realizado em regiões áridas e em ambiente protegido, a irrigação torna-se indispensável, uma vez que as precipitações pluviométricas não atendem à demanda hídrica da cultura (SOUSA et al., 2011).

O manejo da irrigação na cultura do meloeiro é uma das atividades que demandam maiores cuidados, uma vez que a umidade do solo desempenha papel fundamental no desenvolvimento e sanidade da cultura e qualidade dos frutos. O suprimento adequado de água pode reduzir as quantidades de nutrientes lixiviados ao longo do perfil do solo e evitar que a planta receba menos água que o necessário (BRANDÃO FILHO; VASCONCELOS, 1998).

Para Medeiros et al. (2007), o manejo da irrigação tem como finalidade o uso racional da água no setor agrícola, permitindo maior eficiência no uso da água, promovendo a sustentabilidade econômica, social e ambiental da prática da irrigação.

A irrigação localizada tem se mostrado um excelente método de irrigação para culturas sensíveis a umidade nas folhas e no colo da planta, como é o caso do meloeiro.

A frequência das irrigações e o volume de água aplicado variam de acordo com o tipo de solo, as condições climáticas, a variedade e o estágio de desenvolvimento da cultura, baseando-se no teor de água presente no solo ou através da estimativa da evapotranspiração da cultura, repondo ao solo a quantidade de água suficiente para que se atinja a capacidade de campo (COSTA; LEITE, 2007).

Para o meloeiro, a umidade do solo deve ficar próxima a capacidade de campo, principalmente no período de máxima necessidade hídrica da cultura (frutificação), sendo que, para solos arenosos, normalmente corresponde ao teor de água que está retido a uma tensão que varia de 8 kPa a 15 kPa, e solos de textura fina de 25 kPa a 40 kPa (BRAGA, 2010).

Entretanto, Lima et al. (2014) constataram que o meloeiro se apresentou sensível às variações das tensões de água no solo, recomendando-se a tensão de 15 kPa quando cultivado em solos argilosos, contudo, observaram que, em tensões de até 60 kPa, não houve perdas consideráveis na produção e qualidade do melão.

### **2.2.1 Estimativa da evapotranspiração**

O volume de água a ser aplicado em cada irrigação depende das quantidades de água perdidas pelas culturas através da evaporação e



transpiração, que, quando ocorrem simultaneamente recebem o nome de evapotranspiração. Vescove e Turco (2005) definem evapotranspiração como um processo combinado de transferência de água do solo para a atmosfera, incluindo a evaporação da água do solo diretamente e o processo de transpiração através dos tecidos vegetais.

Para que se atinja a máxima eficiência na irrigação faz-se necessário o uso de tecnologias adequadas e estudos específicos de consumo de água para cada cultura em épocas, locais e estádios de desenvolvimento distintos. A estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) serve de base para dimensionar e manejar adequadamente a irrigação (SILVA et al., 2011).

Embora existam diferentes métodos para a estimativa da ET<sub>o</sub>, os métodos físicos matemáticos representam com mais fidelidade a física envolvida na evapotranspiração, enquanto que os empíricos apresentam uma relação puramente matemática ou estatística entre a ET<sub>o</sub> e as variáveis atmosféricas medidas localmente (ALLEN et al., 2006; DOORENBOS; KASSAM, 1979; JESSEN; BURMAN; ALLEN, 1990).

Andrade Júnior et al. (2003) estudando as condições climáticas de duas cidades no estado do Piauí encontraram boa precisão e exatidão dos valores de ET<sub>o</sub> estimados a partir de diferentes equações empíricas quando comparados com a ET<sub>o</sub> diária estimada pelo método de Penman-Monteith.

Entretanto, Sousa (2011) concluiu que o método padrão da FAO (Penman-Monteith) apresentou melhor desempenho quando comparado com outras equações empíricas, devido ao maior número de variáveis consideradas, sendo que a simplificação dos métodos acarretou numa perda do significado físico de suas equações principalmente para aquelas que excluíram a umidade relativa do ar e a radiação solar global.

Medeiros (2002) também encontrou inconvenientes ao utilizar equações empíricas para estimar a evapotranspiração de referência da cidade de Paraipaba

no Ceará no tocante a variação da escala temporal adotadas, comparando os valores aos obtidos pela equação de Penman-Monteith.

Sendo assim, Allen et al. (2006) recomendam a equação de Penman-Monteith parametrizado pela FAO publicado no Boletim 56 como sendo um método físico matemático padrão para a estimativa diária da  $ET_o$ .

A estimativa do consumo de água por uma superfície vegetada pode ser feita através da estimativa da evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ). A  $ET_c$  é função, basicamente, das condições meteorológicas que ocorrem durante o desenvolvimento das plantas, entretanto, variáveis do solo e da própria planta podem influenciar consideravelmente o processo de transpiração das culturas.

Segundo Allen et al. (2006), a evapotranspiração de uma cultura ( $ET_c$ ) pode ser calculada a partir da evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) e da adoção de um coeficiente de cultivo único ( $K_c$ ) em seus diferentes estádios fenológicos. A  $ET_o$  representa o poder evaporante da atmosfera em um local e tempo específicos, enquanto que o  $K_c$  representa basicamente as características intrínsecas de cada cultura, a saber: a altura da cultura, a resistência da superfície relativa ao solo e a planta e albedo da superfície da cultura-solo.

Para um melhor ajuste das condições locais onde ocorre o cultivo, o  $K_c$  é decomposto em dois coeficientes: em um coeficiente basal de cultura ( $K_{cb}$ ) e um coeficiente relacionado ao solo ( $K_e$ ). O primeiro representa a transpiração da planta, enquanto que o segundo, a evaporação da água do solo. A adoção de um coeficiente composto é indicada para os casos em que são realizadas irrigações de alta frequência e há a necessidade do cálculo da irrigação ser realizado em tempo real (ALLEN et al., 2006).

### 2.2.2 Transpiração

Sabe-se que a evapotranspiração de uma cultura contabiliza as quantidades de água perdida por evaporação e transpiração, entretanto, a transpiração torna-se o elemento mais importante quando se trabalha com a irrigação localizada, pois a fração de evaporação da água é menor, uma vez que apenas pequena parte do solo é molhada (COELHO FILHO, 2002).

Cerca de 98% do volume de água absorvido pelas plantas é perdido por transpiração, todavia, esse fluxo de água é necessário para a manutenção da turgescência dos tecidos, regulação da temperatura da folha e para o transporte e absorção de nutrientes, sendo, portanto, necessário que sua taxa seja mantida dentro dos limites ótimos para cada cultura (REICHARDT; TIMM, 2004).

Fatores inerentes ao clima, ao solo e as plantas interferem no processo de transpiração dos vegetais. A redução da umidade do ar aliada à elevação da temperatura contribui para o aumento da taxa transpiratória, bem como a forte irradiação, pois aumenta a diferença da pressão de vapor entre a folha e a atmosfera, onde, a condutância estomática é reduzida em casos extremos, contribuindo para a queda da transpiração e conseqüentemente da fotossíntese. O mesmo ocorre durante o período de um dia, quando a transpiração decresce próximo ao meio dia, período em que as temperaturas do ar são mais altas e a umidade relativa do ar mais baixa. No entanto, durante a estação chuvosa, os valores de umidade do ar são mais elevados, não apresentando variações significativas ao longo do dia (LUTTGE, 1997; MORAES; PRADO, 1998; SILVA JUNIOR, 2007).

A transpiração é a principal variável do balanço de energia da cultura do meloeiro, controlando as trocas gasosas através da abertura e fechamento dos estômatos. Sua verificação é fundamental na avaliação da adaptação das plantas a determinados ambientes de cultivo, pois a redução na produtividade pode estar

relacionada à redução na atividade fotossintética, podendo ela ser limitada por fatores inerentes ao local de cultivo. Nesse sentido, a distribuição e o suprimento adequado de água durante todo o ciclo da cultura são fundamentais para promover além de elevada produtividade, eficiência no uso da água pela planta (PAIVA et al., 2005; PEIXOTO; MATTA; CAMBRAIA, 2002; RIBAS et al., 2000).

Convencionalmente as irrigações são baseadas levando em consideração o teor de água no solo, no entanto, diversos métodos têm sido utilizados buscando aumentar a precisão das medições do consumo de água pelas plantas, em especial aqueles que permitem estimar diretamente a transpiração através da mensuração do fluxo de seiva (SILVA, 2008).

Dentre os métodos de estimativa da transpiração das plantas destacam os métodos térmicos empregando-se uma das seguintes técnicas: pulso de calor (MARSHALL, 1958), balanço de calor (SAKURATANI, 1981) e sonda de dissipação térmica (GRANIER, 1985)

### **2.2.3 Método de dissipação térmica**

O método de dissipação térmica utiliza fornecimento de calor ao caule que atua como “marcador” da seiva, ao qual pode ser relacionado com a densidade de fluxo de seiva e, por consequência, com a transpiração, permitindo acompanhar a atividade transpiratória das plantas no seu meio ambiente natural e em condições não perturbadas, durante períodos prolongados (GRANIER, 1985).

O método desenvolvido por Granier (1985) é composto por sensor com sonda aquecida com potência constante e uma sonda não aquecida, ambas com termopar (cobre-constantan), no qual são inseridas no caule da planta. A variação temporal da diferença de temperatura entre esses dois pontos é

ocasionada pelo transporte convectivo de calor pela seiva. Assim, no período de um dia, a máxima diferença de temperatura entre as duas sondas está relacionado a um fluxo de seiva mínimo, enquanto que a mínima diferença implica em uma taxa máxima de fluxo de seiva.

Embora Granier tenha verificado que uma única equação de calibração possa ser utilizada em plantas lenhosas com diâmetro de caule superior a 4 cm, diversos autores (BUSH et al., 2010; DELGADO-ROJAS et al., 2007; HULTINE et al., 2010) relatam a necessidade de se fazer a calibração, já que as maiores fontes de erro consistem na presença de gradientes térmicos naturais presentes no tronco. Esses gradientes ocorrem devido à radiação e a temperatura do ar atuar sobre o caule, afetando o valor da medida térmica da sonda e conseqüentemente, a estimativa do fluxo de seiva. Outro inconveniente encontrado ao trabalhar com a sonda de dissipação térmica é a dificuldade na determinação da área da seção condutora de seiva, já que a densidade de fluxo é determinada no local onde os termopares são inseridos, sendo assim considerada a área da sessão efetiva do xilema (DELGADO-ROJAS et al., 2007).

Ainda são consideradas fontes de erros a distribuição espacial do fluxo de seiva no caule, a profundidade de instalação das sondas, a distância entre a sonda aquecida e não aquecida e o valor da potência dissipada recomendada para o método (CLEARWATER et al., 1999; DELGADO-ROJAS et al., 2007).

### **2.3 Calibração de sensores**

Embora existam padrões internacionais e órgãos responsáveis por aferições de equipamentos, métodos de medições alternativos ou ainda medições de grandezas de interesse em áreas mais restritas, especialmente em pesquisa, não apresentam, em geral, padrões definidos. Além disso, o desenvolvimento de novos métodos de medidas necessita ser verificados as suas correspondências

com os métodos considerados de referência. Desta forma, a aferição de suas leituras requer procedimento específico, para que os equipamentos e métodos de mensuração possam apresentar confiabilidade mínima, ou seja, devem passar pelo processo denominado de calibração.

Segundo o INMETRO (2012), calibração é a operação que estabelece, sob condições específicas, numa primeira etapa, uma relação entre os valores e as incertezas de medição fornecida por padrões e as indicações correspondentes com as incertezas associadas; numa segunda etapa, utiliza esta informação para estabelecer uma relação visando à obtenção de um resultado de medição a partir de uma indicação.

No âmbito das pesquisas agrônomicas, têm sido desenvolvidos e testados, vários métodos que permitam avaliações mais precisas e simples, com o intuito de determinar diretamente a quantidade de água consumida por uma planta. Para Pimentel et al. (2010), a sonda de dissipação térmica, metodologia apresentada por Granier (1985), vem ganhando destaque nos últimos anos por utilizar princípios físicos simples e possibilidade de ser aplicado diretamente no campo sem alterar as condições fisiológicas e micrometeorológicas da planta.

Embora Granier (1985) tenha calibrado o método em laboratório e proposto uma equação, a precisão do método só é válida para espécies semelhantes às estudadas, ou seja, plantas lenhosas com diâmetro do caule igual ou superior a 4 cm (SMITH; ALLEN, 1996), portanto, para condições que não atendam a essas características a calibração é necessária.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi realizado no período de janeiro a maio de 2015 na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, no município de Mossoró-RN (5° 11' latitude Sul e 37° 20' longitude Oeste). O experimento foi dividido em duas etapas, sendo a Etapa I constituída da construção e calibração dos sensores de fluxo de seiva por dissipação térmica (SFDT), e a Etapa II consistiu em experimento realizado em casa de vegetação com a cultura do melão para a validação dos sensores de fluxo de seiva em campo.

#### **3.1 Etapa I: Construção e calibração dos SFDT em laboratório**

O trabalho foi realizado no Laboratório de Manejo e Instrumentação na Irrigação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Mossoró, RN. Constituiu-se da construção e calibração dos sensores fluxo de seiva por dissipação térmica (SFDT) utilizando de diferenças de temperaturas obtidas por termopares, sensores estes de pequena dimensão para serem utilizados em plantas de pequeno diâmetro de caule, como as olerícolas.

Na construção das sondas de dissipação térmica foram utilizadas 2 agulhas hipodérmicas com 20 mm de comprimento e 1,2 mm de diâmetro. Com auxílio de um esmeril as agulhas foram cortadas no comprimento desejado (8 mm correspondente ao raio médio dos caules dos meloeiros avaliados durante a fase de desenvolvimento). No interior de cada agulha foi inserida a junção de dois fios do termopar, um de cobre e um de constantan (Termopar tipo T), com 0,079 mm de diâmetro (40 AWG) cada um, formando duas sondas de temperatura, sendo que, em uma das sondas foi enrolado um fio de constantan em volta do termopar, formando uma sonda dissipadora de calor (Figura 1). No interior de cada sonda foi inserida pasta térmica para uniformizar o calor em

volta da sonda que se encontra dentro da agulha. As duas sondas de temperatura foram conectadas em série para compor o SFDT.

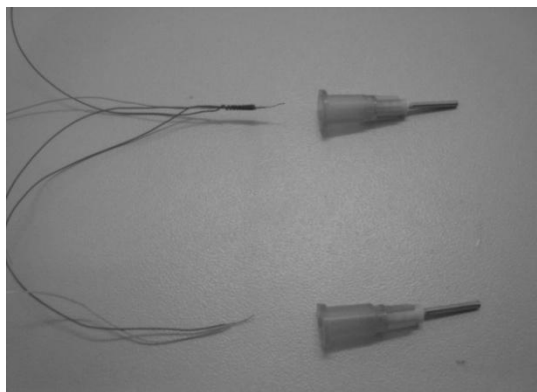


Figura 1 Junção dos dois fios constituindo os dois termopares ligados em série, mostrando a resistência formada por um fio de constantan em um dos termopares

Foram construídos no total 12 sensores de dissipação térmica, resultado de 4 tamanhos de fios dissipadores (12, 15, 18 e 21 cm que proporcionam resistências de 13,2; 16,5; 19,8 e 23,0  $\Omega$ , respectivamente), com três repetições. Para o acabamento foi utilizado um termocontráctil com 10 cm de comprimento e 3 mm de diâmetro, utilizado para recobrir as bases das agulhas. Um cabo emborrachado de 4 vias, foi unido aos fios de cobre e constantan, sendo utilizados para a construção das sondas. Em seguida revestiu-se todas as ligações dos cabos com solda e cerca de 2 cm de termocontráctil de 1 mm de diâmetro. Para as operações foi necessário aplicar ar quente fornecido por um soprador térmico. Posteriormente confeccionou-se o cabo que liga os sensores ao sistema de aquisição de dados e a fonte de corrente.

Foi construído, para cada sensor de dissipação térmica, um regulador de corrente (Figura 2) totalizando 12 reguladores, pelo qual, foram ligados a fontes de energia de 12 V (fontes utilizadas em computadores de mesa). Os reguladores tiveram como objetivo manter a corrente e a potência dissipada constante, mesmo com a variação da tensão em torno dos 12 V na fonte de energia, fazendo



com que a saída de tensão para os sensores SFDT fosse estável e regulável. Foram feitos testes preliminares em todos os componentes eletrônicos (resistências dos termopares, reguladores de tensão, fonte de energia, etc.) utilizando multímetro digital para aferir e padronizar a leitura. A fonte de alimentação dos circuitos de corrente constante dos sensores foi ligada na rede elétrica local de 220 V.

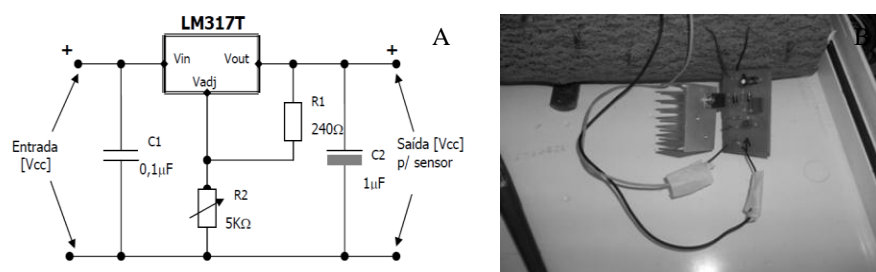


Figura 2 Esquema do circuito eletrônico do regulador ajustável de tensão contínua (A) e foto do regulador construído em fase de teste (B)

O sensor construído foi modificado do proposto por Granier (1985), uma vez que todo o conjunto (termopar + resistência) foi inserido no interior da agulha, tornando-o compacto, mais resistente ao manuseio e a inserção e/ou remoção na planta, sem causar danos aos elementos do circuito devido à exposição às variações climáticas e à resistência dos tecidos vasculares da planta, possibilitando a reutilização dos sensores em outros experimentos.

A calibração foi realizada em laboratório, ao qual se fez um teste preliminar nas sondas construídas, inserindo-as em meio isotérmico (isopor) e ligados ao sistema de aquisição de dados, a fim de verificar a existência de variabilidade entre os sensores. Foram realizados os ajustes necessários para uniformização da potência dissipada, mantendo a alimentação de saída do regulador em torno de 1,252 V em todos os sensores ao mesmo tempo.

Para a determinação da equação que relaciona o fluxo de seiva da planta e as diferenças de temperatura determinadas pelo SFDT, foi utilizada uma bomba específica para calibração de manômetro do tipo Bourdon (Tecnovip

Equipamentos de Medição Ltda.), sendo esse mecanismo composto de um manômetro analógico padronizado, sistema de vasos comunicantes, reservatório para fluido e timão (Figura 3A).

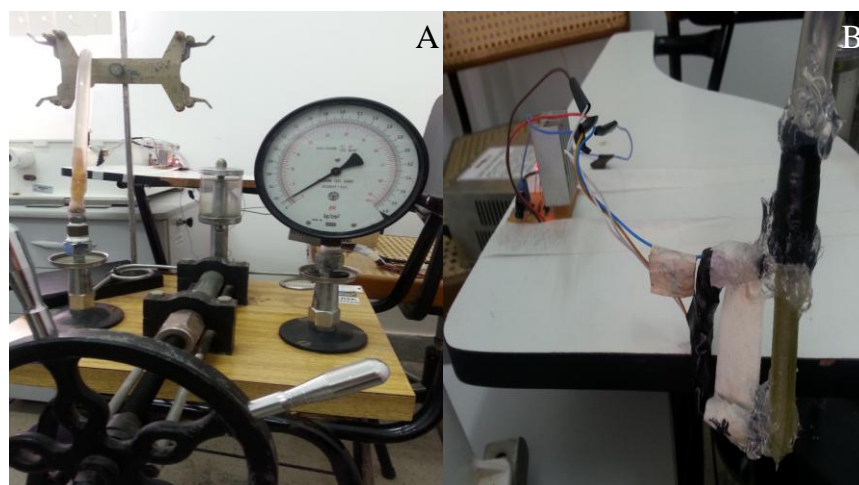


Figura 3 Bomba de calibração de manômetro para obtenção do fluxo de seiva (A), e, caule conectado a mangueira e proveta, registrando as leituras de temperatura por um datalogger (B)

Usou-se para tanto uma secção do caule com de 10 cm de comprimento e diâmetro de 0,8 cm, ao qual uma de suas extremidades foi conectada a uma mangueira de ½” usando cola tipo Silicone® líquido, sendo necessário se fazer reduções nesta mangueira com auxílio de veda rosca e fita isolante, para permitir uma perfeita vedação com o caule. A outra extremidade da mangueira foi conectada na saída da bomba de calibração. Desta forma, a água era pressurizada através da mangueira conectada ao caule e, coletada na outra extremidade do caule por uma proveta calibrada em 0,2 mL (Figura 3B). A medida do volume coletado na proveta pelo tempo de coleta da água percorrida ao longo do caule resulta no fluxo da seiva. Ao mesmo tempo foram realizadas as leituras da diferença de temperatura na sonda SFDT registradas por um datalogger modelo CR1000 da Campbell Scientific Inc. Foram aplicadas as pressões de 10, 20, 30, 40 e 50 kPa, para a determinação dos fluxos coletados em todos os sensores

construídos para cada tratamento, sendo que, pressões acima de 50 kPa causaram vazamento no sistema. O teste de calibração foi repetido 3 vezes.

Para obtenção da máxima diferença de temperatura no SFDT, isto é, quando o fluxo é zero, a bomba de calibração não era acionada.

O sensor SFDT foi instalado de tal forma que a inserção perpendicular no caule de duas sondas deveriam estar distanciadas entre si de 5 cm, na mesma linha vertical do caule. No sentido do fluxo a segunda sonda do SFDT é a que contém a resistência, sendo aquecida de forma constante com fornecimento de potência elétrica variável em função dos tratamentos. A variação da diferença de temperatura entre a sonda aquecida e a não aquecida em cada instante é determinada pelo transporte convectivo de calor através da seiva. Portanto, a máxima diferença entre as duas sondas em um período significa que o fluxo de seiva é mínimo ou nulo, enquanto que a mínima diferença significa uma taxa máxima de fluxo de seiva através dessa área de transporte (GRANIER, 1985).

Da mesma forma como em Granier (1985), foram obtidos, em função das diferenças de temperatura máximas e atuais, os valores do coeficiente “K” (Equação 1) e, por meio de regressão, os coeficientes “ $\alpha$ ” e “ $\beta$ ”, que relacionam K à densidade de fluxo de seiva “u” (em  $10^{-6} \text{ m s}^{-1}$ ). Observa-se na Figura 4 um esquema que configura as duas sondas que compõe o sensor SFDT.

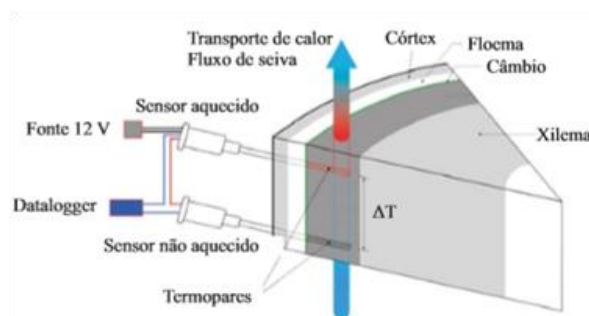


Figura 4 Esquema do sensor de dissipação térmica inserido perpendicularmente no caule de uma planta

$$K = \frac{\Delta T_m - \Delta T}{\Delta T} = \alpha \cdot u^\beta \quad (1)$$

Onde:

K – Coeficiente adimensional que relaciona as diferenças de temperatura;

$\Delta T_m$  – Diferença máxima de temperatura (°C) entre os dois pontos de medida, que normalmente acontece durante a madrugada;

$\Delta T$  – diferença de temperatura real (°C);

u – densidade de fluxo ( $10^{-6} \text{ m s}^{-1}$ );

$\alpha$  e  $\beta$  – coeficientes de ajuste do modelo.

Posteriormente, foi determinada a equação do fluxo de seiva “FS” (em  $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) (Equação 2), que leva em consideração a área de fluxo de seiva ( $\text{m}^2$ ) do caule da planta.

Essa relação é transformada na equação 2, para se ter o fluxo de seiva FS ( $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) em qualquer espécie herbácea, conforme recomendação do introdutor do método.

$$FS = \left[ \frac{1}{\alpha} \right]^{\frac{1}{\beta}} \cdot K^{\frac{1}{\beta}} \cdot AS \quad (2)$$

Onde:

FS – Fluxo de seiva,  $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$ ;

AS – Área efetiva do xilema,  $\text{m}^2$ .

### 3.2 Etapa II: Experimento em casa de vegetação

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na área experimental do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da UFERSA, no município de Mossoró, RN, situada na latitude 5°02'37" Sul e longitude de 37°33'50" Oeste Gr, com altitude aproximada de 21,5 m. De acordo com a

classificação climática de Köppen, o clima de Mossoró é do grupo BSw<sup>h</sup>, isto é, tropical semiárido muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono, apresentando temperatura média de 27,4°C, precipitação pluviométrica anual muito irregular, com média de 673,9 mm e umidade relativa do ar de 68,9% (CARMO FILHO; OLIVEIRA, 1989).

Para a realização do experimento foi adotado um espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,5 m entre plantas, contendo cada linha três plantas e cuja disposição é apresentada na Figura 5.

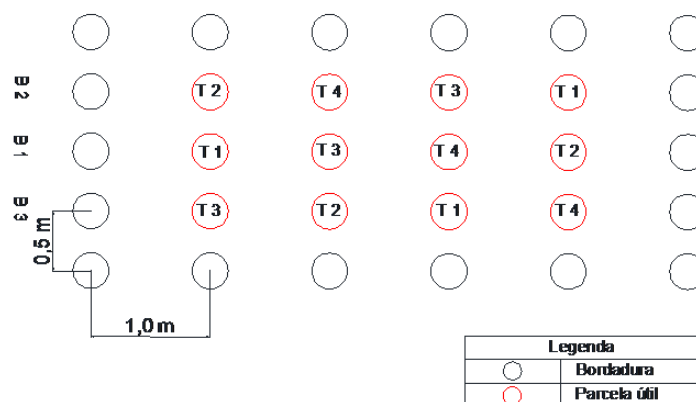


Figura 5 Croqui da área experimental localizada na UFERSA

O cultivo foi realizado em vasos com capacidade de 20 litros. O sistema de drenagem do vaso foi composto por 5 furos em sua parte inferior, onde os mesmos foram cobertos por uma camada de 3 cm de brita e uma manta de bidim cortada com diâmetro superior ao do vaso.

O solo utilizado no experimento foi obtido em área não cultivada pertencente à UFERSA que, após seco e peneirado (peneira de 2 mm), foi colocado nos vasos de modo que a sua borda ficou 5 cm abaixo do nível do solo. Uma amostra foi retirada para análise granulométrica seguindo os procedimentos do manual de métodos de análises de solos da EMBRAPA (1997), sendo classificado como Franco Argilo Arenoso.

A semeadura foi realizada no dia 27 de fevereiro diretamente nos vasos com a cultura do melão amarelo cv. Ouro. Foram semeadas 3 sementes por vaso, contendo uma semente em cada cova. A germinação ocorreu 5 dias após o plantio e, 10 dias após a emergência (DAE) foi realizado o desbaste, deixando-se uma planta por vaso.

Foram coletadas amostras de solo a fim de caracterizar quimicamente o solo e promover a adubação e fertirrigação conforme recomendação para a cultura (Tabela 1)

Tabela 1 Características químicas do solo utilizado no experimento

Solo (0-20 cm)

P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	SB	Al <sup>3+</sup>	pH
mg dm <sup>-3</sup>			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			(H <sub>2</sub> O)	
10,2	180,4	14,5	1,1	3,4	5,02	0,0	6,66

A fertirrigação foi realizada em intervalos de dias alternados com cloreto de potássio e uréia como fonte de macronutrientes, sendo aplicado 110,0 e 120 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, e solução de YaraVita™ Rexolin® BRA como fonte de micronutrientes na concentração de 15 g L<sup>-1</sup>, totalizando 40 mL de solução por planta durante o ciclo.

O cultivo foi realizado utilizando espaldeiras verticais de 1,5 m de altura, com quatro fios do tipo fitilho, presos e esticados por mourões espaçados em 1,0 m na linha de plantio. As plantas foram tutoradas na vertical, presas por fitilhos instalados transversalmente durante todo o seu ciclo. As plantas foram conduzidas com haste única e realizada a polinização artificial (manual) diariamente no período da manhã. Durante o ciclo da cultura foram adotadas

medidas preventivas para controle de pragas e doenças, e as capinas manuais sendo realizadas quando necessário.

### **3.2.1 Delineamento experimental**

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados, constituído por quatro tratamentos e três repetições, totalizando 12 parcelas avaliadas. Os tratamentos constituíram-se por quatro diferentes tamanhos de fios dissipadores (12, 15, 18 e 21 cm), sendo os tratamentos T1, T2, T3 e T4 com resistências de 13,2; 16,5; 19,8 e 23,0 ohms, respectivamente.

### **3.2.2 Montagem do experimento**

Para inserir o sensor, o caule da planta foi perfurado até o centro no sentido transversal, a 5 cm do solo, e o segundo furo a 5 cm de forma sequencial no caule. A localização da inserção do sensor foi determinada de forma que, a temperatura de aquecimento do solo não interferisse nas leituras de temperatura do sensor e que abaixo e/ou entre as sondas não houvesse ramificações.

O experimento foi instalado em 13/04/2015 com a inserção dos sensores nas plantas selecionadas, sendo contabilizado o fluxo a partir do dia 14/04/2015, quando as plantas de melão se encontravam na fase fenológica III (fase de desenvolvimento).

A área efetiva de fluxo de seiva foi adotada como a área de toda a seção reta do caule. Segundo Delgado-Rojas (2003), o valor de temperatura média pode sofrer variações, possivelmente devido às propriedades térmicas do xilema, portanto, este valor foi calculado a cada período de 60 minutos e assim obtendo-se o fluxo de seiva equivalente a este período. Em uma escala temporal diária e em ausência de estresse hídrico severo, considera-se que este valor equivale à

transpiração. Isto é, o fluxo de seiva integrado em 24 horas corresponde à transpiração máxima diária da planta (GRANIER, 1985).

Com a finalidade de minimizar o efeito dos gradientes naturais de temperatura no caule, para evitar o efeito da incidência da radiação eletromagnética sobre as medidas, a infiltração de água e ataques de insetos, foi estabelecida condições de isolamento térmico para instalação do sensor, com o uso de papel alumínio, conforme Figura 6.



Figura 6 Isolamento térmico do caule com papel alumínio

### 3.2.3 Manejo das irrigações

A irrigação foi realizada por meio de um sistema alternativo de irrigação com uso de garrafas pet's de 2 litros com a parte inferior cortada e fixada em mourões a uma altura de 60 cm e ligadas até o vaso por meio de espaguetes (microtubos) conectados a furos no centro da tampa da garrafa (Figura 7). A irrigação foi determinada com base no cálculo da ETC pelo método da FAO – Penman-Monteith (ALLEN et al., 2006), contabilizado apenas pela



determinação do coeficiente de cultura basal ( $K_{cb}$ ) devido ao vaso ter sido coberto (Figura 6).



Figura 7 Detalhe do sistema alternativo de irrigação utilizando garrafas pet

Os elementos meteorológicos como temperatura do ar, umidade relativa, velocidade e direção do vento, radiação incidente (radiação global), necessários para a estimativa da evapotranspiração de referência ( $E_{To}$ ), foram registrados em uma estação meteorológica automática instalada no interior da casa de vegetação. Na área experimental, todos os dados coletados, foram registrados automaticamente através de um sistema de aquisição e armazenamento de dados, “datalogger” da Campbell Scientific, modelo CR1000, com amostragem de leituras a cada 5 segundos e médias armazenadas a cada 10 minutos.

### 3.2.4 Estimativa de evapotranspiração

A estimativa da evapotranspiração de referência ( $E_{To}$ ) foi determinada através dos dados meteorológicos obtidos na estação meteorológica automática

instalada dentro da casa de vegetação. Para o cálculo da ETo foi utilizado o modelo de Penman-Monteith, parametrizado por Allen et al. (2006), descrito de acordo com a equação 4.

$$ETo^* = \frac{0,408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T + 273} \cdot u_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot u_2)} \quad (4)$$

\*Para períodos diários, a magnitude do fluxo de calor na superfície de referência é relativamente pequena, os autores do método recomendam desconsiderá-lo, ou seja,  $G \approx 0$  (Fonte: Boletim 56 da FAO, equação 42, p. 77).

Onde:

ETo – Evapotranspiração de referência ( $\text{mm dia}^{-1}$ );

Rn – Radiação líquida na superfície da grama ( $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ );

G – Fluxo de calor do solo\* ( $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ );

T – Temperatura média do ar ( $^{\circ}\text{C}$ );

$e_s$  – Pressão de saturação de vapor (kPa);

$e_a$  – Pressão atual de vapor (kPa);

$\gamma$  – Constante psicrométrica ( $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ );

$u_2$  – Média horária da velocidade do vento ( $\text{m s}^{-1}$ );

$\Delta$  – Declividade da curva de pressão de vapor ( $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ ).

Para a estimativa da evapotranspiração da cultura (ETc) utilizou-se a ETo conjuntamente com as características fisiológicas e morfológicas da cultura, representadas pelo seu coeficiente de cultivo (Kc). Como no presente trabalho se fez a cobertura do solo no vaso com plástico com o objetivo de desconsiderar a evaporação, o cálculo da ETc foi ajustado para se ter apenas a transpiração da planta, isto é, se retirou do procedimento de cálculo o fator “Ke” (coeficiente de evaporação), considerando-se apenas o componente Kcb (coeficiente basal).

Os coeficientes basais de cultura recomendados no Boletim 56 da FAO (ALLEN et al., 2006) para a cultura do melão amarelo são: 0,15; 0,75 e 0,50 para as fases inicial, intermediária e final do seu ciclo cultural, respectivamente.

Também neste trabalho, foi realizado como é recomendado pela FAO (ALLEN et al., 2006), o ajuste das fases fenológicas I (inicial), II (crescimento), III (intermediária) e IV (final) para a cultura, determinando-se os períodos de até 25 DAE, de 26 a 40 DAE, de 41 a 65 DAE e de 66 a 75 DAE, respectivamente.

### 3.2.5 Área foliar

A área foliar (AF) das plantas foi determinada no final do experimento com o intuito de contabilizar a lâmina transpirada ( $\text{mm dia}^{-1}$ ), através da relação do volume de água transpirada ( $\text{L dia}^{-1}$ ) pela área foliar ( $\text{m}^2$ ).

Para obtenção da AF utilizou-se o método dos discos foliares, usando um vazador com área conhecida, onde foram destacados discos foliares das porções basal, mediana e apical do limbo foliar, evitando-se a amostragem da nervura central. Em seguida, os discos foliares foram colocados em estufa com circulação de ar a  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 36 horas para a obtenção da matéria seca. Utilizou-se procedimento semelhante para a secagem das folhas das quais foram retirados os discos foliares, cuja massa resultou do somatório das folhas com a dos discos foliares, obtendo-se a matéria seca total das folhas.

Com a obtenção da massa seca das folhas (MSF) e da massa seca dos discos (MSD) e a partir do conhecimento da área dos discos (AD), calculou-se a área foliar (AF) total através da equação 5, metodologia utilizada por Rodrigues (2010).

$$AF = \frac{MSF * AD}{MSD} \quad (5)$$

### **3.3 Teste estatístico**

Os dados foram submetidos por análise de variância onde as médias entre os tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Para a obtenção dos coeficientes de ajustes dos modelos das equações de calibração, os dados foram submetidos à análise de regressão, utilizando-se o software R.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Etapa I: Construção, calibração dos SFDT em laboratório

Pode-se observar na Figura 8 o SFDT construído unido ao regulador ajustável de tensão contínua, onde verificou-se que o SFDT ficou bastante compacto, rígido e com dimensões que facilitaram seu uso em plantas herbáceas. A identificação dos fios dos termopares e do fio de constantan utilizado para fornecer a resistência elétrica foi realizada por cores diferentes para cada par de fios.

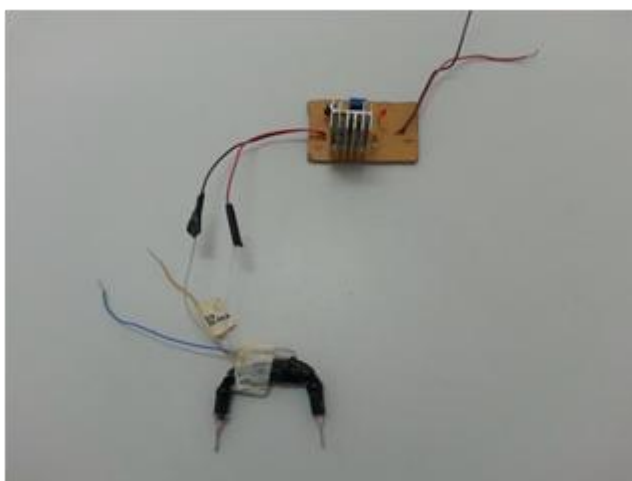


Figura 8 Sensor de fluxo de seiva por dissipação térmica (SFDT) unido ao regulador ajustável de tensão contínua em fase de testes

Apesar da robustez do sensor, vale ressaltar que ao instalar o SFDT no caule das plantas deve-se ter cuidado para não atravessar o caule, e fazer com que toda agulha entre no caule sem deixar partes expostas. Para assegurar o perfeito contato com o caule, foi colocado silicone na base das agulhas.

As equações 6, 7, 8 e 9 foram obtidas pela calibração relacionando o coeficiente “K” com a densidade de fluxo “u” (Equação 1) utilizando os sensores construídos para os tratamentos de 13,2; 16,5; 19,8 e 23,0  $\Omega$  de

resistência, respectivamente. Fazendo-se as devidas deduções a partir das equações anteriores, obtiveram-se as equações 10, 11, 12 e 13 de fluxo de seiva (FS) por dissipação térmica em função de “K” e a área de seção de fluxo AS (m<sup>2</sup>) (Equação 2) para os mesmos tratamentos, respectivamente.

$$K = 0,001166 \cdot u^{0,4942} \quad (R^2 = 0,9948^*) \quad (6)$$

$$K = 0,001234 \cdot u^{0,4715} \quad (R^2 = 0,9920^*) \quad (7)$$

$$K = 0,001292 \cdot u^{0,4541} \quad (R^2 = 0,9959^*) \quad (8)$$

$$K = 0,001325 \cdot u^{0,4316} \quad (R^2 = 0,9937^*) \quad (9)$$

Na equação que relaciona o coeficiente “K” (um coeficiente adimensional que relaciona as diferenças de temperatura) com a densidade de fluxo “u” (10<sup>-6</sup> m s<sup>-1</sup>), observa-se que os parâmetros “α” e “β” encontrados atingiram ótimos ajustes (R<sup>2</sup> sempre acima de 0,99) e significativos (p<0,05). Os parâmetros “α” e “β” para as equações de FS, também foram significativas, já que se trata de uma dedução a partir das equações de “K”. Com os dados dos coeficientes “α” e “β” obtidos abaixo, foi possível estimar os dados de fluxo de seiva com boa precisão.

$$FS = 0,86204 \cdot K^{2,0235} \cdot AS \quad (10)$$

$$FS = 1,48017 \cdot K^{2,1213} \cdot AS \quad (11)$$

$$FS = 2,29493 \cdot K^{2,2019} \cdot AS \quad (12)$$

$$FS = 4,65839 \cdot K^{2,3171} \cdot AS \quad (13)$$

Verificou-se com as equações obtidas para cada sensor que, existe relação direta entre o fluxo de seiva e as diferenças de temperatura do SFDT. As diferenças máximas de temperatura foram observadas com o sensor construído com menor resistência elétrica, pois a potência dissipada por este sensor foi maior. Os tratamentos diferiram entre si com relação aos valores de “K” e foram

iguais com relação aos valores “u”, o que demonstra que ocorre influência do tamanho do fio dissipador na estimativa de “K”. Como os valores de “ $\alpha$ ” e “ $\beta$ ” também foram diferentes, resultando em fluxos de seivas iguais, observa-se não haver diferença no uso de sensores com comprimentos e fios de dissipação diferentes para obtenção da transpiração de plantas, bastando apenas calibrá-los para obtenção das equações usadas nas estimativas do fluxo de seiva (Equações 10, 11, 12 e 13).

Velhame, Coelho Filho e Paz (2009) salientam que os parâmetros utilizados na calibração da equação de Granier não dependem das características das árvores ou da anatomia da madeira, mas se fundamenta nos princípios físicos que regem a transferência de calor e recomendam assim a calibração do método para espécies em que nunca foram validadas.

Granier (1985) propôs uma relação entre a densidade de fluxo de seiva “u” ( $10^{-6} \text{ m s}^{-1}$ ) e um fator “K” (Equação 14) característico de cada espécie vegetal. Trabalhando com três espécies lenhosas (*Pseudotsuga menziesii*, *Pinus nigra* e *Quercus pedunculata*) esse autor encontrou as equações 14 e 15.

$$K = 0,0206 \cdot u^{0,8124} \quad (14)$$

$$FS = 118,99 \cdot 10^{-6} \cdot K^{1,231} \cdot AS \quad (15)$$

Essa relação é transformada na equação 15 por dedução, para se ter o fluxo de seiva FS ( $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) em qualquer espécie lenhosa, conforme recomendação do introdutor do método.

Outros autores como Köstner, Granier e Cermák (1998), utilizando seis espécies de plantas, encontraram relações muito próximas a de Granier. Por esta razão, os autores preferem utilizar a equação original de Granier como padrão para qualquer planta lenhosa.

Cabibel e Do (1991) conseguiu a uma calibração muito próxima a esta, realizada em macieira, carvalho, castanheiro e em uma fibra sintética, onde obtiveram a equação 16.

$$K = 0,0227 \cdot u^{0,7694} \quad (16)$$

Delgado-Rojas et al. (2006) obtiveram em cafeeiro, trabalhando com câmara de calibração a equação 17.

$$K = 0,0130 \cdot u^{0,8532} \quad (17)$$

Pimentel (2008) trabalhando também com cafeeiro e utilizando uma câmara de calibração idêntica a Delgado-Rojas et al. (2006) encontrou a equação 18, sendo “u” dado em  $L h^{-1}$ .

$$K = 69,796 \cdot u^{0,7262} \quad (18)$$

Comparando-se as equações 14, 16, 17 e 18 com as equações de calibração encontrados no presente trabalho, verifica-se que em todos os casos, os coeficientes “ $\alpha$ ” e “ $\beta$ ” de todos os tratamentos de resistência elétrica foram menores que os encontrados por esses autores. Isso reforça a ideia de que a densidade de fluxo de seiva de plantas de caule herbáceo seja maior que em plantas de caule lenhoso.

A técnica de dissipação térmica também é passível de erros de medida, sendo uma delas a existência do gradiente natural térmico no caule, quando o sensor é instalado muito próximo do solo (LUNDBLAD; LAGERGREN; LINDROTH, 2001). Outra fonte de erro é representada pelas variações espaciais da densidade de fluxo de seiva no tronco, que exige a adequada instalação da sonda (LU; WOO; LIU, 2002). A posição de inserção da sonda em relação aos pontos cardeais também é importante, pois o próprio Granier (1985) observou



diferença entre os valores de fluxo de seiva avaliados com três sensores orientados sob angulação de  $120^\circ$  entre si ao redor do caule a 1 m do solo. Outra fonte de erro é o valor da área efetiva do xilema exigida na equação de calibração, determinada por técnica destrutiva da planta amostrada, ou por retirada invasiva de amostra do caule (GRANIER, 1985). Outro aspecto ligado à área efetiva do xilema é a profundidade na qual a sonda é instalada. A potência dissipada pela sonda também pode ser considerada como fonte de erro.

Delgado-Rojas et al. (2007), realizaram um estudo com citros com diâmetro de 0,048 m, utilizando sondas de 0,02 m de comprimento, ora aplicando 0,24 W e ora aplicando 0,16 W de potência, concluíram que a confiabilidade da estimativa não foi comprometida, corroborando com este trabalho. Afirmam ainda, que a estabilidade do valor da potência é mais importante do que a grandeza em si.

Outra variável que pode introduzir erros é a distância entre sondas, pois estas devem estar separadas suficientemente para que a temperatura da sonda aquecida não interfira no valor da temperatura da sonda sem aquecimento, considerada como sonda de referência. Para tanto, quanto maior a distância entre elas, esta interferência certamente será menor, mas por outro lado, aumentando-se a distância entre elas pode-se cometer erro devido ao gradiente natural térmico (DELGADO-ROJAS, 2007). Granier (1985), na sua proposta original, recomenda a distância de 0,05 m.

As diferenças entre os valores dos coeficientes das equações 10, 11, 12 e 13 e daquele determinado por Granier (Equação 15), podem ser atribuídas à densidade de fluxo de seiva em plantas herbáceas ser maior do que em plantas arbóreas como as utilizadas por Granier (1985). A confecção e as dimensões dos sensores construídos (as resistências foram inseridas dentro da agulha próximas ao elemento sensível do termopar) fazendo com que a potência dissipada pela sonda seja diferente, também podem ser consideradas como fonte de variação.

## 4.2 Etapa II: Experimento em casa de vegetação

### 4.2.1 Caracterização climática dentro da casa de vegetação

Pode ser observada na Figura 9 a variação da temperatura média, mínima, máxima e a umidade relativa do ar ocorrida no período de cultivo do melão, com temperatura média de 28,2 °C. Figueirêdo (2008) cultivando melancia em campo aberto no mesmo período, também observou médias diferentes destes autores, entretanto, o valor encontrado foi inferior (26,9 °C). Silva et al. (2003) estudando o comportamento da temperatura do ar em ambiente protegido verificaram que a temperatura do ar dentro da casa de vegetação foi sempre superior à temperatura em campo aberto. Isso ocorre devido à temperatura do ar ser função da quantidade de radiação que entra e a quantidade de energia que é retida pelo ambiente (POLYSACK, 2009), fato que pode ser atribuído as divergências encontradas nos estudos.

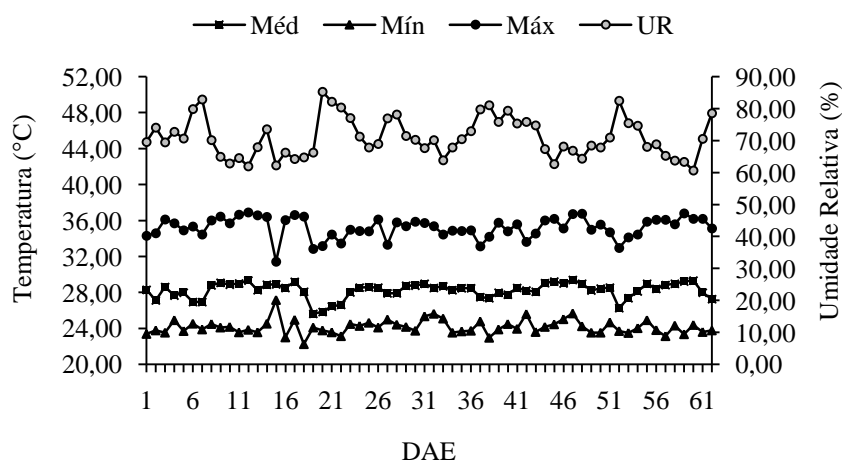


Figura 9 Temperaturas do ar médias (Méd.), mínimas (Mín.) e máximas (Máx.) e umidade relativa do ar média (UR) encontradas durante o ciclo do melão amarelo cv. Ouro em ambiente protegido

Embora os valores absolutos das temperaturas máxima e mínima tenham sido 36,5 e 21,8 °C, respectivamente, os valores médios diários máximo e mínimo variaram de 29,4 a 25,6 °C, ficando dentro da faixa considerada ótima para o desenvolvimento do meloeiro, que, segundo Crisóstomos et al. (2002), varia de 20 a 30°C (Figura 9).

Ainda na Figura 9, constatou-se que a umidade relativa do ar média oscilou entre 85,8 e 60,7%, tendo uma média de 70,5%. Verifica-se nesse caso que a umidade relativa foi maior que 68,9%, média da região relatada por Carmo Filho e Oliveira (1989). Observa-se ainda que a umidade relativa do ar média foi inversamente proporcional à temperatura do ar, pois, em ambiente protegido a UR é determinada diretamente pela temperatura, numa relação inversa entre ambas (PURQUERIO; TIVELLI, 2006).

Na Figura 10 podem ser vistos os valores da radiação solar global (Rg) e a velocidade do vento (Vel. vento) encontradas para as condições climáticas do cultivo do melão cv. Ouro em ambiente protegido.

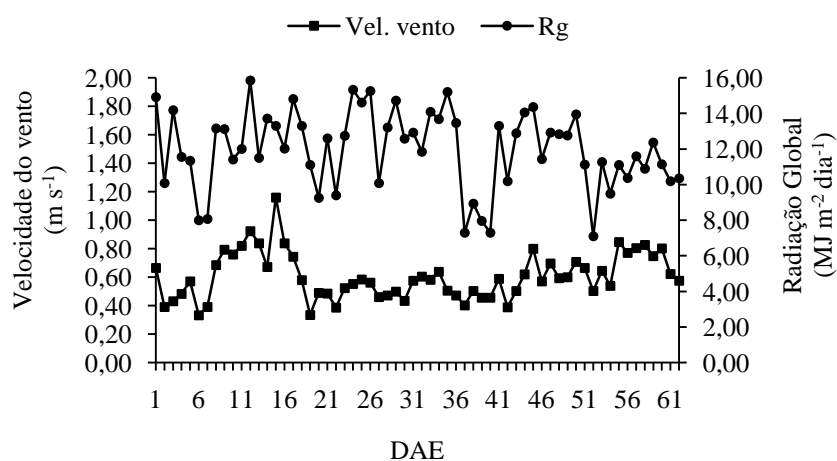


Figura 10 Radiação global (Rg) e velocidade do vento (Vel. vento), medidas durante o ciclo do melão cv. Ouro em ambiente protegido

Durante esse período a Radiação global variou de 5,72 a 15,86 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, com média de 11,90 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, valores próximos aos encontrados por Izídio (2013) cultivando melão cantaloupe em estufa na mesma região, onde encontrou radiação solar global com média de 12,28 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>.

Segundo Allen et al. (2006), a radiação solar está diretamente relacionada aos processos naturais que ocorrem na interação solo-planta-atmosfera, sendo a principal fonte de energia disponível para ser utilizada na evapotranspiração. Entretanto, a radiação ocorrida durante o período de cultivo do melão contribuiu principalmente para o processo de transpiração, pois como a superfície do solo estava coberta e sempre umedecida, os processos de aquecimento do solo e do ar podem ser desprezados (FIGUEIRÊDO, 2008) e segundo Pereira; Villa Nova e Sedyama (1997), os processos de fotossíntese e aquecimento das plantas podem ser considerados quantitativamente insignificantes.

A velocidade média do vento foi de 0,6 m s<sup>-1</sup>, considerada baixa, como já era esperado, devido ao efeito do ambiente protegido.

Os valores diários de evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) e evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) durante o período de cultivo do meloeiro estimadas pelo método da FAO (ALLEN et al., 2006), podem ser observados na Figura 11. A ET<sub>c</sub> foi estimada a partir da obtenção do K<sub>c</sub> dual com a finalidade de distinguir os processos de transpiração da planta (K<sub>cb</sub>) e evaporação do solo (K<sub>e</sub>), uma vez que a evaporação do solo foi desconsiderada, pois os vasos apresentavam cobertura plástica, evitando a perda de água por evaporação.

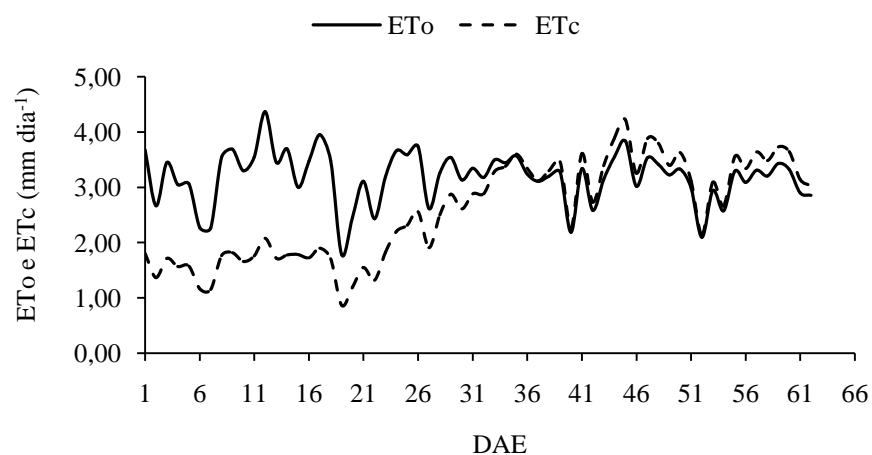


Figura 11 Variação dos valores diários de Evapotranspiração de referência (ETo) e Evapotranspiração da cultura (ETc) observados durante o período experimental

A ETo apresentou maior valor aos 12 DAE (4,37 mm dia<sup>-1</sup>) e menor aos 19 DAE (1,79 mm dia<sup>-1</sup>) e média de 3,18 mm dia<sup>-1</sup>. Nota-se que a evapotranspiração de referência permaneceu constante praticamente durante todo o período experimental, provavelmente devido ao efeito exercido pelo ambiente protegido, pois segundo Carmo Filho e Oliveira (1989) as variáveis climáticas tendem a diminuir nesse período na região.

A ETc apresentou curva característica de desenvolvimento da cultura, apresentando menores valores na fase inicial e maiores na fase de desenvolvimento, diminuindo novamente ao entrar na fase final. Os valores de ETc variaram entre 0,87 mm dia<sup>-1</sup> a 4,22 mm dia<sup>-1</sup>, sendo o valor máximo encontrado aos 45 DAE quando as plantas apresentavam-se na fase fenológica III, ou seja, em pleno desenvolvimento e máxima área foliar. O menor valor de ETc ocorreu aos 19 DAE, durante a fase inicial.

A partir dos dados meteorológicos medidos dentro da casa de vegetação foram estimados os volumes de água aplicados durante o ciclo da cultura do

meloeiro pelo método padrão recomendado pela FAO (ALLEN et al., 2006), com média de 461,18mL conforme observado na Figura 12.

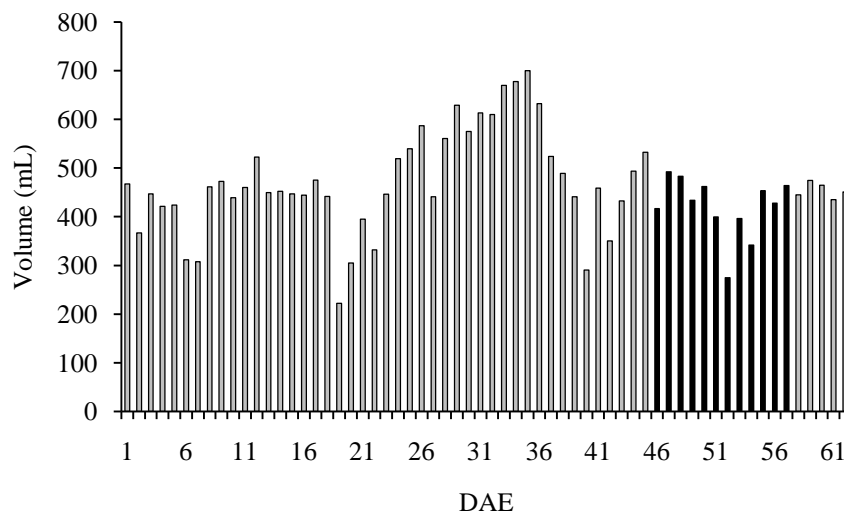


Figura 12 Volume diário de água aplicado durante o ciclo da cultura do meloeiro com destaque para o período que compreendeu a avaliação do fluxo de seiva (46 a 57 DAE)

#### 4.2.2 Área foliar

A área foliar média das plantas de meloeiro em cada tratamento pode ser verificada na Tabela 2. Observa-se que não houve diferença estatística entre os tratamentos, ou seja, a área foliar não pode ser considerada como uma fonte de variação do fluxo de seiva.

Nascimento et al. (2002) avaliando a área foliar do meloeiro amarelo no município de Mossoró, RN observaram valores superiores aos apresentados nesse trabalho, com média de 10.011 cm<sup>2</sup> aos 50 dias após a semeadura. Medeiros et al. (2007) avaliando parâmetros de crescimento do meloeiro amarelo híbrido Gold Mine, encontraram área foliar média de 8.323 cm<sup>2</sup> aos 60 dias após o transplante. A notada redução da área foliar verificada neste

trabalho pode ser atribuída à presença de doenças e ataque de pragas durante o ciclo.

Tabela 2 Área foliar média do meloeiro em cada tratamento medida aos 63 DAE

Tratamento	Área foliar (cm <sup>2</sup> )
T1	3.590,08 a
T2	3.516,10 a
T3	5.036,72 a
T4	3.354,94 a
CV (%)	32,38

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

#### 4.2.3 Medidas de fluxo de seiva pelo método de dissipação térmica

Pode ser verificado na Tabela 3 que o resultado do teste F na análise da variância não apresentou diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade para a fonte de variação analisada.

Tabela 3 Resumo da análise de variância para fluxo de seiva medido com quatro SFDT com diferentes tamanhos de fios dissipadores de calor

Fonte de variação	GL	QM
Tratamento	3	0,000276 <sup>n.s.</sup>
Bloco	2	0,000446 <sup>n.s.</sup>
Resíduo	6	0,000613

Coefficiente de variação = 6,49 %; ns: não significativo pelo teste F.

Na Figura 13 observa-se a variação dos valores de fluxo de seiva em litros por dia (L dia<sup>-1</sup>) medidos pelo método de dissipação térmica, a variação da evapotranspiração da cultura (ETc) e a evapotranspiração de referência (ETo) obtida pelo método de Penman-Monteith dos 46 aos 57 DAE, quando a cultura apresentava-se na fase fenológica III.

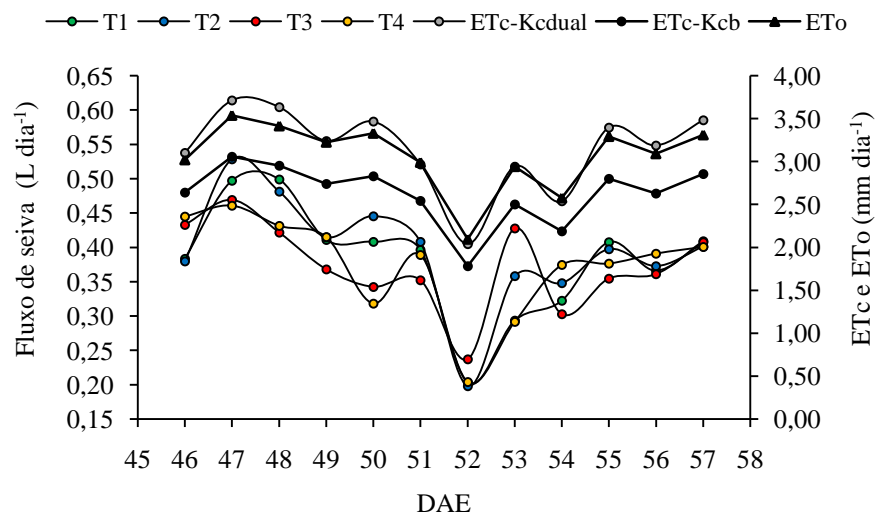


Figura 13 Variação dos valores diários de fluxo de seiva, evapotranspiração da cultura estimada utilizando Kc dual (ETc-Kcdual) e Kc simples (ETc-Kc) e evapotranspiração de referência (ETo) observados durante a fase fenológica III

Percebe-se que, durante essa fase, o comportamento das curvas de fluxo de seiva medido por todos os sensores foi semelhante às curvas de ETc e ETo estimada pelo método padrão, ou seja, os sensores com fios de constantan como dissipadores de calor de comprimentos de 12, 15, 18 e 24 cm, que causaram resistências elétricas de 13,2; 16,5; 19,8 e 23,0  $\Omega$ , respectivamente, apresentaram bons desempenhos para a estimativa do fluxo de seiva. Izídio (2013) avaliando a transpiração do meloeiro cantaloupe, utilizando o mesmo tipo de sensor com resistências elétricas de 13,17; 16,47; 19,76; 23,07 e 26,35  $\Omega$  verificou resultados muito próximos dos apresentados nesse estudo.

O fluxo de seiva medidos por todos os sensores apresentaram valores muito próximos entre si, com médias de 0,383, 0,394, 0,373 e 0,375 L dia<sup>-1</sup> para os tratamentos T1, T2, T3 e T4, respectivamente. A variabilidade de resposta dos sensores pode ser atribuída às diferenças nos tamanhos dos fios dissipadores utilizados na construção dos mesmos.



Ainda na Figura 13 nota-se que a curva que representa os valores de fluxo de seiva medidos por todos os sensores foi semelhante às curvas da ETc estimada pelo método padrão quando utilizou-se tanto o Kcdual como quando utilizou-se o Kcb. Ao transformar o fluxo em transpiração ( $\text{mm dia}^{-1}$ ), esses valores subestimaram os valores da ETc, especialmente quando foi considerado o coeficiente de evaporação do solo ( $K_e$ ) no cálculo de ETc ( $ETc - K_{cdual}$ ).

Silva (2008), avaliando a transpiração em ramos de cafeeiro no município de Viçosa, MG, também observou que a transpiração seguia o mesmo padrão da evapotranspiração de referência, entretanto, um sensor apresentou valores superiores a  $E_{To}$  e outro inferior. Segundo o mesmo autor, como cada sensor era instalado em plantas diferentes, embora apresentassem as mesmas tendências, cada planta tem um comportamento próprio de fluxo de seiva, que pode ser considerado como fonte de erro para qualquer outro método de estimativa de fluxo.

Esse comportamento citado acima também foi observado durante esse estudo, quando comparadas as repetições de um mesmo modelo de sensor (Figura 14).

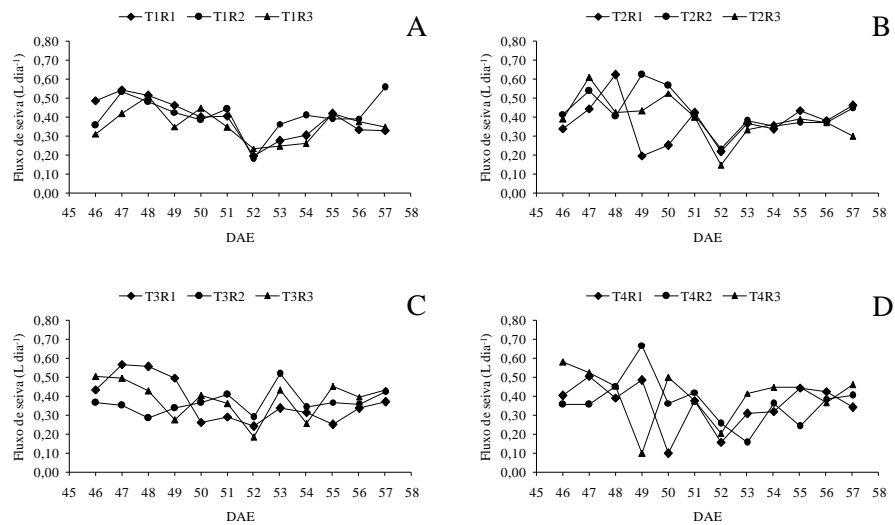


Figura 14 Variabilidade do fluxo de seiva estimado pelos sensores de fluxo de seiva de 12 cm (A), 15 cm (B), 18 cm (C) e 21 cm (D) em suas repetições

A variabilidade de resposta de um mesmo modelo de sensor pode ser justificada também pela confecção manual de cada um, pelo manuseio destes equipamentos na casa de vegetação e ao isolamento térmico do caule.

A Figura 15 apresenta a comparação das médias dos valores horários de fluxo de seiva com a média dos valores horários de radiação global (Rg) para o período dos 46 a 57 DAE.

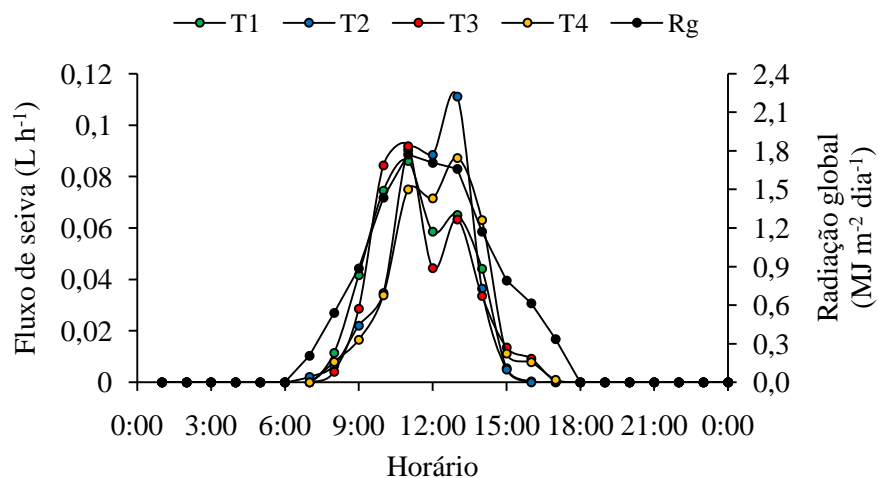


Figura 15 Média das variações dos valores horários de fluxo de seiva ( $L h^{-1}$ ) e Radiação global ( $MJ m^{-2} dia^{-1}$ ) dos 46 aos 58 DAE

É possível observar que o fluxo de seiva estimado pelas equações de calibração para todos os tratamentos também apresentaram comportamento semelhante à radiação solar, fato este detectado por alguns autores (SEIXAS, 2009; VELLAME; COELHO FILHO; PAZ, 2009).

A radiação solar é um dos principais componentes meteorológicos envolvidos no processo de transpiração dos vegetais. Como durante o período de avaliação houve uma considerável demanda atmosférica (Figura 11), é comum que as plantas não consigam manter a taxa de absorção de água nos mesmos níveis da taxa de transpiração, ainda que o solo apresente conteúdo de água ideal.

## 5 CONCLUSÕES

O uso dos sensores SFDT construídos e calibrados para o meloeiro podem ser utilizados na determinação do fluxo de seiva.

Os SFDT proporcionam valores menores do coeficiente “K” à medida que se aumenta a resistência.

Não há diferença no uso de sensores com comprimentos de fios de dissipação diferentes para obtenção da transpiração de plantas.

O fluxo de seiva estimado por todos os sensores construídos apresentaram valores próximos da transpiração da cultura.

## REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. **Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos** (Estudio Riego e Drenaje Paper, 56). Roma: FAO, 2006. 298 p.

ALMEIDA, D. Manual **de culturas hortícolas: a cultura do melão**. Lisboa: Editorial Presença, v. 2, 2006, 325 p.

ANDRADE JUNIOR, A. S. et al. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária para Parnaíba e Teresina, Piauí. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 11, n. 1, p. 63-68, 2003.

ANGELOTTI, F., COSTA, N. D. Clima. In: COSTA, N. D. (Ed.). Sistema de produção de melão. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. (Embrapa Semiárido. Sistemas de Produção). Disponível em:  
<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melao/SistemaProducaoMelao/clima.html>>. Acesso em: 20 fev. 2015.

ARAÚJO, E. L. et al. **Controle biológico de pragas do meloeiro**. p. 201-206. In: BRAGA SOBRINHO, R.; GUIMARÃES, J. A.; FREITAS, J. A. D.; TERÃO, D. (Eds.) Produção Integrada de Melão. Fortaleza: EMBRAPA Agroindustrial Tropical, 2008. 338 p.

BARNI, V. B.; BARNI, N. A.; SILVEIRA, J. R. P. Meloeiro em estufa: duas hastes é o melhor sistema de condução. **Ciência Rural**, v. 33, n. 6, p. 1039-1043, 2003.

BRAGA, M. B. Sistema de produção de melão. Embrapa Semiárido, 2010. Disponível em:  
<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melao/SistemaProducaoMelao/irrigacao.html>> Acesso em: 11 mar. 2015.

BRANDÃO FILHO, J. U. T.; VASCONCELLOS, M. A. S.; A cultura do meloeiro. In: GOTO, R. TIVELLI, S. W. (Ed). **Produção de hortaliças em**

**ambiente protegido: Condições subtropicais.** São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1998. cap. 6, p. 161-193.

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.

CABIBEL, B.; DO, F. Mesures thermiques des flux de sève dans les troncs et les racines et fonction némenthydrique des arbres: I – Analyse théorique des erreurs sur la mesure des flux et validation des mesures en présence de gradients thermiques extérieurs. **Agronomie**, v. 11, n. 8, p. 669-678. 1991.

CARMO FILHO, F. do; OLIVEIRA, O. F. de. **Mossoró: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico** (Coleção Mossoroense, série B). Mossoró: ESAM, 1995. 62p.

CLEARWATER, M. J. et al. Potential errors in measurement of non uniform sap flow using heat dissipation probes. **Tree Physiology**, v. 19, n. 10, p. 681-687, 1999.

COELHO FILHO, M. A. **Determinação da transpiração máxima em um pomar jovem de lima ácida ‘Tahiti’ (*Citrus latifolia* Tan.) e sua relação com a evapotranspiração de referência.** 2002. 91 p. Tese (Doutorado em Agronomia, Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.

COELHO FILHO, M. A. et al. Field determination of young acid lime plants transpiration by the stem heat balance method. **Scientia Agricola**, v. 62, n. 3, p. 240-247, 2005.

COSTA, N. D.; LEITE, W. M. Potencial agrícola do solo para o cultivo do melão. In: CURSO DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 2007. Disponível em:  
<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/35801/1/OPB1292.pdf>> Acesso em: 11 mar. 2015.

COSTA, N. V. **A cultura do melão**. 2 ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica (Coleção Plantar, 60), 2008. 191 p.

CRISÓSTOMO, L. A. et al. Adubação, irrigação, híbridos e práticas culturais para o meloeiro no Nordeste (Circular Técnica, 14). Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 21 p.

DELGADO-ROJAS, J. S.; FOLEGATTI, M. V.; ANGELOCCI, L. R. Calibração do método de sonda de dissipação térmica na determinação do fluxo de seiva em cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35, 2006, João Pessoa. **Anais...** Jaboticabal: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2006.

DELGADO-ROJAS, J. S. et al. Desempenho da sonda de dissipação térmica na medida da transpiração de plantas jovens de Lima Ácida. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 2, p. 404-413, 2007.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Roma: FAO. 1979, 306 p.

DUSI, A. N. **Melão para exportação: aspectos técnicos da produção** (Série Publicações Técnicas, 1). Brasília: DENACOOOP, 1992. 38 p.

ESPÍRITO SANTO, F. R. C. **Retenção e transmissão de água em um Latossolo Roxo sob diferentes sistemas de cultivo**. 1998. 105 p. Tese (Doutorado em Agronomia. Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1998.

FAO. **Agricultural production, primary crops**. Roma, Italy. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em: 21 jan. 2015.

FARIAS, J. R. B. **Comportamento da cultura do melão em estufa plástica, sob diferentes níveis de espaçamento, raleio e cobertura do solo.** 1988. 80 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1988.

FIGUEIRÊDO, V. B. **Evapotranspiração, crescimento e produção da melancia e melão irrigados com águas de diferentes salinidades.** 2008. 204 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, Botucatu, 2008.

GRANGEIRO, L. C. et al. **Cultivo de melão amarelo.** Universidade Estadual Paulista - Campus de Jaboticabal. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Jaboticabal São Paulo, 2002.

GRANIER, A. Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de seve brute dans le tronc des arbres. **Annales des Sciences Forestières**, v. 42, n. 2, p. 193-200, 1985.

HULTINE, K. R. et al. Sap flux-scaled transpiration by tamarisk (*Tamarix* spp.) before, during and after episodic defoliation by the salt cedar leaf beetle (*Diorhabda carinulata*). **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 150, p. 1467-1475, 2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2012. Produção Agrícola Municipal. Disponível em <[www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br)>. Acesso em: 23 fev. 2015.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. Vocabulário Internacional de Metrologia - Conceitos Fundamentais e Gerais e Termos Associados 1.ed. Rio de Janeiro, 2012. 94 p.

IZÍDIO, N. S. C. **Estimativa da transpiração em meloeiro utilizando sensores de fluxo de seiva por dissipação térmica.** 2013. 59 p. Dissertação



(Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2013.

JACKSON, R. D. Canopy temperature and crop water stress. **Advanced Irrigation**, v. 1, p. 43-85, 1982.

JESSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements**. New York: ASCE., 1990, 332 p.

KOETZ, M. et al. Produção do meloeiro em ambiente protegido irrigado com diferentes lâminas de água. **Irriga**, v. 11. n. 4, p. 500-506, 2006.

KÖSTNER, B.; GRANIER, A.; CERMÁK, J. Sap flow measurements in Forest stands: methods and uncertainties. **Annals of Forest Science**, v. 55, n. 1-2, p.13-27, 1998.

LIMA, E. M. E. et al. Resposta do meloeiro a diferentes tensões de água no solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 43, 2014, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2014.

LORENZI, H. et al. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006. 640 p.

LU, P.; WOO, K. C.; LIU, Z. T. Estimation of whole-plant transpiration of bananas using sap flow measurements. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 375, p. 1771-1779, 2002.

LUNDBLAD, M.; LAGERGREN, F.; LINDROTH, A. Evaluation of heat balance and heat dissipation methods for sap flow measurements in pine and spruce. **Annals of Forest Science**, v. 58, n. 6, p. 625-638, 2001.

LUTTGE, U. Interaction of stress factors and the midday depression in plants with C3: photosynthesis. **Physiological Ecology of Tropical Plants**, v. 35, p. 122-124, 1997.

MALLICK, M. F. R.; MASUI, M. Origin, distribution and taxonomy of melons. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 28, n. 3, p. 251-261, 1986.

MARSHALL, D. C. Measurement of sap flow in conifers by heat transport. **Plant Physiology**, v. 33, p. 385-396, 1958.

MEDEIROS, A. T. **Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas, em Paraipaba, CE**. 2002. 103 p. Tese (Doutorado em Agronomia, Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2002.

MEDEIROS, J. F. de. et al. Crescimento do meloeiro cultivado sob diferentes níveis de salinidade, com e sem cobertura do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 248-255, 2007.

MENEZES, J. B. et al. Características do melão para exportação. In: ALVES, R. E. (Ed.). *Melão pós-colheita*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2000. Cap. 1, p. 13-22.

MORAES, J. A. P. V.; PRADO, C. H. B. A. Photosynthesis and water relations in Cerrado vegetation. **Oecologia Brasiliensis**, v. 4, n. 1, p. 45-63, 1998.

NASCIMENTO, I. B. et al. Estimativa da área foliar do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 555-558, 2002.

ORTH, C. F. **Perfil exportador de melões brasileiro**. Brasília: Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos – ApexBrasil, 2014. 49 p.

PAIVA, A. S. et al. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 1, p. 161-169, 2005.

PEIXOTO, P. H. P.; MATTA, F. M.; CAMBRAIA, J. Responses of the photosynthetic apparatus to aluminum stress in two sorghum cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, n. 4, p.821-832, 2002.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.

PIMENTEL, J. S. **Estimativa da transpiração em cafeeiros utilizando sensores de dissipação térmica**. 2008. 71 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2008.

PIMENTEL, J. S. et al. Estimativa da transpiração em cafeeiro utilizando-se sensores de dissipação térmica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 2, p. 187-195, 2010.

POLYSACK INDÚSTRIAS Ltda. Malhas termo refletores aluminizadas. Disponível em: <[http://www.polysack.com/index.php?page\\_id=744](http://www.polysack.com/index.php?page_id=744)>. Acesso em: 20 fev. 2015.

PRIORI, D. et al. Acervo do Banco Ativo de Germoplasma de Cucurbitáceas da Embrapa Clima Temperado – 2002 a 2010. (Documentos / Embrapa Clima Temperado, ISSN 1806-9193; 295). Disponível em: <<http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/catalogo/tipo/online/documento.php>>. Acesso em: 08 jul. 2015.

PURQUERO L. F. V.; TIVELLI S. W. Manejo do ambiente em cultivo protegido. Informações Tecnológicas, Campinas, 2006. In: IAC, 2006 Disponível em: <[http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/MANEJO\\_Cultivo\\_Protegido/Manejo\\_Cultivo\\_protegido.htm](http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/MANEJO_Cultivo_Protegido/Manejo_Cultivo_protegido.htm)>. Acesso em: 21 fev. 2015.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Manole, 2004. 478p.

RIBAS, M. J. F. et al. Respuesta fisiológica de un cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) a distintas dosis de riego. *Investigation Agronomy: Produccion y Proteccion Vegetal*, v. 15, n. 3, p. 196-212, 2000.

RODRIGUES, G. S. O. **Crescimento de tomate “marian” em função dos diferentes tipos de cobertura do solo**. 2010.53 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2010.

SAKURATANI, T. A heat balance method for measuring water flux in the stem of intact plants. *Journal of Agricultural Meteorology*, v. 37, n. 1, p.9-17, 1981.

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.

SILVA JÚNIOR, G. S. **Respostas biométricas, ecofisiológicas e nutricionais em genótipos diplóides de bananeira (*Musa spp*) submetidos à salinidade**. 2007. 106 p. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

SILVA, E. T. et al. Comportamento da temperatura do ar sob condições de cultivo em ambiente protegido. *Ciências Agrárias Ambientais*, v. 1, n. 1, p. 51-54. 2003.

SILVA, H. R. et al. **Cultivo do meloeiro para o norte de Minas Gerais** (Circular Técnica, 20). Brasília: Embrapa Hortaliças, 2000. 22 p.

SILVA, M. G. **Desenvolvimento de sensor de fluxo de seiva e de coeficiente indicador de estresse hídrico para plantas de cafeeiro arábica**. 2008. 114 p.

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2008.

SILVA, V. J. da. et al. Desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária em Uberlândia, MG. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 1, p. 95-101, 2011.

SMITH, D. M.; ALLEN, S. J. Measurement of sap flow in plants stems. **Journal of Experimental Botany**, v. 47, n. 2, p. 1833-1844, 1996.

SOUSA, A. S. P. **Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para fins de manejo de irrigação**. 2011. 70 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

SOUSA, V. F. et al. **Irrigação e fertirrigação na cultura do melão**. In: SOUSA, V. F.; 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. Cap. 23, p. 657-687.

VASQUEZ, M. A. N. et al. Efeito do ambiente protegido cultivado com melão sobre os elementos meteorológicos e sua relação com as condições externas. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 1, p. 137-143, 2005.

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

VESCOVE, H. V; TURCO, J. E. P. Comparação de três métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Araraquara-SP. **Revista de Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 713-721, 2005.

WHITAKER, T. W.; DAVIS, G. N. C. **Cucurbits**: botany, cultivation and utilization. London: Hill, 1962. 249 p.

ZOCOLER, A. M. D. et al. Contribuição ao Controle de Qualidade Farmacognóstico das Folhas e Caules de Melão-de-São Caetano (*Momordica charantia* L. - Cucurbitaceae). **Revista Acta Farmacéutica Bonaerense**, v. 25, n. 1, p. 22-27, 2006.