



COMPARAÇÃO DE DADOS OBTIDOS A PARTIR DE SENSORES DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR PROTEGIDOS EM UM ABRIGO METEOROLÓGICO DE PVC

Danielle Morais Amorim¹, Daniel dos Santos Costa², Paulo Gustavo Serafim de Carvalho³, Marlon da Silva Garrido⁴ & Indira Cristiane Moreira Gonçalves⁵

RESUMO: O atual cenário agrícola mundial evidencia a necessidade do emprego de dispositivos para o monitoramento dos processos produtivos e aquisição de informações que subsidiem a tomada de decisão. Nesse sentido, objetivou-se com este trabalho comparar dados de temperatura e umidade relativa do ar obtidos a partir de sensores de baixo custo, protegidos em um abrigo meteorológico confeccionado a partir de PVC, com dados de duas estações meteorológicas para fins de aferição. Os sensores utilizados foram o LM35DZ, para a temperatura do ar, e o HIH-4030-4031, para a umidade relativa do ar. Foram confeccionadas placas de circuito impresso para acomodação e condicionamento do sinal dos sensores teste de temperatura e umidade relativa do ar. Os equipamentos foram instalados em condições de campo, nas estações meteorológicas automáticas localizadas em Juazeiro-BA e Petrolina-PE, sendo os circuitos dos sensores teste conectados a um data logger desenvolvido na Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). A partir da coleta dos dados, foram realizadas análises estatísticas de regressão. Com a similaridade encontrada entre os dados obtidos a partir dos sensores protegidos em abrigo de PVC com os dados obtidos a partir dos sensores utilizados nas estações meteorológicas da UNIVASF e da Embrapa Semiárido, foi comprovada a viabilidade de uso em condições de campo do LM35DZ e do HIH-4030-4031 em abrigo confeccionado com PVC. A confiabilidade dos dados obtidos mostrou ser possível reduzir custos nas atividades agrícolas e de pesquisa acadêmica que envolvam a medição dessas variáveis ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: Data logger, policloreto de vinila, variáveis ambientais.

COMPARISON OF TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY DATA OBTAINED BY SENSORS PROTECTED IN A WEATHER SHELTER MADE FROM PVC

ABSTRACT: The current global agricultural scenario shows the need for devices that monitor production processes and the acquisition of information that support decision making. In this sense, the aim of this work was to compare data from temperature and relative humidity obtained from low cost sensors, protected in a weather shelter made from PVC, with data from two weather stations for the purpose of benchmarking. The sensors used were LM35DZ to measure the air temperature, and the HIH-4030-4031, to measure the relative humidity. Printed circuit boards were made for accommodation and signal conditioning of the temperature and relative humidity test sensors. The equipment was installed in field conditions at the automatic weather stations located in Juazeiro-BA and Petrolina-PE, and the test circuits of sensors were connected to a data logger developed at the Federal University of Vale do São Francisco (UNIVASF). A statistical regression analyzes was performed to analyze the data. The similarity found between the data obtained from the protected shelter of PVC with data obtained from sensors used in weather stations from UNIVASF and Embrapa Semi-Arid sensors, proved the feasible of using the LM35DZ HIH and 4030-4031 made with PVC in field conditions. The reliability of the data obtained proved that is possible to reduce costs in agricultural activities and academic research involving the measurement of environmental variables.

KEYWORDS: Data logger, polyvinyl chloride, environmental variables.

^{1 e 5} Formada em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal do Vale do São Francisco. Atualmente é mestranda em Engenharia Agrícola com ênfase em Agrometeorologia pela Universidade Federal do Vale do São Francisco. E-mail: nielymorais@gmail.com ; indira_cristiane@hotmail.com

² Professor assistente do Colegiado de Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal do Vale do São Francisco. E-mail: daniel.costa@univasf.edu.br

^{3 e 4} Professor Adjunto do colegiado de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Vale do São Francisco. E-mails: paulo.carvalho@univasf.edu.br ; marlon.garrido@univasf.edu.br

1 INTRODUÇÃO

Aliar a produção com fatores ambientais já faz parte dos interesses da agricultura moderna. Paralelamente a isso, o emprego cada vez maior de sensores em pesquisas no setor agropecuário tornou o uso desses dispositivos indispensável (NEVES, 2011). O atual cenário agrícola mundial evidencia a necessidade do emprego desses dispositivos, tendo em vista a maior necessidade do monitoramento e controle dos processos produtivos. As informações adquiridas pelos sensores subsidiam a tomada de decisão, por meio da análise dos dados, ao longo do processo produtivo, aumentando as chances de sucesso e qualidade do produto (SILVA, 2009).

Medidas de temperatura e umidade relativa do ar são essenciais em pesquisas e desenvolvimento em ciência e tecnologia, como também em controle e processos onde a temperatura constitui uma variável importante. Para obtenção de tais medidas, pode-se fazer uso dos sensores eletrônicos (GUADAGNINI e BARLETTE, 2005).

Segundo Palmieri (2009), as medidas de temperatura e umidade relativa do ar nas estações meteorológicas convencionais são baseadas em leituras realizadas a partir de termômetros específicos. Contudo, hoje existem as estações meteorológicas automáticas, as quais são compostas por sensores que enviam um sinal elétrico a uma central ("data logger") que, por sua vez, armazena os dados em um drive de memória.

Geralmente, os instrumentos utilizados na obtenção de dados de temperatura e umidade relativa do ar ficam protegidos em abrigos meteorológicos. A eficiência de um abrigo meteorológico implica na proteção dos sensores em relação à incidência de radiação solar direta, de modo que o abrigo comporta-se como um dissipador de calor. Normas da Organização Meteorológica Mundial (OMM) dizem que valores de temperatura e umidade relativa do ar devem ser medidos protegidos da radiação (WMO, 2008), fazendo-se uso dos abrigos meteorológicos. De acordo com Finholdt (2008), a construção desses abrigos deve proporcionar a passagem do fluxo de ar pelos sensores, mantendo-os assim em um ambiente aceito como adequadamente ventilado.

De acordo com Varejão-Silva (2006), nas estações meteorológicas convencionais, as observações da temperatura e umidade relativa do ar são obtidas a partir de termômetros e psicrômetro instalados em abrigos que evitam a incidência de radiação solar sobre os instrumentos de medição. Contudo, nas estações meteorológicas automáticas, os sensores responsáveis pela medição das variáveis ambientais são colocados em abrigos meteorológicos de tamanho reduzido, que podem ser de plástico ou de alumínio na cor branca.

Os sensores eletrônicos utilizados na obtenção de medidas de temperatura e umidade relativa do ar disponíveis no mercado são de custo elevado (PALMIERI, 2009). A confecção de abrigos a baixo custo deve visar a medição das variáveis ambientais com a mesma confiabilidade das medidas obtidas com

sensores padrões em abrigos meteorológicos já existentes no mercado (CASTELHANO e ROSEGHINI, 2011).

Nesse sentido, objetivou-se com esse trabalho comparar dados de temperatura e umidade relativa do ar obtidos a partir de sensores de baixo custo, protegidos em um abrigo meteorológico confeccionado a partir de PVC, com dados de duas estações meteorológicas para fins de aferição.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, em Juazeiro - BA. As coletas dos dados foram realizadas na Estação Meteorológica Automática (EMA) da UNIVASF, Campus Juazeiro - BA (09°26'56''S; 40°31'27''W, 356m), e em uma EMA da Embrapa Semiárido, em Petrolina - PE (09°23'55''S; 40°30'03''W, 376m), durante o mês de abril/2013 e agosto/2013, respectivamente. As duas cidades estão localizadas no Submédio São Francisco. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região apresenta-se como tropical semiárido, tipo BshW, caracterizado pela escassez e irregularidade nas precipitações, com chuvas no verão, ocorrendo entre novembro e abril, e elevada evaporação (TEIXEIRA, 2010).

2.1 DESENVOLVIMENTO DOS CIRCUITOS

Os circuitos elétricos que compõem os sensores de temperatura e umidade relativa do ar foram desenvolvidos no Laboratório de Eletrônica e Sistemas Digitais (LESD), da UNIVASF. A temperatura foi obtida utilizando o circuito integrado LM35DZ. Este é um sensor de junção PN com encapsulamento TO-92 fabricado pela *National Semiconductor*®. Fornece uma tensão de saída linearmente proporcional à temperatura, em graus Celsius, possuindo baixa impedância de saída e fator de escala de 10mV/°C (TEXAS INSTRUMENTS, 2013). Assim, foi necessário um circuito amplificador, com configuração não-inversora, para dar um ganho no sinal de saída do sensor. O componente eletrônico responsável do ganho foi o amplificador operacional MCP602. O ganho de tensão produzido foi de 6,6 vezes a tensão de saída do sensor.

A umidade relativa foi obtida com a utilização do sensor HIH-4030-4031, um componente eletrônico comercial da empresa Honeywell®. Trata-se de um circuito integrado com encapsulamento plástico SMD, onde seu sinal de saída é uma tensão proporcionalmente linear à umidade em porcentagem. Este sensor não necessita ser calibrado para fornecer com exatidão valores de umidade dentro da faixa de temperatura ambiente de 20 a 25°C. Assim, para se obter valores de umidade em outras faixas de temperatura, é necessária que se execute a aferição deste sensor.

Os sensores e demais componentes foram acoplados às placas de circuito impresso (Figura 1), feitas pelo

Tabela 1 - Dados estatísticos referentes aos dados de temperatura (T) e umidade relativa (UR) obtidos.

Aferição	Petrolina-PE		Juazeiro-BA	
	T	UR	T	UR
R ²	0,998	0,995	0,892	0,961
r	0,999	0,997	0,944	0,980
Teste t	109,97*	71,29*	13,79*	24,02*

Para a estação meteorológica da UNIVASF, em Juazeiro-BA, obtiveram-se dois gráficos na análise de regressão. No caso da variável temperatura, chegou-se na equação de transferência $Y = 6,248X + 15,813$ e a um coeficiente de determinação de 0,892 (Figura 3).

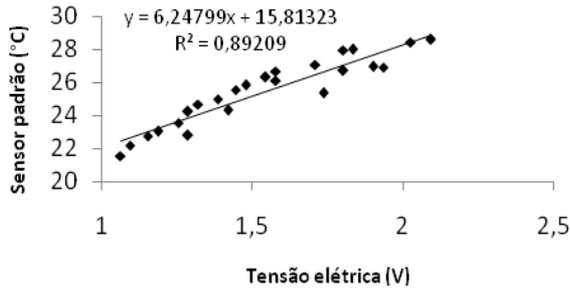


Figura 3 - Aferição do LM35DZ com base nos dados obtidos na estação meteorológica da UNIVASF, em Juazeiro-BA.

Já na aferição do sensor de umidade HIH-4030-4031, a equação resultante da análise de regressão foi $Y = 24,659X - 12,407$ e a um coeficiente de determinação de 0,962 (Figura 4).

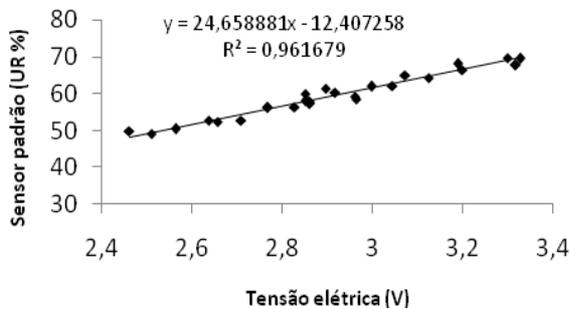


Figura 4 - Aferição do HIH-4030-4031 com base nos dados obtidos na estação meteorológica da UNIVASF, em Juazeiro-BA.

A partir desses resultados, observaram-se fortes correlações, $r = 0,9444$ para os dados de temperatura e $r = 0,9803$ para os dados de umidade relativa do ar. A significância desses valores foi comprovada pela realização do Teste t a 5% de probabilidade, indicando que existe uma correlação positiva entre os pares de valores obtidos. Assim, uma variação nos dados da tensão elétrica dos sensores teste relaciona-se linearmente a uma variação nos dados dos sensores padrão.

Para a estação meteorológica da Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE, também foram obtidos os gráficos resultantes da análise de regressão, tanto para a temperatura (Figura 5) como para a umidade relativa do

ar (Figura 6). No caso da variável temperatura, chegou-se na equação de transferência $Y = 14,791X - 0,094$ e a um coeficiente de determinação de 0,998. Nesse caso, também foi obtido um alto coeficiente de correlação ($r = 0,9989$), sendo este fortemente significativo. Para a umidade, chegou-se na equação $Y = 29,326X - 19,446$ e a um coeficiente de determinação igual a 0,995 e coeficiente de correlação de 0,9975.

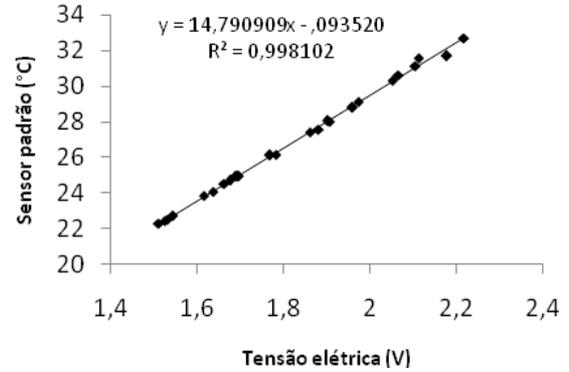


Figura 5 - Aferição do LM35DZ com base nos dados obtidos na estação meteorológica da Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE.

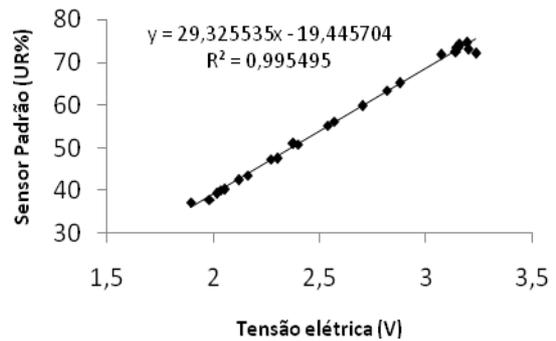


Figura 6 - Aferição do HIH-4030-4031 com base nos dados obtidos na estação meteorológica da Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE.

Resultados semelhantes a estes já foram alcançados em estudos similares. Ao calibrar um LM35DZ a partir de um sensor de referência utilizado em uma estação meteorológica automática, Finholdt (2008) obteve um coeficiente de determinação igual a um, ou seja, 100% da variabilidade dos seus dados trabalhados foram explicados. Silva et al. (2011) também chegaram a um resultado semelhante, encontrando um coeficiente de determinação igual a 0,97 ao aferir um sensor de temperatura LM35DZ a partir de uma instrumentação convencional.

Os resultados da aferição do sensor de umidade aproximaram-se dos obtidos por Sugawara (2003) que, ao calibrar um sensor de umidade HIH-3610, alcançou um coeficiente de determinação igual a 0,98 utilizando um abrigo de PVC para alojar o sensor teste. Neves (2011) obteve um coeficiente de determinação igual a 0,99 na aferição de um SHT75, o que evidencia uma forte correlação indicando a viabilidade de uso do sensor testado.

3.2 INFLUÊNCIA DO ABRIGO

Para avaliar se as leituras realizadas pelos sensores alojados no abrigo confeccionado a partir de PVC iriam divergir daquelas tomadas como referência, foram elaborados gráficos de dispersão dos dados obtidos na estação meteorológica da UNIVASF e na estação meteorológica experimental da Embrapa Semiárido.

Ao fazer a análise de regressão dos dados do LM35DZ alojado no abrigo de PVC com os dados do termohigrômetro da estação meteorológica da UNIVASF (Figura 7), foi obtido um coeficiente de determinação igual a 0,892, demonstrando uma boa validade da regressão.

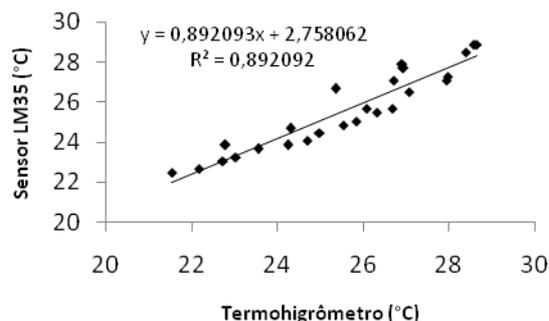


Figura 7 - Gráfico de dispersão dos dados de temperatura medidos na estação meteorológica da UNIVASF, em Juazeiro-BA.

A análise de regressão dos dados do HIH-4030-4031 alojado no abrigo de PVC com os dados do termohigrômetro da estação meteorológica da UNIVASF (BA) resultou em um coeficiente de determinação de 0,962, o que evidencia uma boa validade da regressão (Figura 8).

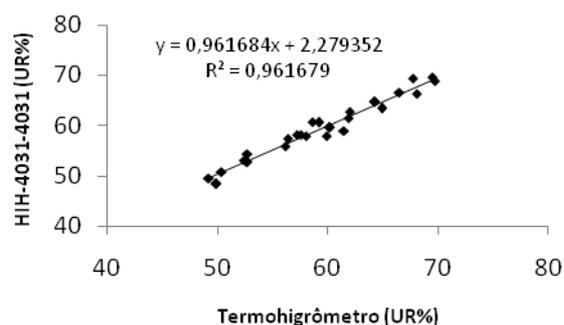


Figura 8 - Gráfico de dispersão dos dados de umidade relativa do ar medidos na estação meteorológica da UNIVASF, em Juazeiro-BA.

Na análise de dispersão dos dados de temperatura referentes ao sensor LM35DZ alojado no abrigo de PVC com os dados de temperatura do CS215 instalado na estação meteorológica experimental da Embrapa Semiárido (PE), foi obtido um coeficiente de determinação igual a 0,998, o que resulta em um coeficiente de correlação igual a 0,999 (Figura 9).

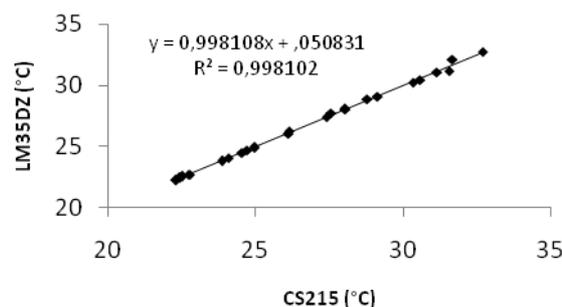


Figura 9 - Gráfico de dispersão dos dados de temperatura medidos na estação meteorológica da Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE.

Também foi feita a análise de dispersão dos dados de umidade relativa referentes ao sensor HIH-4030-4031 alojado no abrigo de PVC com os dados de umidade do CS215 instalado na estação meteorológica experimental da Embrapa Semiárido (Figura 10).

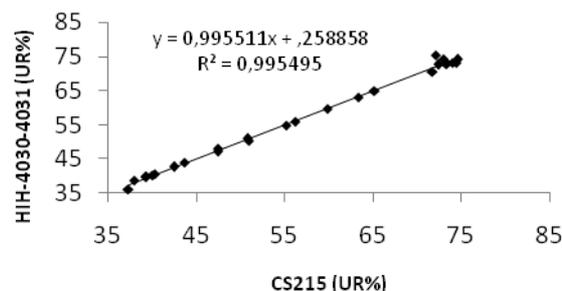


Figura 10 - Gráfico de dispersão dos dados de umidade medidos na estação meteorológica da Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE.

Pela análise dos gráficos das Figuras 9 e 10, os coeficientes de determinação mostram que mais de 99% da variabilidade dos dados é explicada, existindo uma alta correlação entre o abrigo confeccionado e os abrigos tomados como referência da estação meteorológica da Embrapa Semiárido.

Castelhamo e Roseghini (2011) construíram dois abrigos alternativos de PVC e neles foi introduzido um termômetro HOBO U12, da Onset Data Loggers®, para coleta de dados de temperatura. Ao comparar seus dados com os dados da estação meteorológica automática do INMET, eles obtiveram coeficientes de determinação de 0,9714 e outro de 0,9687. A grande similaridade dos dados obtidos a partir dos sensores alojados nos abrigos de PVC com os dados oficiais registrados pela estação automática do INMET referendou a confiabilidade do uso de PVC nos abrigos meteorológicos.

Ao desenvolver uma estação micrometeorológica, Neves (2011) construiu um abrigo utilizando cinco pratos quadrados com bordas arredondadas, de PVC, tomando como base o modelo de abrigo utilizado na estação meteorológica da Davis Instruments (modelo 6152) e, nas medições realizadas em campo, obteve altos

coeficientes de determinação (0,9995 para temperatura e 0,9988 para umidade).

Ou seja, caso o PVC influenciasse na leitura da temperatura pelo sensor, a correlação não seria tão forte como ela foi demonstrada no diagrama de dispersão.

O custo do abrigo confeccionado a partir de PVC foi de aproximadamente R\$ 17,00, o que é um valor muito pequeno em relação ao preço de mercado. Assim, por ser um modelo confeccionado com materiais alternativos e de baixo custo, torna-se uma proposta viável para tal fim. O custo ao desenvolver os circuitos e utilizar os sensores teste foi de R\$ 95,60 sendo este bastante inferior ao custo de sensores tidos como de referência e já consagrados no mercado.

4 CONCLUSÕES

Diante dos resultados, concluiu-se que é viável a utilização de sensores teste na aquisição de variáveis ambientais. Os resultados obtidos também refletem a viabilidade de uso do PVC para a confecção de abrigos meteorológicos, tendo em vista a semelhança dos dados obtidos com os dados registrados pelas estações meteorológicas da UNIVASF e da Embrapa Semiárido, além de possuir um baixo custo. Este fato ainda evidencia a confiabilidade dos dados obtidos pelos sensores alojados no abrigo meteorológico confeccionado.

5 REFERÊNCIAS

CASTELHANO, F. J.; ROSEGHINI, W. F.; A UTILIZAÇÃO DE POLICLORETO DE VINILA (PVC) NA CONSTRUÇÃO DE MINI-ABRIGOS METEOROLÓGICOS PARA APLICAÇÃO EM CAMPO. *Revista Brasileira de Climatologia*, [S.1.], v.9, jun. 2011.

FINHOLDT, G. **Desenvolvimento e avaliação de uma estação meteorológica automática para manejo da irrigação**. 2008. 74f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GUADAGNINI, P. H.; BARLETTE, V. E. **Um termômetro eletrônico de leitura direta com termistor**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 27, n. 3, p. 369 - 375, 2005.

HONEYWELL. **HH-4030/31 Series: Humidity Sensors**. 2008. Disponível em <honeywell.com>. Acessado em 17 de agosto de 2013.

INSTITUTO DO PVC. Disponível em: <www.institutodopvc.org>. Acessado em: 24/08/2013.

NEVES, G. A. R. **Desenvolvimento de estação micrometeorológica com armazenamento de dados**. 2011. 61f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá.

PALMIERI, A. M. **Desenvolvimento de um sistema automatizado de baixo custo para coleta e armazenamento de dados de variáveis climáticas: aplicações no ambiente agrícola**. Dissertação (Mestre em Ciências: Física no Ambiente Agrícola). 2009. 100f. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba.

SCIENTIFIC, CAMPBELL. **Instruction Manual**. 2012. Disponível em: <www.campbellsci.com>

SILVA, K. O.; MORAES, S. O.; MIRANDA, J. H.; PALMIERI, A. M. **Sistema automatizado para aquisição de dados de umidade relativa do ar**. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.27, n.3, p.630-638, set./dez.2007.

SILVA, M. A. M. **Rede de sensores para aplicação em agricultura: um estudo de caso**. 2009. 81f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SILVA, I. M.; PANDORFI, H. VASCONCELOS, A. J. S.; LAURENTI, R.; GUISELINI, C.; ALMEIDA, G. L. P. **Automação no controle do microclima na pré-ordenha de bovinos leiteiros**. XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Julho, 2011- Guarapari – ES.

SUGAWARA, M. T. **Estudo de sensores de baixo custo para estação meteorológica automática**. 2003. 79f. Tese (*Magister Scientiae*). - Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

TEIXEIRA, A. H. de C. **Informações Agrometeorológicas do Polo Petrolina, PE e Juazeiro, BA - 1963 a 2009**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Semiárido/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Petrolina/PE, 2010.

TEXAS INSTRUMENTS. **LM35 PRECISION CENTIGRADE TEMPERATURE SENSORS**. SNIS159C –July, 2013.

VAISALA. **User's guide**. 2006. Disponível em: <www.vaisala.com>

VAREJÃO-SILVA, M. A. **METEOROLOGIA E CLIMATOLOGIA**. Versão digital 2. Recife, Pernambuco. Brasil. 463 p. Março de 2006.

WMO. **Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation**. WMO – N°8. Seventh edition. 2008.