



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**JOSÉ LÚCIO NASCIMENTO NUNES FILHO**

**MANEJO DA IRIGAÇÃO COM O PROGRAMA COMPUTACIONAL IRRIGAUTO E  
EFEITO DE DOSES DE POTÁSSIO NA QUALIDADE DE FRUTOS DA MELANCIA**

**FORTALEZA**

**2015**

JOSÉ LÚCIO NASCIMENTO NUNES FILHO

MANEJO DA IRRIGAÇÃO COM O PROGRAMA COMPUTACIONAL IRRIGAUTO E  
EFEITO DE DOSES DE POTÁSSIO NA QUALIDADE DE FRUTOS DA MELANCIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Adunias dos Santos Teixeira, Ph.D.

FORTALEZA

2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- N925m Nunes Filho, José Lúcio Nascimento.  
Manejo da irrigação com o programa computacional irrigauto e efeito de doses de potássio na qualidade de frutos da melancia / José Lúcio Nascimento Nunes Filho. – 2015.  
101 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2015.  
Orientação: Prof. Dr. Adunias dos Santos Teixeira.
1. Qualidade dos frutos. 2. Potássio. 3. Irrigação. I. Título.

CDD 630

---

JOSÉ LÚCIO NASCIMENTO NUNES FILHO

MANEJO DA IRRIGAÇÃO COM O PROGRAMA COMPUTACIONAL IRRIGAUTO E  
EFEITO DE DOSES DE POTÁSSIO NA QUALIDADE DE FRUTOS DA MELANCIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Aprovada em: 30/09/2015.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. PhD. Adunias dos Santos Teixeira (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Raimundo Alípio Oliveira Leão  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Francisco José Firmino Canafístula  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profa. Dr<sup>a</sup>. Francisca Ligia de Castro Machado  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Aos meus pais.

Gerarda da Silva Nunes e José Lúcio  
Nascimento Nunes, pelo exemplo de vida e  
amor que sempre me ofertaram.

Aos meus irmãos.

Luiza Maria, João Paulo e Natália, pelo apoio  
e incentivo.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Ceará – UFC, em particular, ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade concedida para a realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão da bolsa de estudos durante parte do curso.

Ao Laboratório de Eletrônica e Mecânica Agrícola (LEMA), local ideal para quem tem vontade de aprender e contribuir para o desenvolvimento de equipamentos capazes de ajudar ao pequeno, médio ou grande produtor no uso de recursos naturais de forma sustentável, local no qual tenho orgulho de ter trabalhado.

Ao Prof. PhD. Adunias dos Santos Teixeira, pela orientação do trabalho que além de proporcionar não só um aprendizado acadêmico, contribuiu também na formação da conduta profissional pelo exemplo de ser humano e profissionalismo.

À Profa. Dra. Francisca Lígia de Castro Machado, pela valorosa contribuição neste trabalho de forma ímpar pela orientação e ensinamentos.

Aos professores participantes da banca examinadora Dr. Raimundo Alípio de Oliveira Leão, um exemplo de conduta profissional, ao Dr. Francisco José Firmino Canafístula, excelente profissional e amigo que sempre me incentivou ao crescimento profissional e a Profa. Dra. Francisca Lígia de Castro Machado, pelo tempo dedicado e pelas valiosas colaborações e sugestões.

Ao Prof. Dr. Clemilson Costa Santos, pelas orientações e sugestões dadas para a realização do trabalho.

Ao Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros pela colaboração com as adubações e sempre atencioso nas conversas.

Ao Prof. Dr. José Maria da Costa, por ter cedido às instalações e equipamentos do Laboratório de Qualidade de Alimentos para a realização das análises dos frutos.

Ao amigo e Mestre em Engenharia Agrícola, Henrique Souza Vasconcelos que contribuiu com as resoluções de problemas e pelos conselhos dados no desenvolvimento do presente trabalho.

Aos amigos Francisco (Chico) e Benedito (Bena) pela imensurável contribuição nos trabalhos realizados no Baixo Acaraú.

Aos amigos Roberto e Arnaldo que sempre estiveram disponíveis e com vontade de ajudar, além dos momentos de descontração.

Aos amigos Eng<sup>o</sup>. Agrônomos, Lucas de Aguiar Silva, Klênio Bezerra, Alfredo Mendonça, Israel e Danilo pela contribuição na instalação e condução do experimento, só tenho a agradecer.

Ao Prof. D.Sc. Magno José Duarte Candido, e aos funcionários: Isaias por terem cedido adubo orgânico e Deoclécio que disponibilizou as abelhas para o experimento.

Aos professores do PPGEA da UFC que transmitiram seus conhecimentos sem nenhuma vaidade.

Aos professores e Técnicos do IFCE *campus* Umirim; Anderson, Fátima Martins, Leonardo, Janser, Eliziete, Marieta, Ribeiro, Daniel Nere, Wesley Costa, Paulo, Rita Mônica, Limeira, pelas palavras de incentivo e ao apoio dado para a realização do trabalho.

Aos amigos da turma de mestrado, Amparo, Josivânia, Maria da Saúde, Felipe e Maryjane pelos momentos de estudos, brincadeiras, reflexões, críticas e sugestões recebidas.

Aos amigos Odílio Coimbra, Tadeu Macryne, Kenia Nunes, Amnon, David Campelo, Marcos Alves, Rômulo, e todos os bolsistas e voluntários que contribuíram de alguma forma para o meu crescimento pessoal e profissional.

A tecnologia da automação na irrigação deve ser sempre incentivada para que os recursos hídricos sejam preservados.

(José Lúcio Nascimento Nunes Filho)

## RESUMO

A quantidade de água e adubo aliados aos tratos culturais influenciam na qualidade dos frutos. O uso de software e equipamentos trabalhando em conjunto é uma alternativa capaz de melhorar os indicadores de qualidade. O objetivo do trabalho foi utilizar o software irrigauto como ferramenta para realizar o monitoramento da irrigação e verificar efeito da dose de potássio na qualidade de frutos de melancia. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em parcelas subdivididas, esquema 4x5, referente a 4 lâminas de irrigação (3mm; 6mm; 9mm e 12mm) e a 5 doses de adubação K<sub>2</sub>O (A1 90kg K<sub>2</sub>O; A2 120kg K<sub>2</sub>O; A3 135kg K<sub>2</sub>O; A4 150kg K<sub>2</sub>O; A5 180kg K<sub>2</sub>O/ha), com três repetições por unidade experimental, totalizando 60 plantas no experimento. O experimento foi conduzido na área experimental do Laboratório de Hidráulica e Irrigação do Departamento de Engenharia Agrícola - UFC, no período de outubro de 2014 a janeiro de 2015. No monitoramento da irrigação foi analisado o funcionamento: conjunto sensor capacitivo com módulo remoto e umidade do solo. Foram analisadas as variáveis: massa dos frutos (MF), diâmetro transversal (DT), diâmetro longitudinal (DL), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS e AT, pH, Luminosidade (L\*), Cromo (C) e ângulo Hue (H). O conjunto sensor capacitivo e módulo remoto realizaram o monitoramento da irrigação com eficiência gerando os gráficos das umidades. Os sensores capacitivos tiveram comportamentos diferentes entre si. As variáveis MF, DT, DL, LP e CP foram influenciadas significativamente pelos fatores lâmina (L), adubação (A) e da interação entre (L x A). O teor de SS e Ângulo Hue da polpa, recebeu influência da adubação e da interação entre (L x A). A AT e SS/AT receberam influencia da lâmina e da interação entre (L x A). A luminosidade e o ângulo Hue da listra verde claro da casca da melancia recebeu influencia do fator lâmina. A luminosidade da listra verde escuro da casca da melancia recebeu influencia da interação entre (L x A). As outras variáveis não receberam influencia significativa dos fatores de produção. A dose de 114 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O com a lâmina de 6 mm, foi a combinação que mais influenciou na qualidade dos frutos da melancia. Dessa forma, pode-se concluir que o software, em conjunto com o sensor capacitivo e módulo remotos, podem ser utilizados para o manejo da irrigação. A interação entre lâmina de irrigação e adubação possibilitou conhecer as respostas significativas para as variáveis analisadas na qualidade de frutos de melancia.

**Palavras-chave:** Qualidade dos frutos. Potássio. Irrigação, *citrullus lanatus*.

## ABSTRACT

The quantity of water and fertilizer allied to the cultural dealings influence the quality of the fruits. The use of software and equipment working together is an alternative capable of improving quality indicators. The objective of this work was to use the irrigation software “irrigauto” as a tool to perform irrigation monitoring and to verify potassium dose effect as watermelon fruits. The experimental design was a completely randomized design in subdivided plots, 4x5 scheme, referring to 4 irrigation depth (3mm, 6mm, 9mm and 12mm) and 5 doses of fertilization K<sub>2</sub>O (A1 90kg K<sub>2</sub>O, A2 120kg K<sub>2</sub>O, A3 135kg K<sub>2</sub>O, A4 150kg K<sub>2</sub>O, A5 180kg K<sub>2</sub>O/ ha), with three replicates per experimental unit, totaling 60 plants in the experiment. The experiment was conducted in the experimental area of the Laboratory of Hydraulics and Irrigation of the Department of Agricultural Engineering - UFC, from October 2014 to January 2015. In irrigation monitoring it was analyzed the operation of: capacitive sensor set with remote module and soil moisture and the variables: fruit mass (MF), transverse diameter (DT), longitudinal diameter (DL), soluble solids (SS), titratable acidity (TA), SS and AT ratio, pH, Luminosity (L \*), Chroma (C) and Hue angle (H). The capacitive sensor and remote module were used to set up irrigation monitoring efficiently, generating moisture graphs. The capacitive sensors had different behaviors among themselves. The variables MF, DT, DL, LP and CP were significantly influenced by the factors L (L), fertilization (A) and the interaction (L x A). The values of SS and Hue angle of the pulp was influenced by fertilization and the interaction (L x A). The AT and SS / AT received influence of the depth and of the interaction (L x A). The brightness and angle Hue of the light green stripe of the watermelon peel received influence of the depth factor. The luminosity of the dark green stripe of the watermelon peel was influenced by the interaction (L x A). The other variables did not show a significant influence of the factors of production. The dose of 114 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O with the 6 mm depth was the combination that most influenced the quality of the fruits. In this way, one can conclude that the use of the software “irrigauto” in conjunction with the capacitive sensor and remote modules can be used for irrigation management. The interaction between irrigation depth and fertilization made it possible to know the significant responses for the analyzed variables in the quality of watermelon fruits.

**Keywords:** Fruit quality. Potassium. Irrigation, *Citrullus lanatus*.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Transmissão de informações em uma rede de sensores sem fio.....	27
Figura 2 -	Sensor capacitivo de umidade do solo.....	28
Figura 3 -	Esquema de um sistema automático de irrigação.....	30
Figura 4 -	Área Experimental do Departamento de Engenharia Agrícola – DENA/UFC	31
Figura 5 -	Cavalete das válvulas.....	34
Figura 6 -	Sensor capacitivo.....	35
Figura 7 -	Sensores capacitivos encapsulado.....	35
Figura 8 -	Módulo remoto .....	36
Figura 9 -	Placa multiplexadora dos sensores.....	36
Figura 10 -	Módulo mestre.....	37
Figura 11 -	Inversor de frequência.....	38
Figura 12 -	Placa de controle do Inversor de Frequência.....	39
Figura 13 -	Placa das válvulas.....	40
Figura 14 -	Tela inicial para acionamento da irrigação manual ou automático.....	41
Figura 15 -	Tela para configuração dos módulos remotos.....	42
Figura 16 -	Quadro de leitura dos sensores.....	42
Figura 17 -	Umidade do solo ao longo do tempo.....	43
Figura 18 -	Quadro para ajustar a velocidade de funcionamento do inversor.....	43
Figura 19 -	Quadro para configurar e verificar o funcionamento das válvulas.....	44
Figura 20 -	Quadro para definir os limites de umidades de acionamento das válvulas.....	45
Figura 21 -	Quadro para acionar manualmente das válvulas.....	46
Figura 22 -	Umidade volumétrica ( $\Theta$ ) em função da frequência obtida pelo sensor FDR em campo e laboratório para o Setor 1.....	49
Figura 23 -	Umidade volumétrica ( $\Theta$ ) em função da frequência obtida pelo sensor FDR em campo e laboratório para o setor 2.....	50

Figura 24 - Umidade volumétrica ( $\Theta$ ) em função da frequência obtida pelo sensor FDR em campo e laboratório para o setor 3.....	50
Figura 25 - Relação da umidade do solo fornecida pelo sensor FDR e método padrão da estufa para o setor 4.....	51
Figura 26 - Módulo do sensor do setor 1 com gráfico da umidade do solo.....	53
Figura 27 - Módulo do sensor do setor 2 com o gráfico da umidade do solo.....	53
Figura 28 - Módulo do sensor do setor 3 com gráfico da umidade do solo.....	54
Figura 29 - Módulo do sensor do setor 4 com gráfico da umidade do solo.....	54
Figura 30 - Comparação da umidade inicial de irrigação com a umidade esperada setor 1	55
Figura 31 - Comparação da umidade final de irrigação com a umidade esperada setor 1..	55
Figura 32 - Comparação da umidade inicial de irrigação com a umidade esperada setor 2	56
Figura 33 - Comparação da umidade final de irrigação com a umidade esperada setor 2..	56
Figura 34 - Comparação da umidade inicial de irrigação com a umidade esperada setor 3	57
Figura 35 - Comparação da umidade final de irrigação com a umidade esperada setor 3..	57
Figura 36 - Comparação da umidade inicial de irrigação com a umidade esperada setor 4	58
Figura 37 - Comparação da umidade final de irrigação com a umidade esperada setor 4..	58
Figura 38 - Classificação dos frutos de melancia por setor.....	59
Figura 39 - Massa de frutos produzida por setor .....	59
Figura 40 - Curvas e equações da massa média dos frutos de melancia.....	60
Figura 41 - Curvas e equações do diâmetro transversal médio dos frutos de melancia.....	62
Figura 42 - Curvas e equações do diâmetro longitudinal médio dos frutos de melancia....	64
Figura 43 - Curvas e equações do sólido solúvel dos frutos de melancia.....	66
Figura 44 - Curvas e equações da acidez titulável massa média dos frutos de melancia....	68
Figura 45 - Curvas e equações da acidez titulável x sólido solúvel dos frutos de melancia.....	71
Figura 46 - Variação da luminosidade ( $L^*$ ) ao longo do eixo. E sentido do croma $a^*$ e $b^*$	73
Figura 47 - Curva e equação da luminosidade da listra verde escuro dos frutos de	

melancia.....	74
Figura 48 - Curva e equação da luminosidade da listra verde escuro dos frutos de melancia.....	75
Figura 49 - Curva e equação da luminosidade da polpa dos frutos de melancia.....	77
Figura 50 - Variação do croma em função do seu valor obtido.....	79
Figura 51 - Curva e equação do croma da polpa dos frutos de melancia.....	81
Figura 52 - Diagrama CIELAB com as sequências de nuances e orientações do ângulo de nuances (Ângulo Hue).....	82
Figura 53 - Curva e equação do ângulo Hue da listra verde claro dos frutos de melancia..	84
Figura 54 - Curva e equação do ângulo Hue da polpa frutos de melancia.....	85

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Análise química do solo.....	32
Tabela 2 -	Recomendação da adubação da melancia Explorer F1.....	33
Tabela 3 -	Valor da capacidade de campo e frequência das válvulas.....	38
Tabela 4 -	Frequência de funcionamento do cicloconversor.....	52
Tabela 5 -	Quadrado médio para a variável massa dos frutos.....	60
Tabela 6 -	Valores médios da massa de frutos de melancia.....	61
Tabela 7 -	Quadrado médio para a variável Diâmetro Transversal dos frutos (DT).....	62
Tabela 8 -	Valores médios do Diâmetro Transversal dos frutos de melancia (cm) em função da aplicação de lâminas e doses de adubação potássica.....	63
Tabela 9 -	Quadrado médio para a variável Diâmetro Longitudinal dos frutos (DL)...	64
Tabela 10 -	Valores médios do Diâmetro Longitudinal de frutos de melancia (cm).....	65
Tabela 11 -	Quadrado médio para a variável Sólido Solúvel (SS) dos frutos (° BRIX)...	66
Tabela 12 -	Valores médios de Sólidos Solúveis (°BRIX) de frutos de melancia.....	67
Tabela 13 -	Quadrado médio para a variável Acidez Titulável (AT) dos frutos.....	68
Tabela 14 -	Valores médios de Acidez Titulável em frutos de melancia sob diferentes lâminas de irrigação e adubação.....	69
Tabela 15 -	Quadrado médio para a variável pH dos frutos.....	70
Tabela 16 -	Quadrado médio para a variável Sólido Solúvel / Acidez titulável (SS /AT) dos frutos.....	70
Tabela 17 -	Valores médios de SS/AT em melancia sob diferentes lâminas de irrigação e dose de adubação potássica.....	72
Tabela 18 -	Quadrado médio para a variável Luminosidade (grau de brilho) da listra verde escuro do fruto.....	73
Tabela 19 -	Valores médios de Luminosidade da faixa verde escuro da casca de melancia em função das lâminas de irrigação e doses de potássio.....	74
Tabela 20 -	Quadrado médio para a variável Luminosidade (grau de brilho) da listra	

verde claro do fruto.....	75
Tabela 21 - Valores médios de Luminosidade da faixa verde clara da casca de melancia em função das lâminas de irrigação e doses de potássio.....	76
Tabela 22 - Quadrado médio para a variável Luminosidade (grau de brilho) da polpa do fruto.....	77
Tabela 23 - Valores médios de Luminosidade da polpa de melancia em função das lâminas de irrigação e doses de potássio.....	78
Tabela 24 - Quadrado médio para a variável Cromo da listra verde escuro do fruto.....	79
Tabela 25 - Quadrado médio para a variável Cromo da listra verde claro do fruto.....	80
Tabela 26 - Quadrado médio para a variável Cromo da polpa do fruto.....	80
Tabela 27 - Valores médios de Cromo da polpa de melancia em função das lâminas de irrigação e doses de potássio.....	81
Tabela 28 - Quadrado médio para a variável Ângulo Hue da listra verde escuro do fruto.....	83
Tabela 29 - Quadrado médio para a variável Ângulo Hue da listra verde claro do fruto.....	83
Tabela 30 - Valores médios do Ângulo Hue da listra clara da casca verde claro em função das lâminas de irrigação e doses de potássio.....	84
Tabela 31 - Quadrado médio para a variável Ângulo Hue da polpa do fruto.....	85
Tabela 32 - Valores médios do Ângulo Hue da polpa de melancia em função das lâminas de irrigação e doses de potássio.....	86

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2</b>	<b>A cultura da melancia.....</b>	<b>21</b>
<b>2.3</b>	<b>Exigência nutricional.....</b>	<b>22</b>
<b>2.4</b>	<b>Qualidade do fruto de melancia.....</b>	<b>23</b>
<b>3</b>	<b>O SOFTWARE IRRIGAUTO.....</b>	<b>26</b>
<b>3.1</b>	<b>Sistemas embarcados.....</b>	<b>26</b>
<b>3.2</b>	<b>Redes de sensores sem fio.....</b>	<b>26</b>
<b>3.3</b>	<b>Agricultura de precisão.....</b>	<b>27</b>
<b>3.4</b>	<b>Medida da umidade do solo.....</b>	<b>28</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS – MANEJO DA IRRIGAÇÃO UTILIZANDO O SOFTWARE IRRIGAUTO.....</b>	<b>30</b>
<b>4.1</b>	<b>Visão geral do sistema.....</b>	<b>30</b>
<b>4.2</b>	<b>Local do experimento.....</b>	<b>31</b>
<b>4.3</b>	<b>Preparo da área experimental.....</b>	<b>31</b>
<b>4.4</b>	<b>Delineamento experimental .....</b>	<b>32</b>
<b>4.5</b>	<b>Análise química do solo.....</b>	<b>32</b>
<b>4.6</b>	<b>Recomendação de adubação da melancia ‘Explorer F1’.....</b>	<b>32</b>
<b>4.7</b>	<b>Sistema de irrigação.....</b>	<b>33</b>
<b>4.8</b>	<b>Medições da umidade do solo.....</b>	<b>34</b>
<b>4.9</b>	<b>Equipamentos e Software utilizados no manejo da irrigação.....</b>	<b>35</b>
<b>4.9.1</b>	<i>Módulo remoto.....</i>	<i>35</i>
<b>4.9.2</b>	<i>Placa de multiplexação dos sensores.....</i>	<i>36</i>
<b>4.9.3</b>	<i>Módulo mestre.....</i>	<i>37</i>
<b>4.9.4</b>	<i>Inversor de frequência.....</i>	<i>37</i>
<b>4.9.5</b>	<i>Módulo de controle do inversor.....</i>	<i>39</i>
<b>4.9.6</b>	<i>Módulo das válvulas.....</i>	<i>39</i>
<b>5</b>	<b>SOFTWARE IRRIGAUTO.....</b>	<b>41</b>
<b>5.1</b>	<b>Acionamento da irrigação.....</b>	<b>41</b>
<b>5.2</b>	<b>Configuração dos módulos remotos.....</b>	<b>41</b>
<b>5.3</b>	<b>Aquisição dos dados.....</b>	<b>42</b>

5.4	Módulo de controle da bomba.....	43
5.5	Configuração do módulo controle das válvulas.....	43
5.6	Acionamento do sistema de irrigação das válvulas.....	44
5.7	Controle Manual.....	45
6	<b>CARACTERIZAÇÃO DOS FRUTOS DE MELANCIA, HÍBRIDO</b>	
	‘EXPLORER F1’.....	47
6.1	Avaliações físicas.....	47
6.1.1	<i>Massa dos frutos</i> .....	47
6.1.2	<i>Dimensões dos frutos</i> .....	47
6.1.3	<i>Cor da casca e da polpa</i> .....	47
6.2	Avaliações físico-químicas.....	47
6.2.1	<i>Sólidos Solúveis</i> .....	47
6.2.2	<i>Acidez Titulável (AT)</i> .....	48
6.2.3	<i>pH</i> .....	48
6.2.4	<i>Relação SS/AT</i> .....	48
7	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	49
7.1	Avaliação da umidade do solo, fornecida pelos sensores de umidade FDR.....	49
7.1.1	<i>Acionamento do inversor de frequência em função do número de válvula</i> .....	51
7.1.2	<i>Variação da umidade do solo ao longo do ciclo</i> .....	52
7.1.3	<i>Comportamento da umidade do solo de cada módulo remoto</i> .....	55
7.2	Total de frutos colhidos.....	58
7.3	Massa média dos frutos de melancia.....	60
7.4	Diâmetro transversal dos frutos.....	62
7.5	Diâmetro longitudinal dos frutos de melancia.....	64
7.6	Sólidos Solúveis (°BRIX).....	65
7.7	Acidez Titulável (AT).....	68
7.8	pH.....	70
7.9	Sólidos Solúveis x Acidez Titulável.....	70
7.10	Luminosidade (L*).....	72
7.10.1	<i>Luminosidade da listra verde escuro do fruto de melancia</i> .....	73
7.10.2	<i>Luminosidade da listra verde claro do fruto de melancia</i> .....	75
7.10.3	<i>Luminosidade da polpa do fruto de melancia</i> .....	76
7.11	Croma.....	78

7.11.1	<i>Croma da listra verde escuro do fruto de melancia.....</i>	79
7.11.2	<i>Croma da listra verde claro do fruto de melancia.....</i>	79
7.11.3	<i>Croma da polpa do fruto de melancia.....</i>	80
7.12	<b>Ângulo Hue (°).....</b>	82
7.12.1	<i>Ângulo Hue da listra verde escuro do fruto de melancia.....</i>	82
7.12.2	<i>Ângulo Hue da listra verde claro do fruto de melancia.....</i>	83
7.12.3	<i>Ângulo Hue da polpa do fruto de melancia.....</i>	85
8	<b>CONCLUSÃO.....</b>	87
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	88
	<b>APÊNDICE A – ESTATÍSTICA DE REGRESSÃO.....</b>	96

## 1 INTRODUÇÃO

A irrigação constitui-se em uma alternativa para incremento de produtividade de grande parte das espécies cultivadas. Entretanto, quando utilizada deve-se priorizar a adoção de procedimentos adequados para seu controle, dentro de um critério racional de uso da água, energia e sistemas de irrigação. Neste contexto, a avaliação de sistemas de irrigação é necessária para monitorar e propiciar a aplicação de água de forma pontual e com menor volume por unidade de área, o uso de indicadores da necessidade hídrica da cultura, coeficientes de cultivos e de elementos climáticos, visando ganhos de produtividade, melhor aproveitamento dos recursos hídricos e redução dos impactos ambientais (PEREIRA, 2008).

O manejo racional da irrigação objetiva maximizar a eficiência do uso da água e minimizar o consumo de energia, mantendo favoráveis as condições de umidade do solo e de fitossanidade das plantas, levando em consideração as condições climáticas do local de cultivo, bem como as características da cultura (PEREIRA, 2008). Atualmente com o advento da tecnologia se tornou mais fácil reduzir os problemas de manejo da irrigação através do uso de “softwares” computacionais, possibilitando monitorar em tempo real a umidade do solo e estabelecer a abertura e fechamento do sistema de irrigação, levando a automação do sistema de irrigação, aplicando com maior eficiência a necessidade de água requerida pela cultura em todo o ciclo.

Devido ao potencial em aumentar as eficiências do uso da água e energia, possibilidade de controlar a aplicação de produtos químicos, redução da mão-de-obra, e principalmente da necessidade de incrementar a produção agrícola, cresce o interesse do produtor nacional na automatização da operação e conseqüentemente do manejo de irrigação. Sistemas automáticos de controle de irrigação se tornaram uma ferramenta essencial para a aplicação de água na quantidade necessária e no devido tempo, contribuindo para a manutenção da produção agrícola e, também, para a utilização eficiente dos recursos hídricos. automação além de controlar a aplicação de água, permite também o controle das operações de fertirrigação, retrolavagem de sistemas e que o acionamento de conjuntos moto-bomba sejam realizados à distância.

Saraiva *et al.* (2013) afirmam que com o monitoramento de um sistema de irrigação na cultura da melancia, Queiroz *et al.* (2012) com trabalho de automação em pivô central na cultura da cana de açúcar e Pfitscher *et al.* (2012) com automação na cultura do arroz, podem ser citados, como alguns trabalhos realizados na área da automação em agricultura. Para um monitoramento correto da irrigação há a necessidade da utilização de

equipamentos (sensores de umidades de solo, válvulas, ciclo inversores, dentre outros equipamentos que podem atuar em conjunto com o programa computacional.

Santos *et al.* (2008), em seu trabalho de pesquisa utilizou rede de sensores sem fio com sensores de umidade do solo do tipo capacitivos, para realizar manejo da irrigação em campo. O uso da rede de sensores sem fio apresenta-se como alternativa na redução do custo com cabeamento, facilitando a instalação e atuando de forma pouco intrusiva no sistema. Cruz *et al.* (2009) e Ferreira (2012) realizaram estratégias de monitoramento em sistemas de irrigação utilizando sensores de umidade do solo e obtiveram respostas satisfatórias em seus trabalhos. Vasconcelos (2013) desenvolveu um programa computacional de controle da irrigação, (Irrigauto), com base no uso de uma ‘Rede de Sensores Sem Fio’ para coleta de dados de umidade do solo. O Irrigauto além de controlar a aplicação de água, permite também o controle das operações de retrolavagem de sistemas, acionamento de conjuntos moto-bomba ser realizados à distância, além de armazenar e gerar gráficos de umidade do solo em tempo real.

Aliado ao manejo da irrigação existe outros fatores que são responsáveis pelo sucesso ou fracasso na produção de qualquer cultura. Entre os principais fatores estão a adubação e os tratos culturais, alguns equipamentos como o tubo de Venturi, permite realizar uma aplicação de defensivos e fertilizantes com maior aproveitamento pela cultura com a finalidade de obter uma produção com qualidade e menor custo. A qualidade dos produtos agrícolas não é facilmente definida ou medida, como o é a quantidade produzida. O padrão de qualidade depende dos propósitos pelos quais a planta ou parte dela é utilizada (MENGEL; KIRKBY, 1987).

A produtividade e a qualidade dos frutos de melancia estão associadas a fatores genéticos, climáticos e fitotécnicos, sendo a nutrição da planta de fundamental importância para se conseguir resultados satisfatório sendo o potássio um dos nutrientes extraídos em maior quantidade pela planta de melancia (GRANGEIRO; CECÍLIO FILHO, 2004a). As características de qualidade do fruto representam o somatório das influências destes fatores, ao longo do processo produtivo. Entre os vários fatores, a nutrição potássica destaca-se pelo fato de que o potássio é o nutriente descrito na literatura como o “elemento da qualidade”, pois afeta atributos como cor, tamanho, acidez, resistência ao transporte, manuseio, armazenamento, valor nutritivo e qualidades industriais (RAIJ, 1990).

Na cultura da melancia, as principais variáveis usadas para definir a qualidade são conteúdo de açúcar, firmeza da polpa, sólidos solúveis, aparência externa e interna e acidez titulável dos frutos (ELMOSTROM; DAVIS, 1981; SIMONNE *et al.*, 1992). Por existir

diferentes cultivares de melancia e cada cultivar possuir determinadas características genotípicas, não há um valor fixo de sólidos solúveis entre as cultivares. As cultivares mais antigas situam-se abaixo de 9°Brix e as variedades mais recentes podem apresentar valores acima de 12°Brix (MORH, 1986). Esses valores dependem das condições ambientais, pois o excesso de água no estágio final do ciclo pode resultar em frutos pouco doces, resultante da maior diluição dos açúcares (CASTELLANE; CORTEZ, 1995).

A lâmina de irrigação mais apropriada para a cultura da melancia foi estudada por alguns pesquisadores em diferentes localidades, como Teodoro *et al.*, (2002), Simsek *et al.*, (2004) e Azevedo *et al.*, (2005), com níveis de irrigação baseados na evaporação do tanque “classe A”. Pereira (2008), avaliou 5 lâminas de irrigação (25; 50; 75, 100, e 125% da ETo) com sistema de irrigação por gotejamento, onde encontrou diferenças significativas entre os níveis de irrigação aplicados sobre a produtividade e qualidade do fruto. Nesse trabalho observou-se o aumento de produtividade com aumento da lâmina de irrigação aplicada e redução no comprimento e produção de frutos nos tratamentos com menores lâminas de irrigação.

Como visto o uso de software no controle de aplicação de água e monitoramento da umidade do solo está sendo cada vez mais usado em pesquisas, e que a qualidade dos frutos também é função da irrigação em conjunto com a adubação principalmente a potássica.

Este trabalho foi concebido com o objetivo de avaliar o uso do *Irrigauto* como ferramenta para monitorar a umidade do solo e manejo da irrigação com base nos dados de umidade fornecidos pelos sensores e transmitidos via rede de sensores sem fio, e, também avaliar o efeito da adubação potássica na qualidade de frutos de melancia.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Introdução

O uso da irrigação na produção agrícola tem sofrido serias críticas, sobretudo por aqueles que a consideram uma das responsáveis pelo problema da escassez de água e de energia no país. A irrigação sem tecnificação, não tomando em consideração sua importância para a produção de alimentos e, portanto, para a economia agrícola brasileira pode ser considerada improcedente ou irracional. Aproveitar o recurso hídrico da melhor forma possível é fator primordial para garantir a disponibilidade de água para as futuras gerações.

Não é mais aceitável que o produtor rural (que é refém da situação) não receba orientações para uma convivência amigável seja ela na produção agrícola ou animal. Os órgãos competentes para suprir a demanda da assistência técnica aos produtores que aumenta a cada ano, não devem estar junto ao produtor somente nos anos de seca com o caminhão pipa, mas sim, corriqueiramente, com práticas de conservação de solo, uso correto da irrigação, proteção de nascentes e práticas agroecológicas.

Em épocas remotas a água na terra era considerada como um recurso abundante e renovável. Porém, hoje é reconhecida como o bem mais valioso e escasso dos recursos naturais existentes, sendo necessária sua preservação (ROBERTS, 1999). Para Testezlaf *et al.* (2007), a sustentabilidade dos recursos de terra e água, responsáveis pela segurança alimentar, requer uma vigilância contínua, compatibilizando informações e procedimentos de controle da disponibilidade e da qualidade desses recursos.

Para que uma determinada cultura se desenvolva e produza de acordo com suas potencialidades, é necessário que todos os fatores ambientais sejam satisfeitos para os quais a planta se adaptou como a luminosidade, o calor e a umidade, sendo que, a falta total ou parcial de qualquer um desses fatores implicara em redução no desenvolvimento vegetativo e na produção.

Quando se deseja estabelecer uma cultura onde haja déficit hídrico é necessário a utilização da irrigação, mesmo para as culturas mais tolerantes, o que torna importante a busca de metodologias apropriadas para o planejamento e administração da irrigação, pois fica cada vez mais evidenciada a necessidade da interação entre os diversos fatores que possibilitam a determinação do volume de água a ser aplicado ao solo em cada irrigação, por exemplo, com base no conhecimento da demanda atmosférica (MOREIRA, 1993).

## 2.2 A cultura da melancia

A planta de melancia é originária das regiões secas da África tropical e tem como centro de diversificação secundário o sul da Ásia. A melancia cultivada (*Citrullus lanatus* var. *lanatus*) deriva, provavelmente, da espécie *Citrullus lanatus* var. *citroides*, existente na África central. A domesticação ocorreu nesta região, onde é cultivada há mais de 5.000 anos. No Egito e no Médio Oriente é cultivada há mais de 4.000 anos. Disseminou-se pelo mundo e no século XVI foi introduzida na América (ALMEIDA, 2013).

A cultura da melancia tem grande importância socio-econômica no Nordeste brasileiro, por ser cultivada principalmente por pequenos agricultores, sob condições irrigadas e de chuva, devido ao seu fácil manejo e menor custo de produção, quando comparada a outras hortaliças.

Seus frutos são utilizados tanto na alimentação humana como animal. Em algumas regiões, as sementes são consumidas tostadas e dessas pode-se extrair um óleo de boa qualidade, cujo conteúdo varia de 20 a 45%. A casca do fruto pode ser utilizada na fabricação de doce, bem como na alimentação de alguns animais, tais como patos, galinhas e porcos. (MIRANDA *et al.*, 1997). Alvarenga e Resende (2002) classificam os frutos de melancia, conforme o peso, em grandes (>9 kg), médios (6-9 kg) e pequenos (<6 kg), sendo que frutos maiores de 7 kg obtêm os melhores preços.

A melancieira é uma planta herbácea, de hábito rastejante, sarmentoso, cujo caule compõe-se de ramos primários e secundários, que podem assumir disposição radial (ramos de tamanho similar partindo da base da planta) ou axial (um ramo mais longo com derivações opostas e alternadas a cada nó, semelhante a uma espinha de peixe), sendo esta mais comum. Os ramos primários são vigorosos e longos, podendo atingir mais de 10 m (SOUZA, 2008).

As folhas da melancia são profundamente recortadas. A espécie é monóica. As flores são solitárias, pequenas, de corola amarela. Tanto as flores femininas quanto as masculinas localizam-se nas ramas principais, nas axilas das folhas. As flores femininas, menos numerosas, localizam-se a partir do meio até as extremidades das ramas. Permanecem abertas durante menos de um dia e são polinizadas por insetos.

As plantas são autocompatíveis e a percentagem de polinização cruzada é muito variável. O fruto é um pepônio cuja massa varia entre 1 a 25 kg. A forma pode ser redonda, oblonga ou alongada, podendo atingir 60 cm de comprimento. A casca é espessa (1 a 4 cm). O exocarpo é verde, claro ou escuro, de tonalidade única, listrado ou manchado. A polpa é,

normalmente, vermelha, podendo ser amarela, laranja, branca ou verde. Ao contrário dos frutos de melão e de abóbora, o da melancia não possui cavidade. As sementes encontram-se incluídas no tecido da placenta que constitui a parte comestível (ALMEIDA, 2013; FILGUEIRA, 2008).

A cultura da melancia se adapta melhor ao clima quente e seco. Os principais fatores climáticos que afetam o crescimento e a produção são temperatura, fotoperíodo, umidade relativa do ar e ventos. O melhor crescimento ocorre em temperaturas de 20 a 30°C, sem muita variação entre as diurnas e noturnas. A cultura é bastante sensível ao frio e ventos fortes, e quanto ao fotoperíodo a melancia exige dias longos e com boa luminosidade e a alta umidade relativa do ar favorece a maior incidência de doenças e compromete a qualidade dos frutos. Embora possa ser cultivada nos mais variados tipos de solos, os de textura areno-argilosa, profundos e bem estruturados são os mais indicados. A melancia é levemente tolerante à acidez do solo, se desenvolvendo bem em pH (H<sub>2</sub>O) de 5,0 a 6,8 (VILLA *et al.*, 2001; ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2005; SOUZA, 2008).

Em termos de volume de produção, a melancia ocupa o quarto lugar dentre as hortaliças mais importantes no Brasil, ficando atrás de tomate, batata e cebola. Em 2010, foram produzidos 2.052.928 toneladas de melancias em 94.946 ha de área colhida, sendo a região Nordeste responsável por 34,6% e 20,21% da área colhida e de produção, respectivamente (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010).

### **2.3 Exigência nutricional**

A aplicação de adubos faz-se necessária quando a exigência em nutrientes pelo pomar é maior que a capacidade que o solo tem para atender a essa demanda, o que é quase uma regra, especialmente nas regiões tropicais, como no Brasil, cujos solos são caracterizados pela baixa fertilidade (NATALE *et al.* 2012). Porém, determinar as necessidades em nutrientes de uma cultura é um desafio constante. Apesar de os elementos minerais exigidos para a adequada nutrição serem os mesmos para todos os vegetais, as quantidades necessárias são muito variáveis de uma cultura para outra, sendo função de características da espécie, das condições edafoclimáticas, da capacidade produtiva, do ciclo da frutífera, dentre outras. De acordo com a FAO (2009), cerca de 50% da responsabilidade pelo aumento do rendimento agrícola deve-se aos fertilizantes.

Na cultura da melancia, a nutrição mineral é um dos fatores mais importantes que contribuem diretamente na produtividade e qualidade dos frutos. Nitrogênio, potássio e

fósforo são os nutrientes mais aplicados nas adubações, deve ser fornecido de acordo com as exigências de cada cultivar, nível tecnológico, fertilidade do solo, produção esperada, estágio de crescimento e condições climáticas.

O nitrogênio (N) é considerado elemento essencial para as plantas, pois está presente na composição das mais importantes biomoléculas, tais como ATP, NADH, NADPH, clorofila, proteínas e inúmeras enzimas (MIFLIN; LEA, 1976; HARPER, 1994). Em muitos sistemas de produção, a disponibilidade de nitrogênio é quase sempre um fator limitante, influenciando o crescimento da planta mais do que qualquer outro nutriente.

O estado nutricional das plantas, principalmente nitrogenado, está diretamente associado à qualidade e quantidade de clorofila. O N é nutriente essencial às plantas e sua carência é observada em quase todos os solos. O critério de identificação da deficiência de N é o aparecimento de clorose generalizada das folhas, o que está relacionado à partição do N na estrutura da molécula de clorofila (CARVALHO *et al.*, 2003).

Diferentemente do N, o potássio (K) não faz parte de compostos orgânicos na planta; portanto, não tem função estrutural. Segundo MARSCHNER (1995), o potássio participa no processo de abertura e fechamento de estômatos, respiração celular, síntese de proteínas, osmorregulação, extensão celular e balanço de cátions e ânions. O nutriente caracteriza-se, também, por ser um ativador de um grande número de enzimas vegetais, principalmente dos grupos das sintetases, desidrogenases, oxirredutases, quinases e transferases, estando estreitamente relacionado com os processos de assimilação de carbono e de nitrogênio, favorecendo a formação de compostos nitrogenados e na síntese, translocação e armazenamento de açúcares (MALAVOLTA e CROCOMO, 1982). O potássio aumenta a resistência natural da parte aérea das hortaliças que tornam os tecidos mais fibrosos e resistentes às doenças fúngicas, inclusive ao acamamento. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA PESQUISA DA POTASSA E DO FOSFATO, 1990; FAQUIN, 1994; FILGUEIRA, 2008).

## **2.4 Qualidade do fruto de melancia**

A qualidade das frutas é uma característica subjetiva e depende fundamentalmente do consumidor a que se destina. Entretanto, grosso modo, a qualidade deve atender aos seguintes objetivos: alimentar, promover satisfação e provocar sensações sensoriais únicas. O fator qualidade não é facilmente definido ou medido, como a produção, visto ter significados diversos, com ênfases variadas, para diferentes pessoas. A qualidade não é obtida por acaso,

sendo resultado da somatória de vários fatores, em especial do balanço de nutrientes. Segundo Malavolta (2006), a qualidade é o conjunto de características relacionadas ao valor nutritivo, comercial ou industrial do produto agrícola ou, no caso das frutas, que acentua suas propriedades organolépticas.

A determinação da qualidade consiste na avaliação de diferentes características externas e internas dos frutos, destacando-se o tamanho, o formato, a aparência, a cor, a textura, a uniformidade, a firmeza (externos), além do aroma, do sabor, do valor nutricional, da acidez, do teor de sólidos solúveis totais (internos). Entretanto, a aparência das frutas é de grande importância, uma vez que o consumidor “come com os olhos”, e somente compra o que lhe parece mais atrativo. Por outro lado, segundo o INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS (2013), o que tem sido constatado é que o apelo à saúde e ao bem-estar, ou seja, de que as frutas são alimentos saudáveis, não é suficiente. É preciso oferecer mais, fundamentalmente sabor, que é o fator-chave para que se tenha prazer de comer.

As características de qualidade têm uma amplitude geneticamente definida, não podendo o homem interferir além do que determina a capacidade dos genes da frutífera. Porém, a expressão das mesmas depende de vários fatores, com destaque para o adequado atendimento das exigências nutricionais, a fim de que as plantas possam expressar todo seu potencial genético.

Várias características do fruto são consideradas parâmetros principais de qualidade físicas, tais como a relação entre diâmetro longitudinal e transversal, denominada índice de formato, que define o aspecto do fruto e sua aceitação no mercado (MANNINI, 1998); a espessura da polpa (HAN e PARK, 1993) ou sua relação com o diâmetro do fruto, denominada índice de polpa (COSTA *et al.* 1989); a espessura da casca e a firmeza da polpa (ARTÉS *et al.*, 1993). Segundo Faria, Costa e Soares (2003), as características internas do fruto, como tamanho da cavidade da semente, espessura e firmeza de polpa, conferem o diferencial para aumentar a qualidade e a maior resistência ao transporte e armazenamento.

A característica de qualidade mais estudada diz respeito aos sólidos solúveis (SS), fator tradicionalmente utilizado para assegurar a qualidade da melancia, seguida da textura ou firmeza da polpa, parâmetro importante na avaliação da qualidade do fruto, pois indica resistência ao transporte e possibilidade de maior vida de prateleira.

Na cultura da melancia, o potássio é o nutriente extraído em maior quantidade, com maior demanda após a frutificação (GRANGEIRO e CECÍLIO FILHO, 2003), quando ocorre uma intensificação da translocação de fotossintatos, principalmente, em favor dos frutos. Nessa fase, também são verificadas as maiores extrações de nutrientes. Em melancia, a

adubação potássica aumentou o teor de sólidos solúveis, espessura e resistência da casca (SUNDSTROM; CARTER, 1983; DESWAL; PATIL, 1984), enquanto no meloeiro, além do incremento nos sólidos solúveis, interferiu na maturação do fruto (NERSON *et al.*, 1997). Em frutos de tomateiro, o potássio aumentou o conteúdo de vitamina C, acidez titulável e açúcares dos frutos (FONTES; SAMPAIO; FINGER, 2000), enquanto em cenoura e cebola aumentou o período pós colheita (SHIBAIRO *et al.*, 1998).

Veloso *et al.* (2001) verificaram em frutos de abacaxi que o diâmetro e comprimento do fruto aumentaram com as doses de potássio e a acidez do fruto decresceu linearmente. Bezerra *et al.* (1981) obtiveram maior diâmetro do fruto de abacaxi com uso de maiores doses de potássio. Os autores observaram efeito significativo da interação entre as doses de nitrogênio e doses de potássio, favorecendo o desenvolvimento do fruto de abacaxi.

### **3 O SOFTWARE IRRIGAUTO**

Aqui serão abordados conceitos básicos para o entendimento do trabalho uma vez que o modo de funcionamento e construção do software já está bem detalhado na dissertação de Vasconcelos (2013). Assim será abordado sobre: sistemas embarcados; RSSF; o conceito de agricultura de precisão e como as tecnologias apresentadas podem ser utilizadas na irrigação de precisão. Será descrito aqui a forma de atuação do software Irrigauto no manejo da irrigação

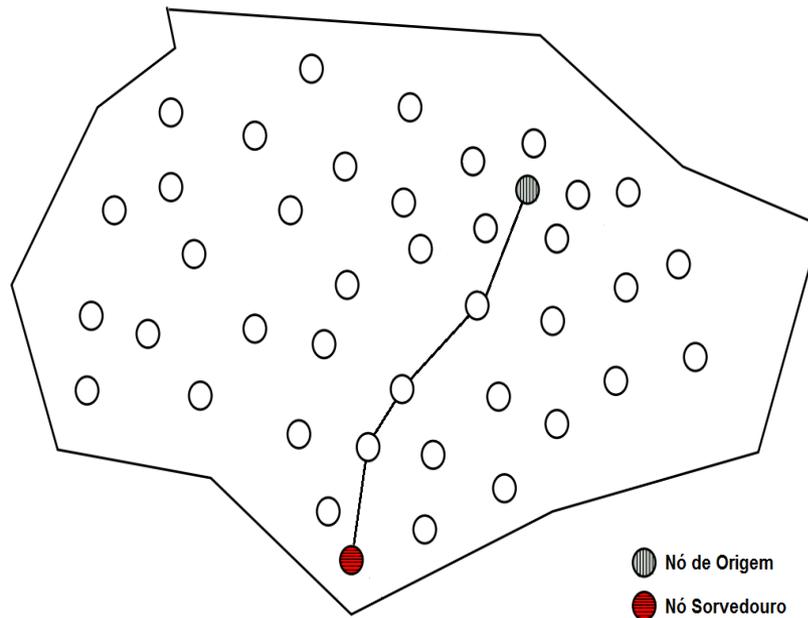
#### **3.1 Sistemas embarcados**

Sistema embarcado é uma interação de *hardware* e *software*, e outras partes adicionais (mecânicas, eletromecânicas ou hidráulicas) projetadas para execução de tarefas específicas (BARR, 1999). Cruz (2009), Santos, Medeiros e Wrege (2013) e Vasconcelos (2013) e Rocha *et al.* (2014), desenvolveram trabalhos evidenciando o uso desses sistemas embarcados como alternativa para o controle de sistemas de irrigação.

#### **3.2 Redes de sensores sem fio**

Redes de sensores sem fio são redes formadas por nós sensores independentes capazes de comunicar-se mutuamente para um determinado fim (LOUREIRO *et al.*, 2003). Um nó especial nas RSSF é chamado nó sorvedouro. É para este nó que fluem as informações dentro da rede. Um exemplo de RSSF está ilustrado na Figura 1. Neste tipo de rede, o Nó Sorvedouro representa um ponto onde as informações colhidas pela rede são processadas e armazenadas. (VASCONCELOS, 2013).

Figura 1- Transmissão de informações em uma rede de sensores sem fio.



Fonte: Vasconcelos (2013)

### 3.3 Agricultura de precisão

Dentre as técnicas de agricultura de precisão, destaca-se o controle da quantidade de água aplicada na cultura, denominado de irrigação de precisão. A irrigação de precisão utiliza tecnologias que permitem controlar a aplicação de água de forma precisa dentro do campo, permitindo tratamentos diferenciais de irrigação localizados (MCCARTHY; HANCOCK; RAINE, 2010). Ela é um conjunto de técnicas e equipamentos que estabelecem condições para o uso eficiente da água.

O Laboratório de Eletrônica e Mecânica Agrícola (LEMA) da UFC vem desenvolvendo trabalhos em irrigação de precisão com o desenvolvimento de um sensor capacitivo para medidas de umidade do solo (SILVA, 2005; SILVA *et al.*, 2005). Durante a calibração dos sensores, foi obtida uma relação exponencial entre o valor de saída do sensor e o volume de água no solo (CRUZ *et al.*, 2010). O sensor capacitivo foi utilizado em campo para o manejo da irrigação em um plantio de melancia, resultando em um ganho de 16,18% a 26,57% na eficiência da aplicação da água (OLIVEIRA, 2008).

### 3.4 Medida da umidade do solo

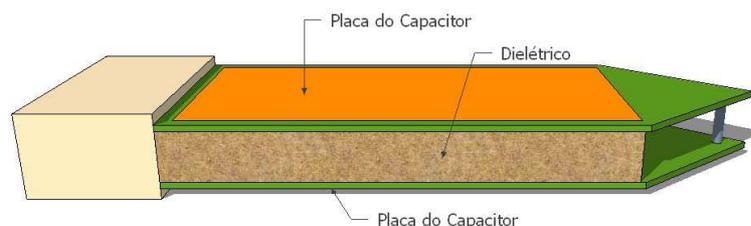
Ao utilizar a umidade do solo como parâmetro para a automação, o tipo de solo e sua capacidade de campo são as bases para a determinação do tempo de irrigação. A umidade atual do solo é utilizada como entrada para algoritmos que visam repor o teor de água no solo, como equações de balanço hídrico volumétrico. Atualmente duas tecnologias se destacam para esta medição, elas são a Reflectância no Domínio do Tempo (TDR – *Time Domain Reflectometry*) e a Reflectância no Domínio da Frequência (FDR – *Frequency Domain Reflectometry*). (VASCONCELOS, 2013).

O sistema TDR funciona medindo-se a velocidade com que uma onda eletromagnética se propaga em um meio, sendo a constante dielétrica do meio a maior influência nesta velocidade. Quanto maior a constante dielétrica, mais devagar a onda se move. Aproveita-se então da grande diferença entre a constante dielétrica do solo seco (3-5) e da água (80) para determinar o teor de água do solo (TOPP; DAVIS; ANNAN, 1980).

Alguns exemplos do uso do TDR são avaliação da variação da umidade em um pomar (POLAK; WALLACH, 2001), avaliação da umidade em relação à irrigação por déficit (WANG; LIU; JENSEN, 2012) e avaliação de irrigação parcial na zona radicular (WANG *et al.*, 2012). A principal utilização do TDR se dá na área de pesquisa, pois os sistemas ainda não atingiram um custo e facilidade suficientes para que sejam utilizados em automação (AYARS; PHENE, 2007).

O sistema FDR também relaciona a capacitância do solo com um valor de umidade. Diferente do sistema TDR, que utiliza duas sondas e mede a velocidade que uma onda demora se propagar entre elas, o sistema FDR baseia-se na frequência de carga e descarga de um capacitor cujo dielétrico é o solo (Figura 2). Um circuito oscilador é responsável por submeter este capacitor a ciclos de carga e descarga. A duração de cada um destes ciclos é inversamente proporcional à capacitância do sensor.

Figura 2 – Sensor capacitivo de umidade do solo



Fonte: Vasconcelos (2013)

No cálculo da capacitância, apenas um valor é variável, correspondente à constante dielétrica do meio, já que a área das placas e a distância entre elas são fixas e determinadas no momento da construção do sensor. Assim sendo, a frequência de carga e descarga do capacitor depende diretamente do material entre as placas. Depois de instalado no solo, a quantidade de matéria sólida entre elas sofrerá pouca variação. A maior variação na constante dielétrica será provocada pela passagem ou acúmulo de água nesta região, relacionando a frequência com o teor de água no solo. A equação 1 evidencia a relação da capacitância com as outras variáveis (VASCONCELOS, 2013).

$$C = \varepsilon * \frac{A}{d} \quad (1)$$

em que:

$C$  = capacitância (F);  
 $\varepsilon$  = permissividade do material ( $F m^{-1}$ );  
 $A$  = área das placas ( $m^2$ );  
 $d$  = distância entre as placas (m).

As RSSF se agregaram aos sensores FDR para possibilitar uma coleta prática e rápida dos dados de muitos sensores ao longo do campo. Esta base teórica apresentada é apenas parte da que foi utilizada por Vasconcelos (2013).

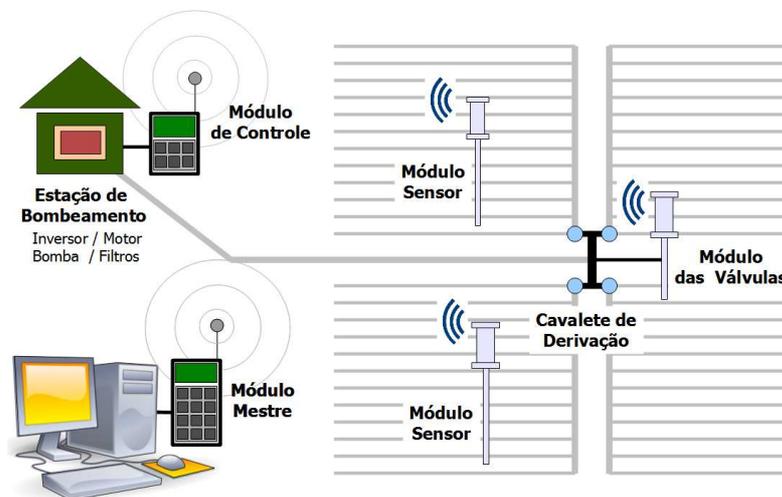
## 4 MATERIAL E MÉTODOS – MANEJO DA IRRIGAÇÃO UTILIZANDO O SOFTWARE IRRIGAUTO

Como parte do trabalho será a avaliação do software desenvolvido por Vasconcelos (2013). Neste capítulo serão abordadas as ferramentas e técnicas que o autor utilizou.

### 4.1 Visão geral do sistema

O controle de um sistema heterogêneo como um sistema de irrigação não pode ser feita por apenas um equipamento. Sensores de umidade do solo, módulos de comunicação sem fio, módulos de controle, bombas hidráulicas, inversores de frequência, etc. são necessários para o controle automático da irrigação. No sistema proposto, os algoritmos e interfaces de controle são alocados em um computador pessoal (PC), o que proporciona um bom poder de processamento, boa quantidade de armazenamento, além de outras vantagens como comunicação via internet (Figura 3).

Figura 3 – Esquema de um sistema de automático de irrigação.



Fonte: Vasconcelos (2013)

A Figura 3 apresenta uma visão geral do sistema de automação em campo. O cálculo do tempo de irrigação e controle do sistema é centralizado, tendo o computador como o *cérebro* do sistema. É nele em que o software de controle é executado, coletando dados dos sensores e os processando para tomar decisões sobre quando e quanto irrigar. O uso do computador permite montar uma base de dados e monitoramento do sistema, alertando o

proprietário ou administrador sobre eventos anormais no mesmo (como mau funcionamento da bomba), ou simplesmente armazenando informações sobre horários de ativação das bombas, tempo de irrigação de cada uma das áreas, umidade do solo ao longo do dia, dentre outras funções.

#### 4.2 Local do experimento

O experimento foi conduzido no período de outubro de 2014 a janeiro de 2015 na área de pesquisa do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará localizado no *campus* do Pici em Fortaleza-CE, (Figura 04), com coordenadas de latitude  $3^{\circ}74$  S e na longitude  $38^{\circ}54$  W na altitude de 22 m. O clima é do tipo Aw', segundo a classificação de Köppen, caracterizando-se como tropical chuvoso com precipitações de verão e temperatura do mês mais frio superior a  $18^{\circ}\text{C}$

Figura 4 - Área Experimental do Departamento de Engenharia Agrícola – DENA/UFC



Fonte: do autor

#### 4.3 Preparo da área experimental

A área do experimento possui as dimensões 50 m x 40 m de comprimento e largura respectivamente compondo uma área de 2000 m<sup>2</sup>. Foi realizado o preparo de solo com aração e gradagem. A correção do pH do solo foi feita com aplicação de calcário dolomítico na cova.

#### 4.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em parcelas subdividas. A parcela principal foi composta pelos tratamentos lâmina de irrigação (L1 3 mm; L2 6mm; L3 9 mm e L4 12 mm) e as subparcelas compostas pelos tratamentos de adubações (A1 90; A2 120; A3 135; A4 150 e A5 180 Kg de K<sub>2</sub>O).

Todos os resultados foram submetidos a análises de variância, teste 'F', e a determinação da diferença mínima significativa foram avaliados ( $p < 0,05$ ). Para análise de regressão foram utilizados polinômios de até terceiro grau e o mínimo valor de R<sup>2</sup> de 70%. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa estatístico SISVAR versão 4.1

#### 4.5 Análise química do solo

Na tabela 1 é apresentada a análise química do solo para a camada de 0-20 cm de profundidade. A melancia é uma hortaliça que pode tolerar certa acidez em solos podendo ser cultivada com pH entre 5,5 a 7,0. Observa-se na tabela 4 que o pH está dentro da faixa esperada, no entanto aproximando-se do limite. Diante disso efetuou-se a aplicação de calcário dolomítico para elevar o valor de pH e aumentar os valores de cálcio e magnésio.

Tabela 1 – Análise química do solo

pH	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	S	T	V	m	PST
Água (dS/m)		(cmol <sub>c</sub> /kg)							(%)	(%)		
5,6	0,14	0,7	0,7	0,15	0,14	1,65	0,2	1,7	3,3	52	11	4

Fonte: do autor

Observa-se na tabela 1 que, apesar da saturação por bases indicar esse solo como um solo fértil V(%) >50, o valor da capacidade de troca de cátions é considerada baixa T < 5cmolc/kg. A saturação por alumínio m (%) é considerada média, está entre 10 a 20 %.

#### 4.6 Recomendação de adubação da melancia 'Explorer F1'

O híbrido utilizado neste estudo foi o 'Explorer F1'. A adubação da melancia 'Explorer F1' foi realizada seguindo a orientação da AGRISTAR que produz a semente. A

partir da recomendação da dose padrão de 135 kg K<sub>2</sub>O/ha, foram utilizadas outras quatro doses de cloreto de potássio 90, 120, 135, 150 e 180 kg de K<sub>2</sub>O/ha. Os tratamentos de adubação foram aplicados somente nas plantas do experimento sendo que as demais plantas receberam a recomendação normal de 135 kg de K<sub>2</sub>O/ha. Para a colocação do adubo foi realizado um semicírculo de aproximadamente 5 cm de profundidade na área do bulbo e depois coberto por terra. As adubações foram feitas semanalmente. Adubação de fundação foi feita com 5 kg de esterco de frango curtido.

Na tabela 2 é apresentada a recomendação de adubação para a produção da melancia 'Explorer F1'. Devido às adubações serem realizadas semanalmente a planta recebia o acumulado do período. Todos os adubos utilizados eram específicos para fertirrigação. As quantidades de potássio recomendadas pelo fabricante foram convertidas para a forma de K<sub>2</sub>O.

Tabela 2 – Recomendação da adubação da melancia Explorer F1

Ácido Fosfórico (kg/ha)	Ácido Bórico (kg/ha)	Uréia (kg/ha)	MAP (kg/ha)	Nitrato de Cálcio (CaNO <sub>3</sub> ) (kg/ha)	Sulfato de Magnésio (MgSO <sub>4</sub> ) (kg/ha)	Cloreto de Potássio (KCl) (kg/ha)	Nitrato de Potássio (KNO <sub>3</sub> ) (kg/ha)
20	23	113	163	230	100	204	30

Fonte: do autor

#### 4.7 Sistema de irrigação

O sistema de irrigação foi formado por um conjunto motor bomba de 3 CV, uma tubulação principal de 75,0 m com tubos de PVC de 50 mm, uma linha de derivação de 50,0 m com tubos de PVC de 50 mm e 16 linhas laterais de 40 m formadas por tubos de polietileno de 18 mm dotados de gotejadores, a cada 50 cm, com vazão de 2,00 L h<sup>-1</sup> a uma pressão de serviço de 15 m.c.a. O sistema possui um cavalete (Figura 5) com quatro válvulas de irrigação que permite, o acionamento de cada válvula individualmente.

Figura 5- Cavalete das válvulas



Fonte: do autor

#### 4.8 Medições da umidade do solo

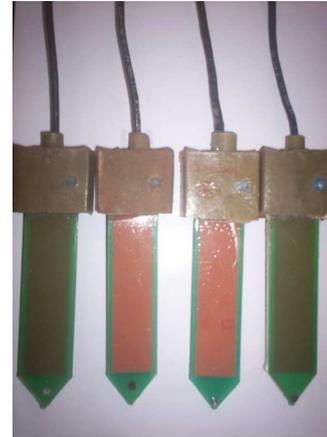
No monitoramento da umidade do solo do experimento foi utilizado o Sensor Capacitivo FDR desenvolvido no Laboratório de Eletrônica e Mecânica Agrícola (LEMA). Este sensor já foi utilizado em campo e mostrou-se eficiente ao monitorar a irrigação, acompanhando de forma precisa a umidade em tempo real, possibilitando o perfeito fracionamento da distribuição de água (OLIVEIRA, 2008). Segundo Silva (2005) é um sensor produzido com material acessível no mercado nacional, permitindo alta viabilidade econômica no processo de fabricação e vem sendo utilizado com êxito para manejo e controle da irrigação (SANTOS *et al.*, 2008; CRUZ *et al.*, 2010; ROCHA NETO, 2012). Os sensores são compostos por duas placas paralelas e um circuito de controle (Figura 6). O sensor capacitivo FDR é confeccionado na forma retangular em placas de circuito impresso (fibra de vidro, com uma fina camada de cobre em um dos lados), com espessura, largura e tamanho aproximados de 0,2 cm, 3 cm e 15 cm, respectivamente, (Figura 6). Suas placas são posicionadas paralelamente, definindo os eletrodos do capacitor, separadas em 0,5 cm e cobertas por um verniz, tanto para evitar oxidação das placas de cobre, devido o contato com o solo, como para eliminar o efeito da condutância elétrica da carga através do dielétrico. A área da placa que constitui o campo elétrico é de 25,48 cm<sup>2</sup>. Este sensor é composto de um oscilador, cuja frequência é definida pelo capacitor que pode variar o dielétrico e por um resistor fixo de 10 kΩ. Depois da montagem do sensor são realizados os testes de funcionamento e após a aplicação do verniz é realizado o encapsulamento da parte eletrônica com resina industrial, (Figura 07).

Figura 6 – Sensor Capacitivo



Fonte: do autor

Figura 7 – Sensores Capacitivos encapsulados



Fonte: do autor

#### **4.9 Equipamentos e Software utilizados no manejo da irrigação**

Os equipamentos e software utilizados neste experimento foram utilizados em Vasconcelos (2013). Por esse motivo serão apresentados de forma sucinta, uma vez que o modo de operação estão bem descritos na referida dissertação. Assim algumas figuras serão apresentadas com a finalidade de mostrar os equipamentos e telas de comandos utilizados neste trabalho.

##### ***4.9.1 Módulo remoto***

Segundo Vasconcelos (2013), o módulo remoto (Figura 8) é um dos elementos básicos para a comunicação sem fio do sistema, contendo microcontrolador e transceptor. O módulo remoto possui funcionamento reativo captando sinais de sensores, transmitindo sinais de comando apenas quando estimulado pelo módulo mestre.

Figura 8 – Módulo Remoto

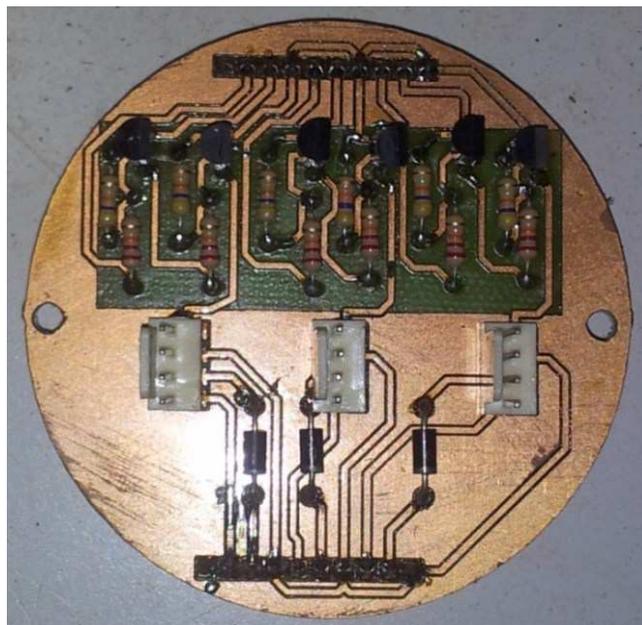


Fonte: Vasconcelos (2013)

#### ***4.9.2 Placa de multiplexação dos sensores***

O módulo sensor é responsável pela leitura dos dados dos sensores em campo e consiste de uma placa do módulo remoto e uma placa de multiplexação de sensores. A placa multiplexadora (Figura 9) tem capacidade de conectar até três sensores, permitindo monitorar as condições de umidade do solo em três diferentes perfis de profundidade. Neste trabalho foi utilizada apenas um sensor para monitorar a umidade do solo.

Figura 9 – Placa multiplexadora dos sensores

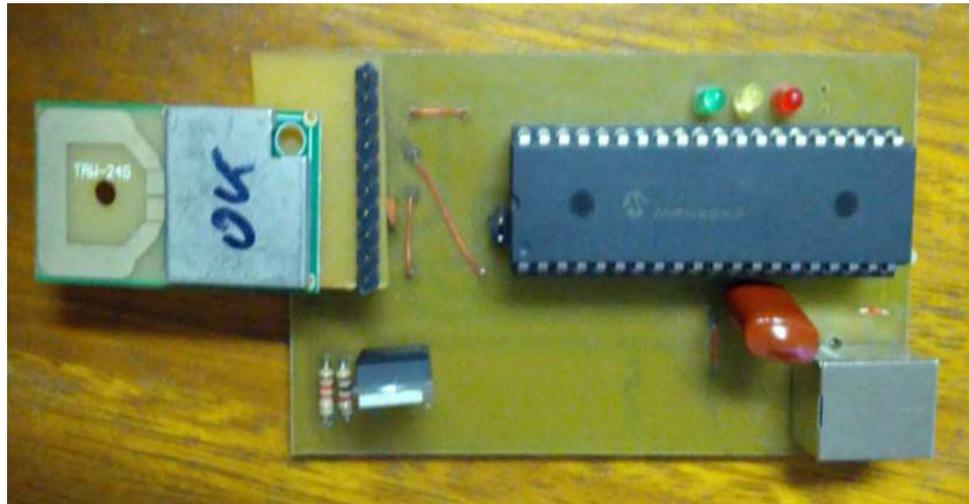


Fonte: do autor

### 4.9.3 Módulo mestre

A estação base ou Módulo Mestre (Figura 10) tem a função de intermediar a comunicação entre os módulos remotos e o PC, seja enviando comandos ou colhendo dados dos sensores. Os comandos chegam ao Módulo Mestre através de uma conexão USB, que os envia na forma de pacotes de dados através da RSSF, estabelecendo uma comunicação com os módulos em campo (VASCONCELOS, 2013).

Figura 10 – Módulo mestre



Fonte: Vasconcelos (2013)

### 4.9.4 Inversor de frequência

É uma topologia de um circuito eletrônico que converte corrente contínua em corrente alternada, Segundo Carvalho *et al.*, (2000) a quantidade de energia economizada pode chegar a até 40% em alguns casos. Neste trabalho foi utilizado um ciclo conversor modelo VFD-E de 5 CV, (Figura 11), com a finalidade de controlar a variação de frequência na saída do inversor fazendo variar a velocidade de rotação do motor de indução, sendo o responsável pelo acionamento da moto-bomba.

Figura 11 - Inversor de Freqüência



Fonte: Vasconcelos (2013)

Na Tabela 3 observa-se o resultado obtido dos testes em campo para definir as frequências de acionamento do inversor para o funcionamento individual das válvulas e do funcionamento em conjunto, garantindo que a pressão de funcionamento do sistema não causasse danos à tubulação por ocasião de alta pressão.

Tabela 3 – Valores da capacidade de campo e frequência das válvulas para o acionamento.

MÓDULO	VÁLVULA	Umidade $\Theta$ (cm <sup>3</sup> / cm <sup>3</sup> )		Frequência Sensor Capacitivo (kHz)		Lâmina (mm)
		Início da irrigação	Capacidade de campo	Início da irrigação	Final da irrigação	
36	1	0,22	0,24	1860	1763	3
MODULO 23	VÁLVULA 2	0,20	0,24	1936	1763	6
42	3	0,18	0,24	2025	1763	9
43	4	0,16	0,24	2129	1763	12

Fonte: do autor

#### 4.9.5 Módulo de controle do inversor

O Módulo de Controle do Inversor (Figura 12) é necessário para transformar os comandos que chegam através de RSSF em comandos para alterar a velocidade do conjunto moto-bomba. A comunicação entre o inversor e o módulo de controle é feita através do protocolo ModBus (RS485), projetado para situações em que existe muito ruído, como ambientes industriais. A placa de controle utiliza um Circuito Integrado SN75176 para o acoplamento do microcontrolador com o inversor de frequência, já que a tensão utilizada por cada um dos aparelhos é diferente (VASCONCELOS, 2013).

Figura 12 – Placa de controle do Inversor de Frequência



Fonte: Vasconcelos, 2013

#### 4.9.6 Módulo das válvulas

A última placa de circuito que será utilizada no experimento tem a função de controlar válvulas de irrigação do tipo *latching* e é chamada de Módulo das Válvulas (Figura 13). Um *latch* é um tipo especial de circuito que apresenta memória, e troca seu estado quando percebe uma mudança em seu sinal de entrada. As válvulas do tipo *latching* são válvulas hidráulicas que possuem um solenoide que responde a impulsos de corrente contínua (DC). Aplicando a corrente em uma polaridade, abre-se a válvula, aplicando o sinal DC na polaridade inversa, fecha-se a válvula (VASCONCELOS, 2013).

Figura 13 – Placa das válvulas



Fonte: Vasconcelos (2013)

Todos estes equipamentos em conjunto permitem o controle total do sistema de irrigação, desde a leitura de umidade do solo, passando pelo bombeamento e chegando até as válvulas em campo. A interligação de todos estes dispositivos é possível através de um *software* centralizado que os coordenará e possibilitará a correta aplicação de água na planta.

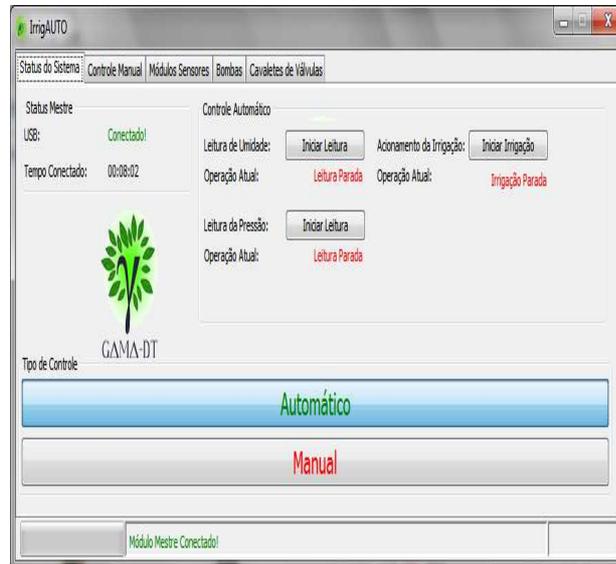
## 5 SOFTWARE IRRIGAUTO

O Software utilizado neste trabalho foi o Irrigauto, desenvolvido por Vasconcelos (2013). Este *software* permite a opção de controle do sistema de irrigação no modo automático ou manual. A seguir serão mostradas figuras explanatórias, ao mesmo tempo em que realizada uma breve explicação das principais partes do software utilizado neste trabalho, uma vez que o desenvolvimento e modo de operação estão descrito na dissertação de Vasconcelos (2013).

### 5.1 Acionamento da irrigação

Na Figura 14, observa-se a tela do software na qual se pode escolher se o controle da irrigação ficará automatizado ou manual. Neste trabalho ocorreram problemas de sincronismo no sistema, no entanto, foi possível realizar as irrigações e monitoramento das umidades no solo devido o software permitir o acionamento manual.

Figura 14 – Tela inicial para acionamento da irrigação manual ou automático

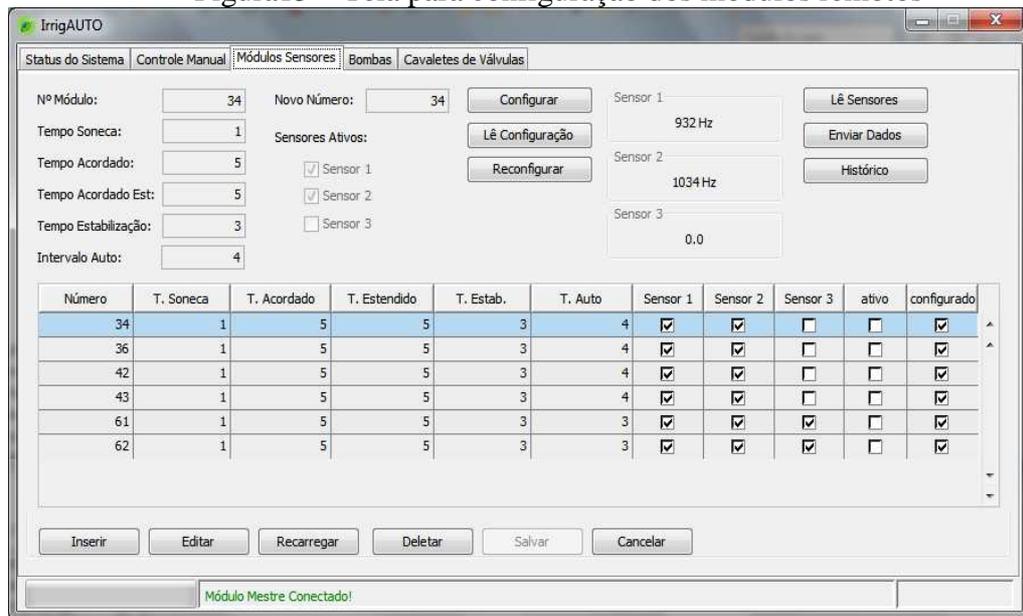


Fonte: Vasconcelos (2013)

### 5.2 Configuração dos módulos remotos

Na Figura 15, observa-se o local onde é realizada a configuração dos módulos remotos dos sensores. Utilizando as opções 'Configurar', 'Lê configuração' e 'Reconfigurar'. Os módulos a serem utilizados receberam identificação diferenciada e cada módulo é responsável pela ativação de determinada área do sistema de irrigação.

Figura15 – Tela para configuração dos módulos remotos

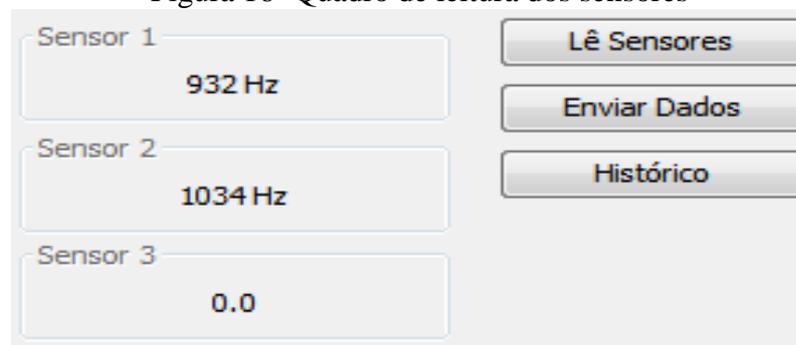


Fonte: do autor

### 5.3 Aquisição dos dados

Após todos os módulos terem sido cadastrados e configurados foi possível obter as leituras dos sensores que estão no solo. Isso é feito por meio da seqüência onde se clica no botão 'Lê sensores' seguido de 'Enviar dados' e finalmente 'Histórico'. Os valores das leituras dos módulos estão descritos no quadro abaixo com a identificação dos sensores, como pode ser observado na Figura 16.

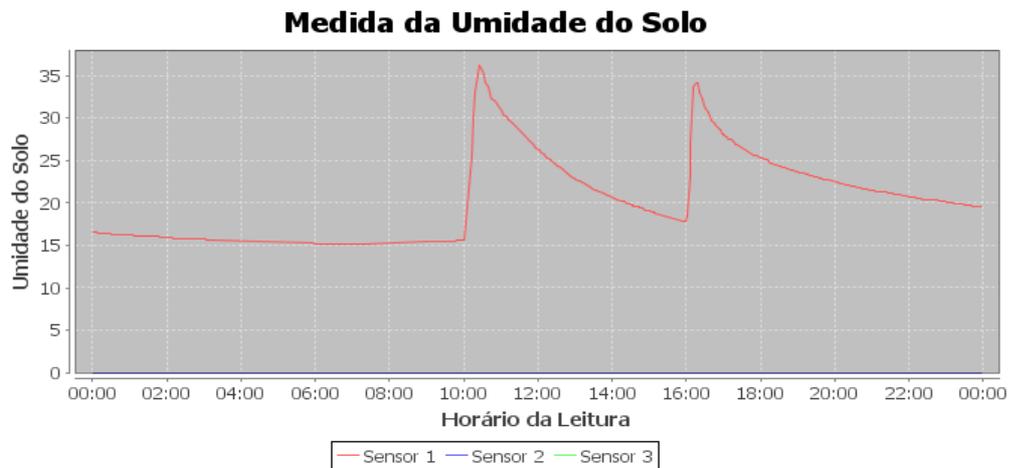
Figura 16- Quadro de leitura dos sensores



Fonte: do autor

As informações de umidade do sensor FDR são armazenadas e podem ser obtidas clicando no ícone 'Histórico', para exibição do gráfico da umidade do solo com o tempo para cada módulo ( Figura 17).

Figura 17 - Umidade do solo ao longo do tempo



Fonte: do autor

#### 5.4 Módulo de controle da bomba

O acionamento do conjunto moto-bomba é feito com a utilização de um módulo de controle que é configurado especificamente para este propósito. Nessa configuração pode-se escolher a velocidade de partida do motor a partir do quadro de controle do inversor, (Figura 18).

Figura 18 – Quadro para ajustar a velocidade de funcionamento do inversor

**Inversor**

Estado: Ligado

Frequência Atual:  Hz

Frequência Manual:  Hz

Fonte: do autor

#### 5.5 Configuração do módulo controle das válvulas

Os módulos utilizados no controle das válvulas de irrigação atuam de forma independente e simultaneamente, se necessário. Cada válvula possui um único módulo e na aba de configuração são atribuídos os valores de pressão de funcionamento de cada válvula. É

possível acompanhar a variação da pressão de funcionamento e verificar se a válvula está aberta ou fechada (Figura 19).

Figura 19 – Quadro para configurar e verificar o funcionamento das válvulas

The screenshot shows the 'Cavaletes de Válvulas' window in the IrrigAUTO software. At the top, there are tabs for 'Status do Sistema', 'Controle Manual', 'Módulos Sensores', 'Bombas', and 'Cavaletes de Válvulas'. Below the tabs, there are input fields for 'Nome: Cavalete do Milho', 'Módulo: 61', and 'Bomba: Bomba Pequena'. The main area is divided into four sections for 'Válvula 1' through 'Válvula 4'. Each section contains fields for 'Nome', 'P. Max. Válvula', and 'Pressão Atual', along with 'Abrir' and 'Fechar' buttons. To the right, there is a section for 'Último Acionamento' with fields for 'Data', 'Hora', 'Duração', and 'Estado'. At the bottom, there is a table showing the status of the valves across four areas.

Cavalete	Acionamento	Número	Área 1	Estado 1	Área 2	Estado 2	Área 3	Estado 3	Área 4	Estado 4
Cavalete do Milho	Cálculo	61	Milho 1	Desligado	Milho 2	Ligado	Milho 3	Desligado	Milho 4	Desligado

At the bottom of the window, there are buttons for 'Inserir', 'Editar', 'Recarregar', 'Deletar', 'Salvar', 'Cancelar', 'Ler Pressão', and 'Recuperar Dados'. A status bar at the very bottom indicates 'Módulo Mestre Conectado!'.

Fonte: Vasconcelos (2013)

## 5.6 Acionamento do sistema de irrigação das válvulas

O acionamento do sistema de válvulas foi feito utilizando o controle por limite de umidade. A configuração dos valores de umidade foi realizada de forma independente para cada válvula (Figura 20). O valor é definido para o fim da irrigação é de 24% em volume equivalente a capacidade de campo para todas as válvulas.

Figura 20 – Quadro para definir os limites de umidades de acionamento das válvulas

Fonte: Vasconcelos (2013).

Os valores para reinício de irrigação para as válvulas 1, 2, 3 e 4, foram de 22%, 20%, 18% e 16% respectivamente. A equação de calibração do sensor foi tomada segundo Almeida (2011) e expressa na equação 2 a seguir.

A equação 2 foi utilizada para definir a lâmina de irrigação dos módulos.

$$LL = (CC - U_i) \times Z \times 10 \quad (2)$$

Em que:

LL: Lâmina líquida (mm)

CC: Umidade Capacidade de campo (%)

UI: Umidade de reinício de irrigação (%)

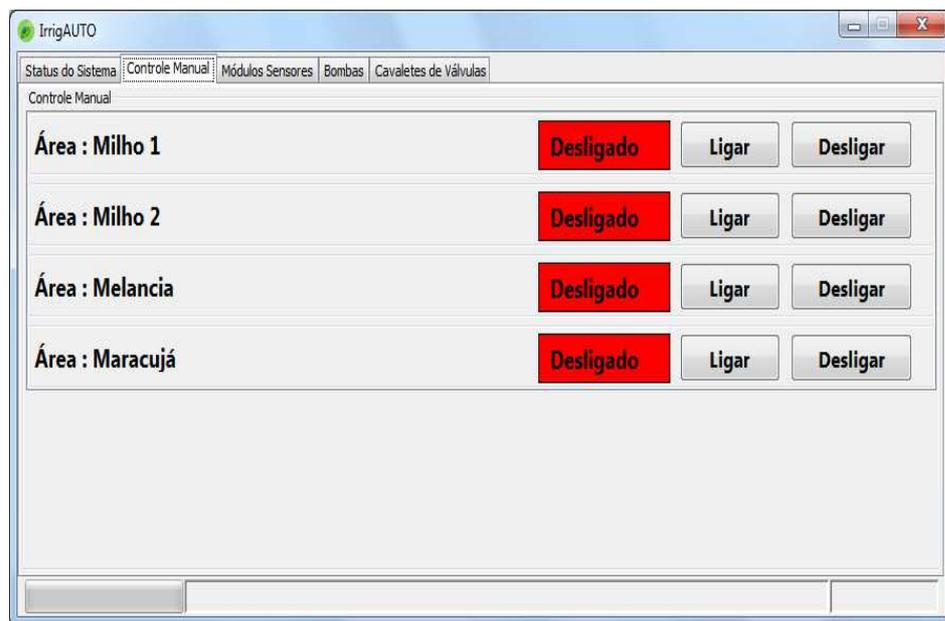
Z: Profundidade das raízes (mm)

## 5.7 Controle Manual

A aba de “Controle Manual” foi construída pensando-se na simplicidade e facilidade de operação. Cada uma das áreas cadastradas na aba “cavaletes de Válvulas” correspondente a um item na lista de áreas de irrigação, ilustrada na Figura 20. Ao clicar no

botão “Ligar”, a válvula da área correspondente é aberta e a área correspondente é irrigada. O botão “Desligar” quando acionado fecha a válvula correspondente. Caso não haja nenhuma área ativa, a bomba é desligada, caso contrário, a velocidade do motor é ajustada ao número de áreas ativas (VASCONCELOS, 2013).

Figura 21 – Quadro para acionar manualmente as válvulas



Fonte: Vasconcelos (2013)

## **6 CARACTERIZAÇÃO DOS FRUTOS DE MELANCIA, HÍBRIDO ‘EXPLORER F1’**

Os frutos foram identificados, coletados e posteriormente transportados para o Laboratório de Controle de Qualidade e Secagem de Alimentos, da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza, onde as análises foram realizadas. Para a coleta dos frutos, considerou-se o estágio de maturação, utilizando-se como indicador o grau de desidratação da ‘gavinha’ mais próxima do fruto. As amostras foram colocadas em câmara fria com temperatura controlada de 10°C.

### **6.1 Avaliações físicas**

#### ***6.1.1 Massa dos frutos***

A obtenção da massa dos frutos foi realizada com o auxílio de uma balança digital de duas casas decimais. Os valores foram expressos em gramas.

#### ***6.1.2 Dimensões dos frutos***

Foram realizadas medidas do diâmetro transversal e longitudinal dos frutos utilizando fita métrica e os resultados expressos em centímetros.

#### ***6.1.3 Cor da casca e da polpa***

Foi realizada a determinação da cor da casca dos frutos nas listras verde claro e escuro e da polpa utilizando o colorímetro Minolta CR 300, nos parâmetros: Luminosidade,  $a^*$  (vermelho a verde) e  $b^*$  (amarelo a azul); croma (intensidade da cor) e ângulo hue ( $0^\circ$  = vermelho,  $90^\circ$  = amarelo,  $180^\circ$  = verde,  $270^\circ$  = azul). Os valores de croma e ângulo hue foram calculados segundo Mc Guirre, Francis, Dyar (1992). Cada observação foi composta da média de duas leituras.

### **6.2 Avaliações físico-químicas**

#### ***6.2.1 Sólidos Solúveis***

Utilizou-se suco filtrado e as medições foram feitas com refratômetro digital (Modelo PR 100, Pallette Atago Co), com compensação automática de temperatura segundo AOAC (1995) e os resultados foram expressos em °Brix.

#### ***6.2.2 Acidez Titulável (AT)***

Determinada por titulometria com solução de NaOH 0,1N utilizando o indicador fenolftaleína para indicar o ponto de viragem do incolor para o róseo claro permanente. Os resultados foram expressos em porcentagem (%) de ácido cítrico segundo IAL (2004).

#### ***6.2.3 pH***

O pH foi obtido diretamente no suco utilizando-se potenciômetro digital de membrana de vidro segundo AOAC (1995) e previamente calibrado com soluções tampão de pH 4 e 7.

#### ***6.2.4 Relação SS/AT***

Foi obtida através do quociente entre as variáveis sólido solúvel e acidez titulável.

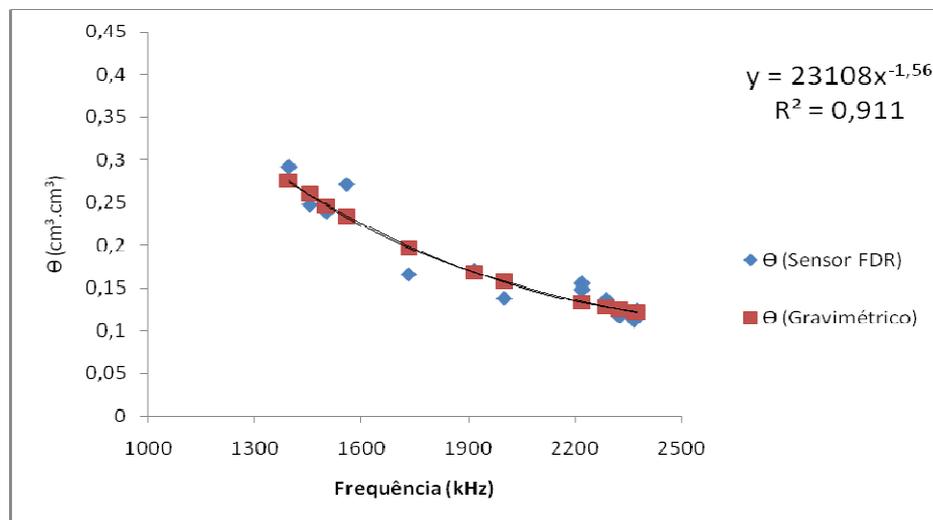
## 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 7.1. Avaliação da umidade do solo, fornecida pelos sensores de umidade FDR

A equação de calibração dos sensores utilizados no manejo da irrigação foi a obtida em campo por Almeida (2013) como sendo  $\theta = 17969294,21.f^{-2.423}$ . Para comprovar a exatidão dos dados de umidade fornecidas pelos sensores, foi realizada coleta de solo próximo aos sensores para determinação da umidade pelo método padrão de estufa..

Nas Figuras 22, 23, 24 e 25 observa-se a resposta das umidades do solo obtidas pelos sensores de cada setor e sua relação com método padrão de estufa. Percebe-se que os valores de umidade obtidos pelo método padrão de estufa e pelos sensores estiveram bem próximos, sugerindo que ocorreram valores acima e abaixo do esperado. O  $R^2$  fornecido evidencia que os sensores FDR apresentam umidade real medido pelo método gravimétrico e umidade medida pela equação de Lucas (2013).

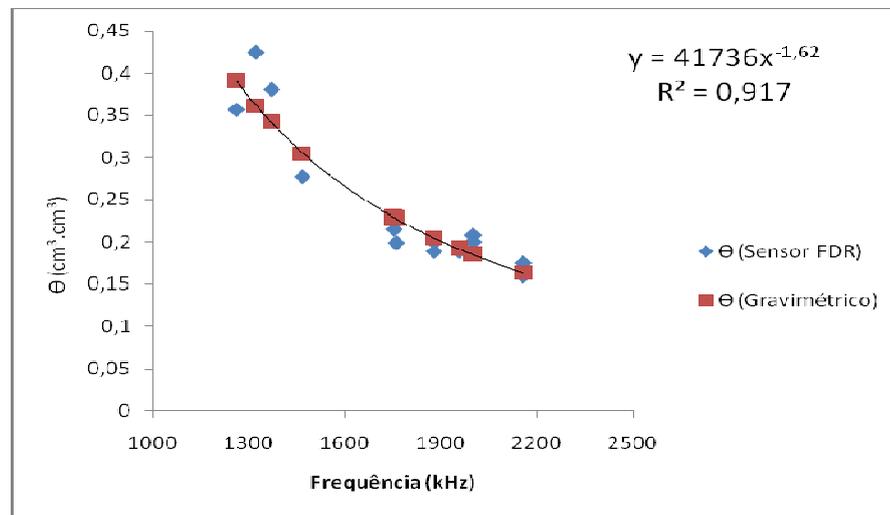
Figura 22 – Umidade volumétrica ( $\Theta$ ) em função da frequência obtida pelo sensor FDR em campo e laboratório para o Setor 1.



Fonte: do autor

Observa-se na figura 22 que o sensor FDR possui valores de umidade acima e abaixo da curva obtida pela equação. Lucas 2013, avaliando a calibração de sensores FDR com o método gravimétrico encontrou a comportamento semelhante em seu trabalho.

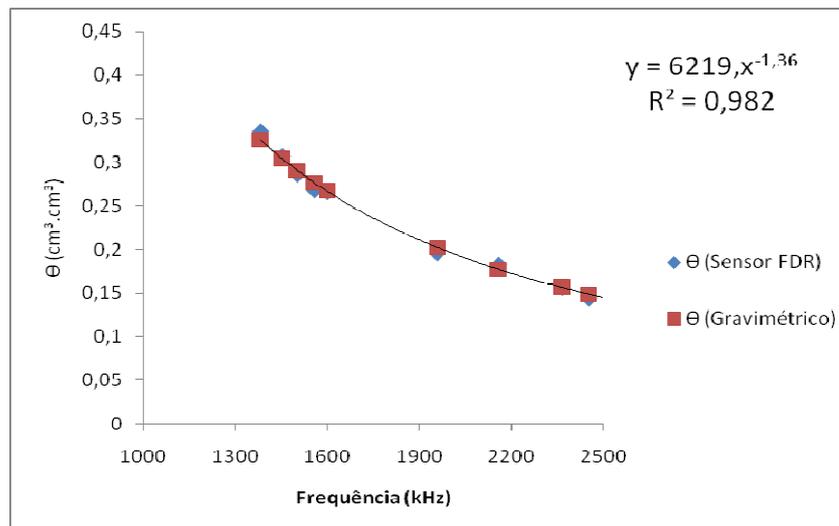
Figura 23 – Umidade volumétrica ( $\Theta$ ) em função da frequência obtida pelo sensor FDR em campo e laboratório para o setor 2.



Fonte: do autor

Observa-se na figura 23 que o sensor FDR possui valores de umidade acima e abaixo da curva obtida pela equação. Resultados semelhantes foram obtidos por Cruz (2009), quando avaliou a calibração em campo com a de laboratório. O sensor do setor 2 evidencia está mais úmido que o sensor do setor 1.

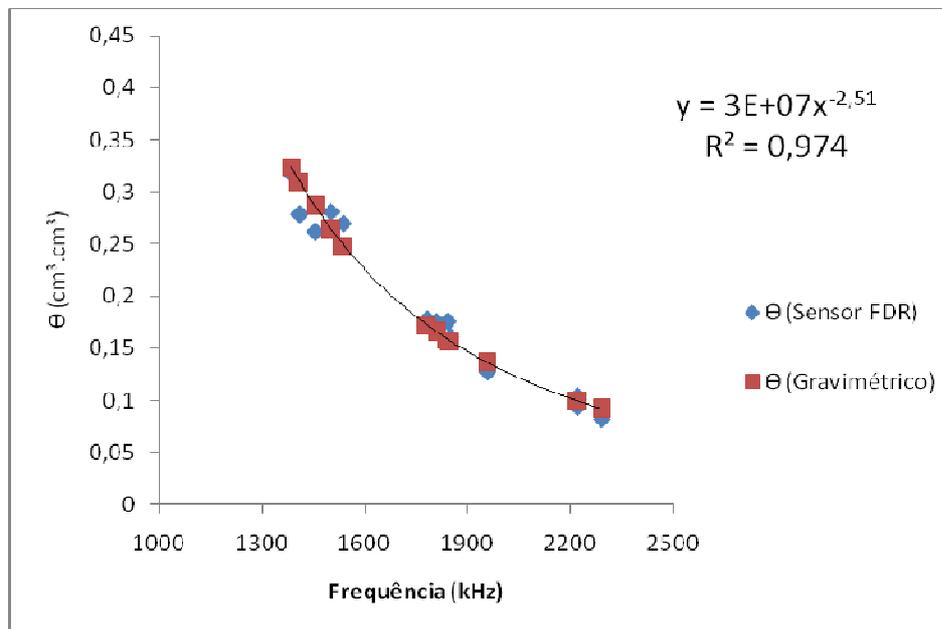
Figura 24 – Umidade volumétrica ( $\Theta$ ) em função da frequência obtida pelo sensor FDR em campo e laboratório para o setor 3.



Fonte: do autor

Observa-se na figura 24 que o sensor FDR possui valores de umidade quase idênticos ao método gravimétrico. A curva obtida representada pela equação obteve um valor de  $R^2$  muito consistente. Lucas (2013) e Cruz (2009) observaram resultados semelhantes em relação ao valor de  $R^2$ .

Figura 25 – Relação da umidade do solo fornecida pelo sensor FDR e método padrão da estufa para o setor 4.



Fonte: do autor

Observa-se na figura 25 que o sensor FDR possui valores de umidade do solo semelhante ao método gravimétrico. A curva obtida representada pela equação obteve um valor de  $R^2$  muito consistente.

Em todos os gráficos pode-se perceber que há superestimação dos valores de umidade. Essa divergência de valores pode ser explicado segundo Lucas (2013), devido a calibração em laboratório, a estrutura do solo está sujeita a deformação, fato que justifica a superestimação da umidade pela equação em comparação a calibração em campo.

### 7.1.1 Acionamento do inversor de frequência em função do número de válvulas

Na Tabela 4 observam-se os de frequência encontrados para o acionamento do cicloconversor. Observa-se que as os valores de acionamento são muito abaixo da frequência padrão de operação da rede elétrica da concessionária local que é de 60 Hz. A velocidade de rotação da motobomba está relacionada com a vazão que será fornecida na entrada dos emissores de irrigação, ou seja, cada válvula do setor foi acionada individualmente e aos pares até que se chegasse a pressão de trabalho dos emissores para fornecimento da vazão adequada e conhecimento da frequência para o fornecimento da mesma quantidade de água. Com esse teste tornou-se possível fornecer a mesma pressão de funcionamento do sistema com as

diferentes possibilidades de acionamento das válvulas, garantindo a mesma vazão.

Tabela 4 – Frequências de funcionamento do Cicloconversor

<b>N° de Válvulas acionadas</b>	<b>Frequência do Inversor (Hz)</b>	<b>Pressão de serviço no final de linha (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Vazão no gotejo (L/h)</b>
1	42,5	1,8	2
2	44,5	1,8	2
3	45	1,8	2
4	45,5	1,8	2

Fonte: do autor

Durante o acionamento no modo automático do inversor ocorreram problemas de operação que consistiram de mudança na rotação de 42,5 Hz para 60 Hz. Essa alteração repentina fez com que o sistema de irrigação entrasse em estresse e acontecesse o rompimento com vazamento no sistema de filtragem devido à alta pressão de funcionamento para uma única válvula aberta. Esse problema foi ocasionado por um erro na linha do programa que ficou na versão anterior, fato este que foi corrigido.

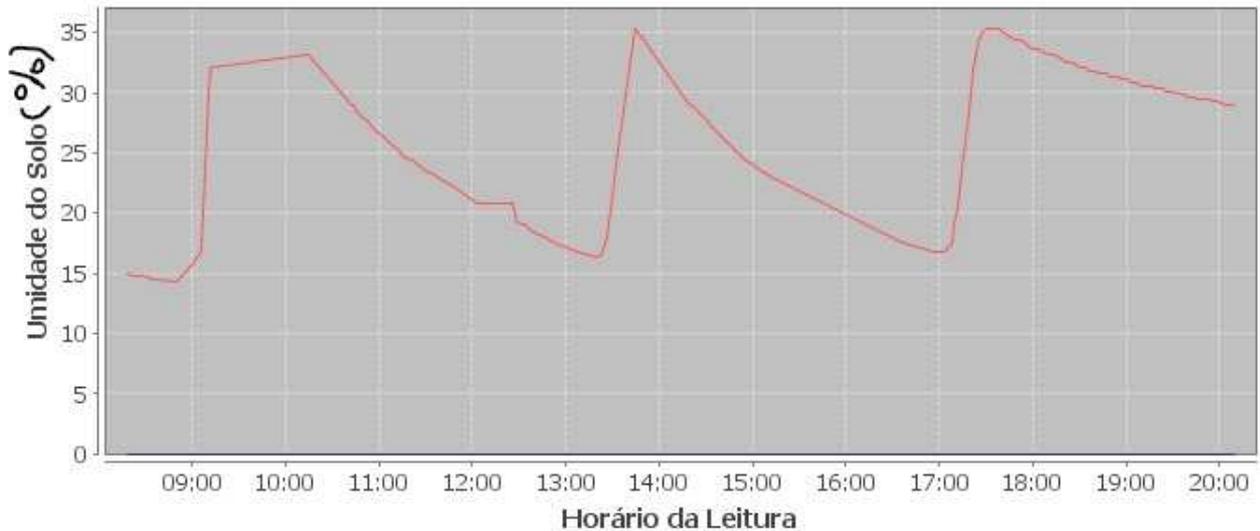
### ***7.1.2 Variação da umidade do solo ao longo do ciclo***

Uma das funções testadas pelo experimento foi verificar as mudanças que ocorriam na umidade do solo durante as irrigações. O Irrigauto mostrou-se muito eficiente em gerar os gráficos. O fator limitante para a obtenção dos gráficos é ocasionado pela alimentação do sensor de umidade ao módulo remoto e a orientação do transceptor do módulo. Oscilações de energia e a não visada entre o transceptor do módulo e o módulo mestre ocasionam falha na comunicação entre os módulos remotos e o módulo mestre. Nestes casos, verificava-se a carga das baterias e fazia-se a reorientação do transceptor. Nas figuras 26, 27, 28 e 29 referente aos módulos das válvulas dos setores 1, 2, 3 e 4, respectivamente, são apresentados os gráficos do comportamento da umidade do solo.

Observa-se na figura 26 a variação da umidade do solo das 09h00 as 20h00. Neste intervalo de tempo o sensor FDR detectou umidades no solo entre 15% e 35%

aproximadamente. Analisando o gráfico abaixo observa-se que entre as 10h00 e 13h00, e, entre 14h00 e 17h00 aproximadamente, há uma redução mais intensa da umidade do solo.

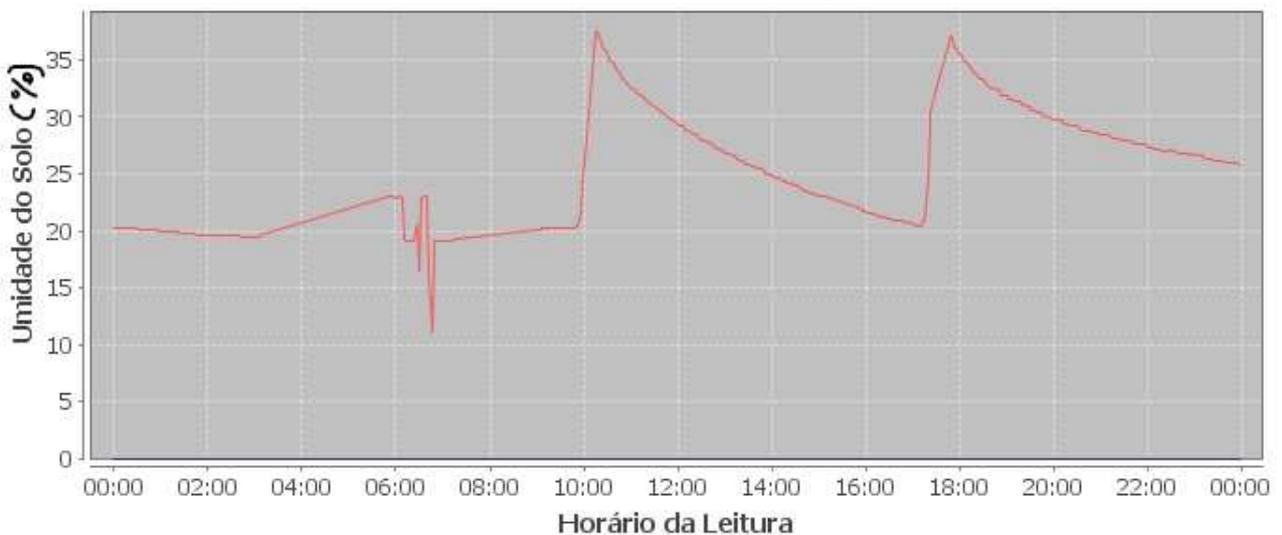
Figura 26 – Módulo do sensor do setor 1 com gráfico da umidade do solo



Fonte: do autor.

Observa-se na figura 27 a variação da umidade do solo das 00h00 as 22h00. Neste intervalo de tempo o sensor FDR detectou umidades do solo entre 11% e 38% aproximadamente. Analisando o gráfico abaixo, verifica-se que a umidade do solo a partir das 03h00 aproximadamente, tem um aumento na umidade, ocasionado por uma pequena chuva que voltou a se repetir entre 06h00 e 08h00.

Figura 27 – Módulo do sensor do setor 2 com o gráfico da umidade do solo

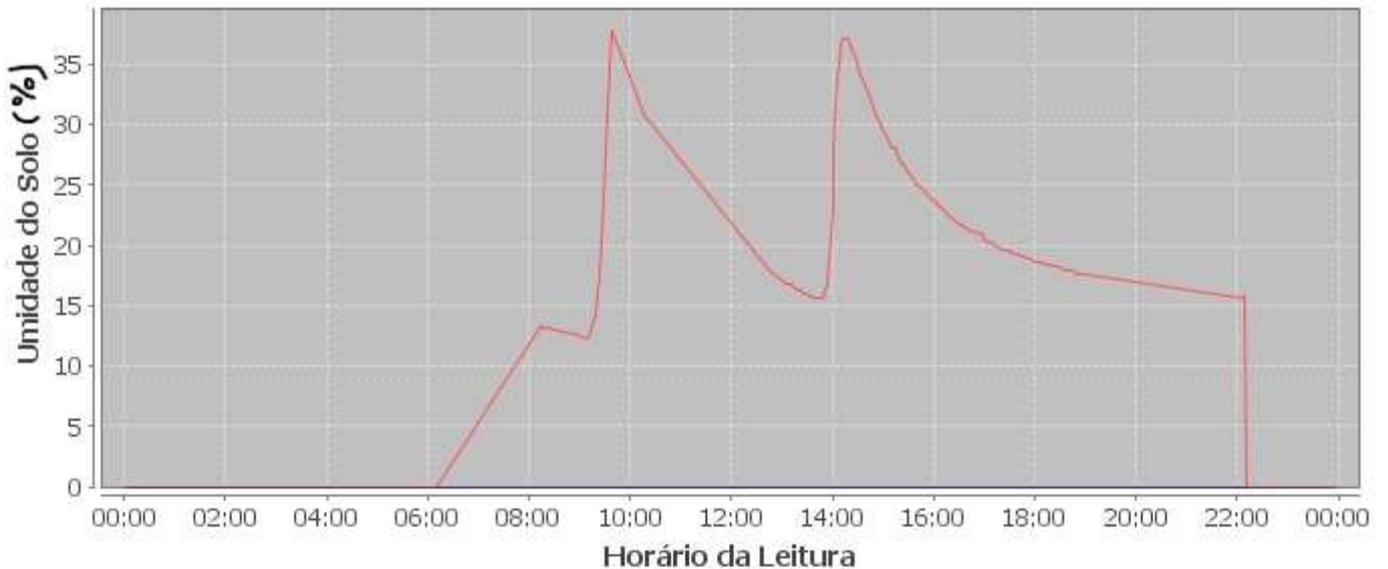


Fonte: do autor

Observa-se na figura 28 a variação da umidade do solo das 06h00 as 20h00. Neste intervalo de tempo o sensor FDR detectou umidades do solo entre 13% e 34%. Verifica-se que

até as 06h00 e a partir das 22h00 as informações de umidade do solo não estavam sendo armazenadas. Esse problema ocorreu pelo descarregamento da bateria que energiza o módulo do sensor FDR, sendo consertado em seguida.

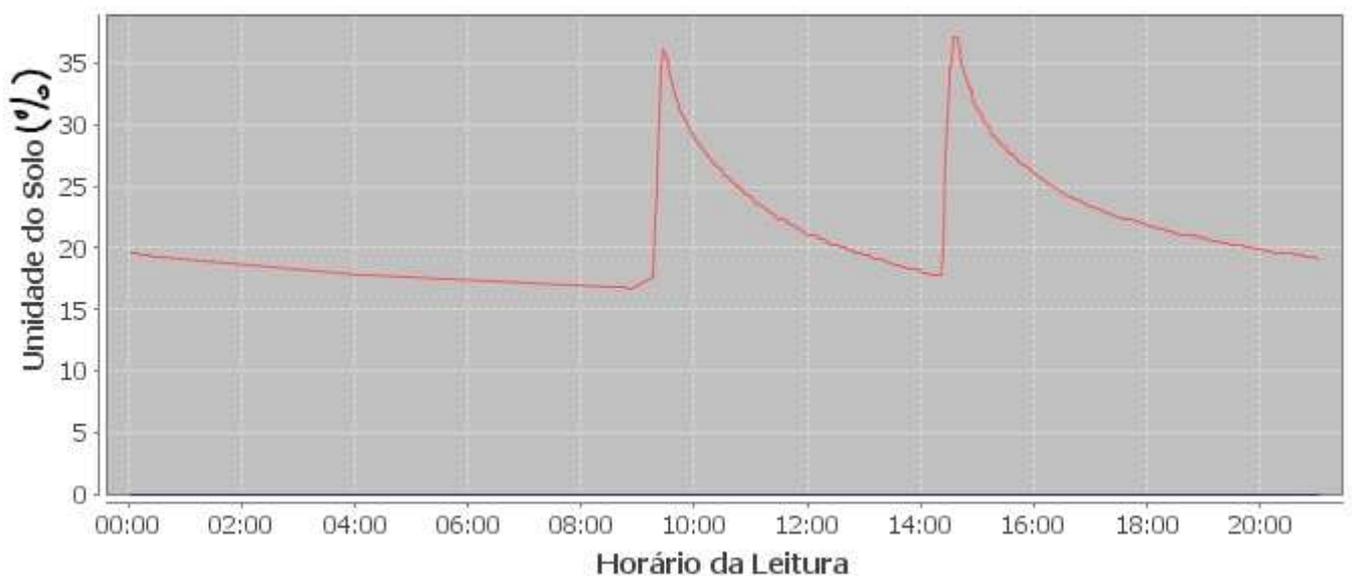
Figura 28 – Módulo do sensor do setor 3 com gráfico da umidade do solo



Fonte: do autor

Observa-se na figura 29 a variação da umidade do solo das 00h00 as 20h00. Neste intervalo de tempo o sensor FDR detectou umidades do solo entre 16% e 36% aproximadamente. Verifica-se que durante a madrugada a aquisição dos dados continuou sendo realizada sem problemas, ao contrário do sensor anterior.

Figura 29 – Módulo do sensor do setor 4 com gráfico da umidade do solo

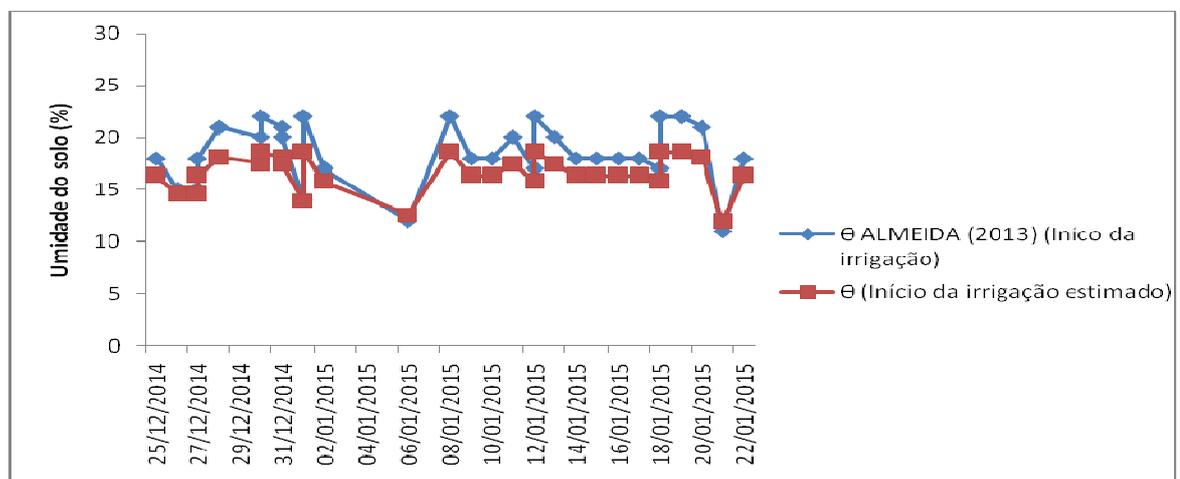


Fonte: do autor

### 7.1.3 Comportamento da umidade do solo de cada módulo remoto

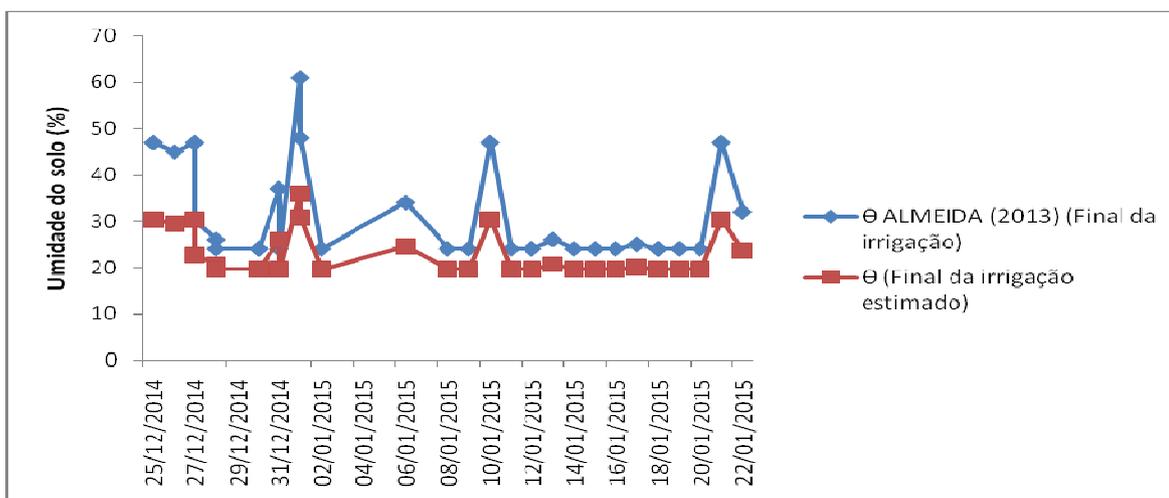
Realizou-se uma comparação entre as umidades de início e final da irrigação levando em consideração a equação de calibração dos sensores obtida por Almeida (2013) e a nova umidade de solo estimada por meio da equação de regressão obtidas pela coleta dos dados. Nas Figuras 30 e 31 observa-se o comportamento das umidades de início e fim da irrigação respectivamente para o módulo 36. Verificou-se que os valores de umidade obtidos pela equação de Almeida (2012), superestimaram os valores esperados em quase todos os dias. Resultados semelhantes foram observados por Cruz (2009) e Moreira (2009).

Figura 30 – Comparação da umidade inicial de irrigação com a umidade esperada setor 1



Fonte: do autor

Figura 31 – Comparação da umidade final de irrigação com a umidade esperada setor 1

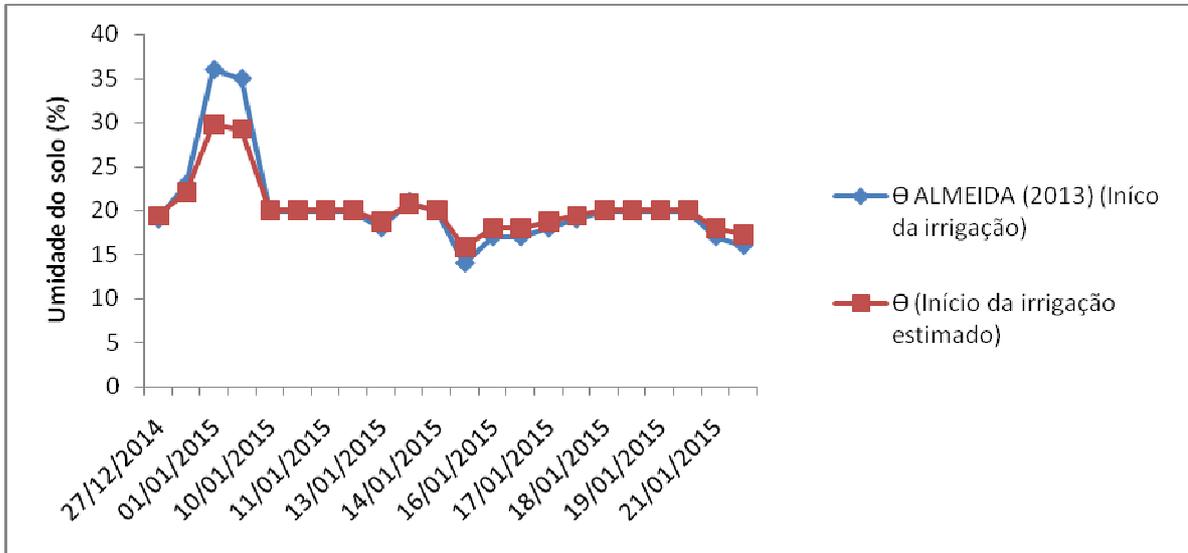


Fonte: do autor

Para o módulo 23, nas figuras 32 e 33, verificou-se um comportamento mais próximo entre os valores de umidade. Este módulo apresentou problemas de funcionamento e

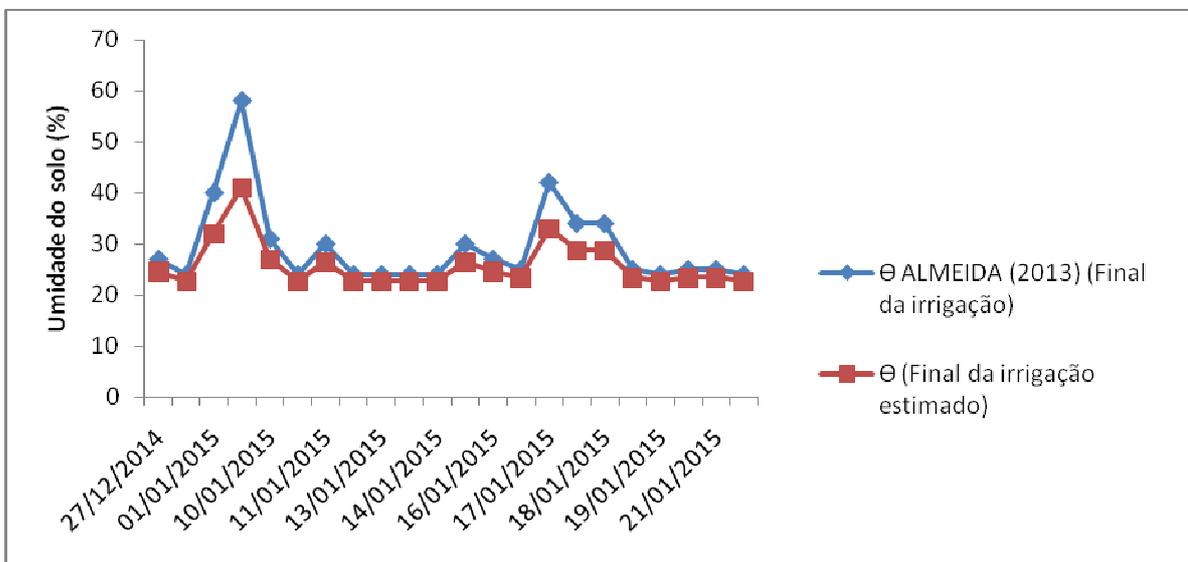
devido a isso, a irrigação era feita segundo leituras obtidas com um frequencimento manual. Observa-se que há valores elevados de umidades do solo para o início e fim da irrigação que foram ocasionados devido o momento da coleta de umidade do solo.

Figura 32 – Comparação da umidade inicial de irrigação com a umidade esperada setor 2.



Fonte: do autor

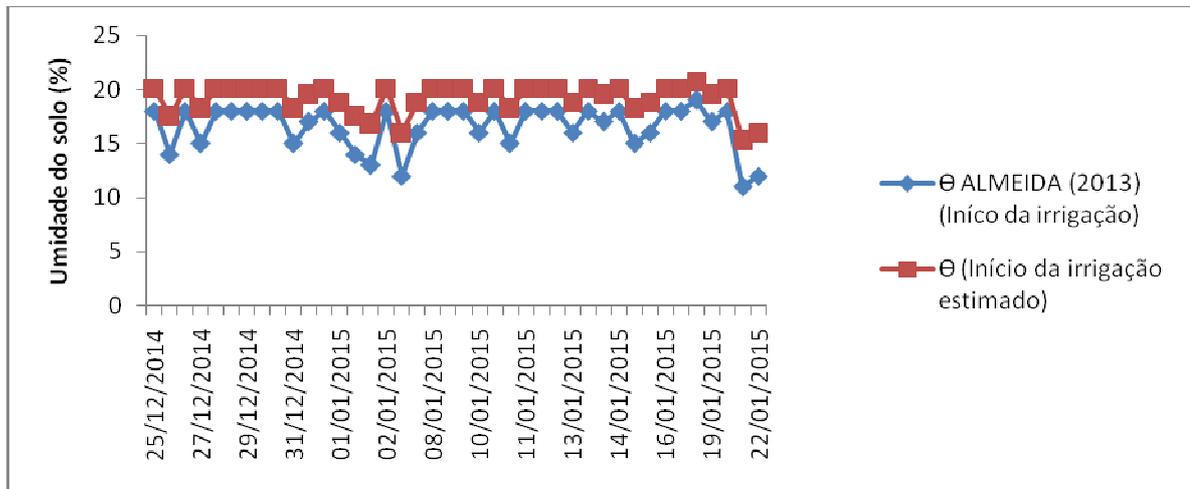
Figura 33 – Comparação da umidade final de irrigação com a umidade esperada setor 2.



Fonte: do autor

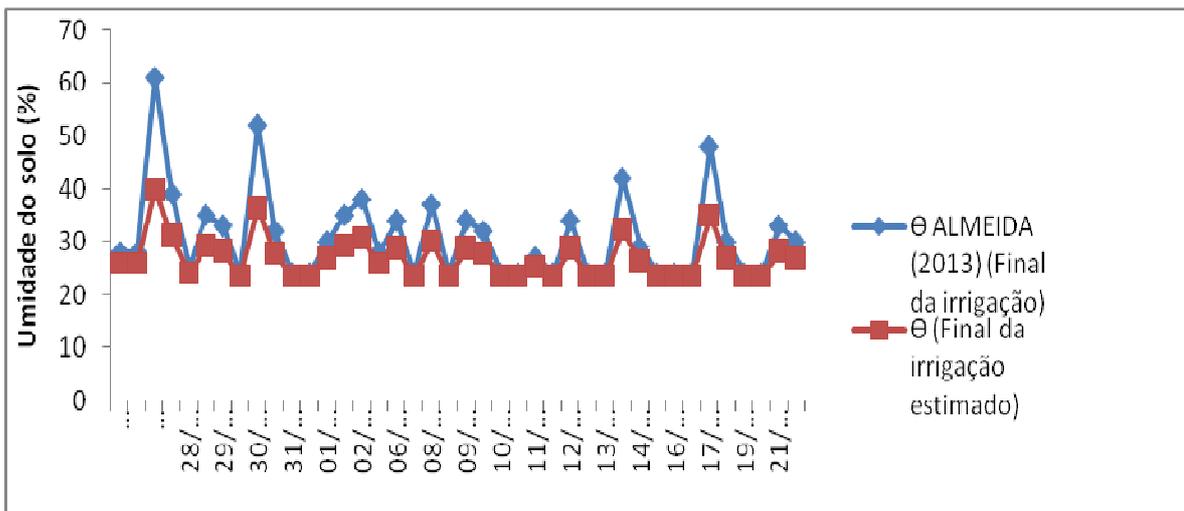
Para o módulo 42, nas figuras 34 e 35 verificou-se um comportamento mais variado entre os valores de umidade do sensor e o estimado. Observa-se que as umidades do sensor FDR subestimaram os valores do início da irrigação e superestimaram os valores de final da irrigação.

Figura 34 – Comparação da umidade inicial de irrigação com a umidade esperada setor 3.



Fonte: do autor

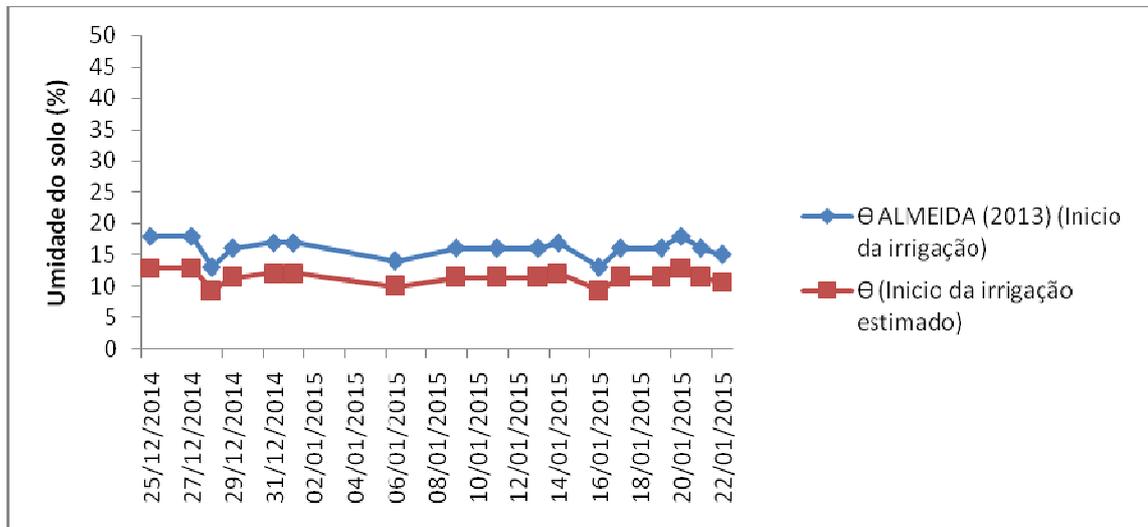
Figura 35– Comparação da umidade final de irrigação com a umidade esperada setor 3.



Fonte: do autor

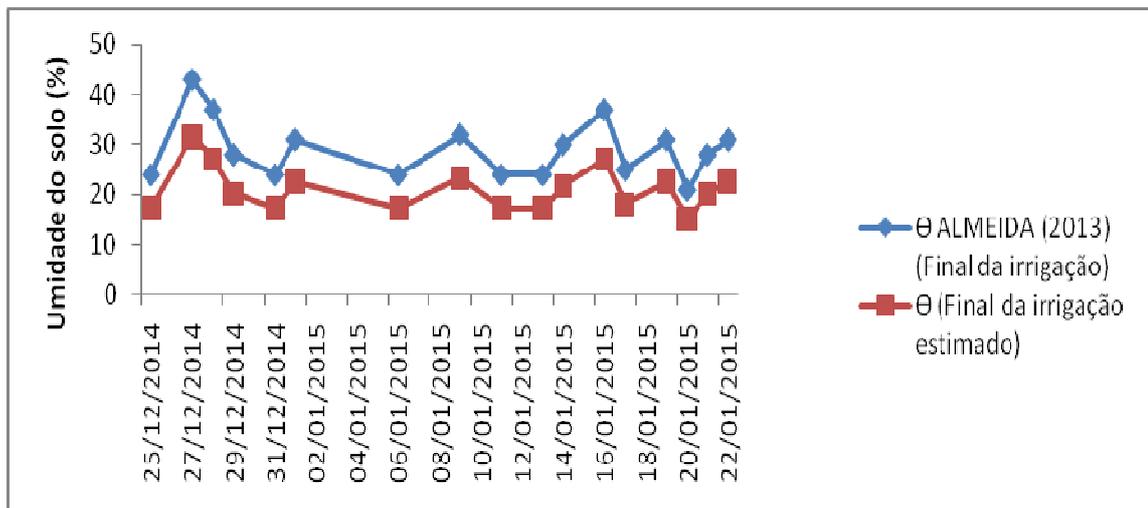
Para o módulo 43, nas figuras 36 e 37 verifica-se se que as umidades de início e final da irrigação tiveram o mesmo comportamento semelhante ao do módulo 23, onde ocorre a superestimação dos valores das umidades pelo sensor FDR. Verificou-se também que este módulo apresentou menor coleta de dados por motivo de mau funcionamento.

Figura 36 – Comparação da umidade inicial de irrigação com a umidade esperada setor 4.



Fonte: do autor

Figura 37 – Comparação da umidade final de irrigação com a umidade esperada setor 4.



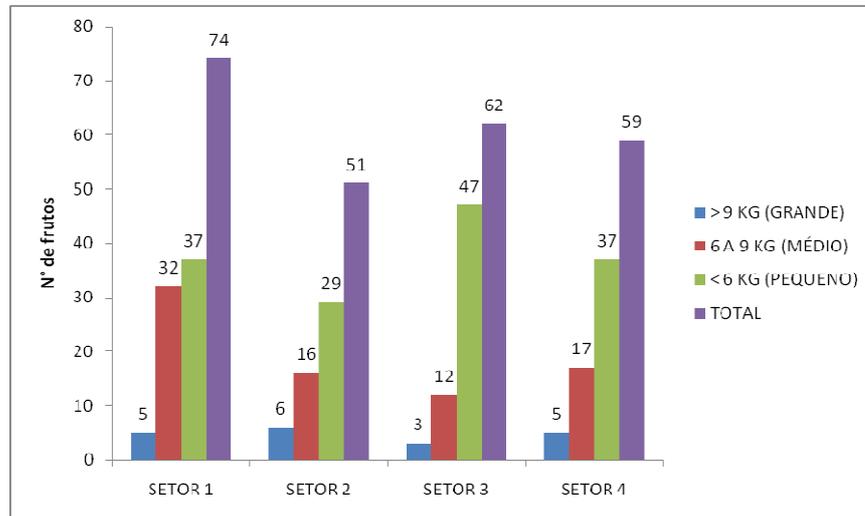
Fonte: do autor

## 7.2 Total de frutos colhidos

Na figura 38 podem ser observados como ficou a distribuição por setor do total de frutos produzidos. Foram colhidos 501 frutos, com um total de 2.067,39 kg em 0,20 ha que representa uma produtividade de 10t/ha . Essa produtividade está muito abaixo da média de produção brasileira que é de 22t/ha, AGRIANUAL 2014. Os frutos classificados como

comerciáveis foram classificados de acordo com o peso em grande ( $> 9$  kg), médio (6 a 9 kg) e pequeno ( $< 6$  kg) conforme Alvarenga e Resende (2002).

Figura 38 – Classificação dos frutos de melancia por setor



Fonte: do autor

.Verifica-se que em todos os setores a maior produção de frutos foi do tipo pequeno, seguido da produção de médio e grande respectivamente.

Na figura 39 observa-se como foi a contribuição em massa de cada tipo de fruto. o setor 1 foi o que apresentou a maior massa de frutos classificado como médio e a maior massa de produção total.

Figura 39 – Massa de frutos produzido por setor



Fonte: do autor

### 7.3 Massa média dos frutos de melancia

Na tabela 5 pode-se observar o resumo da análise de variância (ANOVA) que evidencia a estatística dos dados.

Tabela 5 - Quadrado médio para a variável massa dos frutos

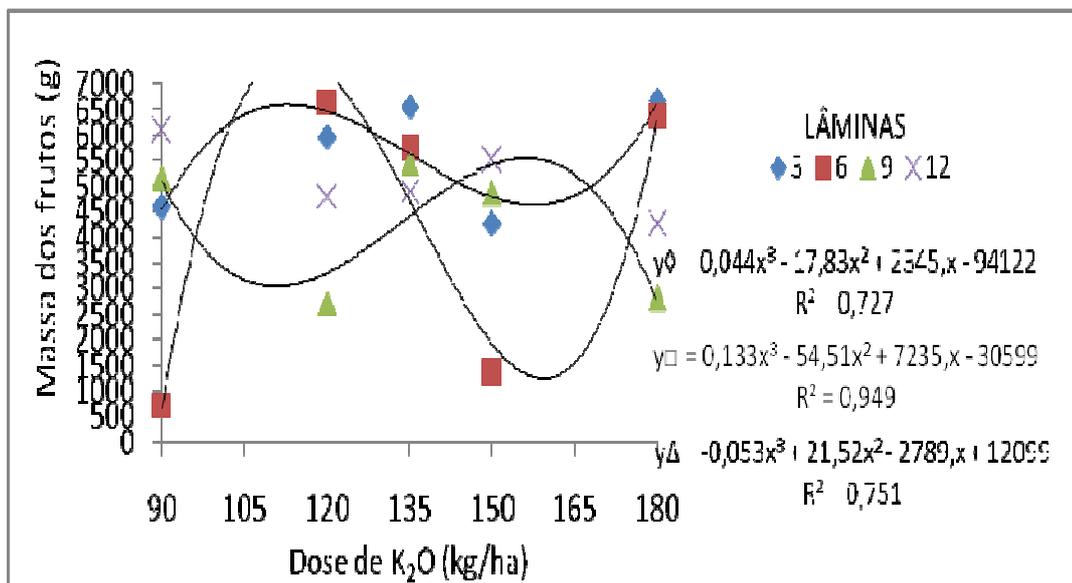
	MASSA
LÂMINA (LAM)	7614858.816667 **
ADUBAÇÃO (ADU)	5750513.125000 *
LAM X ADU	9866832.913889 *
CV 1 (%)	22,75
CV 2 (%)	24,94

Fonte: do autor. \* nível de significância 1% ; \*\* nível de significância 5%; ns - não significativo

Na tabela acima se verifica que ocorreu efeito isolado significativo para lâmina, adubação e para a interação lâmina x adubação e que os coeficientes de variação CV 1 e CV 2 respectivamente para lâmina e adubação, podem ser considerados como altos, devido estar na faixa de 20% a 30%, segundo a classificação de Pimentel-Gomes (1985).

Na figura 40 verifica-se o gráfico obtido a partir da ANOVA da massa média dos frutos de melancia com as curvas e equações representativas.

Figura 40 – Curvas e equações da massa média dos frutos de melancia



Fonte: do autor

Observa-se no gráfico acima as curvas e equações obtidas e verifica-se que os menores coeficientes de regressão  $R^2$  foi de 72,70% e 75,10% para as lâminas 3 e 9 respectivamente. O melhor  $R^2$  com 94,9% foi obtido na lâmina 6. Não foi possível obter uma equação que represente os dados da lâmina 12. A máxima massa do fruto foi de 7,55 kg obtida

com a dose estimada de 114 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, resultado semelhante foi obtido por Granjeiro e Cecilio Filho (2004a) trabalhando com melancia sem sementes obteve a massa de 5,3 kg com 158 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Aumentos na massa de fruto ocasionados pela adubação potássica também foram verificados em melão (KANO, 2002) e tomate (PUJOS; MORARD,1997). Este aumento, segundo os autores, é atribuído ao papel importante que esse nutriente desempenha na translocação de fotossintatos das folhas para os frutos. Não obstante, plantas bem supridas em potássio têm concentração de K elevada e conseqüente redução do potencial hídrico, o que induza um maior acúmulo de água nos tecidos (MONTROYA *et al.*,2002).

O desdobramento do efeito das doses de potássio dentro da lâmina pode ser observado na tabela 6.

Tabela 6 - Valores médios da massa de frutos de melancia (g)

Adubação (kg.ha <sup>-1</sup> K <sub>2</sub> O)	Lâmina de irrigação (mm)			
	3	6	9	12
90	4606 Aa	715 Bb	5168 Aab	6096 Aa
120	5666 Aa	6663 Aa	2735 Bb	4813 ABa
135	6542 Aa	5732 Aa	5461 Aa	4905 Aa
150	6283 Aa	1358 Bb	4855 Aab	5516 Aa
180	6681 Aa	6358 Aa	2821 Bb	4296 ABa

Fonte: do autor. Valores seguidos de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Observa-se que entre todas as combinações feitas com lâmina e adubo o maior valor da massa de frutos foi obtida na combinação L3A180A. No entanto, não se deve analisar este valor isoladamente visto que os dados mostram não haver diferença significativa dentro lâmina 3, e que, essa combinação também não difere da combinação L6A120 e L6A180. Como visto na figura 40 ao analisarmos a equação que explica os resultados obtidos a combinação L6A114 seria a que apresentaria o melhor resultado.

Não foi possível ajustar uma equação que representasse os dados obtidos para a lâmina 12 com as adubações. Nunes (2012), em trabalho avaliando a resposta da melancia a diferentes doses de potássio e nitrogênio também não observou efeitos significativos. Feltrim (2010), em trabalho envolvendo adubação potássica e espaçamento de melancia, utilizando como fontes de potássio KNO<sub>3</sub> e KCl, não observou diferenças significativas sobre o peso dos frutos. Outros pesquisadores encontraram efeitos significativos como os obtidos neste trabalho. Locascio e Hochmuth (2002) obtiveram incrementos significativos na produção de melancia com a adubação potássica. Halon e Hochmuth (1992) verificaram que as maiores

produtividades em melancia, foram obtidas com a aplicação de 188 e 94 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de cloreto de potássio.

#### 7.4 Diâmetro transversal dos frutos

Na tabela 7 pode-se observar o resumo da análise de variância (ANOVA) que evidencia a estatística dos dados.

Tabela 7: Quadrado médio para a variável Diâmetro Transversal dos frutos (DT)

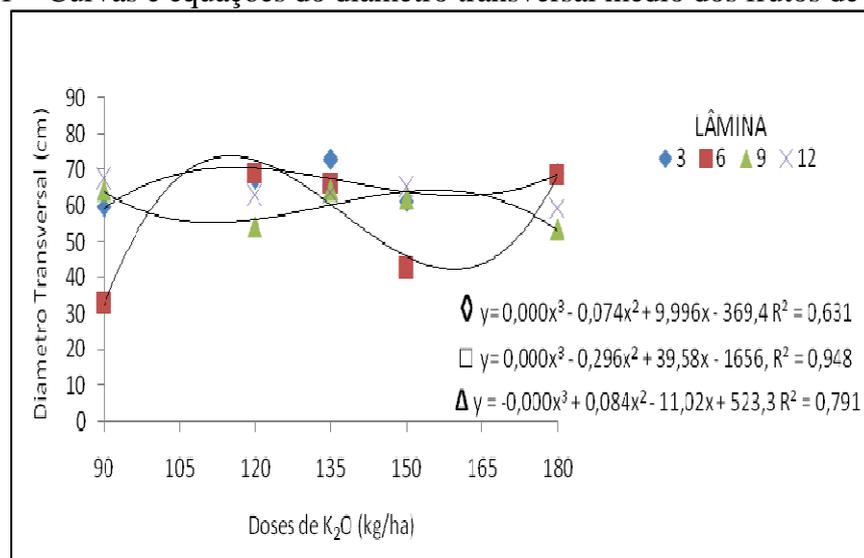
	DT
LÂMINA (LAM)	303,8 *
ADUBAÇÃO (ADU)	232,90 *
LAM X ADU	285,16 *
CV 1 (%)	7,60
CV 2 (%)	6,60

Fonte: do autor. \* nível de significância 1% ; \*\* nível de significância 5%; ns - não significativo

Na tabela acima se verifica que ocorreu efeito isolado significativo para lâmina, adubação e para a interação lâmina x adubação e que os coeficientes de variação CV 1 e CV 2 respectivamente para lâmina e adubação, podem ser considerados como baixos, devido estar na faixa menor que 10%, segundo a classificação de Pimentel-Gomes (1985).

Na figura 41 verifica-se o gráfico obtido a partir da ANOVA do diâmetro transversal dos frutos de melancia com as curvas e equações representativas.

Figura 41 – Curvas e equações do diâmetro transversal médio dos frutos de melancia.



Fonte: do autor

Observa-se no gráfico acima as curvas e equações obtidas e verifica-se que os menores coeficientes de regressão R<sup>2</sup> foi de 63,10% e 79,10% para as lâminas 3 e 9

respectivamente. O melhor  $R^2$  com 94,8% foi obtido na lâmina 6. Não foi possível obter uma equação que represente os dados da lâmina 12. O máximo diâmetro transversal do fruto foi de 73,91 cm obtido com a dose estimada de  $114 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . Silva (2012), em trabalho com melão rendilhado em ambiente protegido no município de Rondonópolis (MT), obteve efeitos significativos para os frutos analisados sob influência das doses de potássio; o resultado para o diâmetro do fruto foi de 43,10cm, que correspondeu à dose de potássio  $531,20 \text{ kg ha}^{-1}$ ; Oliveira e Caldas (2004) e Fonseca *et al.* (2006) também observaram que o potássio proporcionou formação de frutos maiores na cultura do mamoeiro. Por outro lado, Fortaleza *et al.* (2005) notaram efeito positivo sob equação polinomial quadrática das doses de potássio sobre o tamanho de frutos de maracujá no Distrito Federal. Soares (2001), estudando o comportamento do melão variedade ‘cantalupensis Naud’, híbrido ‘Don Carlos’, submetido a doses de potássio em ambiente protegido, não constatou efeito significativo nessa variável, sendo  $210 \text{ kg ha}^{-1}$  a dose máxima utilizada.

O desdobramento do efeito da dose de potássio dentro da lâmina pode ser observado na tabela 8.

Tabela 8 - Valores médios do diâmetro transversal dos frutos de melancia (cm) em função da aplicação de lâminas e doses de adubação potássica.

Adubação (kg/ha)	Lâminas de irrigação (mm)			
	3	6	9	12
90	59.83 Ac	32.66 Bc	64.30 Aa	67.40 Aa
120	67.63 Aabc	69.23 Aa	54.133 Bb	62.66 ABa
135	73.00 Aa	66.43ABa	64.26 ABa	63.46 Ba
150	61.10 Abc	42.46 Bb	61.93 Aab	65.06 Aa
180	69.23 Aab	68.80 Aa	53.43 Bb	59.46 Ba

Fonte: do autor. Valores seguidos de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Observa-se que entre todas as combinações feitas com lâmina e adubo, que o maior diâmetro foi obtido na combinação L3A135 e que há diferença significativa entre as adubações e entre as lâminas. Observa-se também que na combinação L6A120 obteve-se o segundo maior valor de 69,23cm. Ao confrontar os dois resultados e verificando-se os valores para as equações que o maior diâmetro é obtido com a combinação de L6A113 com 73,91cm. Não foi verificado efeito dos fatores isolados e sua interação no tratamento L12 com as adubações.

## 7.5 Diâmetro longitudinal dos frutos de melancia

Na tabela 9 pode-se observar o resumo da análise de variância (ANOVA) que evidencia a estatística dos dados.

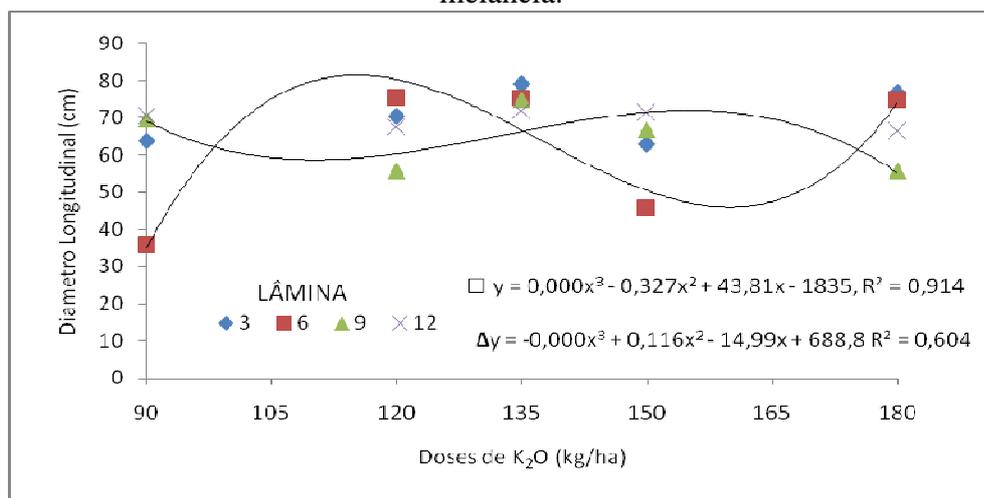
Tabela 9 - Quadrado médio para a variável Diâmetro Longitudinal dos frutos (DL)

	MASSA
LÂMINA (LAM)	279,17 **
ADUBAÇÃO (ADU)	449,36 *
LAM X ADU	354,21*
CV 1 (%)	9,48
CV 2 (%)	9,77

Fonte: do autor. \* nível de significância 1% ; \*\* nível de significância 5%; ns - não significativo

Na tabela acima se verifica que ocorreu efeito isolado significativo para lâmina, adubação e para a interação lâmina x adubação e que os coeficientes de variação CV 1 e CV 2 respectivamente para lâmina e adubação, podem ser considerados como baixos, devido estar na faixa menor que 10%, segundo a classificação de Pimentel-Gomes (1985). Na figura 42 verifica-se o gráfico obtido a partir da ANOVA do diâmetro longitudinal dos frutos de melancia com as curvas e equações representativas.

Figura 42 – Curvas e equações do diâmetro longitudinal médio dos frutos de melancia.



Fonte: do autor

Observa-se no gráfico acima as curvas e equações obtidas e verifica-se que os menores coeficientes de regressão R<sup>2</sup> foi de 91,40% e 60,40% para as lâminas 6 e 9 respectivamente. Não foi possível obter um modelo estatístico que explicasse os valores na combinação das lâminas de 3 e 12 mm com as adubações. O máximo diâmetro longitudinal

do fruto foi de 80,81cm obtido com a dose estimada de 114 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O ao utilizar a equação. Silva (2012), em trabalho com melão rendilhado em ambiente protegido no município de Rondonópolis (MT), obteve efeitos significativos para os frutos analisados sob influência das doses de potássio; o resultado para o comprimento do fruto foi de 44,15cm, que correspondeu à dose de potássio 413,34 kg ha<sup>-1</sup>; Silva *et al.*, (2015) utilizando doses de 0, 100, 150 e 200 kg.ha<sup>-1</sup> no estudo do diâmetro de melancia, não encontrou efeito na produção dos frutos.

O desdobramento do efeito das doses de potássio dentro da lâmina pode ser observado na tabela 10.

Tabela 10 - Valores médios do diâmetro longitudinal de frutos de melancia (cm)

Adubação (kg/ha)	Lâminas de irrigação (mm)			
	3	6	9	12
90	63.66 Abc	35.73 Bb	69.66 Aa	70.33 Aa
120	70.33 Aabc	75.33 Aa	55.60 Bb	67.66 ABa
135	79.00 Aa	75.46 Aa	74.83 Aa	71.90 Aa
150	62.83 Ac	45.46 Bb	66.73 Aab	71.300 Aa
180	76.73 Aa	74.66 Aa	55.66 Bb	66.33 ABa

Fonte: do autor. Valores seguidos de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Observa-se que entre todas as combinações feitas com lâmina e adubo, que o maior diâmetro foi obtido na combinação L3A135 com o valor de 79cm. No entanto, Não foi possível obter um modelo estatístico que explicasse os valores obtidos na combinação das lâminas de 3 e 12mm com as adubações. Observa-se também que na combinação L6A120 obteve-se o segundo maior valor de 75,33cm. Ao utilizar as equações geradas da ANOVA verifica-se que a lâmina de 6mm com 114 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O é quem indica o maior valor de diâmetro longitudinal de 80,81cm.

## 7.6 Sólidos Solúveis (°BRIX)

Na tabela 11 pode-se observar o resumo da análise de variância (ANOVA) que evidencia a estatística dos dados.

Tabela 11 - Quadrado médio para a variável Sólido solúvel (SS) dos frutos (° BRIX)

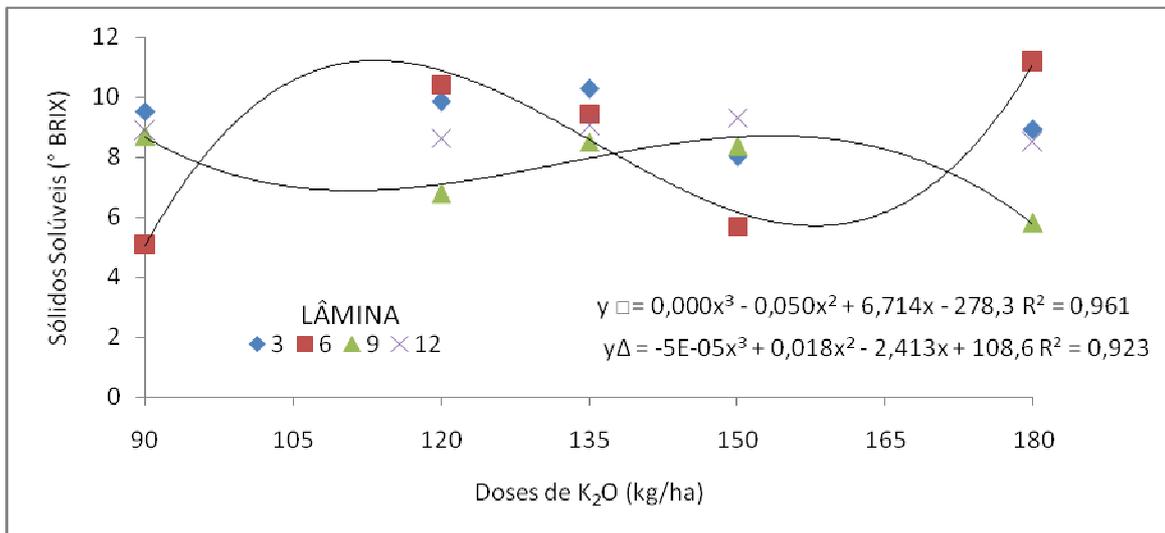
	SS . (°BRIX)
LÂMINA (LAM)	7,83 ns
ADUBAÇÃO (ADU)	4,41 **
LAM X ADU	8,77 *
CV 1 (%)	16,73
CV 2 (%)	13,58

Fonte: do autor. \* nível de significância 1% ; \*\* nível de significância 5% ; ns - não significativo

Na tabela acima se verifica que não ocorreu efeito isolado significativo para lâmina, mas obteve-se efeito isolado na adubação e na interação lâmina x adubação, os coeficientes de variação CV 1 e CV 2 respectivamente para lâmina e adubação, podem ser considerados como médios, devido estar na faixa entre 10% e 20%, segundo a classificação de Pimentel-Gomes (1985).

Na figura 43 verifica-se o gráfico obtido a partir da ANOVA dos sólidos solúveis dos frutos de melancia com as curvas e equações representativas.

Figura 43 – Curvas e equações do sólido solúvel dos frutos de melancia



Fonte: do autor

Observa-se no gráfico acima as curvas e equações obtidas e verifica-se bons valores dos coeficientes de regressão  $R^2$  96,10% e 92,30% para as lâminas 6 e 9 respectivamente. Não foi possível obter um modelo estatístico que explicasse os valores na combinação das lâminas de 3 e 12 mm com as adubações. O máximo valor de °BRIX foi obtido utilizando-se as equações obtidas da ANOVA no valor de 11,33°BRIX, na combinação

da L6A113. Neste trabalho não foi verificada uma correlação linear do teor de °Brix com o aumento da dose de potássio. Na literatura tem sido reportado que a adubação potássica propicia aumento no teor de sólidos solúveis, pelo papel importante que esse nutriente desempenha na translocação de fotossintatos e na ativação de diversas enzimas, como foi verificado em melancia por Deswal e Patil (1984), tomate (HARTZ *et al.*, 1999), melão (AYDIN *et al.*, 2002) e pimentão (NANNETTI, 2001). Por outro lado, semelhante ao observado neste trabalho, há resultados mostrando ausência de efeito linear, como por exemplo, em tomate (SILVA, 1994; FONTES, SAMPAIO; FINGER, 2000), melão (COSTA, 2002) e melancia (LOCASCIO E HOCHMUTH, 2002). De modo semelhante, Grangeiro e Cecílio Filho (2004b), trabalhando com diferentes doses de 50; 100; 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, observaram que não houve influência sobre os sólidos solúveis em frutos de melancia. Andrade Júnior *et al.* (2005), trabalhando com diferentes doses de potássio (0,0; 40,0; 80,0; 120 e 160,0 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) em melancia, verificaram que as doses não afetaram significativamente os sólidos solúveis.

O desdobramento do efeito da dose potássio adubação dentro da lâmina pode ser observado na tabela 12.

Tabela 12 - Valores médios de sólidos solúveis (°BRIX) de frutos de melancia

Adubação (kg ha <sup>-1</sup> )	Lâminas de irrigação (mm)			
	3	6	9	12
90	9.53 Aa	5.11 Bb	8.70 Aa	8.88 Aa
120	9.86 Aa	10.43 Aa	6.78 Bab	8.63 ABa
135	10.28 Aa	9.45 Aa	8.51 Aa	9.03 Aa
150	8.01 ABa	5.70 Bb	8.36 ABab	9.31 Aa
180	8.91 Aa	11.16 Aa	5.81 Bb	8.50 Aa

Fonte: do autor. Valores seguidos de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Observa-se que entre todas as combinações feitas com lâmina e adubo, que os maiores valores obtidos do sólido solúvel foi de 10,43°BRIX e 11,16°BRIX nas combinações de L6A120 e L6A180 respectivamente. Ao utilizar as equações geradas da ANOVA verifica-se que a lâmina de 6 mm com 113 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O é quem indica o maior valor de sólido solúvel de 11,23°BRIX. Os resultados indicam boa qualidade comercial, considerando que o teor de sólidos solúveis mínimo recomendado para colheita pela União Europeia é de 9 °Brix,

devendo-se, entretanto, preferir valores a partir de 10 °Brix, que são mais bem aceitos pelo mercado interno (DIA; LIMA, 2010).

### 7.7 Acidez titulável (AT)

Na tabela 13 pode-se observar o resumo da análise de variância (ANOVA) que evidencia a estatística dos dados.

Tabela 13 - Quadrado médio para a variável Acidez titulável (AT) dos frutos

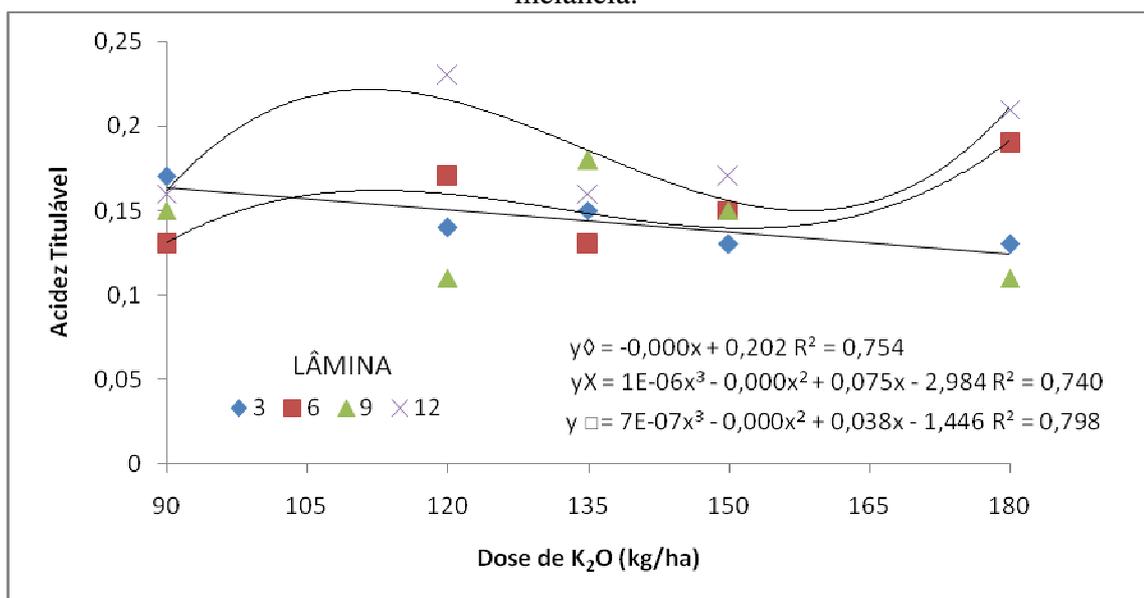
	AT
LÂMINA (LAM)	0,006740 **
ADUBAÇÃO (ADU)	0,000534 ns
LAM X ADU	0,003035 *
CV 1 (%)	21,21
CV 2 (%)	18,32

Fonte: do autor. \* nível de significância 1% ; \*\* nível de significância 5% ; ns - não significativo

Observa-se na tabela acima que não ocorreu efeito isolado significativo para adubação, mas obteve-se efeito isolado na lâmina e na interação lâmina x adubação, os coeficientes de variação CV1 e CV2 respectivamente para lâmina e adubação, podem ser considerados como alto por estar na faixa de 20 a 30 % e médio por estar na faixa entre 10% e 20%, segundo a classificação de Pimentel (1985).

Na figura 44 verifica-se o gráfico obtido a partir da ANOVA da acidez titulável dos frutos de melancia com as curvas e equações representativas.

Figura 44 – Curvas e equações da acidez titulável massa média dos frutos de melancia.



Fonte: do autor

Observam-se no gráfico acima as curvas e equações geradas a partir da ANOVA dos dados. Verifica-se que os valores dos coeficientes de regressão estão acima de  $R^2 = 70\%$  o que permite utilizar as equações. O modelo matemático que melhor se ajustou a lâmina 3 com as adubações, foi o linear, e que a medida em que se aumenta a dose de potássio há uma diminuição dos valores de acidez titulável. Para as lâminas 6 e 12 o modelo que melhor se ajustou foi o polinomial de terceira ordem. Não foi possível obter um modelo estatístico que explicasse os valores na combinação da lâmina de 9 mm com as adubações. Ao realizar a análise das equações, foi encontrado valores crescentes da acidez titulável a medida em que se aumenta a dosagem de potássio na lâmina de 6mm, dessa forma a dose inicial na L6A90 foi de 0,27. Segundo Sass (1993) a acidez titulável tende a aumentar com o crescimento do fruto até seu completo desenvolvimento fisiológico, quando então começa a decrescer com o processo de amadurecimento. A acidez, devida a ácidos orgânicos, é uma característica importante no que se refere à palatabilidade de muitos frutos. Com poucas exceções, diminui com a maturação, em decorrência do processo respiratório ou de sua conversão em açúcares (KADER, 1978; PRETTY, 1982). O aumento no fornecimento de K aumenta, também, seu conteúdo nos frutos melhorando sua distribuição. É de se esperar, então, que ocorra maior neutralização de ácidos, tornando os frutos mais doces. (GRANGEIRO; CECÍLIO FILHO, 2004).

Na tabela 14 pode ser observado o resultado do desdobramento do efeito da dose de potássio dentro da lâmina, mostrando os valores médios da acidez titulável (AT) dos frutos de melancia nos tratamentos.

Tabela 14 - Valores médios de acidez titulável em frutos de melancia sob diferentes lâminas de irrigação e adubação.

Adubação (kg/ha)	Lâminas de irrigação (mm)			
	3	6	9	12
90	0.17 Aa	0.13 Ab	0.15 Aab	0.16 Ab
120	0.14 Ba	0.17 ABab	0.11 Bb	0.23 Aa
135	0.15 Aa	0.13 Ab	0.18 Aa	0.16 Ab
150	0.13 Aa	0.15 Aab	0.15 Aab	0.17 Aab
180	0.13 Ca	0.19 ABa	0.11 Cb	0.21 Aab

Fonte: do autor. Valores seguidos de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Não foi obtido efeito isolado da dose de potássio nos valores de acidez. Resultado semelhante foi encontrado por Teixeira *et al.*, (2011) analisando genótipos de melancia

encontraram valores de AT entre 0,10 a 0,12 sendo inferiores quando comparados com os resultados expressados na tabela acima.

## 7.8 pH

Na tabela 15 pode-se observar o resumo da análise de variância (ANOVA) que evidencia a estatística dos dados.

Tabela 15: Quadrado médio para a variável pH dos frutos

	pH
LÂMINA (LAM)	0,1044 ns
ADUBAÇÃO (ADU)	0,1256 ns
LAM X ADU	0,1078 ns
CV 1 (%)	7,09
CV 2 (%)	6,97

Fonte: do autor. \* nível de significância 1% ; \*\* nível de significância 5% ; ns - não significativo

Observa-se que não foi encontrado efeito significativo dos fatores isolados de lâmina e adubação bem como da interação entre eles. Andrade Júnior *et al.* (2005), estudando diferentes doses de potássio (0,0; 40,0; 80,0; 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), observaram que não houve alteração para essa característica. Em tomate, Fontes, Sampaio e Finger (2000), trabalhando com diferentes doses de potássio (0,0; 48,4; 118,6; 259,6 e 399,4 kg ha<sup>-1</sup>) na forma de cloreto de potássio, observaram que o pH declinou linearmente com o aumento das doses. Teixeira (2011), igualmente, não se detectou diferenças para o pH, que teve uma amplitude entre 5,36 a 5,72. Resultados aproximados foram obtidos por Araújo Neto *et al.* (2000), que verificaram a flutuação do pH entre 5,33 a 5,56 em melancia cv. Crimson Sweet de diferentes tamanhos e locais de comercialização.

## 7.9 Sólidos solúvel x Acidez titulável

Na tabela 16 pode-se observar o resumo da análise de variância (ANOVA) que evidencia a estatística dos dados.

Tabela 16 - Quadrado médio para a variável Sólido solúvel / Acidez titulável (SS / AT) dos frutos

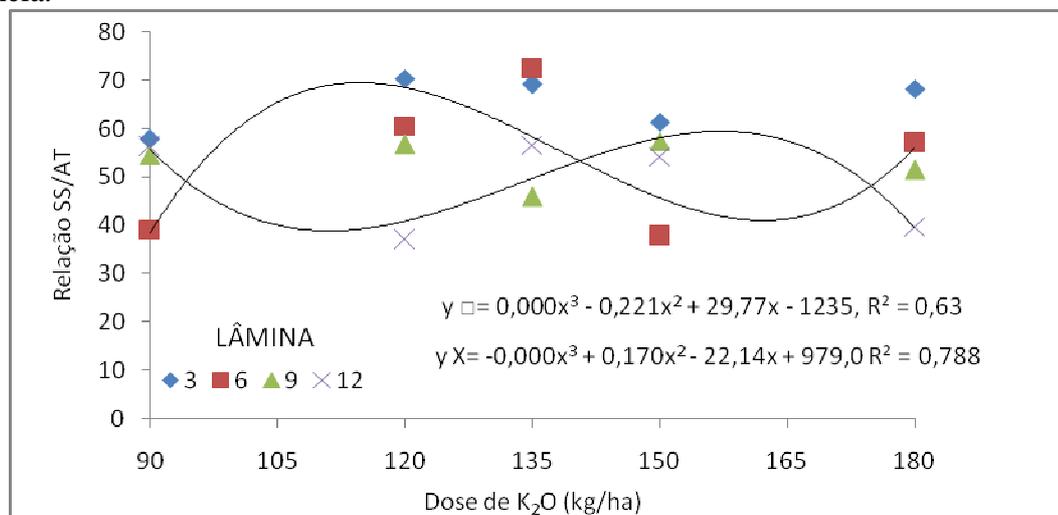
	SS / AT
LÂMINA (LAM)	776,66 **
ADUBAÇÃO (ADU)	164,49 ns
LAM X ADU	311,79 *
CV 1 (%)	20,91
CV 2 (%)	17,88

Fonte: do autor. \* nível de significância 1% ; \*\* nível de significância 5% ; ns - não significativo

Observa-se na tabela acima que não ocorreu efeito isolado significativo para adubação, mas obteve-se efeito isolado na lâmina e na interação lâmina x adubação, os coeficientes de variação CV1 e CV2 respectivamente para lâmina e adubação, podem ser considerados como alto por estar na faixa de 20 a 30 % e médio por estar na faixa entre 10% e 20%, segundo a classificação de Pimentel (1985).

Na figura 45 verifica-se o gráfico obtido a partir da ANOVA da relação acidez titulável x sólidos solúvel dos frutos de melancia com as curvas e equações representativas.

Figura 45 – Curvas e equações da acidez titulável x sólido solúvel dos frutos de melancia.



Fonte: do autor

Observa-se no gráfico acima as curvas e equações obtidas e verifica-se valores dos coeficientes de regressão  $R^2 = 63,00\%$  e  $78,80\%$  para as lâminas 6 e 12 respectivamente. Não foi possível obter um modelo estatístico que explicasse os valores na combinação das lâminas de 3 e 12 mm com as adubações. Utilizando-se a equação obtida da ANOVA verificou-se que na combinação L12A90 obteve-se valor de 56. A relação de sólido solúveis/ácidez titulável é uma das melhores formas de avaliação do sabor, sendo mais representativa que a medição isolada de açúcares ou da acidez, proporcionando boa idéia do equilíbrio entre esses dois componentes (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Na tabela 17 observa-se o desdobramento do efeito da dose de potássio dentro da lâmina. Percebe-se que entre os valores obtidos a L12A90 é a que poderia ser utilizada como referência, uma vez que é a única que pode ser explicada pelo modelo matemático com segurança.

Tabela 17 - Valores médios de SS/AT em melancia sob diferentes lâminas de irrigação e dose de adubação potássica.

Adubação (kg/ha)	Lâminas de irrigação (mm)			
	3	6	9	12
90	57.85 Aa	39.16 Ab	54.57 Aa	56.22 Aa
120	70.36 Aa	60.63 Aab	56.85 ABa	36.92 Ba
135	69.18 Aa	72.32 Aa	45.93 Ba	56.61 ABa
150	61.35 Aa	37.75 Bb	57.45 ABa	54.24 ABa
180	68.24 Aa	56.97 ABab	48,51 ABa	39.73 Ba

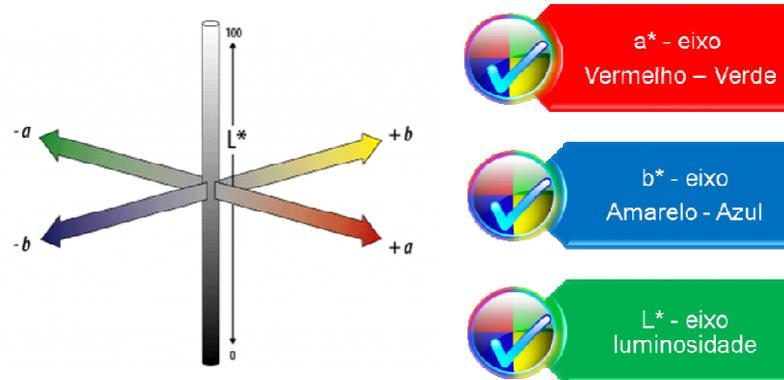
Fonte: do autor. Valores seguidos de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

O valor obtido nesse trabalho de 56 é superior ao encontrado por Grangeiro e Cecilio Filho (2004). Em algumas culturas, já foi determinada a relação que proporciona melhor sabor do fruto. Em tomate, o fruto é considerado de excelente qualidade quando apresenta relação 10:1 (REINA, 1990). Em melão, o fruto pode ser considerado adequado para o consumo quando a relação é superior a 25:1 e quando a acidez é igual ou inferior a 0,5% (CRUESS, 1973). Na melancia, Garcia (1998) obteve relações que variam de 26,7 a 30:1, valores esses muito inferiores aos observados neste trabalho. Entretanto, deve-se tomar cuidado em situações em que a acidez e o teor de sólidos solúveis são baixos, pois podem proporcionar relação SST/ATT elevada, induzindo a interpretações errôneas com relação ao sabor do fruto.

### 7.10 Luminosidade ( $L^*$ )

A Luminosidade ( $L^*$ ) é um fator que evidencia a claridade.  $L=0$  é preto e  $L=100$  é branca, Os valores de luminosidade obtidos neste trabalho evidenciam listras de verde escuro diferente. Há vários parâmetros que podem ser utilizados para se determinar se a melancia está no ponto de colheita, entre eles pode-se verificar a mudança da textura da casca de brilhosa para fosca, evidenciando que a fruta está madura. A figura 46 apresenta a forma de como os valores de luminosidade e croma estão dispostos para um melhor entendimento do significado dos valores obtidos para as tabelas referentes a cor da listra verde escuro e claro e polpa da melancia.

Figura 46 – Variação da luminosidade ( $L^*$ ) ao longo do eixo. E sentido do cromata  $a^*$  e  $b^*$



Fonte: do autor

### 7.10.1 Luminosidade da listra verde escuro do fruto de melancia

Na tabela 18 pode-se observar o resumo da análise de variância (ANOVA) que evidencia a estatística dos dados.

Tabela 18 - Quadrado médio para a variável Luminosidade (grau de brilho) da listra verde escuro do fruto

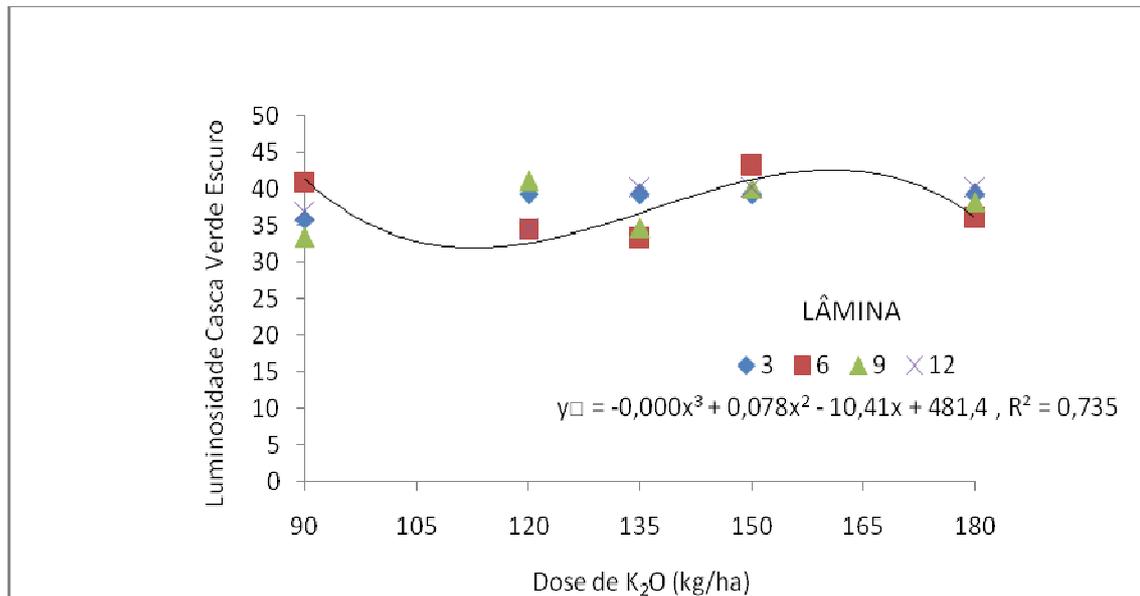
	Luminosidade
LÂMINA (LAM)	8,19 ns
ADUBAÇÃO (ADU)	19,21 ns
LAM X ADU	32,27 **
CV 1 (%)	5,47
CV 2 (%)	10,52

Fonte: do autor.\* nível de significância 1% ; \*\* nível de significância 5% ; ns - não significativo

Observa-se na tabela acima que não ocorreu efeito isolado significativo para adubação e lâmina, mas obteve-se interação lâmina x adubação, os coeficientes de variação CV1 e CV2 respectivamente para lâmina e adubação, podem ser considerados como baixo por estar na faixa de 0 a 10 % e médio por estar na faixa entre 10% e 20%, segundo a classificação de Pimentel (1985).

Na figura 47 verifica-se o gráfico obtido a partir da ANOVA da listra verde escuro da dos frutos de melancia com a curva e equação.

Figura 47 – Curva e equação da luminosidade da listra verde escuro dos frutos de melancia.



Fonte: do autor

Observa-se no gráfico que apenas a lâmina de 6 mm obteve um modelo matemático capaz de representar os dados da variável analisada. Apesar do coeficiente de regressão  $R^2$  ser de 73,50% ainda é aceitável.

Na tabela 19 podem ser observados os valores do desdobramento do efeito da adubação potássica dentro da lâmina, sobre a componente luminosidade (grau de brilho) da casca da melancia na listra de cor verde escuro. Utilizando-se a equação da ANOVA que explica os valores da variável analisada foi obtido na combinação L6A114 valor de luminosidade de 32,45.

Tabela 19- Valores médios de luminosidade da faixa verde escuro da casca de melancia em função das lâminas de irrigação e doses de potássio.

Adubação (kg/ha)	Lâminas de irrigação (mm)			
	3	6	9	12
90	35.83 Aa	41.01 Aab	33.35 Ab	36.89 Aa
120	39.20 Aa	34.48 Abc	41.02 Aa	34.37 Aa
135	33.89 Aa	33.16 Ac	34.71 Aab	40.21 Aa
150	36.66 Aa	43.11 Aa	40.02 Aab	35.37 Aa
180	34.55 Aa	35.88 Aabc	38.19 Aab	35.61 Aa

Fonte: do autor. Valores seguidos de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

### 7.10.2 Luminosidade da listra verde claro do fruto de melancia

Na tabela 20 pode-se observar o resumo da análise de variância (ANOVA) que evidencia a estatística dos dados.

Tabela 20 - Quadrado médio para a variável Luminosidade (grau de brilho) da listra verde claro do fruto

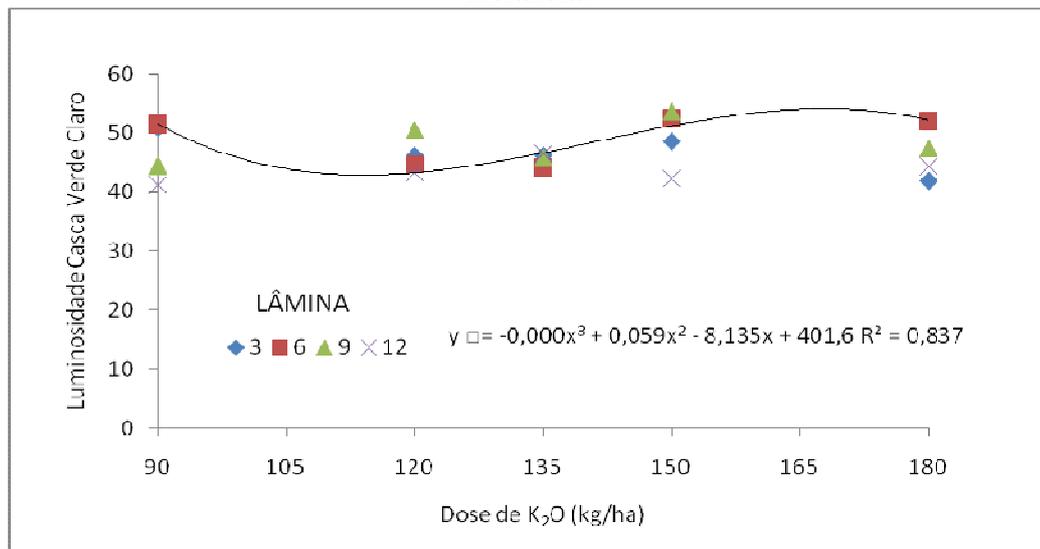
	Luminosidade
LÂMINA (LAM)	90,25 **
ADUBAÇÃO (ADU)	24,51 ns
LAM X ADU	38,66 ns
CV 1 (%)	8,98
CV 2 (%)	10,97

Fonte: do autor. \* nível de significância 1% ; \*\* nível de significância 5% ; ns - não significativo

Observa-se na tabela acima efeito isolado significativo para lâmina, mas não obteve efeito para adubação e interação lâmina x adubação, os coeficientes de variação CV1 e CV2 respectivamente para lâmina e adubação, podem ser considerados como baixo por estar na faixa de 0 a 10 % e médio por estar na faixa entre 10% e 20%, segundo a classificação de Pimentel (1985).

Na figura 48 verifica-se o gráfico obtido a partir da ANOVA da listra verde claro dos frutos de melancia com a curva e equação.

Figura 48 – Curva e equação da luminosidade da listra verde claro dos frutos de melancia.



Fonte: do autor.

Na tabela 21 pode ser observado o desdobramento da adubação potássica dentro da lâmina. Verificam-se, os valores da componente L\* (grau de brilho) da casca

da melancia na listra de cor verde claro da casca do fruto de melancia nos tratamentos. Utilizando-se a equação da ANOVA que explica os valores da variável analisada foi obtido na L6A114 valor de luminosidade de 42,36.

Tabela 21 - Valores médios de luminosidade da faixa verde claro da casca de melancia em função das lâminas de irrigação e doses de potássio.

Adubação (kg/ha)	Lâminas de irrigação (mm)			
	3	6	9	12
90	50.86 Aa	51.28 Aa	44.37 Aa	41.05 Aa
120	46.32 Aa	44.75 Aa	50.62 Aa	43.35 Aa
135	46.32 Aa	44.00 Aa	45.80 Aa	46.37 Aa
150	48.58 ABa	52.61 ABa	53.70 Aa	42.36 Ba
180	41.84 Aa	51.91 Aa	47.43 Aa	44.20 Aa

Fonte: do autor. Valores seguidos de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Ao analisar os dados de luminosidade da listra verde escuro e claro dos frutos de melancia verificou haver valores bem distintos para as faixas dessas cores. Verificou-se que para ambas as variáveis a combinação da lâmina de 6mm com adubação de  $114 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$  foi a que proporcionou os valores característicos condizentes dentro das faixas esperadas. No entanto, é de conhecimento que essa variável não somente é influenciada pelas adubações e lâminas de irrigação. Cunha Sobrinho *et al.* (1992) consideraram a temperatura como fator mais importante do clima dentre os fatores que influenciam a qualidade dos frutos, como, por exemplo, tamanho e formato de frutos, coloração da casca e estágio de maturação. Albrigo (1992) cita que, além da temperatura, a disponibilidade de água no solo e umidade do ar também influenciam no desenvolvimento do fruto. Em períodos de umidade excessiva, o fruto aumenta de tamanho, mas os teores de sólidos solúveis e acidez titulável são diluídos e, em períodos de estiagens, ocorre o contrário.

### 7.10.3 Luminosidade da polpa do fruto de melancia

Na tabela 22 pode-se observar o resumo da análise de variância (ANOVA) que evidencia a estatística dos dados.

Tabela 22 - Quadrado médio para a variável Luminosidade (grau de brilho) da polpa do fruto

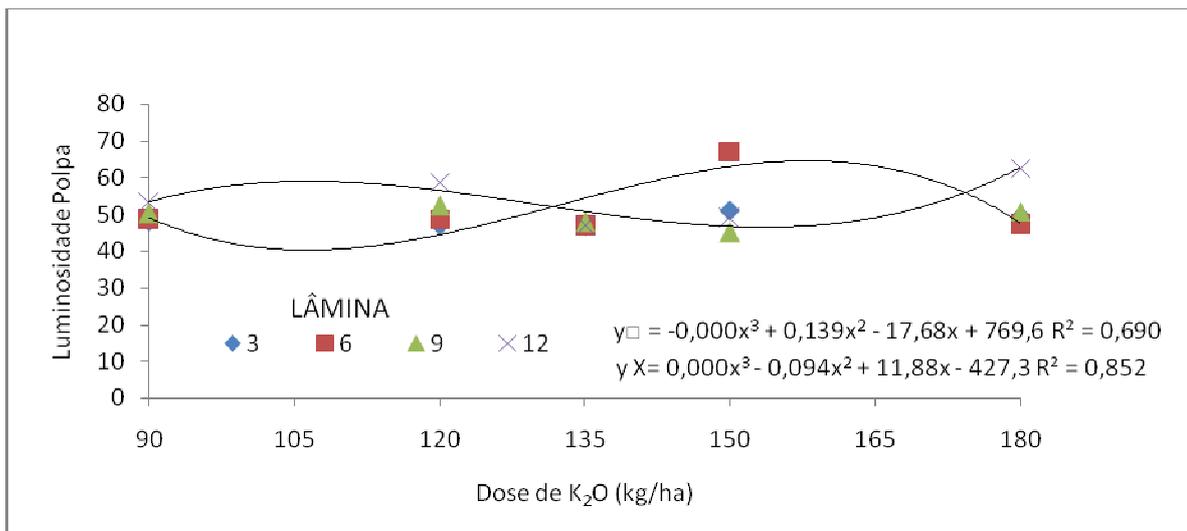
	Luminosidade
LÂMINA (LAM)	95,33 *
ADUBAÇÃO (ADU)	70,82 **
LAM X ADU	108,04 *
CV 1 (%)	6,22
CV 2 (%)	9,85

Fonte: do autor. \* nível de significância 1% ; \*\* nível de significância 5% ; ns - não significativo

Observa-se na tabela acima efeito isolado significativo para lâmina, adubação e interação lâmina x adubação, os coeficientes de variação CV1 e CV2 respectivamente para lâmina e adubação, podem ser considerados como baixo por estar na faixa de 0 a 10%, segundo a classificação de Pimentel (1985).

Na figura 49 verifica-se o gráfico obtido a partir da ANOVA da listra verde claro dos frutos de melancia com a curva e equação.

Figura 49 – Curva e equação da luminosidade da polpa dos frutos de melancia.



Fonte: do autor

Observa-se no gráfico acima as curvas e equações obtidas e verifica-se valores dos coeficientes de regressão  $R^2 = 69,00\%$  e  $85,20\%$  para as lâminas 6 e 12 respectivamente. Não foi possível obter um modelo estatístico que explicasse os valores na combinação das lâminas de 3 e 9 mm com as adubações. Utilizando-se a equação obtida da ANOVA verificou-se que na combinação L6A105 e L12A155 obteve-se os valores de 40,28 e 44,62 respectivamente.

Na tabela 23 pode ser observado o desdobramento do efeito da adubação potássica dentro da lâmina com valores da componente L\* (grau de brilho) da polpa da melancia.

Tabela 23 - Valores médios de luminosidade da polpa de melancia em função das lâminas de irrigação e doses de potássio.

Adubação (kg/ha)	Lâminas de irrigação (mm)			
	3	6	9	12
90	47.94 Ba	78.03 Aa	50.32 Ba	53.10 Babc
120	46.94 Ba	48.70 ABb	52.28 ABa	58.77 Aab
135	46.75 Aa	46.79 Ab	47.85 Aa	46.74 Ac
150	50.90 Ba	67.16 Aa	45.01 Ba	48.87 Bbc
180	49.79 Ba	47.14 Bb	50.77 Ba	62.68 Aa

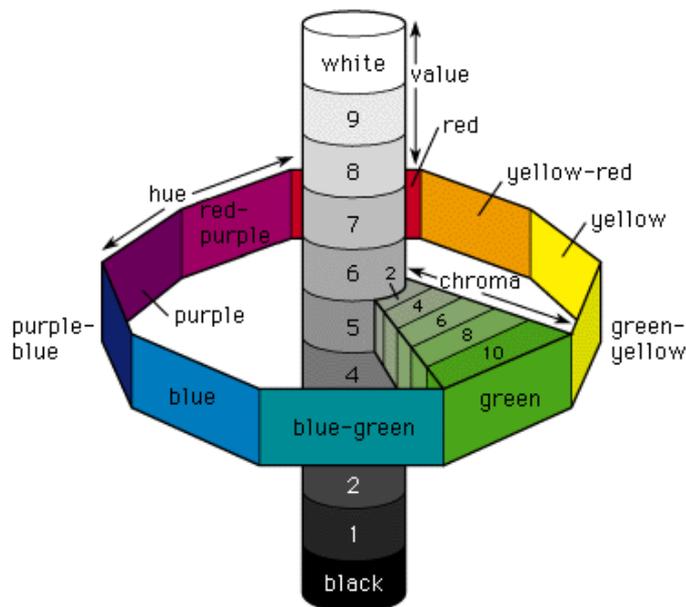
Fonte: do autor. Valores seguidos de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0$ ).

Observando a tabela acima verificam-se que há valores elevados que podem ser caracterizados como frutos que não estão prontos para o consumo, levando-se em consideração que a melancia deste trabalho possui coloração de polpa vermelha. Considerando a Luminosidade ( $L^*$ ) dos frutos, Araujo (2015), em trabalho analisando a coloração de polpa de melancia em função das doses de fósforo, obteve valores de  $L^*$  66,19 para frutos imaturos e de  $L^*$  41,92 para maduros. Tais resultados indicam que durante o processo de maturação da melancia, a polpa dos mesmos tende a tornar-se mais escura, haja vista que os valores de luminosidade próximos a zero indica cor escura e próxima a 100, cor clara. Machado (2008), trabalhando com frutos de abacaxi Golden, também constatou mesma relação na qual frutos mais verdes apresentam polpa mais clara do que frutos mais maduros.

### 7.11 Croma

O valor de croma se refere à vividez da cor. A figura 50 permite de forma mais clara entender o significado dos valores de croma obtidos neste trabalho.

Figura 50- Variação do croma em função do seu valor obtido.



Fonte: Encyclopedia Britannica (c1994)

### 7.11.1 Croma da listra verde escuro do fruto de melancia

Na tabela 24 pode-se observar o resumo da análise de variância (ANOVA) que evidencia a estatística dos dados.

Tabela 24 - Quadrado médio para a variável Croma da listra verde escuro do fruto

	Croma
LÂMINA (LAM)	63,03 ns
ADUBAÇÃO (ADU)	17,30 ns
LAM X ADU	61,28 ns
CV 1 (%)	41,24
CV 2 (%)	34,04

Fonte: do autor. \* nível de significância 1% ; \*\* nível de significância 5% ; ns - não significativo

Observa-se que não foi encontrado efeito significativo dos fatores isolados de lâmina e adubação bem como da interação entre eles.

### 7.11.2 Croma da listra verde claro do fruto de melancia

Na tabela 25 pode-se observar o resumo da análise de variância (ANOVA) que evidencia a estatística dos dados.

Tabela 25 - Quadrado médio para a variável Croma da listra verde claro do fruto

	Croma
LAMINA (LAM)	30,31 ns
ADUBAÇÃO (ADU)	12,09 ns
LAM X ADU	22,97 ns
CV 1 (%)	12,24
CV 2 (%)	16,57

Fonte: do autor.\* nível de significância 1% ; \*\* nível de significância 5% ; ns - não significativo.

Observa-se que não foi encontrado efeito significativo dos fatores isolados de lâmina e adubação bem como da interação entre eles tanto na listra verde escuro e claro da melancia. O croma também é chamado de saturação ou pureza da cor, especifica o quanto uma determinada cor difere do cinza (MACHADO, 2008). Em observação realizada em campo é possível notar que à medida que o fruto vai amadurecendo, nota-se que a cor verde da casca vai perdendo a vividez.

### 7.11.3 Croma da polpa do fruto de melancia

Na tabela 26 pode-se observa o resumo da análise de variância (ANOVA) que evidencia a estatística dos dados.

Tabela 26 - Quadrado médio para a variável Croma da polpa do fruto

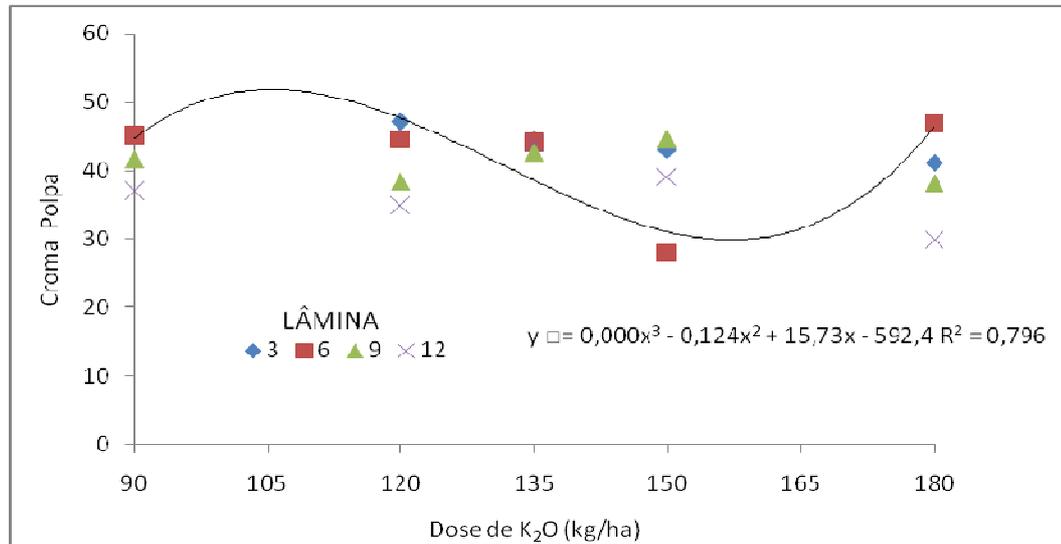
	Croma
LÂMINA (LAM)	132,63 **
ADUBAÇÃO (ADU)	55,36 **
LAM X ADU	80,22 *
CV 1 (%)	10,51
CV 2 (%)	10,24

Fonte: do autor.\* nível de significância 1% ; \*\* nível de significância 5% ; ns - não significativo

Observa-se na tabela acima efeito isolado significativo para lâmina, adubação e interação lâmina x adubação, os coeficientes de variação CV1 e CV2 respectivamente para lâmina e adubação, podem ser considerados como médio por estar na faixa de 10 a 20%, segundo a classificação de Pimentel (1985).

Na figura 51 verifica-se o gráfico obtido a partir da ANOVA do Croma da polpa dos frutos de melancia com a curva e equação.

Figura 51 – Curva e equação do Cromo da polpa dos frutos de melancia.



Fonte: do autor

Observam-se no gráfico acima a curva e equação obtida e verifica-se o valor do coeficiente de regressão  $R^2 = 79,60\%$  para a lâmina de 6 mm. Não foi possível obter um modelo estatístico que explicasse os valores na combinação das lâminas de 3,9 e 12 mm com as adubações. Utilizando-se a equação obtida da ANOVA verificou-se que na combinação L6A110 obteve o valor de 51,40.

Na tabela 27 pode ser observado o desdobramento do efeito da adubação potássica dentro da lâmina. Observam-se os valores médios do croma da polpa dos frutos de melancia nos tratamentos.

Tabela 27 - Valores médios de croma da polpa de melancia em função das lâminas de irrigação e doses de potássio

Adubação (kg/ha)	Lâminas de irrigação (mm)			
	3	6	9	12
90	45.09 Aa	23,75 Bb	41.62 Aa	36.91 Aab
120	47.18 Aa	44.61 Aa	38.39 ABa	34.94 Aab
135	44.42 Aa	44.03 Aa	42.70 Aa	44,09 Aa
150	43.05 Aa	28.10 Bb	44.53 Aa	39.13 Aab
180	41.15 Aa	46.78 Aa	38.27 ABa	29.99 Bb

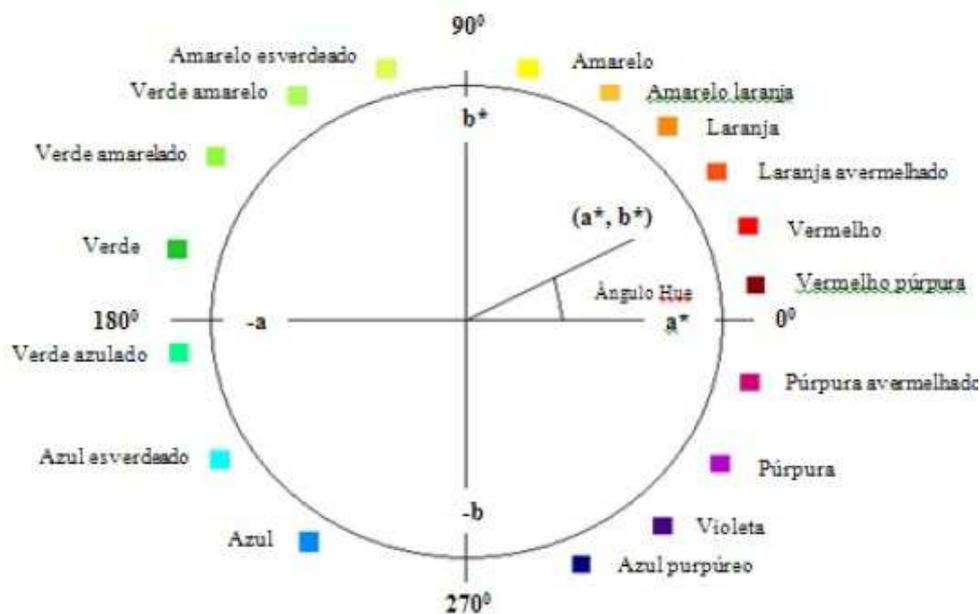
Fonte: do autor. Valores seguidos de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Pode-se observar que ocorreu diferença estatística ( $p < 0,05$ ) dentro do tratamento da lâmina de 6mm com adubação. Não foi observado incremento na cor do croma com o aumento das doses de potássio. Araujo 2015, trabalhando com doses de fósforo e observando o desenvolvimento dos frutos de melancia encontrou valores crescentes de croma com a adubação. Os valores obtidos por ele para frutos maduros foram de 42,00. No presente trabalho foram obtidos valores maiores.

### 7.12 Ângulo Hue (°)

A figura 52 mostra as cores do ângulo Hue para um melhor entendimento e interpretação dos valores obtidos neste trabalho.

Figura 52 - Diagrama CIELAB com as seqüências de nuances e orientações do ângulo de nuances (Ângulo Hue)



Fonte: Adaptado de Chitarra; Chitarra (2005).

#### 7.12.1 Ângulo Hue da listra verde escuro do fruto de melancia

Na tabela 28 pode-se observa o resumo da análise de variância (ANOVA) que evidencia a estatística dos dados.

Tabela 28 - Quadrado médio para a variável Ângulo de cor (Hue) da listra verde escuro do fruto

	Hue
LÂMINA (LAM)	1,031 ns
ADUBAÇÃO (ADU)	16,00 ns
LAM X ADU	19,30 ns
CV 1 (%)	1,36
CV 2 (%)	2,74

Fonte: do autor. \* nível de significância 1% ; \*\* nível de significância 5% ; ns - não significativo

Observa-se que não foi encontrado efeito significativo dos fatores isolados de lâmina e adubação bem como da interação entre eles.

### 7.12.2 Ângulo Hue da listra verde claro do fruto de melancia

Na tabela 29 pode-se observa o resumo da análise de variância (ANOVA) que evidencia a estatística dos dados.

Tabela 29 - Quadrado médio para a variável Ângulo de cor (Hue) da listra verde claro do fruto

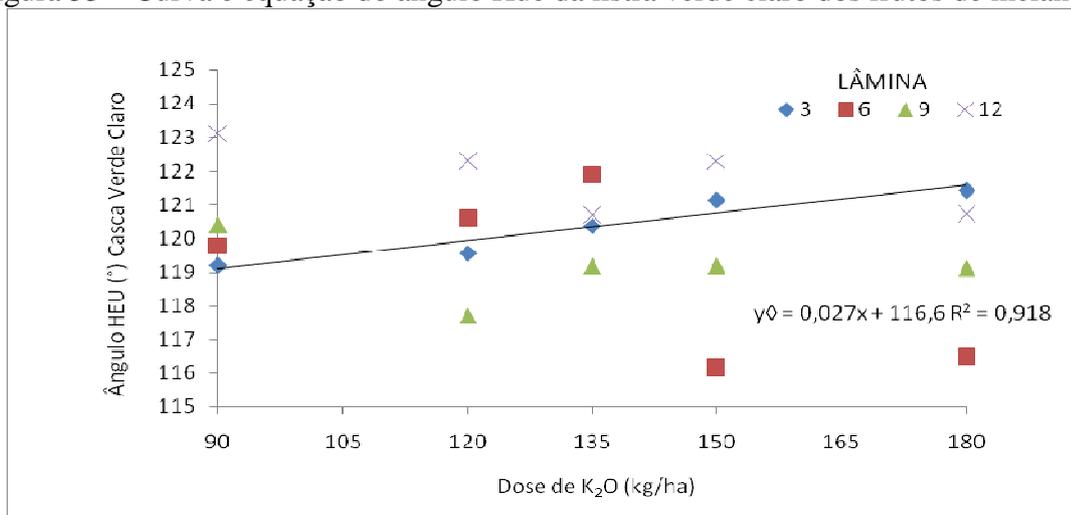
	Hue
LÂMINA (LAM)	30,04 **
ADUBAÇÃO (ADU)	6,55 ns
LAM X ADU	9,27 ns
CV 1 (%)	2,33
CV 2 (%)	3,39

\* nível de significância 1% ; \*\* nível de significância 5% ; ns - não significativo

Na tabela acima se verifica que ocorreu efeito isolado significativo para lâmina, mas obteve-se efeito isolado na adubação e na interação lâmina x adubação, os coeficientes de variação CV 1 e CV 2 respectivamente para lâmina e adubação, podem ser considerados como baixos, devido estar na faixa entre 0% e 10%, segundo a classificação de Pimentel (1985).

Na figura 53 verifica-se o gráfico obtido a partir da ANOVA da listra verde claro dos frutos de melancia com a curva e equação.

Figura 53 – Curva e equação do ângulo Hue da listra verde claro dos frutos de melancia.



Fonte: do autor

Observam-se no gráfico acima a curva e equação obtida e verifica-se o valor do coeficiente de regressão  $R^2 = 91,80\%$  para a lâmina de 3 mm. Não foi possível obter um modelo estatístico que explicasse os valores na combinação das lâminas de 6, 9 e 12 mm com as adubações. Utilizando-se a equação obtida da ANOVA verificou-se que a equação obtida é linear. Na tabela 30, observa-se o desdobramento do efeito da adubação dentro da lâmina.

Tabela 30 - Valores médios do ângulo Hue da listra verde claro em função das lâminas de irrigação e doses de potássio.

Adubação (kg/ha)	Lâminas de irrigação (mm)			
	3	6	9	12
90	119.19 Aa	119.79 Aa	120.38 Aa	123.08 Aa
120	119.56 Aa	120.57 Aa	117.70 Aa	122.29 Aa
135	120.37 Aa	121.87 Aa	119.16 Aa	120.68 Aa
150	121.12 Aa	116.13 Aa	119.16 Aa	122.30 Aa
180	121.42 Aa	116.46 Aa	119.10 Aa	120.71 Aa

Fonte: do autor. Valores seguidos de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Observa-se que os valores da tabela dos dados da estatística não apresentam diferenças significativas. E que ao analisar os valores com as cores da figura acima, o ângulo Hue está na faixa do verde claro..

### 7.12.3 Ângulo Hue da polpa do fruto de melancia

Na tabela 31 pode-se observar o resumo da análise de variância (ANOVA) que evidencia a estatística dos dados.

Tabela 31 - Quadrado médio para a variável Ângulo de cor (Hue) da polpa do fruto

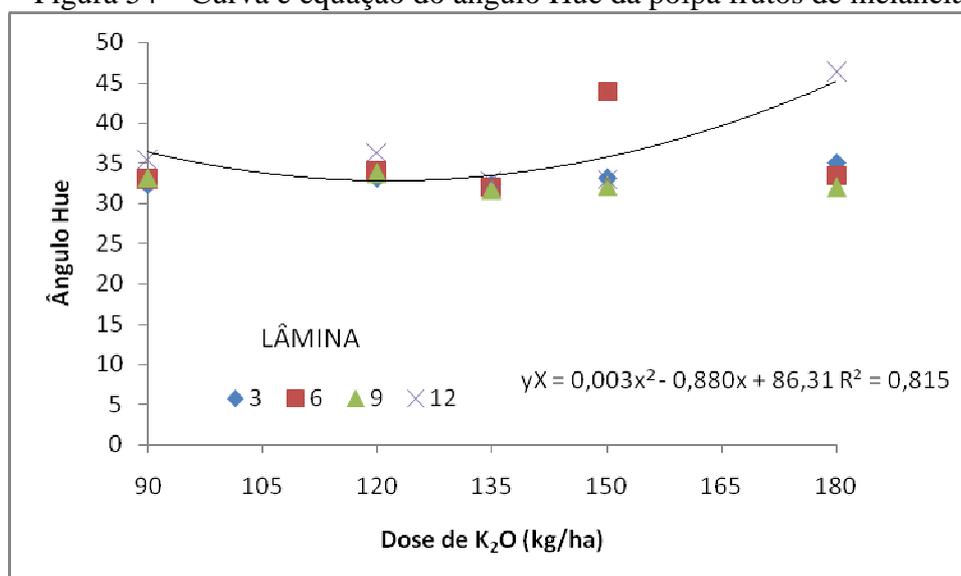
	Hue
LÂMINA (LAM)	55,65 ns
ADUBAÇÃO (ADU)	17,40 **
LAM X ADU	44,18 *
CV 1 (%)	12,11
CV 2 (%)	8,97

Fonte: do autor.\* nível de significância 1% ; \*\* nível de significância 5% ; ns - não significativo

Observa-se na tabela acima que não ocorreu efeito isolado significativo para lâmina, mas obteve-se efeito isolado na adubação e na interação lâmina x adubação, os coeficientes de variação CV1 e CV2 respectivamente para lâmina e adubação, podem ser considerados como médio por estar na faixa de 10 a 20 % e baixo por estar na faixa entre 0% e 10%, segundo a classificação de Pimentel (1985).

Na figura 54 verifica-se o gráfico obtido a partir da ANOVA do ângulo Hue dos frutos de melancia com as curvas e equações representativas.

Figura 54 – Curva e equação do ângulo Hue da polpa frutos de melancia



Fonte: do autor

Observam-se no gráfico acima a curva e equação obtida e verifica-se o valor do coeficiente de regressão  $R^2 = 81,50\%$  para a lâmina de 12 mm. Não foi possível obter um modelo estatístico que explicasse os valores na combinação das lâminas de 3, 6 e 9 com as adubações. Utilizando-se a equação obtida da ANOVA verificou-se que a equação obtida é polinomial do tipo quadrática..

Na tabela 32 pode ser observado o resultado do desdobramento da adubação potássica dentro da lâmina. Verificam-se os valores médios do ângulo Hue da polpa dos frutos.

Tabela 32 - Valores médios do ângulo Hue da polpa de melancia em função das lâminas de irrigação e doses de potássio.

Adubação (kg/ha)	Lâminas de irrigação (mm)			
	3	6	9	12
90	32.34 Ba	87.67 Aa	33.15 Ba	35.33 Bb
120	33.18 Aa	33.88 Ac	33.75 Aa	36.33 Ab
135	32.29 Aa	32.05 Ac	31.68 Aa	32.83 Ab
150	33.11 Ba	43.94 Ab	32.15 Ba	33.02 Bb
180	35.07 Ba	33.49 Bc	32.00 Ba	46.25 Aa

Fonte: do autor. Valores seguidos de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

Observa-se na tabela acima que há um aumento em todas as lâminas nos valores de ângulo Hue quando aumentou a dose de 90 para 120  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . A exceção ocorreu apenas na lâmina de 6mm devido este fruto se imaturo.

Santos (2010) demonstrou que quanto mais a polpa da melancia apresentar um aspecto “ escurecido ”, melhor será a aparência da mesma. Isto, provavelmente, explica o fato de que a “ aparência mais escurecida ” coincide com as polpas de coloração vermelho mais escuro. Para as coordenada  $a^*$  (que varia do vermelho ( $+a^*$ ) ao verde ( $-a^*$ ) e  $b^*$  (do amarelo ( $+b^*$ ) ao azul ( $-b^*$ )), as variedades de melancia tiveram comportamentos semelhante.

## 8 CONCLUSÃO

O software irrigauto foi eficiente na coleta de dados da umidade do solo fornecida pelo conjunto sensor capacitivo e módulo remoto.

Há a necessidade de se obter uma calibração individual para cada sensor capacitivo de umidade do solo.

A dose de potássio que mais influenciou na qualidade dos frutos foi a de 114 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

A lâmina que mais influenciou na qualidade dos frutos foi a de 6 mm.

A interação entre lâmina de irrigação e adubação potássica possibilitou conhecer as respostas significativas para as variáveis analisadas na produção da melancia.

## REFERÊNCIAS

- ALBRIGO, G. Influências ambientais no desenvolvimento dos frutos cítricos. *In*: SEMINÁRIO CITROS – FISILOGIA, 2., 1992. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1992, p. 100-106.
- ALMEIDA, E. L. **Medida da condutividade hidráulica e curva de retenção de água por diferentes métodos e predição de atributos físicos do solo pela krigagem.** 2013. 109 p. Dissertação (Mestrado em Solo e Nutrição de plantas)- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.
- ALVARENGA, M. A. R.; RESENDE, G. M. **Cultura da melancia** . Lavras: Editora UFLA, 2002.
- ANDRADE JUNIOR, A. S. *et al.* Doses de potássio via fertirrigação na produção e qualidade de frutos de melancia em Parnaíba, PI. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 3, p. 205-214, agosto, 2005
- ARAÚJO NETO, S. E. *et al.* Qualidade e vida útil pós-colheita de melancia Crimson Sweet, comercializada em Mossoró. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, n. 4, p. 235-239, 2000.
- ARTÉS, F. *et al.* Quality factors in four varieties of melon (*Cucum in melo* L.). **Journal of Food Quality**, [S.l.], v. 16, n.1, p. 91-100, 1993.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA PESQUISA DA POTASSA E DO FOSTATO. **Potássio: necessidade e uso na agricultura moderna.** Piracicaba: [s.n.], 1995.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry.** 11 ed. Washington: AOAC, 1992, 1115p.
- AZEVEDO, B. L. *et al.* Efeitos de níveis de irrigação na cultura da melancia. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza-CE, v.36, n.1, p.9 – 15, jan. abr., 2005.
- AYARS, J. E.; PHENE, C. J. Automation. *In*: FREDDIE R. LAMM, J. E. A. e FRANCIS, S.N. (Ed.). **Developments in Agricultural Engineering.** Elsevier: Amsterdã, 2007. p.259-284.
- AYDIN, S. *et al.* **Effects of K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> applications on fruit yield and some quality parameters in melon.** Disponível em: <[http://www.toprak.org.tr/isd/can\\_87.htm](http://www.toprak.org.tr/isd/can_87.htm)>. Acesso em: 22 nov. 2002.
- BARR, M. **Programming Embedded Systems in C and C++.** O'Reilly, [s.n.], 1999.
- CARVALHO, M. A. C. *et al.* Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 445-450, 2003.

CASTELLANE, P. D.; CORTEZ, G. E. **A cultura da melancia**. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 64p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e amp. Lavras: UFLA, 2005.

COSTA, C. C. **Concentração de potássio na solução nutritiva e números de frutos por planta sobre a produção e qualidade dos frutos do meloeiro**. 2002. 51 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

COSTA, J. *et al.* Evaluación de la variabilidad en los principales tipos de melón cultivados em España. **Investigación Agraria: producción y protección vegetal**, Oviedo, v. 4, n. 1, p. 43-57, 1989.

CRUESS, W. V. **Produtos industriais de frutos e hortaliças**. São Paulo: Edgard Blücher, 1973.

CRUZ, T. M. L. *et al.* Avaliação de um sensor capacitivo para o monitoramento da umidade do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.4, out/dez,2009. No prelo.

CRUZ, T. M. L. *et al.* Avaliação de sensor capacitivo para o monitoramento do teor de água do solo. **Engenharia Agrícola**, [S.l.], v. 30, n. 1, p. 33-45, 2010.

DESWAL, I. S.; PATIL, V. K. Effects of N, P and K on the fruit of water melon. **Journal of Maharashtra Agricultural Universities**, Pune, v. 9, n. 3, p. 308-309, 1984.

DIAS, R.C. S; LIMA, M.A.C. **Colheita e pós-colheita**. Petrolina: EMBRAPA, 2010.

Disponível em:

<[http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema\\_producao/spmelancia/index.htm](http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema_producao/spmelancia/index.htm)>. Acesso em: 11 set. 2014.

ELMOSTROM, G.W.; DAVIS, P. L. Sugar in developing and mature fruits of several watermelon cultivars. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, [S.l.], v.106, n.3, p.330-333, 1981.

EMPESA BRASILEIRA PARA PESQUISA DA POTASSA E DO FOSFATO. **Potássio: necessidade e uso na agricultura moderna**. Associação Brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato. Piracicaba: POTAFOS, 1990.

FAQUIM, V. **Nutrição mineral de plantas**: Apostila: Lavras:FAEPE, 1994.

FARIA, C. M. B.; PEREIRA, J. R.; POSSÍDIO, E. L. Adubação orgânica e mineral na cultura do melão em um Vertissolo do Submédio São Francisco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 191-197, 1994.

FELTRIM, A. L. **Produtividade de melancia em função da adubação nitrogenada, potássica e população de plantas**. 2010. 87f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2010.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3 ed. Vicosa: UFV, 2008.

FONSECA, K. M. *et al.* Crescimento da planta e produção de duas cultivares de mamão fertirrigadas com potássio em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [S.l.], 2006. No prelo.

FONTES, P. C. R.; SAMPAIO, R. A.; FINGER, F. L. Fruit size, mineral composition and quality of trickle-irrigated tomatoes as affected by potassium rates. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 21-25, 2000.

FORTALEZA, J. M. *et al.* Características físicas e químicas em nove genótipos de maracujá azedo cultivado sob três níveis de adubação potássica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 124-129, 2005.

GARCIA, L. F. **Influência do espaçamento e da adubação nitrogenada sobre a produtividade da melancia no baixo Parnaíba Piauiense**. Teresina: EMBRAPA, 1998. (Comunicado Técnico, 79).

GRANGEIRO, L. C.; CECÍLIO FILHO, A. B. Acúmulo e exportação de macronutrientes pela melancia sem sementes, híbrido Nova. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, Supl. 2, 2003.

GRANGEIRO, L. C.; CECÍLIO FILHO, A. B. Acúmulo e exportação de macronutrientes pelo híbrido Tide. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 93-97, 2004a.

GRANGEIRO, L. C.; CECÍLIO FILHO, A. B. Exportação de nutrientes pelos frutos de melancia em função de épocas de cultivo, fontes e doses de potássio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 4, p. 740-743, 2004b.

GRANGEIRO, L. C.; CECÍLIO FILHO, A. B. Qualidade de frutos de melancia em função de fontes e doses de potássio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 647-650, 2004c. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v22n3/a30v22n3.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2009.

GRANGEIRO, L. C.; CECÍLIO FILHO, A. B. Qualidade de frutos de melancia em função de fontes e doses de potássio. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 3, não paginado, jul./set. 2004.

HALON, E. A.; HOCHMUTH, G. J. Recent changes in phosphorus and potassium fertilizer recommendations for tomato, pepper, muskmelon, watermelon and snapbean in Florida. **Communication Soil Science Plant Analysis**, [S.l.], v. 23, n.17/20, p. 2651-2665, 1992.

HARPER, J.E. Nitrogen metabolism. *In*: BOOTE, K.J., BENNETT, J.M., SINCLAIR, T.R., *et al.* **Physiology and determination of crop yield**, Madison : ASA/CSSA/SSSA, 1994. Chapt.11A. p.285-302.

HANS, S.; PARK, K.W. Effects of leaf number in upper stem of fruit stalk on the quality of melon (*Cucumis melo* L.). **Journal Korea Society Horticulturae Scientia**, Korea, v.34, n.3, p.199-206. 1993.

HARTZ, T. K. *et al.* Soil cation balance affects tomato fruit color disorders. **Acta**

**Horticulturae**, [S.l.], n. 487, p.49-55,1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS. **Panorama da cadeia produtiva de frutas em 2012 e projeções para 2013**. São Paulo: [s.n.], 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção agrícola estadual, 17 mar. 2010. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/servidor\\_arquivos\\_est/](http://www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_est/)> Acesso em: 14 fev. 2015.

KADER, A.A. Quality factors: definition and evaluation for fresh horticultural crops. *In*: KADER, A.A. **Postharvest Technology of Horticultural Crops**. California: university of California, 1978.

KANO C. **Extrações de nutrientes pelo meloeiro rendilhado cultivado em ambiente protegido com a adição de potássio e CO<sub>2</sub> na água de irrigação**. 2002. 102f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)- Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

LOCASCIO, S. J.; HOCHMUTH, G. J. Watermelon production as influenced by lime, gypsum, and potassium. **HortScience**,[S.l.], v. 37, n. 2, p. 322-324, 2002.

LOUREIRO, A. A. F. *et al.* **Redes de sensores sem fio**. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE REDES DE COMPUTADORES, 21., 2003. Natal. **Anais...** Natal, 2003, não paginado.

MACHADO, Francisca Ligia de Castro. **Conservação pós-colheita de abacaxi “Golden” tratado com cera de Carnaúba e 1-MCP**. 2008. 146 f. Tese (Fisiologia e tecnologia de pós-colheita) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

MALAVOLTA, E.; CROCOMO, O. J. O potássio e a planta. *In*: YAMADA, T.; IGUE, K.; MUZILLI, O.; USHERWOOD, N. R. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: IPF/IIP. 1982. p. 95-162.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Ceres, 2006.

MANNINI, P. Geographical distribution patterns of pelagic fishes and macrozooplankton n Lake Tanganyika. FAO/FNNDA. **Research for the Management of the Fisheries of Lake Tanganyika**. [S.l.:s.n.], 1998.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

MCCARTHY, C. L.; HANCOCK, N. H. RAINE, S. R. Applied machine vision of plants – A review with implications for field deployment in automated farming operations. **Intelligent Service Robotics**, v. 3, n. 4, 2010, p. 209-217.

McGUIRE, A. V.; FRANCIS, C.A.; DYAR, M. D. Mineral standards for electron microprobe analysis of oxygen. **American Mineralogist**, [S.l.], v. 77, p. 1087-1091, 1992. Disponível em: <<http://www.geology.wisc.edu/~johnf/g777/AmMin/McGuire-1992.pdf>> Acesso em: 27 out. 2014.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. Bern : International Potash

Institute, 1987.

MIRANDA, R.F. *et al.* **Instruções Técnicas sobre a cultura da melancia**, Belo Horizonte: EPAMIG, 1997.

MIFLIN, B.J.; LEA, P. J. The Pathway of nitrogen assimilation in plants. **Phytochemistry**, [S.l.], v. 1, n. 152, p. 873-885, 1976.

MONTOYA, R. B. *et al.* Demanda de potasio Del tomate tipo saladette. **Terra** **20**, [S.l.], p. 391-399, 2002.

MOHR, H. C. **Watermelon breeding**. In: BASSET, M. I. (Ed.) **Breeding Vegetable Crops**. Wedtport: Avi, 1986, cap. 4.

MOREIRA, H. J. C. **Sistema agroclimatológico para o acompanhamento das culturas irrigadas**. Brasília: Secretaria Nacional de Irrigação, 1993.

NANNETTI, D. C. **Nitrogênio e potássio aplicados via fertirrigação na produção, nutrição e pós-colheita do pimentão**. 2001. 184 f. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

NATALE, W. *et al.* Acidez do solo com calagem em pomares de frutíferas tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 1294-1306, 2012.

NERSON, H. *et al.* Monopotassium phosphate as a phosphorus and potassium source for greenhouse winter-grown cucumber and muskmelon. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.20, n.2 e 3, p.335- 344, 1997.

OLIVEIRA, A. M. G.; CALDAS, R. C. Produção do mamoeiro em função de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 26, p. 160-163, 2004.

OLIVEIRA A. D. S. **Avaliação do Sensor de Umidade TOPDEA no manejo da irrigação**. 2008. 68 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

PEREIRA, F. H. F. Professor da UFERSA tem estudo para reduzir salinidade. **Tribuna do Norte**, Natal, 7 de mar. 2008.

PFITSCHER, L. L. *et al.* **Automatic Control of Irrigation Systems Aiming at High Energy Efficiency in Rice Crops**. In: INTERNATIONAL CARIBBEAN CONFERENCE ON DEVICES, CIRCUITS AND SYSTEMS, 2012, [S.l.]. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2012, p. 1-4.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 12. ed. Piracicaba: Livraria Nobel, 1985.

POLAK, A.; WALLACH, R. Analysis of soil moisture variations in an irrigated orchard root zone. **Plant and Soil**, v. 233, n. 2, p. 145-159, 2001.

PRETTY, K.M. O potássio e a qualidade da produção agrícola. In: YAMADA, T.; IGUE, K.;

MUZILLI, O.; USHERWOOD, N.R. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 1982. p.177-194.

PUJOS A; MORARD P. Effects of potassium deficiency on tomato growth and mineral nutrition at the early production stage. **Plant Soil**, [S.l.], v. 189, p.189-196, 1997.

RAIJ, B.V. **Potássio: necessidade e uso na agricultura moderna**. Piracicaba: POTAFOS. 1990.

REINA, L. del C. B. **Conservação pós-colheita de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) da cultivar gigante Kada submetido a choque a frio e armazenado com filme de PUC**. 1990. 114 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1990.

ROCHA, F. B. *et al.* Plataforma de comunicação sem fio aplicada a sistemas de irrigação. **Holos**, [S.l.], ano 3, v. 5, out. 2014. Disponível em: <[http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/viewFile/1945/pdf\\_109](http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/viewFile/1945/pdf_109)> Acesso em: 11 nov. 2014.

ROCHA NETO, O. C. **Proposta de software para controle e monitoramento de sistema de irrigação através de rede de sensores sem fio**. 2009. 49 f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

ROBERTS, J. C. Tecnologia de riego por goteo – Uma herramienta para el manejo eficiente de uno de lo mas valiosos recursos del agricultor. **Agricultura de las Américas**, New York, n 5, p.4-6, 1999.

SANTOS, C. C. *et al.* **A wireless system for remote monitoring soil moisture and temperature**. In: BRAZILIAN CONGRESS OF AGRICULTURAL ENGINEERING, 37., 2008, City Iguassu Falls. **Anais...** City Iguassu Falls: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2008. 1 CD-ROM.

SANTOS, A. M.; MEDEIROS, A. R.; WREGGE, M.S. **Irrigação e fertirrigação**. [S.l.: s.n.], 2013. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaPrOduSistemaPro/cap15.htm>>. Acesso em: 27 maio 2015.

SARAIVA, K. R. *et al.* Apicção do “ISAREG” no manejo da irrigação na cultura da melancia no Baixo Acaraú, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 53-60, jan.-mar., 2013. Disponível em: <[www.ccarevista.ufc.br](http://www.ccarevista.ufc.br)>. Acesso em: 13 mar. 2015.

SASS, P. **Fruit storage**. Budapeste: Mezogazda Kiado, 347 p.

SHIMBAIRO, S.; UPADAHY AYA, M. K. TOIVONEN, P. M. A. Potassium nutrition and postharvest moisture loss in carrots (*Docus carota* L.). **Journal of Horticultura Science & Biotechnolog**, Kent, v. 37, n. 6, p. 862-866, 1998.

SILVA, I. O. **Desenvolvimento de um sensor capacitivo para o monitoramento de umidade do solo**. 2005. 86 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia)- Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

SILVA, I. O. *et al.* Development of a capacitive sensor for monitoring soil moisture. 2005 ASAE MEETING, 2005. Tampa Bay, Florida. **Anais...** Proceedings of the 2005 ASAE Meeting, 2005.

SILVA, M. C. **Melão rendilhado em ambiente protegido submetido a doses de nitrogênio e potássio em Rondonópolis.** 2012. 104 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis, 2012.

SIMSEK, M.; KACRA, M.; TONKAZ, T. The effects of different drip irrigation regimes on watermelon [*Citrullus lanatus* (Thunb.)] yield and yield components under semi-arid climatic conditions. **Australian Journal of Agricultural Research**, Australian, v.55, n.11, p.1149-1157, 2004.

SIMONNE, E.H.; MILLS, H.A.; SMITTLE, D.A. Ammonium reduces growth fruit yield and fruit quality of watermelon. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.15, n.12, p.2727-2741, 1992.

SOARES, A. J. **Efeitos de três lâminas de irrigação e de quatro doses de potássio via fertirrigação no meloeiro em ambiente protegido.** 2001. 67p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2001.

SOUZA, F. de F. (Ed.). **Cultivo da melancia em Rondônia.** Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2008. Disponível em: <  
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/709736/1/melancia.pdf>> Acesso em: 16 abr. 2015.

SUNDSTROM, F.J.; CARTER, S.J. Influence of K and Ca on quality and yield of watermelon. **Journal American Society for Horticultural Science**, [S.l.], v.108, n.5, p.879-881, 1983.

TEODORO, R. E. F. *et al.* Diferentes lâminas de irrigação por gotejamento na Cultura de melancia (*citrullus lanatus*). *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: [s.n.], jul./ago. 2002. não paginado.

TESTEZLAF, R. Uso da irrigação em ambientes protegidos: cuidados e atenções. *In*: ITEM – Irrigação & Tecnologia Moderna. **Revista Trimestral da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem**, n. 52, 4º trim. 2001. p. 18 – 22, 2007.

TEIXEIRA, F.A. **Qualidade físico química de genótipos de melancia** *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51. 2011. **Anais...** Viçosa: ABH,,S5023-S5029

TOPP, G. C.; DAVIS, J.L.; ANNAN, A. P. Eletromagnetic determination of soil water content: measurements in coaxial transmission lines. **Water Resources Research**, New York, v.16, p.574-582, 1980.

VASCONCELOS, H. S. **Automação de sistema de irrigação em malha fechada utilizando rede sem fio de sensores.** 2013. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

VELOSO, J. A. *et al.* Resposta do abacaxizeiro à adição de nitrogênio, potássio calcário em latossolo amarelo do nordeste paraense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 396-402, 2001.

VILLA, W. *et al.* **Cultura da Melancia**. Campinas: CATI, 2001. (CATI. Boletim Técnico, 243).

WANG, Y.; LIU, F.; JENSEN, C. R. Comparative effects of deficit irrigation and alternate partial root-zone irrigation on xylem pH, ABA and ionic concentrations in tomatoes. **Journal of Experimental Botany**, [S.l.], v. 63, n. 5, p. 1907-1917, 2012.

WANG, Z. *et al.* Alternate partial root-zone irrigation reduces bundle-sheath cell leakage to CO<sub>2</sub> and enhances photosynthetic capacity in maize leaves. **Journal of Experimental Botany**, [S.l.], v. 63, n. 3, p. 1145-1153, Feb. 1, 2012.

## APÊNDICE A – ESTATÍSTICA DE REGRESSÃO

**Tabela 21- Análise de variância – Massa média dos frutos de melancia**

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LAM	3	22844576.450000	7614858.816667	6.441	0.0158
erro 1	8	9458447.733333	1182305.966667		
ADU	4	23002052.500000	5750513.125000	4.047	0.0091
LAM*ADU	12	118401994.966667	9866832.913889	6.944	0.0000
erro 2	32	45469970.933333	1420936.591667		
-----					
Total corrigido	59	219177042.583333			
-----					
CV 1 (%) =	22.75				
CV 2 (%) =	24.94				
Média geral:	4778.9166667		Número de observações:	60	

**Tabela22- Análise de variância – Diâmetro Transversal dos frutos de melancia**

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LAM	3	911.362667	303.787556	13.972	0.0015
erro 1	8	173.938667	21.742333		
ADU	4	931.625667	232.906417	14.206	0.0000
LAM*ADU	12	3421.969000	285.164083	17.393	0.0000
erro 2	32	524.641333	16.395042		
-----					
Total corrigido	59	5963.537333			
-----					
CV 1 (%) =	7.60				
CV 2 (%) =	6.60				
Média geral:	61.3266667		Número de observações:	60	

**Tabela23- Análise de variância – Diâmetro Longitudinal dos frutos de melancia**

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LAM	3	837.539333	279.179778	7.027	0.0124
erro 1	8	317.848000	39.731000		
ADU	4	1797.476000	449.369000	10.665	0.0000
LAM*ADU	12	4250.597333	354.216444	8.406	0.0000
erro 2	32	1348.358667	42.136208		
-----					
Total corrigido	59	8551.819333			
-----					
CV 1 (%) =	9.48				
CV 2 (%) =	9.77				
Média geral:	66.4633333		Número de observações:	60	

Tabela24- Análise de variância – Sólidos solúveis (°BRIX) dos frutos de melancia

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LAM	3	23.519500	7.839833	3.830	0.0572
erro 1	8	16.377333	2.047167		
ADU	4	17.666083	4.416521	3.276	0.0233
LAM*ADU	12	105.302583	8.775215	6.509	0.0000
erro 2	32	43.144333	1.348260		
Total corrigido	59	206.009833			
CV 1 (%) =	16.73				
CV 2 (%) =	13.58				
Média geral:	8.5516667	Número de observações:	60		

Tabela25- Análise de variância – Acidez Titulável dos frutos de melancia

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LAM	3	0.020219	0.006740	5.922	0.0198
erro 1	8	0.009105	0.001138		
ADU	4	0.002134	0.000534	0.616	0.6541
LAM*ADU	12	0.036420	0.003035	3.505	0.0022
erro 2	32	0.027705	0.000866		
Total corrigido	59	0.095583			
CV 1 (%) =	21.01				
CV 2 (%) =	18.32				
Média geral:	0.1605943	Número de observações:	60		

Tabela26- Análise de variância – pH dos frutos de melancia

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LAM	3	0.313201	0.104400	0.831	0.5134
erro 1	8	1.005273	0.125659		
ADU	4	0.662389	0.165597	1.366	0.2675
LAM*ADU	12	1.294722	0.107894	0.890	0.5655
erro 2	32	3.878644	0.121208		
Total corrigido	59	7.154229			
CV 1 (%) =	7.09				
CV 2 (%) =	6.97				
Média geral:	4.9972417	Número de observações:	60		

Tabela27- Análise de variância – SS/AT dos frutos de melancia

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LAM	3	2329.982481	776.660827	5.864	0.0203
erro 1	8	1059.619705	132.452463		
ADU	4	657.973818	164.493455	1.698	0.1748
LAM*ADU	12	3741.592115	311.799343	3.218	0.0041
erro 2	32	3100.595685	96.893615		
Total corrigido	59	10889.763804			
CV 1 (%) =	20.91				
CV 2 (%) =	17.88				
Média geral:	55.0470762	Número de observações:	60		

Tabela28- Análise de variância – Luminosidade Casca verde escuro da melancia

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LAM	3	24.571778	8.190593	2.013	0.1907
erro 1	8	32.550120	4.068765		
ADU	4	76.870690	19.217672	1.276	0.2999
LAM*ADU	12	392.109897	32.675825	2.169	0.0400
erro 2	32	482.008813	15.062775		
Total corrigido	59	1008.111298			
CV 1 (%) =	5.47				
CV 2 (%) =	10.52				
Média geral:	36.8798333	Número de observações:	60		

Tabela29- Análise de variância – Croma Casca verde escuro da melancia

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LAM	3	189.103313	63.034438	1.178	0.3772
erro 1	8	428.139000	53.517375		
ADU	4	69.226883	17.306721	0.475	0.7540
LAM*ADU	12	735.378037	61.281503	1.680	0.1186
erro 2	32	1166.955200	36.467350		
Total corrigido	59	2588.802433			
CV 1 (%) =	41.24				
CV 2 (%) =	34.04				
Média geral:	17.7383333	Número de observações:	60		

Tabela 30- Análise de variância – Ângulo Hue Casca verde escuro da melancia

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LAM	3	3.095153	1.031718	0.357	0.7861
erro 1	8	23.152027	2.894003		
ADU	4	64.018407	16.004602	1.364	0.2684
LAM*ADU	12	231.665913	19.305493	1.645	0.1282
erro 2	32	375.592840	11.737276		
-----					
Total corrigido	59	697.524340			
-----					
CV 1 (%) =	1.36				
CV 2 (%) =	2.74				
Média geral:	125.1090000	Número de observações:	60		

Tabela 31- Análise de variância – Luminosidade Casca verde clara da melancia

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LAM	3	270.770578	90.256859	5.092	0.0292
erro 1	8	141.801160	17.725145		
ADU	4	98.057373	24.514343	0.927	0.4606
LAM*ADU	12	464.031347	38.669279	1.462	0.1900
erro 2	32	846.252040	26.445376		
-----					
Total corrigido	59	1820.912498			
-----					
CV 1 (%) =	8.98				
CV 2 (%) =	10.97				
Média geral:	46.8881667	Número de observações:	60		

Tabela 32- Análise de variância – Cromo Casca verde clara da melancia

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LAM	3	90.959213	30.319738	2.872	0.1035
erro 1	8	84.457480	10.557185		
ADU	4	48.119140	12.029785	0.622	0.6505
LAM*ADU	12	275.658887	22.971574	1.187	0.3333
erro 2	32	619.369253	19.355289		
-----					
Total corrigido	59	1118.563973			
-----					
CV 1 (%) =	12.24				
CV 2 (%) =	16.57				
Média geral:	26.5493333	Número de observações:	60		

Tabela 33- Análise de variância – Ângulo Hue Casca verde clara da melancia

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LAM	3	102.145498	34.048499	4.376	0.0422
erro 1	8	62.248107	7.781013		
ADU	4	26.233810	6.558453	0.397	0.8094
LAM*ADU	12	111.342910	9.278576	0.561	0.8560
erro 2	32	528.869560	16.527174		
-----					
Total corrigido	59	830.839885			
-----					
CV 1 (%) =	2.33				
CV 2 (%) =	3.39				
Média geral:	119.8945000	Número de observações:	60		

Tabela 34- Análise de variância – Luminosidade polpa dos frutos de melancia

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LAM	3	286.016992	95.338997	9.518	0.0051
erro 1	8	80.137018	10.017127		
ADU	4	283.285017	70.821254	2.821	0.0412
LAM*ADU	12	1296.533583	108.044465	4.303	0.0005
erro 2	32	803.456358	25.108011		
-----					
Total corrigido	59	2749.428967			
-----					
CV 1 (%) =	6.22				
CV 2 (%) =	9.85				
Média geral:	50.8575000	Número de observações:	60		

Tabela 35- Análise de variância – Cromo polpa dos frutos de melancia

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LAM	3	397.892401	132.630800	7.136	0.0119
erro 1	8	148.693481	18.586685		
ADU	4	221.474591	55.368648	3.141	0.0275
LAM*ADU	12	962.691043	80.224254	4.551	0.0003
erro 2	32	564.046757	17.626461		
-----					
Total corrigido	59	2294.798273			
-----					
CV 1 (%) =	10.51				
CV 2 (%) =	10.24				
Média geral:	41.0081110	Número de observações:	60		

Tabela 36- Análise de variância – Ângulo Hue polpa dos frutos de melancia

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LAM	3	166.967727	55.655909	3.198	0.0838
erro 1	8	139.217877	17.402235		
ADU	4	148.527537	37.131884	3.889	0.0110
LAM*ADU	12	530.170630	44.180886	4.627	0.0003
erro 2	32	305.549373	9.548418		
Total corrigido	59	1290.433144			
CV 1 (%) =	12.11				
CV 2 (%) =	8.97				
Média geral:	34.4393890	Número de observações:	60		