

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO

NAIARA SÂMIA DE CALDAS IZÍDIO

**ESTIMATIVA DA TRANSPIRAÇÃO EM MELOEIRO UTILIZANDO SENSORES  
DE FLUXO DE SEIVA POR DISSIPACÃO TÉRMICA**

MOSSORÓ - RN

2013

NAIARA SÂMIA DE CALDAS IZÍDIO

**ESTIMATIVA DA TRANSPIRAÇÃO EM MELOEIRO UTILIZANDO SENSORES  
DE FLUXO DE SEIVA POR DISSIPACÃO TÉRMICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Sc. Vladimir Batista Figueirêdo.

MOSSORÓ - RN

2013

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)**  
**Setor de Informação e Referência**

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I98e                  | <p>Izídio, Naiara Sâmia de Caldas.</p> <p>Estimativa de transpiração em meloeiro utilizando sensores de fluxo de seiva por dissipação térmica. / Naiara Sâmia de Caldas Izídio. -- Mossoró, 2014</p> <p>59f.: il.</p> <p>Orientador: Prof. D.Sc. Vladimir Batista Figueiredo.</p> <p>Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria de Pós-Graduação.</p> <p>1. <i>Cucumis melo</i> L. 2. Evapotranspiração. 3. Sondas de temperatura. 4. Manejo de irrigação. I. Título.</p> |
| <p>RN/UFERSA/BCOT</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <p>CDD: 635.611</p>   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

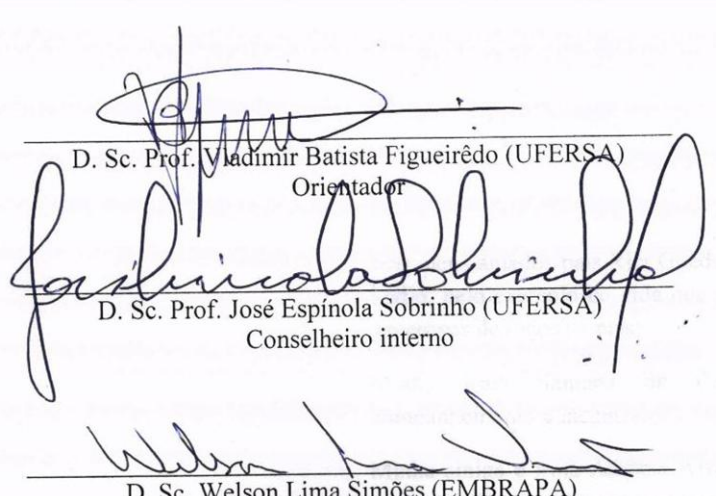
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva  
CRB-15/120

NAIARA SÂMIA DE CALDAS IZÍDIO

**ESTIMATIVA DA TRANSPIRAÇÃO DO MELOEIRO ATRAVÉS DO FLUXO DE  
SEIVA DETERMINADO POR DISSIPAÇÃO TÉRMICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Irrigação e Drenagem.

APROVADA EM: 17/12/13.



D. Sc. Prof. Vladimir Batista Figueirêdo (UFERSA)  
Orientador

D. Sc. Prof. José Espinola Sobrinho (UFERSA)  
Conselheiro interno

D. Sc. Welson Lima Simões (EMBRAPA)  
Conselheiro externo

## **DEDICO**

Aos meus amados pais Rita Guedes e AntonioIzídio, pelo exemplo de vida que são, os mais generosos de todos os pais;

Minha irmã Santana de Caldas, pelo companheirismo e incentivo;

Minha amiga e irmã Adriana Alves, por estar ao meu lado nos melhores e piores momentos da minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por me amparar nas horas difíceis, por me dar força interior para superar as dificuldades, mostrar os caminhos nas horas incertas e me suprir em todas as minhas necessidades, me dar força para não desistir, coragem para acreditar, conceder sabedoria nas escolhas dos melhores caminhos...

Aos meus pais Rita Guedes e Antonio Izidio, pela confiança concedida, pela compreensão nos momentos de ausência, pelo seu apoio incondicional ao longo desta caminhada e de muitas outras. Vocês são a minha fortaleza... Meu eterno agradecimento.

A minha querida irmã Santana de Caldas, pelo incentivo direto e indireto, por esta sempre ao meu lado, por acreditar em minha capacidade mesmo quando eu não acreditava isso só me fortaleceu e me fez tentar. Muito agradecida...

A minha amiga fiel Adriana Alves, que aos poucos nos tornamos mais que amigas irmãs... Obrigada pelo companheirismo, pela cumplicidade, por dividir comigo angustias e alegrias, pelo apoio e paciência nos momentos de cansaço e inquietação, por acreditar que tudo daria certo no final, mesmo quando a esperança era quase nula. Por ouvir todas as minhas reclamações, pelas risadas que amenizava o estresse diário, por nunca medir esforços para me ajudar. Você foi simplesmente essencial para a realização de mais esta etapa da minha vida. Meus sinceros agradecimentos...

A Universidade Rural Federal do Semi-Árido, ao Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas e ao programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem pela oportunidade de realização deste trabalho e pela formação profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

Ao meu orientador Vladimir Batista Figueirêdo, pelos valiosos ensinamentos e orientações concedidas, por estar sempre pronto a me ouvir e esclarecer minhas dúvidas.

Ao Prof. José Francismar de Medeiros, pela ajuda nos momentos mais críticos que contribuiu para o meu crescimento profissional.

Ao prof. Weldson pela parceria e colaboração indispensáveis na execução do trabalho.

A todos os professores do programa de pós-graduação em irrigação e drenagem pelos conhecimentos transmitidos.

Aos meus colegas de turma: Adriana Alves, Aline Alves, Daniel Galvão, Ian, Ítalo Wigllif, Joaci Fonseca, João Guilherme, João Marcelo, Marcos Souza, Paula Viana, Saulo Samuel, em especial a Priscila Maia e Rozana Lima, pelos momentos de alegria que serviram para me permitir acreditar na beleza da vida, e os de sofrimento, serviram para um crescimento pessoal único. É muito difícil transformar sentimento em palavras, mas serei eternamente grata a vocês.

A Fernando Henrique e Vilauba Sobreira pela atenção desde que cheguei em Mossoró e por ajudar sempre que precisei.

Aos colegas Arthur, Leonardo Vieira, Leonardo Elias, Max Vinicius, Paulinho, em especial a Nara Mayara, Thiago e Marcos Souza, pela dedicação e esforço para tornarem possíveis as atividades de campo.

A Prof<sup>a</sup>. Eliane Coelho, o Prof, Joaquim Branco, ao colega Edmilson Junior pelas caronas.

Ninguém vence sozinho, obrigada a todos que contribuirão direto ou indiretamente para a realização deste trabalho.

## RESUMO

IZÍDIO, Naiara Sâmia de Caldas. **Estimativa da transpiração em meloeiro utilizando sensores de fluxo de seiva por dissipação térmica.** 2013. 59f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, RN, 2013.

As necessidades hídricas das plantas cultivadas são sempre objeto de estudo, para auxiliar a avaliação do desempenho dos métodos de estimativa da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>). Com isso, este trabalho teve como objetivo estimar a transpiração do meloeiro através do fluxo de seiva determinado por dissipação térmica. O trabalho foi realizado no período de agosto de 2012 a julho de 2013, em duas etapas, sendo a primeira etapa constituída da construção e calibração de diferentes sensores de fluxo de seiva por dissipação térmica (SFSD) de pequena dimensão para serem utilizados em plantas de pequeno diâmetro como as olerícolas, ao qual foi realizada no Laboratório de Instrumentação e Manejo na Agricultura irrigada da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, RN. A segunda etapa constituiu-se de um experimento realizado em casa de vegetação localizado no Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas – DCAT também pertencente à UFERSA. O delineamento experimental utilizado foi de blocos inteiramente casualizados, constituído por cinco tratamentos e três repetições, totalizando 15 parcelas avaliadas, com sensores construídos por cinco diferentes tamanhos de fios dissipadores, sendo os tratamentos 1, 2, 3, 4 e 5 com comprimento de fios dissipador dos sensores de 12, 15, 18, 21 e 24 cm, 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. Os resultados mostraram que os sensores construídos e calibrados para plantas olerícolas podem ser utilizados na determinação do fluxo de seiva. As equações obtidas para cada sensor servem para relacionar o fluxo de seiva pelas diferenças de temperatura. A transpiração medida para o melão cantaloupe “Harper” com os SFSD, de tamanhos de 12 cm; 15 cm; 18 cm e 24 cm obtiveram valores próximos da evapotranspiração da cultura.

**Palavras-chave:** *Cucumis melo* L, evapotranspiração, sondas de temperatura, manejo de irrigação.

## ABSTRACT

IZÍDIO, Naiara Sâmia de Caldas. **Estimation of transpiration in muskmelon utilizing sap flow sensors by thermal dissipation**. 2013. 59f. Dissertation (Master degree in Irrigation and Drainage) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, RN, 2013.

The fluid requirements of crop plants are always an object of studies, to assist the performance evaluation of methods for estimating crop evapotranspiration (ET<sub>c</sub>). Therefore, this study aimed to estimate transpiration of muskmelon through the sap flow determined by thermal dissipation. The work was carried from August 2012 to July 2013 in two steps, the first stage consists of the construction and calibrating in different sap flow sensors for thermal dissipation (SFSD) small dimension order to be plants utilized in with small diameter as vegetable crops, to which was performed at the Laboratory of Instrumentation and Management in Irrigated Agriculture of the Federal Rural University of the Semi-Arid (UFERSA), Natal, RN. The second stage consisted of an experiment carried out under greenhouse located in the Department of Environmental Sciences and Technology - DCAT also belonging to UFERSA. The experimental design used was completely randomized blocks consisting of five treatments and three replications, totaling 15 parcels evaluated with sensors constructed by five different sizes of dissipators wires, the treatments being 1, 2, 3, 4 and 5 dissipators with a length of wires of the Sensors 12, 15, 18, 21 and 24 cm, respectively. The data were analyzed by analysis of variance, utilizing the "R" software, averages between treatments were compared by Tukey test at 5% significance. The results showed that the constructed and calibrated for vegetable crops plants sensors can be used to determine the flow of sap. The equations obtained for each sensor serve to relate the sap flow temperature differences. The Sweating measure for the melon cantaloupe "Harper" with SFSD, of sizes 12 cm; 15 cm; 18 cm and 24 cm were obtained similar values of crop evapotranspiration.

**Keywords:** *Cucumis melo* L, evapotranspiration, temperature probes, irrigation management.

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1. Análise granulométrica do solo utilizado no experimento, Mossoró – RN.....                                                                   | 29 |
| Tabela 2. Atributos químicos do solo utilizado no experimento, Mossoró – RN.....                                                                       | 32 |
| Tabela 3. Volumes de água total aplicado na irrigação no ciclo fenológico do meloeiro em ambiente protegido, Mossoró – RN.....                         | 41 |
| Tabela 4. Área foliar total e diâmetro do caule de plantas de melão cultivadas em vasos no período Experimental, Mossoró – RN.....                     | 42 |
| Tabela 5. Diferença entre médias do Fluxo de seiva médio ( $\text{mm.h}^{-1}$ ) obtidos no dia 77 e 82 DAS, em todos os tratamentos, Mossoró – RN..... | 47 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Ligação dos termopares em série com a resistência até as agulhas hipodérmicas, Mossoró – RN, 2013.....                                                                                                                             | 24 |
| Figura2. Esquema do circuito eletrônico do regulador ajustável de tensão contínua e foto do regulador construído em fase de teste, Mossoró – RN, 2013.....                                                                                   | 25 |
| Figura 3. Bomba de calibração de manômetro utilizada para simulação do fluxo de seiva (A), água coletada em proveta e leituras das diferenças de temperatura entre as sondas sendo registrada por um datalogger (B), Mossoró – RN, 2013..... | 26 |
| Figura 4. Esquema do sistema de aquecimento do sensor de dissipação térmica.....                                                                                                                                                             | 27 |
| Figura 5. Esquema do sensor de dissipação térmica inserido perpendicularmente no caule de uma planta.....                                                                                                                                    | 27 |
| Figura 6. Croqui da área experimental localizada na UFERSA, Mossoró-RN.....                                                                                                                                                                  | 28 |
| Figura 7. Isolamento térmico após instalação dos sensores, com o uso de papel alumínio, Mossoró – RN, 2013.....                                                                                                                              | 30 |
| Figura 8. Sistema alternativo de irrigação (A) e tensímetro digital (B), Mossoró – RN ....                                                                                                                                                   | 31 |
| Figura 9. Sensor de fluxo de seiva por dissipação térmica (SFSD), Mossoró – RN, 2013.....                                                                                                                                                    | 35 |
| Figura 10. Temperaturas do ar médias, máximas e mínimas, e, umidade relativa do ar média, medidas a partir da terceira fase do ciclo do meloeiro, Mossoró – RN, 2013.....                                                                    | 37 |
| Figura 11. Valores diários de Radiação global (Rg), evapotranspiração de referência (ETo) e velocidade do vento (Vel_Vent) observados durante o período experimental, Mossoró – RN, 2013.....                                                | 38 |
| Figura 12. Variação da evapotranspiração de referência e da cultura do meloeiro no período do experimento, Mossoró – RN, 2013.....                                                                                                           | 39 |
| Figura 13. Potencial matricial ao longo das fases fonológicas III e IV da cultura do meloeiro cantaloupe na profundidade de 12.5 cm, para os tratamentos T1 (A), T2 (B), T3 (C), T4 (D) e T5 (E), Mossoró – RN, 2013.....                    | 40 |
| Figura 14. Variação da evapotranspiração de referência e da cultura do meloeiro no período do experimento, Mossoró – RN, 2013.....                                                                                                           | 44 |

|                                                                                                                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 15. Fluxo de seiva ( $L.h^{-1}$ ) e radiação solar global ( $MJ.m^{-2}.dia^{-1}$ ) num dia de elevada radiação (77 DAS ) e de baixa radiação (82 DAS) obtidos em todos os tratamentos, Mossoró – RN, 2013..... | 46 |
| Figura 16. Transpiração da planta ( $mm\ dia^{-1}$ ) obtida pelo fluxo de seiva nos tratamentos T1, T2, T3 e T5 pela evapotranspiração da cultura (ETc) dos 72 a 100 DAS, Mossoró – RN, 2013.....                     | 47 |

## SUMÁRIO

|                                                                                                  |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>                                                                        | <b>11</b> |
| <b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>                                                             | <b>13</b> |
| 2.1 CULTURA DO MELÃO.....                                                                        | 13        |
| 2.1.1 Condições prévias.....                                                                     | 13        |
| 2.1.2 Morfologia.....                                                                            | 14        |
| 2.1.3 Exigências climáticas.....                                                                 | 15        |
| 2.2 MANEJO DA IRRIGAÇÃO.....                                                                     | 16        |
| 2.3 ESTIMATIVAS DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO.....                                                        | 18        |
| 2.3.1 Evapotranspiração de referencia – Eto .....                                                | 18        |
| 2.3.2 Evapotranspiração da cultura – ETc.....                                                    | 19        |
| 2.3.3 Transpiração das plantas.....                                                              | 19        |
| 2.4 ESTIMATIVAS DO FLUXO DE SEIVA DAS PLANTAS.....                                               | 20        |
| <b>3. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>                                                               | <b>23</b> |
| 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....                                                     | 23        |
| 3.2 ETAPA I: CONSTRUÇÃO E CALIBRAÇÃO DOS SENSORES.....                                           | 23        |
| 3.3 OBTENÇÃO DAS EQUAÇÕES PARA DETERMINAÇÃO DE FLUXO DE SEIVA POR DIFERENÇAS DE TEMPERATURA..... | 26        |
| 3.4 ETAPA II: EXPERIMENTO EM CASA DE VEGETAÇÃO.....                                              | 28        |
| 3.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E MONTAGEM DO EXPERIMENTO..                                        | 29        |
| 3.6 ISOLAMENTO TÉRMICO DO CAULE E TRATOS CULTURAIS.....                                          | 30        |
| 3.7 MANEJO DAS IRRIGAÇÕES.....                                                                   | 31        |
| 3.8 ÁREA FOLIAR.....                                                                             | 32        |
| 3.9 ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO.....                                                         | 33        |
| <b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>                                                            | <b>35</b> |
| 4.1 ETAPA I: SENSOR DE FLUXO DE SEIVA POR DISSIPACÃO TÉRMICA (SFSD) CONSTRUÍDO.....              | 35        |
| 4.2 EQUAÇÕES DE FLUXO DE SEIVA POR DISSIPACÃO TÉRMICA.....                                       | 35        |

|                                                                                         |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.3 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DENTRO DA CASA DE VEGETAÇÃO....                            | 36        |
| 4.3.1 Temperatura do ar e umidade relativa.....                                         | 36        |
| 4.3.2 Radiação solar global, evapotranspiração de referência e velocidade do vento..... | 37        |
| 4.4 POTENCIAL MÁTRICO DE ÁGUA NO SOLO.....                                              | 39        |
| 4.5 IRRIGAÇÃO DA CULTURA DO MELOEIRO.....                                               | 41        |
| 4.6 CARACTERÍSTICAS DA PLANTA.....                                                      | 42        |
| 4.6.1 Área foliar e diâmetro do caule.....                                              | 42        |
| 4.7 MEDIDAS DE FLUXO SEIVA PELO MÉTODO DE DISSIPACÃO<br>TÉRMICA.....                    | 43        |
| <b>5. CONCLUSÕES.....</b>                                                               | <b>49</b> |
| <b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>                                               | <b>50</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

A cultura do melão é muito cultivada pelos produtores, esta, por ser uma cultura com grande demanda de mercado, preços bastante compensadores e devido ao ciclo curto (70 a 80 dias) que permite duas colheitas por ano. No Brasil, dos 18.870 hectares plantados com a cultura do melão, em 2010, 16.308 foi conduzido na região nordeste (IBGE,2009). Neste período os principais estados produtores da fruta, em ordem decrescente de área plantada, foram Rio Grande do Norte,Ceara, Bahia, Pernambuco, Piauí, Alagoas, Maranhão eParaíba.

A área explorada com melão no semiárido nordestino é irrigada em sua totalidade, neste contexto, a irrigação é um fator decisivo para se obter plantas com excelente desenvolvimento e conseqüentemente, frutos de alta qualidade. Portanto, para um manejo adequado e eficiente da irrigação é preciso determinar o momento da irrigação e o volume de água a ser aplicado por planta em cada período de tempo. Sendo o meloeiro de grande importância econômica.Existem muitos estudos sobre o ponto crítico de umidade do solo e o uso consultivo da água, mais os resultados possui pouca precisão, o que mostra a necessidade de realizar estudos locais para oferecer uma ferramenta pratica ao manejo da irrigação. Assim as necessidades hídricas das plantas cultivadas continuam sendo objeto de estudo, sendo importante avaliar o desempenho dos métodos de estimativa da evapotranspiração da cultura (ETc).

Ométodo de Penman – Monteith-FAO (ALLEN et al., 2006), recomendado como o padrão da FAO, tem sido o mais utilizado para determinar o consumo de água do melão, pois combina o método do balanço de energia com um termo aerodinâmico, utilizando dados climáticos de estações meteorológicas. Por apresentar resultados consistentes, o modelo vem sendo usado preferencialmente, porém os custos para se obter os dados climáticos necessários para a determinação da ETc por este método ainda são bastante elevados. Dessa forma, ocorre a necessidade da busca por outros meios de obtenção da ETc, que sejam precisos e eficientes tanto quanto o método padrão da FAO.

Grande parte dos estudos sobre medidas de transpiração de plantas, principalmente em frutíferas lenhosas, se baseia 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. (LU et al., 2002; COELHO FILHO et al., 2005; DELGADO-ROJAS et al., 2007). O método da sonda de dissipação térmica (SDT)permite a determinação da densidade de fluxo de seiva no caule possibilitando, assim, a estimativa do

da transpiração e em combinação à medida da evaporação do solo através de microlisímetros ou tensiômetros (balanço hídrico), instalados na área experimental, podem ser ferramentas importantes no manejo da irrigação.

Dessa forma, levando em consideração a carência de informações sobre a estimativa do fluxo de seiva de plantas herbáceas como o meloeiro bem como da utilização de sensores SDT que possam fazer esta estimativa, o presente trabalho teve como objetivou geral: estimar a transpiração do meloeiro através do fluxo de seiva determinado por dissipação térmica. E como objetivos específicos: Construir e calibrar sensores de dissipação térmica para serem utilizados em plantas de caule herbáceo; Monitorar o fluxo de seiva em plantas de Meloeiro; Avaliar o fluxo de seiva e comparar os resultados com valores de transpiração da cultura estimada por meio da equação de Penman-Monteith-FAO (ALLEN et al., 2006).

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CULTURA DO MELÃO

#### 2.1.1 Considerações prévias

O melão (*Cucumis melo* L.) é uma olerícola muito apreciada e de grande popularidade no mundo, tendo em 2009, uma área colhida de 1.288.804 hectares, resultando em uma produção de 27.627.853 toneladas de frutos e uma produtividade média de 21,43 t.ha<sup>-1</sup>. O Brasil é, atualmente, o maior produtor de melão da América do Sul, com (53,3%) da produção total. Embora o Brasil ocupe a 12<sup>a</sup> colocação na escala de produção mundial, há fortes tendências de crescimento para os próximos anos em função do aumento do consumo interno e das exportações (FAO, 2011).

A produtividade média das lavouras de melão no Brasil aumentou de 12,145 t.ha<sup>-1</sup> em 1999 para 22,968 t.ha<sup>-1</sup> no ano de 2009, estando acima da média mundial. Quando se fala dos dois estados que lideram o ranking de produção de melão no Brasil, Rio Grande do Norte e Ceará, as médias de produtividade nesses estados em 2009 foram: 28,022 e 25,4 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, (IBGE, 2009), superando a média Nacional e Mundial. Esse acréscimo em produtividade pode ser atribuído aos investimentos em tecnologia, como o uso da irrigação localizada concomitante com o uso da fertirrigação nas novas áreas de produção, bem como a introdução de novos materiais genéticos no mercado de sementes, contribuindo para o salto em quantidade e qualidade dos melões produzidos no Brasil. A região Nordeste, no ano de 2009, foi responsável por (94,3%) desta produção, destacando-se os estados do Rio Grande do Norte (49,94%), Ceará (30,81%), Bahia (8%) e Pernambuco (3,9%) (IBGE, 2009).

A cultura do meloeiro por ser bastante exigente em água, seu suprimento deve ser feito na época adequada, visando altos rendimentos e frutos de boa qualidade, não sendo muito tolerante à umidade elevada, nem à presença constante de água nas hastes e folhas. A frequência das irrigações e o volume de água aplicado por irrigação variam de acordo com o tipo de solo, as condições climáticas, a variedade e o estágio de desenvolvimento da cultura. Dessa forma, em solos arenosos, recomenda-se que a irrigação seja diária e até duas vezes por dia, ao passo que em solos argilosos, a lâmina de água pode ser aplicada de uma só vez, a cada dois dias. O consumo total de água durante o ciclo cultural gira em torno de 4.000 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> (COSTA, 2008).

O sistema de irrigação por gotejamento destaca-se como a tecnologia de irrigação e fertirrigação mais racional para o cultivo do melão, visto ser o método que possibilita maior eficiência no uso da água e que apresenta a menor demanda de energia e de mão de obra. O sistema é considerado o mais adequado sistema de irrigação para o cultivo do meloeiro, por propiciar aumento do rendimento da cultura, dada a maior eficiência no uso de água e no controle de pragas e doenças, menor grau de interferência nas práticas culturais, ajustar-se aos diferentes tipos de solos e topografias, além de possibilitar o uso da fertirrigação e automatização do sistema (SANTOS et al., 2001).

Poucas pesquisas têm sido desenvolvidas no âmbito regional, considerando certos aspectos de irrigação, sobretudo as relações solo, água e planta, para determinar o melhor manejo de irrigação para a cultura do melão (SOUSA et al., 1999).

Segundo Dutra et al. (2000) a quantificação da água evaporada no sistema solo-planta-atmosfera é de grande importância, pois se trata de um parâmetro de referência quando da realização do balanço hídrico, dimensionamento e manejo de sistema de irrigação; quanto ao dimensionamento e manejo do sistema, o conhecimento da necessidade hídrica é de fundamental significância; assim, torna-se imprescindível o estudo de técnicas que visem a uma determinação melhor desta variável.

O teor de água no solo está entre os principais fatores que afetam a produtividade das hortaliças, devido ao fato da água ser requerida como parte integrante dos vegetais e, sobretudo, por seu papel no transporte de nutrientes dentre outras funções vitais para o desenvolvimento das plantas (MEDEIROS et al., 2007).

A necessidade de água das culturas se expressa normalmente pela taxa de evapotranspiração, que depende das condições climáticas, da disponibilidade hídrica no solo e da cobertura do terreno (ALLEN et al., 2006).

### **2.1.2 Morfologia**

O meloeiro é uma planta de ciclo curto (70 a 80 dias), herbácea, prostrada, de hastes trepadeiras e folhas pecioladas, grandes, aveludadas com 1 a 5 lobos e flores amarelas. O caule é do tipo trepador ou prostado, com secção circular, diferindo do pepino e melancia que tem caule anguloso. O caule principal pode atingir até 5 m de comprimento. Nas axilas das folhas podem se desenvolver ramificações secundárias, das quais 3 ou 4 crescem apreciavelmente e recebem a designação de braços, na parte superior também surgem

ramificações secundárias, contudo estas não se desenvolvem completamente e dão origem a ramos frutíferos (ALMEIDA, 2006).

Segundo Zocoleret al., (2006) afirmam que ao observar em microscópio a seção transversal do caule de uma curbitacea, o mesmo é pentagonal e apresenta epiderme uniestratificada constituída por células de aspecto arredondado. Nela observam-se tricomas glandulares bastante alongados, de extremidades afiladas, com número variável de células e unisseriados. O córtex apresenta cinco a seis camadas de colênquima angular, o qual ocorre em faixas nas arestas do caule. Nessa região encontra-se parênquima clorofiliano contendo três a quatro camadas de células e, também, mais internamente uma faixa contínua e sinuosa de fibras, cujo número de camadas varia de duas a cinco, sendo mais espessa nas arestas.

Ainda delimitando o cilindro central ou vascular encontra-se número variável de camadas de tecido parenquimático. O tecido vascular é constituído por feixes vasculares bicolaterais, separados por faixas de tecido parenquimático, no qual foram observados idioblastos cristalíferos contendo monocristais e drusas. Os feixes vasculares encontram-se arranjados em dois círculos mais ou menos distintos. No círculo externo os cinco feixes são menores e encontram-se na direção das arestas. Os cinco feixes do círculo interno intercalam-se aos do círculo externo e são em sua maioria de maior diâmetro (ZOCOLERet al., 2006).

### **2.1.3 Exigências climáticas**

As condições ambientais que favorecem o cultivo do meloeiro estão relacionadas aos fatores climáticos: temperatura, umidade relativa e luminosidade (BRASIL, 2007). A temperatura é o principal fator climático que afeta a cultura do melão, desde a germinação das sementes até a qualidade final do produto. O meloeiro possui desenvolvimento vegetativo ótimo para temperaturas entre 18 e 24°C, porém tolera temperaturas do ar de até 40°C. A sua taxa de crescimento é reduzida em temperaturas inferiores a 15°C, e a planta morre em condições de temperatura menor que 6°C por mais de uma semana. A ramificação do meloeiro é afetada sob baixas temperaturas (15°C a 20°C), resultando em plantas pouco desenvolvidas e com baixas produtividades (COSTA, 2008).

À medida que a temperatura se eleva, dentro de certos limites, a polpa do melão torna-se mais doce e a sua maturação é mais rápida e completa. Para Crisóstomo et al. (2002), a faixa ótima de temperatura situa-se entre 20°C e 30°C. Dias curtos e temperaturas baixas

(12°C a 15°C) tem efeito feminizante. Dias longos e temperaturas mais elevadas aumentam a proporção de flores masculinas na planta.

O meloeiro é uma cultura muito exigente em irradiância. Condições de baixa luminosidade durante o vingamento e crescimento dos frutos levam a uma redução do número de frutos e da taxa de crescimento dos mesmos. Elevada umidade relativa do ar é desfavorável a cultura, sendo o ótimo para o seu desenvolvimento vegetativo situado entre 65 e 75% (CRISOSTOMO et al., 2002) e, para a frutificação, entre 55% e 65% (ALMEIDA, 2006).

Uma baixa luminosidade no inverno (dias curtos e baixas temperaturas) impede a formação de flores femininas (ALMEIDA, 2006). A sua redução ou encurtamento do período de iluminação determina uma menor área foliar (CRISÓSTOMO et al., 2002). Assim, todos os fatores que afetam a fotossíntese afetam também a qualidade do fruto. Portanto, é recomendável o plantio do meloeiro em regiões que apresentem exposição solar na faixa de 2.000 a 3.000 horas por ano para que o cultivo seja bem sucedido (BRASIL, 2007). As condições de umidade do ar elevada promovem a formação de frutos de má qualidade e propiciam a disseminação de doenças na cultura. Os melões produzidos nessas condições são pequenos e de sabor inferior, geralmente, com baixo teor de açúcares, devido à ocorrência de doenças fúngicas que causam queda de folhas (COSTA, 2008).

## 2.2 MANEJO DA IRRIGAÇÃO

A Irrigação consiste em aplicar água no solo de forma controlada e uniforme, em quantidades suficientes para que as plantações existentes possam retirar o total de água que necessitam para atingir o máximo de produtividade, (IRRIGOTEC, 2005). Os custos iniciais de instalação de sistemas de irrigação industriais são relevantes para o pequeno produtor em geral. Os sistemas de irrigação comumente usados têm preços elevados, principalmente os sistemas de irrigação localizada.

O manejo da irrigação tem como finalidade a promoção do uso racional da água no setor agrícola, em especial nas áreas localizadas no Semiárido brasileiro que apresenta disponibilidade hídrica reduzida, permitindo assim uma maior eficiência no uso da água e a sustentabilidade econômica, social e ambiental da prática de irrigação (MEDEIROS et al., 2013). Entretanto, é necessário monitorar o comportamento da água no solo visando o manejo adequado da irrigação, para isso, deve-se levar em consideração a determinação da capacidade de campo, sendo que, existem métodos de campo e de laboratório para determinação da capacidade de campo.

A determinação da capacidade de campo “in situ” é excessivamente trabalhosa e demorada, o que contribuiu para surgimento de técnicas laboratoriais para o desenvolvimento da curva característica de água no solo, que relaciona a umidade com o potencial matricial, e a partir dessa, a capacidade de campo. O método clássico de laboratório é denominado de câmara de pressão de Richards, sendo fixado o potencial matricial da capacidade de campo em -33 kPa (-0,033 MPa) a -6 kPa (-0,006 MPa). Na pesquisa também é comum a utilização de vasos para cultivo de plantas em ambientes protegidos (DARDENGO et al., 2009).

Já a curva de retenção é um modelo matemático que relaciona o teor ou o conteúdo de água no solo com a força (tensão) com que ela está retida pelo mesmo. A avaliação da curva de retenção permite uma estimativa da disponibilidade de água no solo para as plantas, na profundidade de solo considerada.

A determinação da curva de retenção água do solo é de suma importância na área de irrigação e nos estudos de movimento de água no solo, pois fornece o teor de água ( $\theta$ ) em diferentes tensões ( $\Psi$ ), e vice-versa. Assim, propicia condições necessárias para a determinação do teor de água disponível no solo, do teor de água atual e de outras variáveis básicas à execução do manejo adequado da água de irrigação e à quantificação dos processos dinâmicos envolvendo o sistema solo-planta-atmosfera (COSTA 2008).

O manejo correto da irrigação também pode ser realizado com auxílio de equipamentos denominados tensiômetros que consiste de uma cápsula porosa ligada a um tubo que a conecta a um medidor de tensão (vacuômetro) que indica a força com que a água está retida no solo (MEDEIROS et al., 2013).

Segundo Coelho & Teixeira (2004), o princípio de funcionamento do tensiômetro baseia-se na formação do equilíbrio entre a solução do solo e a água contida no interior do aparelho. O equilíbrio ocorre quando a cápsula porosa entra em contato com o solo e a água do tensiômetro entra em contato com a água do solo. Caso a água do solo esteja sob tensão, ela exerce uma sucção sobre o instrumento, retirando água deste, fazendo com que a pressão interna diminua. Como o instrumento é vedado, ocorre a formação do vácuo; a leitura dessa pressão negativa fornece o potencial matricial da água no solo.

Embora apresente algumas limitações como qualquer instrumento, o tensiômetro tem sido utilizado de modo satisfatório na determinação da energia com que a água está retida pela matriz do solo (BAKKER et al., 2007). Segundo Moraes et al., (2006), o tensiômetro usado para medida do potencial mátrico na faixa de 0 a 0,085 MPa, mantém as suas características originais, sendo um instrumento bastante simples e com um custo relativamente baixo, quando comparado a instrumentos de medição indireta como o tensiometro.

## 2.3 ESTIMATIVAS DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO

### 2.3.1. Evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>)

Para determinar o quanto de água está sendo perdido por evaporação e transpiração, é necessária a utilização de métodos que permitam estimar essas perdas que serão repostas via água de irrigação, caso as chuvas não sejam suficientes. Essa perda global é denominada de evapotranspiração, que pode ser definida 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 (VESCOVE; TURCO, 2005).

A determinação da evapotranspiração pode ser feita por métodos diretos, como é o caso dos lisímetros, ou mesmo pelo método do balanço de água no solo. Além desses métodos, existem também os métodos padrões, que são utilizados para cálculo da necessidade hídrica, dentre estes se destaca o método de Penman - Monteith, parametrizado no boletim 56 da FAO (ALLEN et al., 2006), considerada a mais completa e precisa na estimativa da evapotranspiração de referência. Porém este necessita de muitos dados meteorológicos, que geralmente não estão disponíveis em qualquer propriedade, onde em muitas situações podem provocar dificuldades aos produtores rurais e pesquisadores que não possuem essas informações para a região, forçando-os a busca por outros métodos que não sejam dependentes de muitas variáveis, como alternativa para o planejamento do manejo de irrigação. Esse método tem sido largamente utilizado por diversos pesquisadores (LIMA et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2008; CUNHA et al., 2008).

Outro método indireto bastante utilizado é o do tanque classe A desenvolvido pelo Serviço Meteorológico Norte-Americano (U.S.W.B.) que vem sendo bastante utilizado, inclusive no Brasil, em virtude de seu custo ser relativamente baixo e de fácil manejo. O tanque é de pequena dimensão, com as paredes laterais expostas diretamente à radiação solar, e a água no tanque não oferece impedimento ao processo evaporativo, estando sempre disponível, mesmo durante os períodos secos. (PEREIRA et al., 2002). O método do Tanque Classe A recomendado pela FAO-56 apresenta facilidade no manejo e acuracidade nas medidas obtidas. Este trata-se de um método bastante simples, com custo baixo em relação aos equipamentos necessários para a estimativa da evapotranspiração de referência a partir de métodos combinados, este método é bastante difundido nas áreas irrigadas para estimativa da necessidade de irrigação das culturas.

### 2.3.2 Evapotranspiração da cultura (ETc)

A evapotranspiração da cultura (ETc) é um fator que deve ser levado em consideração quando se fala em irrigação, pois baseado nesta podemos otimizar o uso da água. A irrigação exige grande demanda de água e essa água não pode ser em excesso nem em escassez para não haver desperdício de água ou diminuição da produtividade causada pelo estresse hídrico. A evapotranspiração de referência (ETo), foi criada para facilitar a obtenção dos valores de ETc, pois para sua determinação direta faz-se necessário um grande número de parâmetros do solo, da planta, do clima ou mesmo de equipamentos sofisticados, o que limita a sua aplicabilidade (MENDONÇA et al., 2006).

A estimativa do consumo de água por uma superfície vegetada pode ser feita através da estimativa da ETc. Para fins de manejo de irrigação a ETc é comumente estimada pelo produto entre o coeficiente de cultura (Kc) e a ETo. O Kc pode ser determinado pela razão entre a evapotranspiração medida do cultivo (ETc) e a ETo e este representa o resumo das diferenças físicas e fisiológicas entre as várias culturas e o cultivo de referência (ALLEN et al., 2006).

Os valores de Kc variam com a cultura, com seu estágio de desenvolvimento. No entanto o Kc varia em função do índice de área foliar (IAF), em culturas com menor poder refletor e maior rugosidade aerodinâmica que o gramado de referência, o valor de Kc pode ser maior que 1 (PEREIRA et al., 1997). Valor maior ou igual a 1 significa que a cultura é mais eficiente na utilização da energia do ambiente do que o gramado de referência. Isso ocorre, normalmente, em função da altura da cultura, que resulta em maior interação aerodinâmica com a atmosfera (PEREIRA et al., 2002).

Segundo (ALLEN et al., 2006), as diferenças na evaporação e transpiração entre os cultivos e a grama de referência podem ser associadas a coeficiente simples de cultura (Kc) ou em um composto por dois coeficientes (Kc dual): um coeficiente basal de cultura (Kcb) e um coeficiente de evaporação da água no solo (Ke), sendo  $Kcb = Kc - Ke$ .

Pereira e Allen (1997) adotaram 0,15, 0,85 e 0,65 como valores para o Kcb nas fases inicial, intermediária e final do ciclo da cultura do melão cantaloupe.

### 2.3.3 Transpiração das plantas

Qualquer cultura durante seu ciclo de desenvolvimento consome um enorme volume de água, sendo que cerca de 98% deste volume apenas passa pela planta, perdendo-se,

posteriormente, na atmosfera pelo processo de transpiração. Este fluxo de água é, porém, necessário para o crescimento e desenvolvimento vegetativo, sendo que, para cada grama de nutriente absorvido do solo pela planta, centenas de gramas de água precisam ser absorvidas e, por este motivo, sua taxa deve ser mantida dentro dos limites ótimos para cada cultura (REICHARDT & TIMM 2004), portanto há uma necessidade de medir a evapotranspiração das plantas, daí surgiram vários métodos para a sua medição. Tais métodos consistem em medir ou estimar a quantidade de água necessária para a planta se desenvolver, sem haver excesso ou déficit de água.

A cultura do melão se caracteriza como uma cultura resistente ao déficit hídrico, sua elevada área foliar promove alta transpiração e consequentemente consumo hídrico elevado. Porém, quando submetida a condições de déficit hídrico ocorre um aumento na temperatura das folhas, devido ao fechamento dos estômatos, diminuindo assim a fotossíntese. Como consequência a cultura tende a ajustar a superfície foliar à disponibilidade hídrica, provocando diminuição no rendimento (RIBAS et al., 2000).

A transpiração é o principal elemento da evapotranspiração ao se trabalhar com irrigação localizada, em que a água é aplicada apenas em parte do solo. Grande parte dos estudos sobre medidas de transpiração de plantas se baseia em metodologias de fornecimento de calor no tronco. A estimativa da transpiração com base nessas metodologias 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 et al., 2002).

O método mais apropriado para medir transpiração no que se refere a indivíduo, podendo ser combinado com medidas de condutância estomática em nível foliar, é a utilização de sensores que medem o fluxo de seiva pelo xilema do caule (GRANIER 1987).

## 2.4 ESTIMATIVAS DO FLUXO DE SEIVA DAS PLANTAS

Nas últimas duas décadas, vêm sendo testadas algumas técnicas conhecidas como “métodos térmicos” que, apesar da complexidade envolvida, vêm demonstrando bons resultados para estimativas da transpiração de culturas. Esses métodos utilizam fornecimento de calor ao caule, atuando como “marcador” da seiva, o qual pode ser relacionado com a densidade de fluxo de seiva e, por consequência, com a transpiração (DELGADO-ROJAS et al., 2007). Esse método de medida só permite conhecer um dos componentes da evapotranspiração, a transpiração, mas permite acompanhar o funcionamento hídrico das

plantas no seu meio ambiente natural e em condições não perturbadas, durante períodos prolongados (dias a meses), ou seja, a determinação do fluxo de seiva é uma forma de quantificar a transpiração em plantas quando se trabalha em escala diária.

O processo da medida de fluxo de seiva avalia a transpiração de um conjunto de folhas (ramos) ou ate mesmo de uma planta inteira. Entre eles, o método denominado de “sonda de dissipação térmica” (SDT) ou sonda de Granier, proposto originalmente por GRANIER (1985), tem sido indicado para uso em lenhosas e vem sendo empregado por vários autores (GRANIER, 1987; HUBBARD et al., 2004; TATARINOV et al., 2005), demonstrando ser alternativa promissora na medida da transpiração em plantas arbóreas. A sonda de dissipação térmica (SDT) utiliza princípios físicos relativamente simples e pode ser aplicado diretamente no campo, sem alterar as condições fisiológicas e microclimáticas da planta. Comparado com os outros dois métodos térmicos, mais comumente usados, o de pulso de calor e do balanço de calor no caule, é o método mais simples quanto à instrumentação utilizada.

O método de Granier (sonda de dissipação térmica) consiste em fornecimento de calor, por meio de uma fonte regulável de energia elétrica e de potência constante no interior do caule, pelo uso de uma sonda que relaciona o transporte convectivo deste calor com o fluxo de seiva. Para isto são necessárias duas sondas com junção de termopar de cobre e constantan, verificando a diferença de temperatura do caule no ponto do aquecimento e outro abaixo, e assim obter uma temperatura diferencial, sendo esta dependente da velocidade de seiva (GRANIER, 1985; GRANIER, 1987). Em estudo realizado por Delgado-Rojas (2003), no período de um dia, a máxima diferença de temperatura entre os dois pontos de medida 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.

Uma grande vantagem desse método é a facilidade de confecção e instalação do sensor, quando comparado com os outros métodos térmicos. Essa técnica também é passível de erros de medida, sendo que, as sondas de dissipação térmica possuem as maiores fontes de erro e estão relacionadas à determinação da área da secção condutora de seiva, à distribuição espacial do fluxo no caule que exige a adequada instalação da sonda e à presença de gradientes térmicos naturais presentes no tronco.

Outro aspecto está ligado à área efetiva do xilema em que se refere á profundidade na qual a sonda é instalada. Clearwater et al. (1999) verificaram uma subestimativa de cerca de 50 % no fluxo de seiva quando a metade da sonda com comprimento de 0,02 m localizava-se fora do xilema condutor. Mais uma 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; GRANIER, 1987). 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. Portanto, 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, 2003).

Outra fonte de erro pode ser o valor da potência dissipada recomendada para o método. Delgado-Rojas et al. (2007), realizaram um estudo em Portugal, no caule de oliveira jovem 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. Afirmam ainda, que a estabilidade do valor da potência é mais importante do que a grandeza em si.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

Este trabalho foi realizado no período de agosto de 2012 a julho de 2013, em duas etapas, sendo a primeira etapa constituída da construção e calibração dos sensores fluxo de seiva por dissipação térmica (SFSD) utilizando-se de diferenças de temperaturas obtidas por termopares. Estes sensores são de pequena dimensão para serem utilizados em plantas de pequeno diâmetro como as olerícolas. Esta etapa foi realizada no Laboratório de Instrumentação e Manejo na Agricultura irrigada da Universidade Federal Rural do Semi-Árido- UFERSA. A segunda etapa constitui de um experimento realizado em casa de vegetação, localizado no, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas – DCAT, localizada nas coordenadas geográficas de 5.200895° de latitude Sul e 37.326221° de longitude Oeste e com altitude média de 18 m. O clima local é do tipo BSw<sup>h</sup> com base na classificação de Köppen e a média anual de precipitação é da ordem de 678 mm. As médias anuais de temperatura, insolação e umidade relativa são 27,4°C; 2360 horas anuais e 68,9%, respectivamente, (CARMO FILHO e OLIVEIRA, 1995).

#### 3.2 ETAPA I: CONSTRUÇÃO E CALIBRAÇÃO DOS SENSORES

Para construção das sondas de dissipação térmica foram utilizadas 2 agulhas hipodérmicas de tamanho 40 x 1,2 mm, sendo, as mesmas cortadas, com auxílio de um esmeril, no comprimento desejado de 1 cm, correspondente ao raio médio dos caules dos meloeiros avaliados.

No interior de cada agulha foi inserida a junção de dois fios um de cobre e um de constantan (Termopar tipo T), com 0,07 mm de diâmetro 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 inserido pasta térmica para uniformizar o calor em volta da sonda que se encontra dentro da agulha.

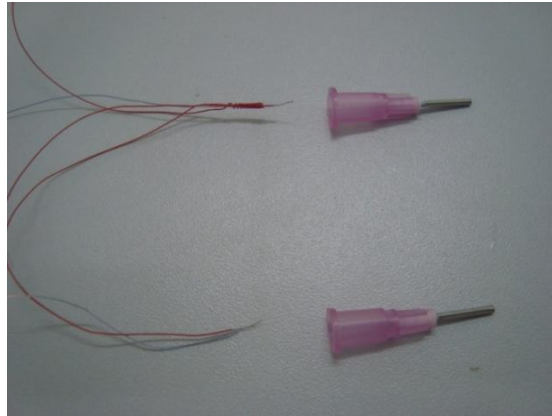


Figura 1. Ligação dos termopares em série com a resistência até as agulhas hipodérmicas, Mossoró – RN, 2013.

Foram construídos 15 sensores de fluxo de seiva por dissipação térmica (SFSD), sendo 3 sensores idênticos para cada potência dissipada, que constituíram as três repetições, onde foram usados 5 diferentes tamanhos de fios dissipadores, 12, 15, 18, 21 e 24 cm, que proporcionam resistências de 13,17; 16,47; 19,76; 23,07 e 26,35 ohm, respectivamente. Todos os sensores de dissipação térmica foram instalados em plantas cultivadas na casa de vegetação. Posteriormente confeccionou-se o cabo que liga os sensores ao sistema de aquisição de dados e a fonte de corrente, para isto foi utilizado um termo-contrátil com 10 cm de comprimento e 3 mm de diâmetro utilizado para recobrir as bases das agulhas. Foi utilizado um cabo emborrachado de 4 vias, o qual foi desencapado em suas extremidades e unidos aos fios de cobre e constantan utilizados para construção das sondas. Em seguida revestiu-se todas as ligações (soldagem) dos cabos, para isso, utilizou-se cerca de 2 cm de termocontrátil de 1 mm de diâmetro. Nestas operações foi necessário aplicar ar quente fornecido por um soprador térmico.

Para cada sensor de dissipação térmica foi construído um regulador de corrente (Figura 2) totalizando 15 reguladores, os quais foram ligados a fontes de energia de 10,77 volts. Os reguladores têm como objetivo manter a corrente e a potência dissipada constante, mesmo com a variação da tensão em torno dos 10,77 volts na fonte de energia, fazendo com que a saída de tensão para os sensores SFSD seja regulável.

Com base no resultados da equação da 1ª lei de Ohm (equação 1) e da resistência do circuito, foi calculado a corrente que deveria ser ajustada no circuito. Tal ajuste foi realizado através de um potenciômetro de 1 k $\Omega$  e um multímetro digital conectado em série ao circuito, na função medida de amperagem.

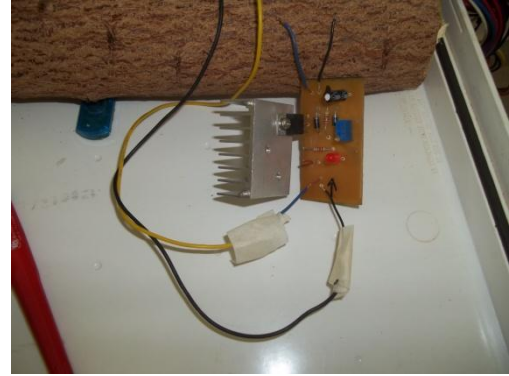
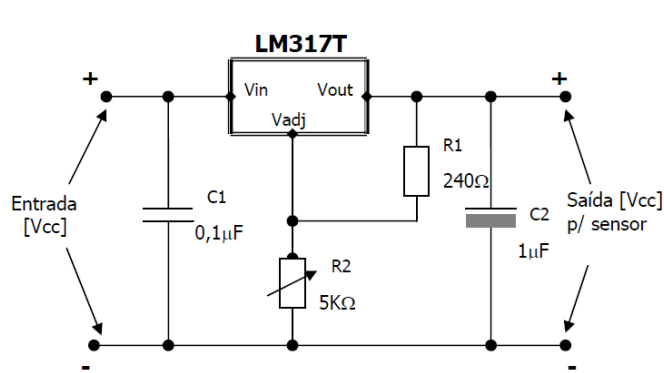


Figura 2. Esquema do circuito eletrônico do regulador ajustável de tensão contínua e foto do regulador construído em fase de teste, Mossoró – RN, 2013.

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} \quad (1)$$

Em que:

$I$  = corrente dada em Ampere (A);

$P$  = potência dada em Watts (W);

$R$  = resistência dada em Ohm ( $\Omega$ ).

Ainda com auxílio de um multímetro foram feitas as leituras de resistências, sendo que, a fonte de alimentação dos circuitos de corrente constante dos sensores era uma fonte regulada de 10,77 Volts, retiradas de computadores de mesa, ligada na rede elétrica local.

Antes da instalação nas plantas os sensores foram calibrados em laboratório, procedimento em que foram inseridos em meio isotérmico (isopor) mantidos na mesma altura do solo e ligados ao sistema de aquisição de dados para registrar as leituras a fim de verificar a existência de variabilidade entre os sensores, e, realizados os ajustes necessários para uniformização da potência dissipada em 1,252 volts.

O sensor montado para este experimento sofreu algumas modificações daquele proposto por Granier (1985) uma vez que todo o conjunto (termopar + resistência) foi inserido no interior da agulha e com isto, o sensor se tornou mais compacto, mais resistente ao manuseio de inserção e remoção na planta, sem causar danos aos elementos do circuito, possibilitando a reutilização dos sensores.

### 3.3 OBTENÇÃO DAS EQUAÇÕES PARA DETERMINAÇÃO DO FLUXO DE SEIVA POR DIFERENÇAS DE TEMPERATURA

Para a determinação da equação que relaciona o fluxo de seiva da planta e as diferenças de temperatura realizadas pelo SFSD foi utilizada uma bomba de calibração de manômetro (Figura 3A). Esta determinação foi realizada em laboratório usando uma seção do caule com cerca de 10 cm, onde após o corte do caule, este foi acoplado a uma mangueira ligado a bomba de calibração, sendo o diâmetro do caule utilizado inferior ao da mangueira para permitir uma perfeita vedação. Desta forma, a água era forçada a passar pela seção do tronco e coletada na outra extremidade do caule com o auxílio de um reservatório (proveta calibrada em 0,2 mL) fazendo-se assim, a medida do volume por tempo cronometrado, contabilizando o fluxo (Figura 3B). Ao mesmo tempo foram realizadas as leituras da diferença de temperatura na sonda SFSD e registradas por um datalogger modelo CR23X da Campbell Scientific Inc. Foram aplicadas as pressões de 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; e 1,0 MPa para a determinação dos fluxos coletados neste teste, em todos os sensores construídos para cada tratamento.

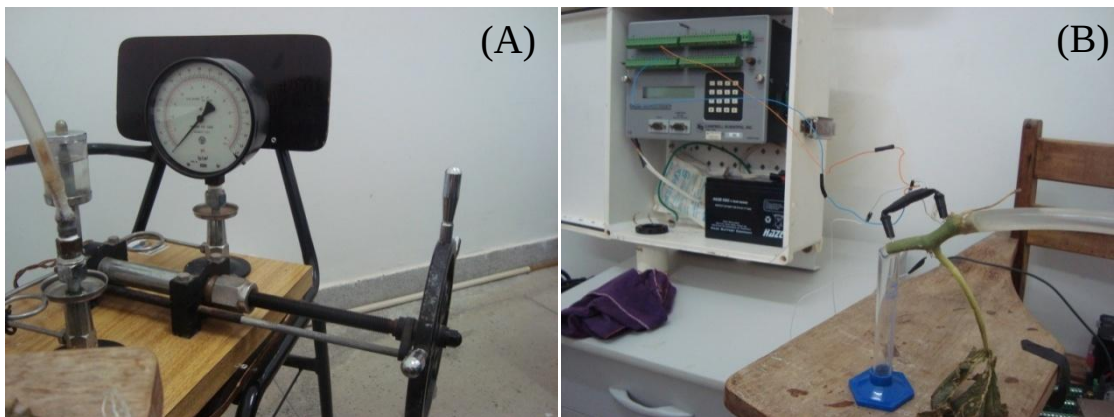


Figura 3. Bomba de calibração de manômetro utilizada para simulação do fluxo de seiva (A), água coletada em proveta e leituras das diferenças de temperatura entre as sondas sendo registrada por um datalogger (B), Mossoró – RN, 2013.

Esse teste foi realizado com 3 repetições. No procedimento de determinação da equação, o sensor foi inserido no caule com a sonda aquecida após a sonda de referência (não aquecida), espaçadas 5 cm entre si, para medir a diferença de temperatura entre as sondas que variava com a taxa do fluxo forçado de água. As pressões aplicadas mantinham-se constante

por 3 minutos e 17 segundos. Para se obter a máxima diferença de temperatura entre os sensores, geralmente, quando o fluxo é zero, a bomba de calibração não era acionada.

O sensor SFSD foi instalado de tal forma que a inserção perpendicular no tronco das duas agulhas do sensor deveriam estar distanciadas entre si de 5 cm, na mesma linha vertical do tronco. A sonda superior era aquecida de forma constante com fornecimento de potência elétrica por meio do regulador de tensão, em que o mesmo uniformizava a potência dissipada em 1,252 volts e era ligado a uma fonte regulável de 12 volts ligada a uma rede de energia elétrica (Figura 4).

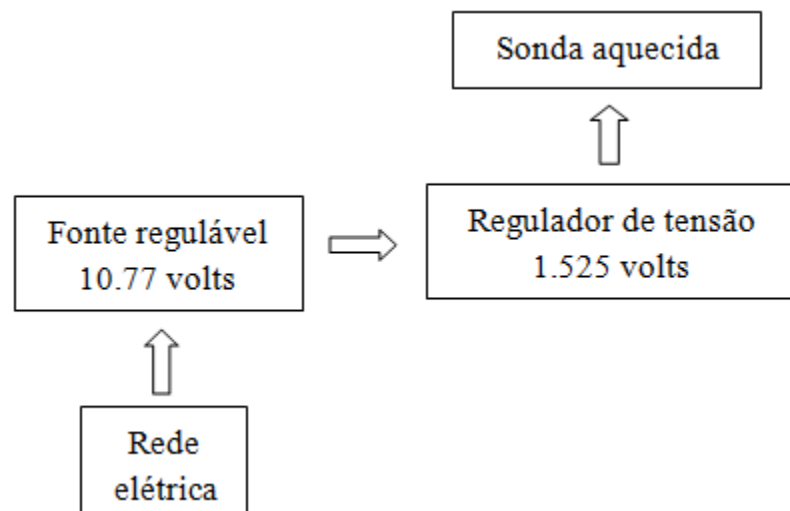


Figura 4. Esquema do sistema de aquecimento do sensor de dissipação térmica.

Observa-se na Figura 5 um esquema da instalação sondas SFSD num caule de planta, que mostra o termopar aquecido e não aquecido.

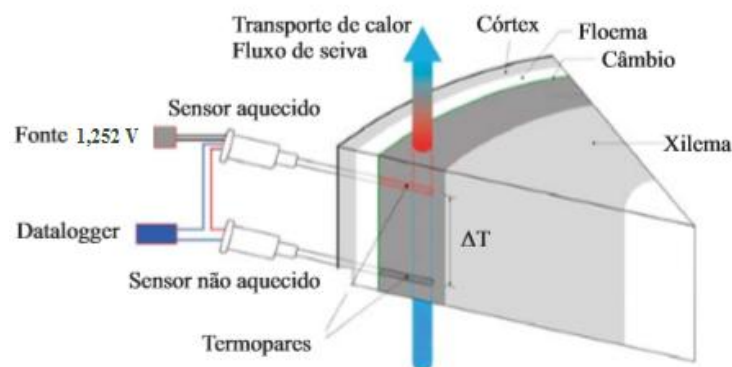


Figura 5. Esquema do sensor de dissipação térmica inserido perpendicularmente no caule de uma planta.



manual de métodos de análises de solos da EMBRAPA (1997), utilizando o método da pipeta, sendo, as características físicas do solo são apresentadas na (Tabela 1).

Tabela1. Análise granulométrica do solo utilizado no experimento, Mossoró - RN

| Profundidade (cm) | Argila (%) | Silte (%) | Areia (%) |        |      |
|-------------------|------------|-----------|-----------|--------|------|
|                   |            |           | Total     | Grossa | Fina |
| 0-20              | 34         | 8         | 58        | 38     | 20   |

O solo foi coletado em uma propriedade pertencente ao município de Baraúnas – RN, peneirado em peneira de 2mm. Em sequência os vasos foram preenchidos, sendo dividido o volume ocupado pelo vaso em 4 camadas para, após inserção de cada camada do solo, atingir a densidade de  $1,3 \text{ g.cm}^{-3}$ , em seguida era colocada uma outra camada, de modo que a borda do vaso ficou 5 cm acima do nível do solo.

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. A determinação da capacidade de campo foi realizada logo após o preenchimento dos vasos, sendo separado um vaso para o teste, no centro deste foi instalado um tensiômetro a 12,5 cm de profundidade e o solo contido no vaso foi totalmente saturado, logo em seguida, foi realizada por meio de tensímetro digital a primeira leitura da tensão, e as demais com 4, 6, 12, 12, 24, 24, 48 e 48 horas, com esses dados de tensão foi determinada a capacidade de campo quando ocorreu uma diminuição das diferenças de umidade considerada mínima ao longo dos tempos, que se deram dois dias após o vaso para de drenar.

### 3.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E MONTAGEM DO EXPERIMENTO

Para inserir cada sensor no tronco, o caule da planta foi perfurado até o centro no sentido transversal ao tronco, a 0,5 cm do solo e o segundo furo a 5 cm de forma sequencial no caule. O experimento foi instalado em 11/06/2013 com a inserção dos sensores nas plantas selecionadas, sendo contabilizado o fluxo a partir do dia 12/06/2013, quando as plantas de melão se encontravam na fase fenológica III de desenvolvimento.

A área efetiva de fluxo de seiva foi adotada como a área de toda a seção reta do tronco. Segundo Delgado-Rojas (2003), o valor de  $T_{\text{máx}}$  pode sofrer variações, possivelmente devido às propriedades térmicas do xilema, portanto, este valor foi calculado a cada período de 10 minutos e assim obtendo-se o fluxo de seiva equivalente a este período. Numa escala temporal

diária e em ausência de stress 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).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizado constituído por cinco tratamentos e três repetições, totalizando 15 plantas avaliadas com sensores construídos por cinco diferentes tamanhos de fios dissipadores, sendo realizado sorteio para escolha dos tratamentos, obedecendo a seguinte ordem: Tratamento 1 (T1) dissipador de 12 cm; Tratamento 2 (T2) dissipador de 15 cm; Tratamento 3 (T3) dissipador de 18 cm; Tratamento 4 (T4) 21 cm e Tratamento 5 (T5) 24cm. Os dados foram analisados por análise de variância, utilizando-se o software R, onde as médias entre os tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância.

### 3.6 ISOLAMENTO TÉRMICO DO CAULE E TRATOS CULTURAIS

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, foram estabelecidas condições de isolamento térmico para instalação do sensor, com o uso de papel alumínio, conforme Figura 7.



Figura 7. Isolamento térmico após instalação dos sensores, com o uso de papel alumínio, Mossoró – RN, 2013.

O cultivo foi realizado utilizando espaldadeiras verticais de 1,5 m de altura, com quatro fios fitilho, presos e esticados por mourões espaçados de 1,0 m, para cada linha de plantio. As plantas foram tutoradas na vertical, presas por fitilhos instalados transversalmente aos fitilhos verticais, 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 foram manuais e realizadas quando necessário.

### 3.7 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 superior cortada e fixada em mourões a uma altura de 60 cm e ligadas até o vaso por meio de espaguete (microtubos) conectados a furos no centro da tampa da garrafa (Figura 8A). A irrigação foi determinada com base no monitoramento da umidade do solo através do uso de tensiômetros instalados em cada vaso de planta. Os orifícios no solo para instalação dos tensiômetros foram feitos com trado de rosca. Antes da inserção no solo foi feita uma pasta com água e solo e colocando-se uma pequena porção no final do orifício, esse procedimento visa melhorar o contato da cápsula com o solo. Foram instalados tensiômetros em todos os tratamentos e repetições na profundidade de 0,12 m, correspondendo à metade da camada de solo existente em cada vaso, totalizando 15 tensiômetros. A leitura dos tensiômetros foi realizada pelo uso de tensímetro digital (Figura 8B).

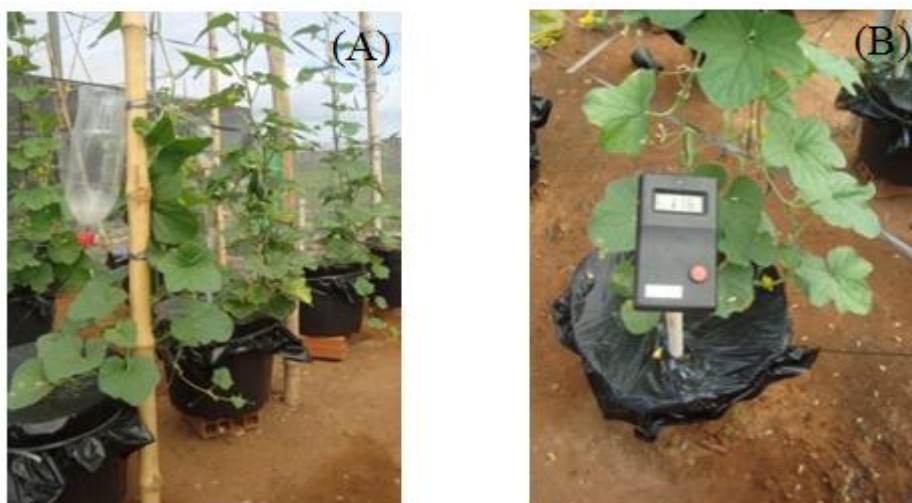


Figura 8. Sistema alternativo de irrigação (A) e tensímetro digital (B), Mossoró – RN, 2013.

Foi realizada análise química do solo, segundo metodologia descrita pela (EMBRAPA, 1997), (Tabela 2).

Tabela 2. Atributos químicos do solo utilizado no experimento, Mossoró - RN

| Prof.<br>(cm) | pH   | P<br>(mg.dm <sup>-3</sup> ) | K+                     | Na+  | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Al <sup>3+</sup> | SB   | t    | CTC | V   | m   | PST |
|---------------|------|-----------------------------|------------------------|------|------------------|------------------|------------------|------|------|-----|-----|-----|-----|
|               |      |                             | cmolc.dm <sup>-3</sup> |      |                  |                  |                  |      |      |     |     | %   |     |
| 0-20          | 7,66 | 13,8 <sup>ma</sup>          | 0,55 <sup>ma</sup>     | 0,63 | 5,56             | 1,00             | 0,00             | 7,42 | 7,42 | 100 | 100 | 0,0 | 4,1 |

\* Interpretação de análise do solo: ma - muito alto.

Também foi obtida através da câmara de pressão (Extrator de Richards) à curva característica do solo para a determinação das umidades do solo em função da tensão a cada irrigação, onde foram coletadas amostras de solo deformadas.

A fertirrigação foi realizada em dias alternados com fontes de fosfato de potássio, nitrato de potássio, nitrato de cálcio, sulfato de magnésio, cloreto de potássio e ferro, sendo aplicados 340,23; 252,5; 410,2; 616,18; 186,38; 73,75 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

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 referencia (ET<sub>o</sub>), 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 CR23X, com amostragem de leituras a cada 5 segundos e médias armazenadas a cada 10 minutos.

### 3.8 ÁREA FOLIAR

A área foliar (AFem m<sup>2</sup>) das plantas foi determinada no final do experimento pelo método dos discos foliares, utilizando-se 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, de área conhecida, foram colocados em estufa com circulação de ar a 65 °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 2, metodologia utilizada por Rodrigues (2010).

$$AF = \frac{(MSF \cdot AD)}{MSD} \quad (2)$$

### 3.9 ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO

A estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) determinada através dos dados meteorológicos obtidos na estação meteorológica automática instalada dentro da casa de vegetação. Para o cálculo da ET<sub>o</sub> foi utilizado o modelo de Penman-Monteith, parametrizado por Allen et al. (2006), descrito de acordo com a equação 3.

$$ET_o = \frac{0,408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T + 273} \cdot u_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot u_2)} \quad (3)$$

\* Os autores do método recomendam considerar G nulo quando não se tem medidas de fluxo de calor no solo.

Em que:

ET<sub>o</sub> = evapotranspiração de referência (mm.dia<sup>-1</sup>);

R<sub>n</sub> = radiação líquida na superfície da grama (MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>);

G = fluxo de calor do solo\* (MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>);

T = temperatura média do ar (°C);

e<sub>s</sub> = pressão de saturação de vapor (kPa);

e<sub>a</sub> = pressão atual de vapor (kPa);

γ = constante psicrométrica (kPa.°C<sup>-1</sup>);

u<sub>2</sub> = média horária da velocidade do vento (m.s<sup>-1</sup>);

Δ = declividade da curva de pressão de vapor (kPa.°C<sup>-1</sup>).

Com relação à evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) utilizou-se de informações climáticas como a própria ET<sub>o</sub>, conjuntamente com as características fisiológicas e

morfológicas da cultura, representadas pelo seu coeficiente de cultivo ( $K_c$ ). Os coeficientes de cultura recomendados no Boletim 56 da FAO (ALLEN et al., 2006) para a cultura do melão cantaloupe são: 0,15; 0,85 e 0,7 para as fases inicial, intermediária e final do seu ciclo cultural, respectivamente. Como no presente trabalho se fez a cobertura do solo no vaso com plástico escuro, com o objetivo de retirar a evaporação e contabilizar apenas transpiração, o cálculo da  $ET_c$  pelo método da FAO foi ajustado para se ter apenas a transpiração da planta, isto é, se retirou do procedimento de cálculo o fator “ $K_e$ ” (coeficiente de evaporação) afim de retirar do cálculo as saídas de lâmina de água oriundas da evaporação do solo.

Também neste trabalho, foi realizado como é recomendado pelo FAO (ALLEN et al., 2006), o ajuste das fases fenológicas I (inicial), II (crescimento), III (intermediária) e IV (final) para a cultura a ser estimada, determinou-se os períodos de até 33 DAS, de 34 a 60 DAS, de 60 a 83 DAS e de 84 a 100 DAS, respectivamente. O período de cultivo foi alongado devido ao pequeno diâmetro de caule que este híbrido de melão tem como característica, fazendo com que o manejo das irrigações e fertirrigações adequadas atrasassem o ciclo cultural, afim de que a planta alcançasse um diâmetro de caule em torno dos 1,13 cm necessários a inserção dos sensores SFSD. Observamos que aproximadamente 70 DAS o diâmetro do caule chegou próximo ao valor requerido, no qual foram instalados os sensores.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ETAPA I: SENSOR DE FLUXO DE SEIVA POR DISSIPACÃO TÉRMICA (SFSD) CONSTRUÍDO

Na Figura 9 pode-se observar o SFSD construído, onde verificou-se que o SFSD construído ficou bastante compacto, rígido e com dimensões que facilitaram seu uso em plantas herbáceas. Na identificação dos fios dos termopares o de constantan utilizado para fornecer a resistência elétrica foi destacado por cores diferentes para cada par de fios. Apesar da robustez do sensor vale ressaltar que ao instalar o SFSD 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.



Figura9. Sensor de fluxo de seiva por dissipação térmica (SFSD), Mossoró – RN, 2013.

### 4.2 EQUAÇÕES DE FLUXO DE SEIVA POR DISSIPACÃO TÉRMICA

Usando-se as curvas obtidas pela densidade de fluxo de seiva versus as diferentes temperaturas representadas pelo constante térmica “K”, foram obtidas equações por regressão, pelo procedimento recomendado por Granier (1985). De posse dos valores de diâmetro dos caules utilizados durante a calibração, pôde-se utilizar o fluxo de seiva “FS”, resultando nas equações 4, 5, 6, 7 e 8 para os sensores construídos com as resistências de 13,2; 16,5; 19,8;

23,0 e 26,4 ohm, respectivamente, isto é, para cada tratamento utilizado no experimento realizado na casa de vegetação.

$$FS = 0,06914 \cdot K^{2,0792} \cdot AS \quad (4)$$

$$FS = 0,08849 \cdot K^{2,1038} \cdot AS \quad (5)$$

$$FS = 0,11468 \cdot K^{2,1289} \cdot AS \quad (6)$$

$$FS = 0,15070 \cdot K^{2,1548} \cdot AS \quad (7)$$

$$FS = 0,20112 \cdot K^{2,1181} \cdot AS \quad (8)$$

Em que:

FS = Fluxo de seiva,  $m^3 s^{-1}$ ;

K = Constante adimensional que relaciona as diferenças de temperatura;

AS = Área efetiva do xilema,  $m^2$ .

Verificou - se com as equações obtidas para cada sensor que existe relação direta entre o fluxo de seiva e diferenças de temperatura do SFSD. As diferenças máximas de temperatura foram observadas com o sensor construído de menor resistência térmica. Os coeficientes das equações foram maiores que aqueles determinados por Granier (1985) avaliando a cultura do pinheiro preto, devido principalmente as dimensões dos sensores construídos e a planta por ser herbácea.

### 4.3 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DENTRO DA CASA DE VEGETAÇÃO

#### 4.3.1 Temperatura do ar e umidade relativa

A variação da temperatura média, máxima e mínima e da umidade relativa do ar média medidas a partir da terceira fase fonológica do ciclo do meloeiro é apresentada na Figura 10.

Observa-se que a temperatura do ar media diária variou de 26,22 a 29,99 °C, estando na faixa considerada ótima para o desenvolvimento da cultura do meloeiro segundo Crisóstomoset al. (2002), quando descrevem que a temperatura, tanto do ar quanto do solo, influencia desde a germinação das sementes até a qualidade final do fruto e a faixa ótima de varia de 20 a 30°C. Já a umidade relativa media diária variou de 57,07 a 81,90% e obteve média de 67,57% durante todo o ciclo da cultura.

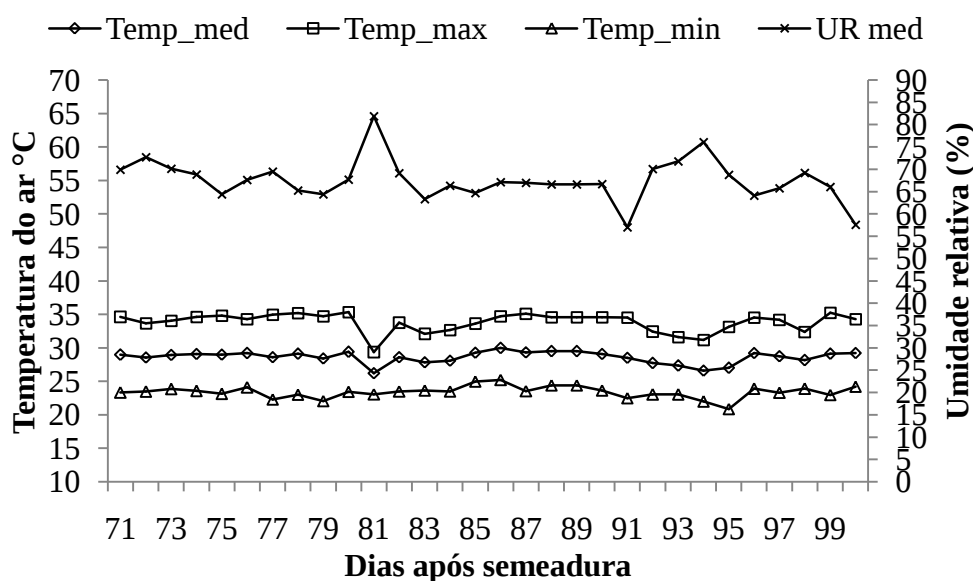


Figura 10. Temperaturas do ar médias, máximas e mínimas, e, umidade relativa do ar média, medidas a partir da terceira fase do ciclo do meloeiro, Mossoró – RN, 2013.

Ainda na Figura 9, verificou-se que a umidade relativa do ar media é inversamente proporcional à temperatura do ar, como era esperado, no interior de ambientes protegido. Porém, de acordo com Buriolet al. (2000), a umidade relativa diminui nas horas em que a temperatura do ar encontra-se elevada, atingindo, muitas vezes, valores inferiores aos verificados no exterior de ambientes protegidos. Essa variação da umidade relativa do ar (UR) em interior de ambientes protegidos depende, principalmente, da temperatura do ar e da ventilação, sendo que, a baixa umidade ocorre devido à falta de entradas de ar provocando um maior acúmulo de calor dentro da casa de vegetação.

Os resultados encontrados neste estudo estão próximos aos encontrados por Vásquez et al. (2005) trabalhando com a cultura do melão em Piracicaba-SP, que encontraram como valores médios da umidade do ar interna e externa ao ambiente protegido 71,17 e 74,25%, respectivamente. O autor explica que essa diferença já era esperada devido à interrupção do processo convectivo pela cobertura plástica, que impede a passagem do ar quente para o exterior; além disso, deve-se considerar o menor volume de ar a ser aquecido.

#### 4.3.2 Radiação solar global, evapotranspiração de referência e velocidade do vento

A variação da radiação solar global ( $R_g$ ) medida no interior do ambiente protegido ao longo do período experimental é apresentada na Figura 11. Durante esse período, a  $R_g$  variou

de 7,32 a 14,64 MJm<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>, com média de 12,28 MJm<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>, valores próximos aos encontrados por Vásquez (2005) cultivando em estufa o mesmo híbrido de melão em Piracicaba - SP, onde encontrou radiação solar global interna (RgI) com média de 14,27 MJm<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>, enquanto para a radiação solar global externa (RgE) foi de 19,51 MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>. Segundo Beckmann et al. (2006) a radiação solar global no interior da estufa é menor do que a céu aberto (exterior). Portanto, esta variável pode ter sido influenciada devido o efeito redutor exercido pela cobertura plástica sobre a radiação solar global, que tem capacidade de absorver e refletir a radiação incidente. Já a velocidade do vento média diária (Vel\_Vent) aos 73 DAS (Figura 10) apresentou o menor valor (0,25 m.s<sup>-1</sup>) e o maior valor aos 76 DAS (0,81 m.s<sup>-1</sup>) e média de 0,37 m.s<sup>-1</sup>, como já era esperado, em que a velocidade do vento seria mais baixo devido o efeito do ambiente protegido com os maiores valores durante o dia e os menores durante a noite e a madrugada.

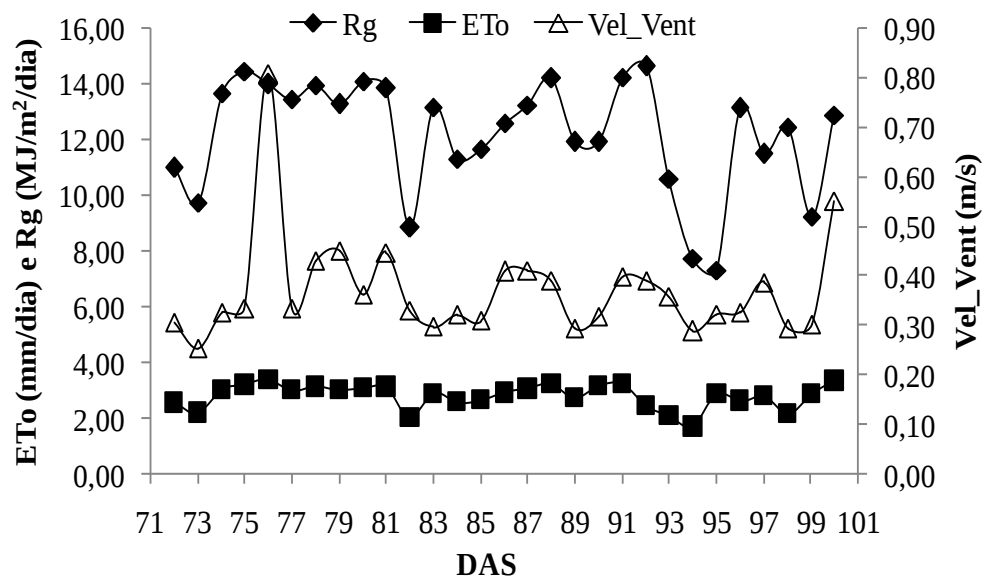


Figura 11. Valores diários de Radiação global (Rg), evapotranspiração de referência (ETo) e velocidade do vento (Vel\_Vent) observados durante o período experimental, Mossoró –RN, 2013.

Ainda na Figura 11 observa-se que a evapotranspiração de referência apresentou maior valor aos 76 DAS (8,30MJm<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>) e menor aos 94 DAS (4,18 MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>) e média de 6,87 MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>. Nesse caso da ETo, observa - se que houve interferência da radiação solar global e da velocidade do vento, pois estes são os dois fatores que mais influenciam na ETo. Dessa forma, a elevação da radiação contribuiu principalmente para o processo de

evapotranspiração, pois como a superfície do solo estava sempre umedecida os processos de aquecimento do solo e do ar podem ser desprezados (FIGUEIRÊDO, 2008).

A Figura 12 exibe os valores diários da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) e da cultura (ET<sub>c</sub>) em mm.dia<sup>-1</sup> do meloeiro estimada pelo método da FAO (ALLEN et al., 2006). O calculo da ET<sub>c</sub> realizado pelo método da FAO, teve um ajuste quando se desconsiderou os efeitos da evaporação do solo, regidos pelo coeficiente de evaporação (K<sub>e</sub>), uma vez que se fez a cobertura dos vasos com plástico neste experimento. Os valores de evapotranspiração da cultura variaram de 2,44 a 0,83 mm.dia<sup>-1</sup>, sendo que, os níveis mais elevados ocorreram entre os 72 e 83 DAS, período compreendido como desenvolvimento dos frutos e área foliar máxima, isto é, fase fenológica III, resultado esse semelhante ao encontrado por Miranda e Bleicher (2001) em experimento conduzido na Região Litorânea do Ceará, no Município de Paraipaba, CE. O consumo médio de água durante a condução da cultura de aproximadamente 1,72 mm.dia<sup>-1</sup>.

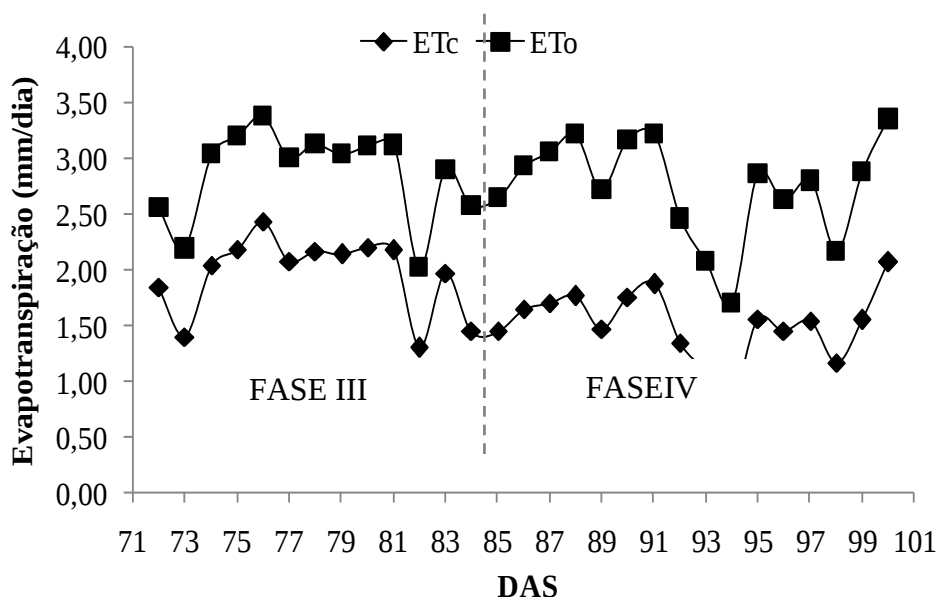


Figura 12. Variação da evapotranspiração de referência e da cultura do meloeiro no período do experimento, Mossoró – RN, 2013.

#### 4.4 POTENCIAL MÁTRICO DE ÁGUA NO SOLO

Na Figura 13 são apresentadas as médias do potencial matricial ao longo das fases fenológicas III e IV da cultura do meloeiro cantaloupe. Houve variação com valores entre os 50 e 270 cm.c.a. Para os tratamentos T1, T3 e T5 a tensão de água no solo variou de 198,33 a

90,67, de 182,00 a 85,00, e de 154,33 a 84,67, respectivamente. Com relação à variação do potencial matricial para os tratamentos T2 e T4, pode-se observar que as tensões apresentaram – se maiores do que nos demais tratamentos, o que pode influenciar tal fato é o tamanho da área foliar das plantas correspondente a cada tratamento pois quanto maior a área foliar, maior será a quantidade de água consumida pela planta. Ainda em relação ao potencial matricial os maiores valores ocorreram durante a fase III (fase de frutificação e florescimento) a partir dos 75 DAS até os 85 DAS, comprovando - se que a maior demanda de água requerida pela cultura ocorreu durante estas fases. Os resultados corroboraram com Dias (2008) em estudo realizado no município de piracicaba - SP.

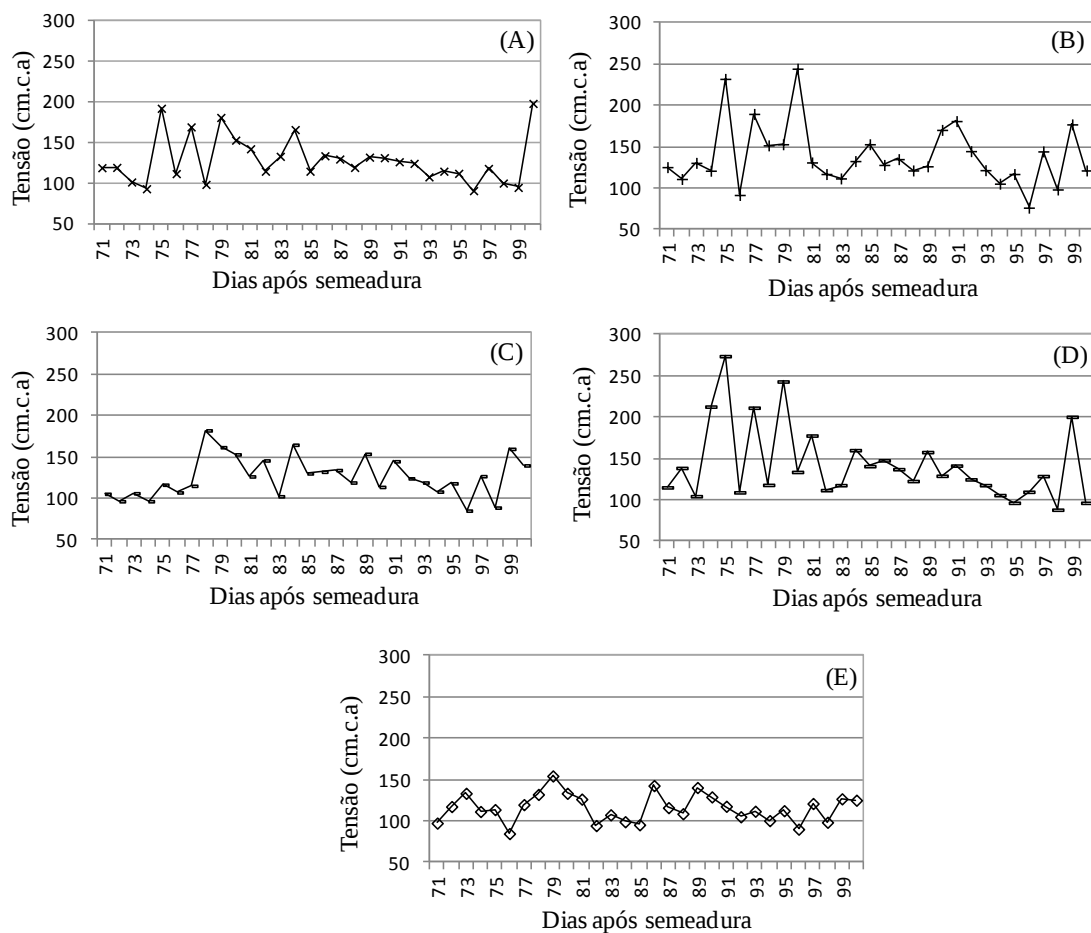


Figura 13. Potencial matricial ao longo das fases fonológicas III e IV da cultura do meloeiro cantaloupe na profundidade de 12,5 cm, para os tratamentos T1 (A), T2 (B), T3 (C), T4 (D) e T5 (E), Mossoró – RN, 2013.

#### 4.5 IRRIGAÇÃO DA CULTURA DO MELOEIRO

Os volumes de água total aplicados durante o ciclo da cultura do meloeiro estão apresentados na Tabela 3. Observou-se que houve variação de 34,851 a 13,756 litros (L) apresentando maior volume médio no tratamento 2 (27,059,3 L) e menor volume médio no tratamento 5 (18,089,7 L), isto porque, foram aplicadas lâminas diferentes para cada planta. Cabe selecionar que a determinação da aplicação das lâminas de irrigação foi realizada pela tensão de água no solo medida através de tensiômetros.

Tabela 3. Volumes de água total aplicado na irrigação no ciclo fenológico do meloeiro em ambiente protegido, Mossoró – RN, 2013

| REPETIÇÕES   | VOLUMES APLICADOS (L) |
|--------------|-----------------------|
| Tratamento 1 |                       |
| R1           | 16.094                |
| R2           | 29.305                |
| R3           | 24.290                |
| <b>Média</b> | <b>23.229,7</b>       |
| Tratamento 2 |                       |
| R1           | 29.702                |
| R2           | 32.348                |
| R3           | 19.128                |
| <b>Média</b> | <b>27.059,3</b>       |
| Tratamento 3 |                       |
| R1           | 23.315                |
| R2           | 19.904                |
| R3           | 27.838                |
| <b>Média</b> | <b>23.685,7</b>       |
| Tratamento 4 |                       |
| R1           | 20.766                |
| R2           | 34.851                |
| R3           | 21.401                |
| <b>Média</b> | <b>25.672,7</b>       |
| Tratamento 5 |                       |
| R1           | 13.756                |
| R2           | 22.580                |
| R3           | 17.933                |
| <b>Média</b> | <b>18.089,7</b>       |

## 4.6 CARACTERÍSTICAS DAS PLANTAS

### 4.6.1 Área foliar e diâmetro do caule

Observa-se na tabela 4 que a área foliar total de cada planta ao final do experimento teve variação de 1,282 a 0,653 m<sup>2</sup> entre os tratamentos, sendo que, as plantas que obtiveram maior área foliar foram as do tratamento 1 e as do tratamento 3 foram as que apresentaram menor área foliar com média de 0,940 e 0,847 m<sup>2</sup>, respectivamente. Tal fato pode ser explicado devido às plantas estarem situadas nas duas linhas localizadas no centro da casa de vegetação, no entanto, as plantas tiveram menos contato com a radiação solar devido à proteção das linhas laterais. Neste caso observa-se uma influência da radiação solar na variação da área foliar, que proporcionou maior desenvolvimento da mesma. Estes resultados corroboram com os de Seixas (2009) quando desenvolveu seu estudo no município de Santo Antônio do Leverger, estado de Mato Grosso e encontrou os maiores valores de área foliar total variando de 0,534 a 8,181 m<sup>2</sup>.

Já o decréscimo da área foliar ao final do ciclo da cultura foi atribuído a elevada infestação de doenças e pragas antes da colheita, mais especificamente o míldio e pulgão que reduziu demasiadamente a área foliar. Tais resultados também foram observados por Figueiredo (2008) em estudo conduzido no município de Mossoró – RN.

Tabela 4. Área foliar total e diâmetro do caule de plantas de melão cultivadas em vasos no período Experimental, Mossoró – RN, 2013

| Repetições   | Área foliar(m <sup>2</sup> ) | Diâmetro do Caule(cm) |
|--------------|------------------------------|-----------------------|
| Tratamento 1 |                              |                       |
| R1           | 0.653                        | 0.8                   |
| R2           | 1.176                        | 0.88                  |
| R3           | 0.990                        | 0.85                  |
| <b>Média</b> | <b>0.940</b>                 | <b>0.843</b>          |
| Tratamento 2 |                              |                       |
| R1           | 1.162                        | 0.89                  |
| R2           | 0.726                        | 0.92                  |
| R3           | 0.881                        | 0.86                  |
| <b>Média</b> | <b>0.923</b>                 | <b>0.890</b>          |
| Tratamento 3 |                              |                       |
| R1           | 0.746                        | 0.87                  |
| R2           | 0.847                        | 0.9                   |

|              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|
| R3           | 0.947        | 0.97         |
| <b>Média</b> | <b>0.847</b> | <b>0.913</b> |
| Tratamento 4 |              |              |
| R1           | 1.099        | 0.86         |
| R2           | 1.104        | 0.93         |
| R3           | 0.746        | 0.9          |
| <b>Média</b> | <b>0.983</b> | <b>0.897</b> |
| Tratamento 5 |              |              |
| R1           | 0.688        | 0.8          |
| R2           | 1.282        | 0.98         |
| R3           | 0.799        | 0.78         |
| <b>Média</b> | <b>0.923</b> | <b>0.853</b> |

Na Tabela 4, também, podem ser observados os valores de diâmetro do caule aos 65 DAS onde, as médias desses valores variam de tratamento para tratamento em torno de 0,8 a 0,98 cm, apresentando menor valor médio no tratamento 1 (0.843 cm). E maior valor médio no tratamento 3 (0,913 cm), neste caso o diâmetro do caule pode ter sido afetado pelo efeito da fertirrigação com as diferentes lâminas de irrigação aplicada durante o experimento.

#### 4.7 MEDIDAS DE FLUXO SEIVA PELO MÉTODO DE DISSIPAÇÃO TÉRMICA

Os maiores valores de temperatura obtidos neste estudo apresentaram média de 29,5°C no tratamento 1 e 28,1 °C nos tratamentos 2 e 3 (Figura 15). As elevadas diferenças de temperaturas conseguidas nesse estudo são atribuídas principalmente às alterações da construção dos sensores, que são diferentes do sensor original do método de Granier. Pimentel (2008) trabalhando com a estimativa da transpiração dos cafeeiros utilizando sensores de dissipação térmica obteve variação de temperatura entre extremidades de no máximo 25,5 °C. Já Karasawa (2006), avaliando a cultivar Obatã IAC 1669-20 com 3 anos e utilizando o método de Granier obteve diferença de até 10°C entre sensores.

Na Figura 14 verifica-se a variação da diferença de temperatura entre as sonda (SFSD), onde à medida que inicia o dia a diferença de temperatura diminui e o fluxo de seiva aumenta, isto é, a relação entre a temperatura e o fluxo de seiva é inversamente proporcional, pois à medida que o fluxo se desloca no caule há um resfriamento da sonda aquecida diminuindo a variação de temperatura entre as sondas.

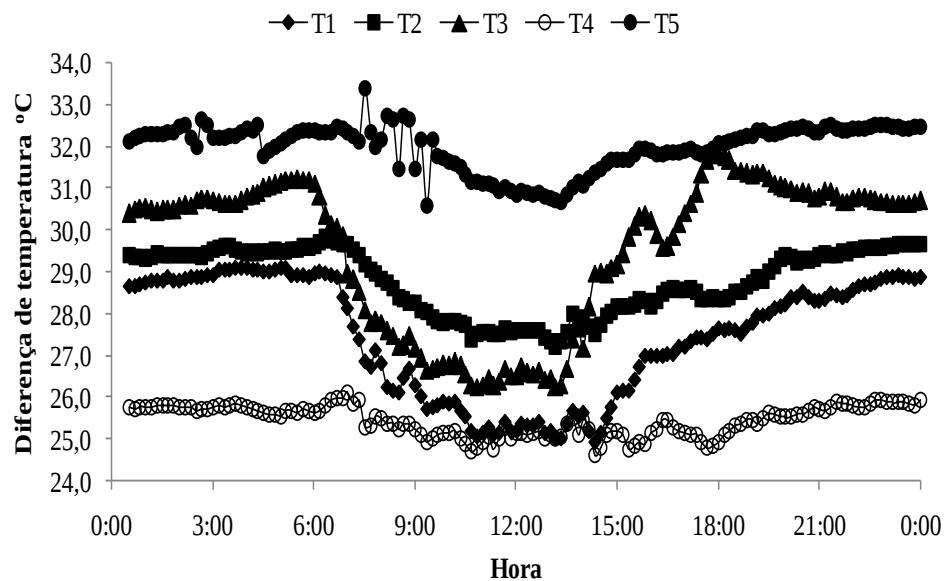


Figura 14. Variação da diferença de temperatura entre as sondas dos sensores instalados em plantas de meloeiro, Mossoró – RN, 2013.

A variação das diferenças de temperaturas entre tratamentos (Figura 13) se dá devido aos cinco diferentes tamanhos de fios dissipadores utilizados na construção dos sensores. Portanto, observa-se que quanto maior a resistência do sensor, maior é a diferença de temperatura, exceto para o Tratamento T4, ao qual foi o único a apresentar problemas.

Na Figura 15 é possível observar os valores de fluxo de seiva em litros por hora (L/h) medidos pelo método de dissipação térmica e a radiação solar global ( $R_g$ ) no dia 77 e no dia 82 DAS. Esses dias foram tomados como referência, pois apresentaram valores de  $R_g$ ,  $ET_o$  e  $ET_c$  bem distintos. Pode-se observar que os tratamentos T1, T3 e T5 apresentaram variações muito semelhantes a  $R_g$ , enquanto os outros dois tratamentos, T2 e T4, sempre apresentaram variações bem diferentes da  $R_g$ . Normalmente durante o período do experimento os tratamentos T2 e T4 sempre apresentaram valores muito diferentes daqueles obtidos com os tratamentos T1, T3 e T5, fato esse que pode ser atribuído pelo mau funcionamento destes sensores SFSD. Como os sensores foram construídos artesanalmente, pode ter ocorrido na construção destes, que alguns dos fios de cobre-constata não ficaram bem ligados, bem como o manuseio destes equipamentos na casa de vegetação pode ter afetado a obtenção de valores de fluxo por estes sensores. Outro fato importante observado foi nas obtenções das equações de calibração, onde notou-se que algumas das repetições destes sensores não funcionaram bem. Isto pode ser explicado também pelos problemas ocorridos nas medidas dos fluxos de seiva, tamanho do fio dissipador usado na construção das sondas de dissipação térmica, como

também dificuldade de obter isolamento térmico em relação ao ambiente, que segundo Seixas (2009) reduz a representatividade dos gradientes de temperatura superior e inferior da seção aquecida, tal estudo foi desenvolvido no município de Santo Antônio do Leverger, estado de Mato Grosso.

Observa-se também que o tratamento T3 sempre apresentou valores maiores que os outros tratamentos, enquanto o tratamento T1 e T5 sempre estiveram muito próximos. Como foi visto nos valores de tensão de água no solo (Figura 14), o tratamento T3 sempre apresentou menor valor, o que implica numa maior umidade do solo, justificando os maiores valores de fluxo obtidos neste tratamento, enquanto que para o T1 e T5 esses valores de tensão de água no solo foram muito semelhantes.

Pode ser visto, também, na Figura 16 que relaciona o fluxo de seiva medido pela SFSD e a radiação global, que todos os fluxos de seiva dos tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 subestimam os valores de radiação global, ou seja, há uma defasagem do fluxo de seiva em relação à radiação global que pode ser observado através dos picos. Comportamento semelhante foi encontrado por Seixas (2009) quando estudou a determinação da transpiração em plantas de nim indiano (*azadirachta indica* a. juss) utilizando métodos de estimativa de fluxo de seiva no município de Santo Antônio do Leverger, estado de Mato Grosso e por Pimentel et al. (2010) estudando a estimativa da transpiração em cafeeiros utilizando sensores de dissipação térmica.

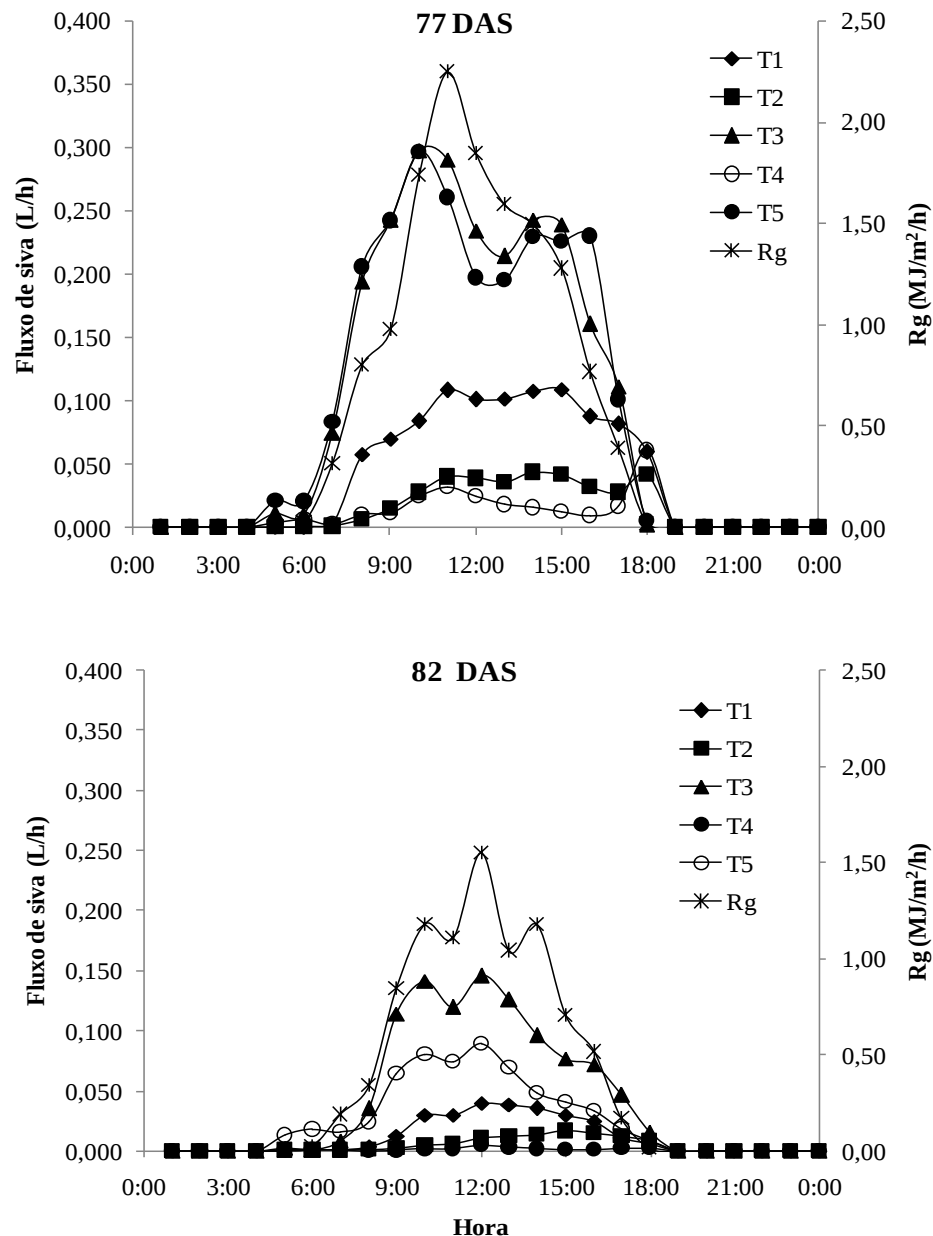


Figura 15. Fluxo de seiva ( $L \cdot h^{-1}$ ) e radiação solar global ( $MJ \cdot m^{-2} \cdot dia^{-1}$ ) num dia de elevada radiação (77 DAS) e de baixa radiação (82 DAS) obtidos em todos os tratamentos, Mossoró-RN, 2013.

Observa-se que houve diferença significativa entre os tratamentos em função do fluxo de seiva ( $mm \cdot h^{-1}$ ), a partir do teste de média de Tukey a 5% de significância (Tabela 5) obtidos aos 77 e 82 DAS. Por meio da análise estatística, é possível verificar que o tratamento T3 sempre foi superior aos demais e, que os tratamentos T1 e T5 são estatisticamente iguais. Conforme esperado para os tratamentos T2 e T4 apresentaram valores muito baixos, justificando os problemas na sua construção/manuseio. De posse desses dados, e

considerando apenas os tratamentos T1, T3 e T5, pois foram os que não apresentaram problemas, a média geral foi de  $0,0681 \text{ mm.h}^{-1}$  e  $0,0201 \text{ mm.h}^{-1}$  para os 77 e 82 DAS, respectivamente, que resulta numa transpiração diária de  $1,6344 \text{ mm.dia}^{-1}$  e  $0,4824 \text{ mm.dia}^{-1}$ , nesses dois casos.

Tabela 5. Diferença entre as médias do Fluxo de seiva médio ( $\text{mm h}^{-1}$ ) obtidos aos 77 e 82 DAS, em todos os tratamentos, Mossoró – RN, 2013

| 77 DAS      |                                       | 82 DAS      |                                       |
|-------------|---------------------------------------|-------------|---------------------------------------|
| Tratamentos | Fluxo de seiva ( $\text{mm.h}^{-1}$ ) | Tratamentos | Fluxo de seiva ( $\text{mm.h}^{-1}$ ) |
| T1          | 0,0429 b                              | T1          | 0,0116 c                              |
| T2          | 0,0149 c                              | T2          | 0,0043 d                              |
| T3          | 0,1078 a                              | T3          | 0,0464 a                              |
| T4          | 0,0130 c                              | T4          | 0,0011 d                              |
| T5          | 0,1020 a                              | T5          | 0,0263 b                              |

\*As letras iguais na coluna indicam que as médias não diferem entre si, pelo teste Tukey (5%).

A variação diária do fluxo de seiva com relação à transpiração da cultura obtida pelo método de Penman - Monteith ( $\text{ETc}$ ) pode ser observado na Figura 16, para os tratamentos T1, T2, T3 e T5. Verifica-se que os valores obtidos pelo SFSD para os tratamentos T1 e T3 ficaram muitos próximos da  $\text{ETc}$ .

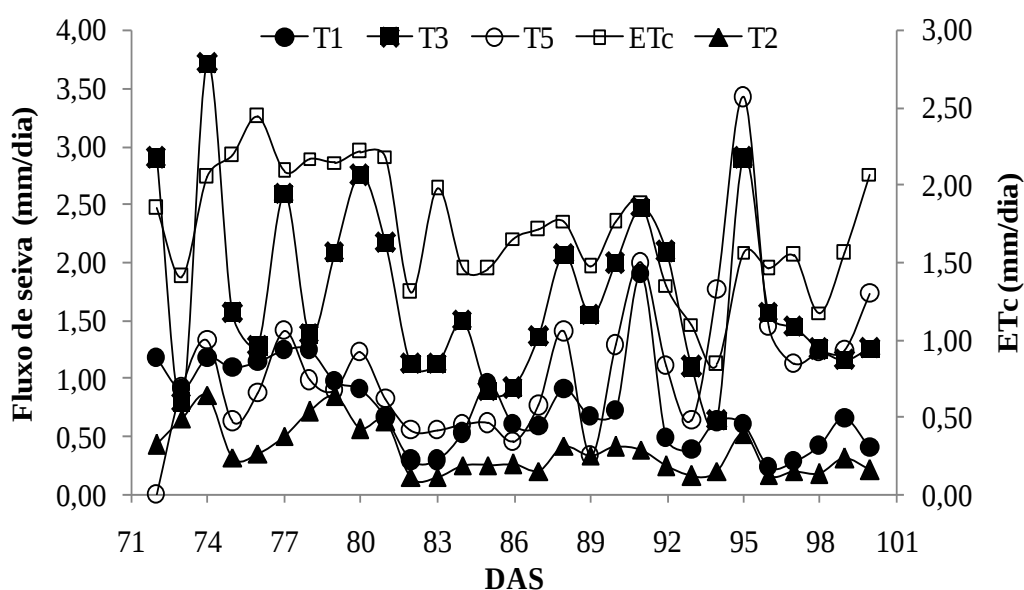


Figura 16. Transpiração da planta ( $\text{mm dia}^{-1}$ ) obtida pelo fluxo de seiva nos tratamentos T1, T2, T3 e T5 pela evapotranspiração da cultura ( $\text{ETc}$ ) dos 72 a 100 DAS, Mossoró – RN, 2013.

Na comparação das medidas de fluxo de seiva pelos 5 tratamentos, assumiu-se como referência os tratamentos T1, T2, T3 e T5, pois estes foram os que mais se aproximaram da transpiração da cultura obtida pela equação de Penman - Monteith, isto é, as configurações de construção em relação à resistência elétrica, comprimentos de 12, 15, 18 e 24 cm do fio de constatan como dissipador de calor, e, regulador de tensão com 1,252 volts foi a melhor alternativa de uso.

O tratamento T5 teve valores um pouco abaixo daqueles obtidos pela ET<sub>c</sub> até os 89 DAS, isto é, durante a Fase fenológica III do ciclo da cultura, ficando próximo após esse período. Tendo o método da FAO para estimativa da evapotranspiração sendo o método padrão, esses resultados justificam o uso desse sensor, construído especificamente para plantas herbáceas, para a obtenção das necessidades hídricas dessas culturas.

## 5. CONCLUSÕES

- O uso de sensores de dissipação térmica construídos e calibrados para plantas olerícolas (herbáceas), com diferentes potências dissipadas podem ser utilizados na determinação do seu fluxo de seiva.
- As equações obtidas para cada sensor podem relacionar o fluxo de seiva pelas diferenças de temperatura com elevada precisão.
- O fluxo de seiva obtido durante as fases fenológicas III e IV do melão cantaloupe “Harper”, com os sensores com resistência elétrica de 13,17; 16,5; 19,76 e 26,35 ohms apresentaram valores próximos da evapotranspiração da cultura.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH. Evapotranspiration del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma: FAO, 2006, 298p. (FAO, Estudio Riego e Drenaje Paper, 56).

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

BRASIL. Cultivo de melão: manejo, colheita, pós-colheita e comercialização. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural/SENAR: Brasília, 2007. 104 p (Coleção SENAR, 131).

BAKKER, G.; van der PLOEG, M.J.; DE ROOIJ, G.H.; HOOGENDAM, C.W.; GOOREN, H. P.A.; HUISKES, C.; KOOPAL, L.K. & KRUIDHOF, H. New polymer tensiometers: Measuring matric pressures down to the wilting point. **Vadose Zone J.** 6:196-202, 2007.

BECKMANN, M.Z.; DUARTE, G.R.B.; PAULA, V.A.; MENDEZ, M.E.G.; PEIL, R.M.N. Radiação solar em ambiente protegido cultivado com tomateiro nas estações verão-outono do Rio Grande do Sul. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.1, p. 86 - 92, 2006.

BURIOL, G. A.; RIGHI, E. Z.; SCHNEIDER, F. M.; STRECK, N. A. HELDWEIN, A. B.; ESTEFANEL, V. Modificação da umidade relativa do ar pelo uso e manejo da estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.8, n.1, p.11 -18, 2000.

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

CLEARWATER, M. J.; MAINZER, F. C.; ANDRADE, J. L. Potential errors in measurement of no uniform sap flow using heat dissipation probes. **Tree Physiology**, Victoria, v. 19, p. 681-687, 1999.

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

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

COELHO, S. L.; TEIXEIRA, A dos S. Avaliação do tensiômetro eletrônico no monitoramento do potencial matricial de água no solo. **Revista de Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v.24, n.3, p.536-545, 2004.

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

COSTA, W. A.; OLIVEIRA, C. A. da S.; KATO, E. Modelos de ajuste e métodos para a determinação da curva de retenção de água de um latossolo- vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, 32:515-523, 2008.

CRISÓSTOMO, L. A.; SANTOS, A. A. dos.; RAIJ, B. V.; FARIA, C. M. B. de.; SILVA, D. J. da.; FERNANDES, F. A. M.; SANTOS, F. J. S.; CRISÓSTOMO, J. R.; FREITAS, J. de A. D. de.; HOLANDA, J. S. de.; CARDOSO, J. W.; COSTA, N. D. Adubação, irrigação, híbridos e práticas culturais para o meloeiro no Nordeste. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 21 p. (Circular Técnica, 14).

CUNHA, A. R.; VOLPER, C. A.; ESCOBEDO, J. F. Estimativa da evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith (FAO-56) com saldo de radiação medido por diferentes sensores. **Revista Agronomia Tropical**, Venezuela, V. 58, p. 81-84, 2008.

DARDENGO, M.C.J.D; EFFGEN, T.A.M; TATAGIBA, S.D; REIS, E.F; PASSOS, R.R. Avaliação da capacidade de campo em dois solos da região sul do estado do espírito santo por diferentes métodos de determinação. In: IX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e V Encontro Latino Americano de Pós-Graduação, Paraíba-PB, 2009.

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

DELGADO-ROJAS, J. S.; ANGELOCCI, L. R.; FOLEGATTI, M. V.; COELHO FILHO, M. A. Desempenho da sonda de dissipação térmica na medida da transpiração de plantas jovens de lima ácida. **Revista Engenharia Agrícola**, v.27, n.2, p.404-413, 2007.

DUTRA, I.; MEDEIROS, J. F.; PORTO FILHO, F. Q.; COSTA, M. C. Determinação do fator de cobertura do melão cultivado sob diferentes lâminas e salinidades da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.2, p.146-151, 2000.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo / Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2ª edição. Revista e atualizada, Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de classificação de solos. Brasília, Embrapa produção De Informação, Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 1999, 412p.

FAO. FAOSTAT: AgriculturalStatisticsDatabase. Disponível em:< <http://faostat.fao.org/faostat>>. Acesso em: 21 março de 2011.

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

GOMES, P. Fruticultura brasileira. São Paulo: Nobel, 1998. 446 p.

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

GRANIER, A. Mesure du flux de sève brute dans le tronc du Douglas par une nouvelle méthode thermique. *Annales des Sciences Forestières*, Nancy, v. 44, n.1, p.1-14, 1987.

HUBBARD, R. M.; RYAN, M. G.; GIARDINA, C. P.; BARNARD, H. The effect of fertilization on sap flux and canopy conductance in a *Eucalyptus saligna* experimental forest. **Global Change Biology**, Colorado, v.10, n.4, p.427-36, 2004.

IBGE. Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia. Estados. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=ce&tema=lavouratemporaria2009>>.

Acesso em: 12 fev. 2011.

IRRIGOTEC. Manual de Irrigação. Disponível em: <<http://www.irrigotec.com.br>>. Acesso em: 25 setembro. 2005.

LIMA, J. R. de S.; ANTONINO, A. C. D.; SOARES, W. A. B. de O.; SILVA, I. de F. da Estimativa da evapotranspiração do feijão caupi utilizando o modelo de Penman-Monteith. *Revista Irriga*, Botucatu, v.11, n.4, p. 447-491, 2006.

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.

Salomão de Sousa Medeiros, Cláudia Facini Reis José Amilton Santos Júnior Márcio Roberto Klein Maycon Diego Ribeiro Flávio Daniel Szekut Delfran Batista dos Santos. Manejo de irrigação utilizando o tensiômetro. 6p. 2013. (cartilha).

MIRANDA, F.R.; BLEICHER, E. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo e de irrigação para a cultura do melão (*Cucumis melo* L.) na Região Litorânea do Ceará. Fortaleza, 2001. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento 2).

MEDEIROS, J. F.; SILVA, M. C. C.; SARMENTO, D. H. A.; BARROS, A. D. 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.

MENDONÇA, J.C.; SOUSA, E.F.; ANDRE, R.G.B.; BERNARDO, S. Coeficientes do tanque Classe “A” para a estimativa da evapotranspiração de referência, em Campos dos

GOYTACAZES, R.J. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.14, p.123-128, 2006.

KARASAWA, S. Evapotranspiração de cafezal semi-adensado irrigado por gotejamento e sua relação com a evapotranspiração de referência. 2006. 97 p. Tese (Doutorado em Física do Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

MORAES, N.B.; MEDEIROS, J.F.; LEVIEN, S.L.A. & OLIVEIRA, A.M.S. Avaliação de cápsulas de cerâmica de instrumentos de medida de tensão usados em tensiômetros. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 10:58-63, 2006.

MONTEIRO, R. O. C.; COLARES, D. S.; COSTA, R. N. T.; LEÃO, M. C. S.; AGUIAR, J. V. Função de resposta do meloeiro a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 24, n. 4, p. 455-459, 2006.

NORONHA, M de A. **Cancro-de-miretecio do Meloeiro: variabilidade do patógeno e avaliação de resistência em genótipos**. 2006. 87 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, 2006.

OLIVEIRA, R. A.; TAGLIAFERRIE, C.; SEDIYAMA, G. C.; MATERAM, F. J. V.; CECON, P. R. Desempenho do Irrigâmetro na estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande- PB, v.13, n.2, p.166–173, 2008.

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

PRADO, R de M. *Nutrição de plantas*. São Paulo: UNESP, 2008. 407 p.

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

PEREIRA, L. S.; ALLEN, R. G. Novas aproximações aos coeficientes culturais. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, n.16, v.4, p.118-143, 1997.

REICHARDT, K.; TIMM L.C.; Solo, Planta e Atmosfera: Conceitos, processos e aplicações. Barueri : Manole, p.323-340, 2004.

RIBAS, M.J.F.; CABELLO, M.M.; MORENO, A.; MORENO, L.; LÓPEZ-BELLIDO. 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**. 2010,53f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi- Árido, Mossoró-RN, 2010.

SANTOS, F. J. S.; LIMA, R. N.; CRISÓSTOMO, L. A.; SOUZA, F. Irrigação do Melão: Manejo através do Tanque Classe “A”. Fortaleza: Embrapa pecuária e abastecimento 2001, 8p. (Embrapa pecuária e abastecimento, (Circular Técnico 11).

SEIXAS, G.B. **Determinação da transpiração em plantas de nim indiano (*azadirachta indica* a. juss) utilizando métodos de estimativa de fluxo de seiva**.2009. 88 p. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá. 2009.

SOUZA, A. E. C.; BEZERRA F. M. L.; SOUSA, C. H. de; SANTOS, F. S. S. dos. Produtividade do meloeiro sob lâmina de irrigação e adubação potássica. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 271-278, 2010.

SOUZA, V. F.; COÊLHO, E. F.; SOUZA, V. A. B. Frequência de irrigação em meloeiro cultivado em solo arenoso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.34, n.4, p.659-664, 1999.

TATARINOV, F.; KUCERA, J.; CIENCIALA, E. The analysis of physical background of tree sap flow measurement based on thermal methods. **Measurement Science Technology**, London, v.16, n.1, p.1157-69, 2005.

VÁSQUEZ, M.A.N; FOLEGATTI, M.V; DIAS, N.S; SILVA, C.R. Efeito do ambiente protegido cultivado com melão sobre os elementos meteorológicos e sua relação com as condições externas. **Revista Engenharia agrícola**, Jaboticabal, V.25, n.1, p 137 – 143, 2005.

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, Jaboticabal, v.25, n.3, p.713-721, 2005.

ZOCOLER, A.M.D; MOURÃO, K.S.M;MELLO, J.C.P;MARQUES, L.C. Contribuição ao Controle de Qualidade Farmacognóstico das Folhas e Caules de Melão-de-São Caetano (Momordicacharantia L. - Cucurbitaceae). **Revista acta farmacéutica bonaerense**, v. 25, n.1, 2006.