

Desenvolvimento de plataforma para monitoramento “automatizado” de dados termo-pluviométricos

Ricardo Augusto Calheiros de Miranda^{*}
Fernando Reiszal Pereira^{**}

Resumo

Dada a importância do ambiente na pesquisa ambiental, o trabalho propõe como objetivo a construção de um sistema de monitoramento automatizado de dados termo-pluviométricos. O sistema proposto utiliza um microcontrolador de baixo custo e consumo de energia podendo ser utilizado como alternativa de apoio a ações futuras de cunho acadêmico e de pesquisa de monitoramento ambiental no Departamento de Geografia Física da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ. Os resultados de uma intercomparação dos dados monitorados pela estação termo-pluviométrica permitiram concluir que o sistema proposto apresenta acurácia e precisão com dados similares regularmente coletados por estação meteorológica “Davis”, e, portanto podem ser utilizados com segurança no monitoramento dessas variáveis meteorológicas em futuras ações de pesquisa ambiental.

Palavras-chave: Monitoramento Ambiental; Temperatura; Chuva.

^{*} Professor do Instituto de Geografia, Departamento de Geografia Física – UERJ (rmirandauerj@gmail.com).

^{**} Professor da Escola Superior de Desenho Industrial – UERJ (freiszal@esdi.uerj.br).

Abstract

Given the importance of the environment in the environmental research this work proposes as main aim the building up of the automatic monitoring system of thermo-pluviometric data. The proposed system uses a low cost and energy consuming microcontroler and will be utilized as an alternative to future academic and research actions for environmental monitoring in the Physic Geography Department of the State University of the Rio de Janeiro – UERJ. Results after comparison of data monitored by the thermopluviometric station made possible for us to conclud that the system proposed is accurate and precise with similar data colected regularly by “Davis” metherologic station. Therefore it can be securely used in monitoring of temperature and rainfall.

Key words: Environmental Monitoring; Temperature; Rainfall.

Introdução

Nas últimas décadas, devido às evidências das mudanças climáticas globais, vivemos em uma época em que o conhecimento do clima de um local e/ou região está diretamente associado ao bem estar da sociedade e, conseqüentemente, a preservação do meio ambiente (DREW, 2005 e MOLION, 2001).

Por essa e outras razões é que, hoje em dia, há uma tendência mundial de se optar pelo uso de equipamentos eletrônicos para coletar dados meteorológicos primários, com o objetivo de satisfazer as demandas e os requisitos da pesquisa climatológica e/ou ambiental (SUTTON et al. 1984; TANNER, 1990). Na verdade a situação atual exige um acesso em tempo real a todas as informações meteorológicas coletadas de forma a simplificar o seu uso no desenvolvimento da tecnologia da informação continuada e automatizada na Climatologia e/ou

Meteorologia para complementar os estudos de caráter meso e microclimáticos. Ou seja, ao invés dos usuários se dirigirem aos dados, os dados devam vir a eles em tempo real.

Essa tecnologia tornou-se viável para uso na caracterização ambiental, devido à redução dos custos dos microprocessadores, das memórias eletrônicas, das interfaces capazes de interagir com um computador portátil. E, mais do que tudo, pela sua ampla capacidade de operação em ambiente aberto, sem supervisão humana (BRAGA, 2005; SENTELHAS e CARAMORI, 2002).

No Brasil, seja no nível local e/ou regional, ainda há evidências da carência de estudos para caracterização climática cujo fator principal é a falta de dados climáticos “*primários*” em quantidade e qualidade (MOTA, 2002). A análise da variabilidade seja ela local e/ou regional de certos elementos meteorológicos é dependente da precariedade das redes de monitoramento meteorológico convencional que em muitas regiões estão desativadas ou têm seus registros de dados incompletos. Dentro dessa problemática destaca-se a temperatura e a precipitação pluviométrica como os elementos meteorológicos fundamentais para rastreabilidade meteorológica de um local e/ou região (MOSCATI, et al., 2002). A temperatura do ar quando utilizada pra subsidiar estudos dirigidos ao planejamento ambiental no apoio da agricultura (LIMA et al; 2001 e MARENCO, 2006) e nos estudos do clima urbano (LOMBARDO, 1985 e MENDONÇA, 1996). Já a precipitação pluviométrica por se configurar como elemento climático mais irregular, espacial e temporalmente, causando impactos em diversas atividades humanas, dentre elas, na gestão ambiental. Por isto, a quantidade e os padrões de distribuição espaço e temporal das chuvas tem sido, ultimamente, utilizados para a caracterização climática de um local e/ou região (BARRETO, ARAGÃO e BRAGA, 2002). Uma vez considerado que as chuvas que se precipitam sobre um local e/ou região podem afetar de forma adversa à sociedade como um todo (MOSCATI et al., 2000). Por essa razão que a consolidação da automatização do monitoramento de dados meteorológicos construídos a partir de

uma tecnologia baseada em microcontroladores (DALLY et al., 1995, STINGER, 1994) tem sido amplamente utilizada na agricultura, no controle de irrigação em diferentes cultivos (FERNANDES et al.; 1995) e na avaliação de sistemas de manejo visando uma maior eficiência de rendimento do plantio (MIRANDA et al., 2004). Muito embora, no meio urbano, palco de grandes transformações na ocupação do uso do solo sejam ainda incipientes as coletas de dados meteorológicos automatizadas. Nesse ambiente o processo de urbanização é bastante significativo em termos de modificações do clima em escala local (MENDONÇA,1996), pelo fato do clima urbano ser tratado como um sistema que abrange um fator natural (clima local) e um fator social (a cidade) (LOMBARDO, 1985 e MONTEIRO e MENDONÇA 2003).

O presente estudo teve como principal foco a concepção de uma plataforma de monitoramento de dados termo-pluviométricos utilizando sensores inteligentes baseada em tecnologias de microcontroladores compactos, de custo e consumo reduzido de energia como uma nova alternativa para o monitoramento hidro-ambiental e meteorológico. Apresenta também, os resultados obtidos através de uma inter-comparação entre dados monitorados pela estação termo-pluviométrica proposta e os coletados por estação meteorológica “Davis” utilizada na rotina meteorológica. Assim sendo, visa destacar possíveis inconsistências e erros associados ao uso posterior dessa plataforma no apoio a ações futuras de cunho acadêmico e de pesquisa de monitoramento ambiental no Departamento de Geografia Física da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ.

Material e métodos

Dada a necessidade, apontadas por TANNER (1990) e BRAGA (2007), de se identificar e avaliar - qualitativa e quantitativamente - as condições dos recursos naturais em um determinado momento, assim como as suas tendências ao longo do

tempo. É que optamos pelo desenvolvimento de uma versão de plataforma de coleta de dados (Figura 1) construída a partir de uma tecnologia baseada em microcontroladores de baixo custo, com pouco consumo de energia, pequena dimensão física e grande capacidade de armazenamento de dados.

Concepção da Estação Termo-Pluviométrica

A configuração básica da estação termo-pluviométrica proposta se baseia em protótipo de pluviômetro do tipo balança, desenvolvido a partir de MIRANDA et al. (2003). O pluviômetro é basicamente construído em termoplásticos do tipo PVC ou ABS, tem uma área de captação de 177 cm² e uma resolução de 0,2 mm (a cada basculada) na medida da precipitação (WMO, 1983). O esquema de coleta de monitoramento foi configurado para registrar o momento de basculada, sendo a precipitação calculada individualmente para cada intervalo entre dois registros subsequentes. Os dados obtidos foram, transformados em séries de pulsos (precipitação pluviométrica), registrados (temperatura do ar) em intervalos de tempo fixos.

Quanto ao microcontrolador escolhido para desenvolvimento deste projeto foi do tipo PIC, fabricado pela Microchip Technology Inc.® (MICROCHIP TECHNOLOGY INC, 2000), cuja característica principal é o baixo consumo de energia. Este microcontrolador (sensor inteligente) condensa todas as funções necessárias para a implementação de um sistema de aquisição de dados em um único circuito integrado alocado na parte externa do corpo do pluviômetro em um pequeno abrigo de PVC (Figura 1). O microcontrolador é alimentado com tensões de 2 a 6 Volts o que possibilita o uso de pilhas comuns para alimentação da estação termo-pluviométrica e está conectado na porta paralela de um microcomputador (BERNARDES, 1996). Em operação normal, o consumo situa-se ao redor de 50µA, o que garante uma autonomia em campo de até dois anos.

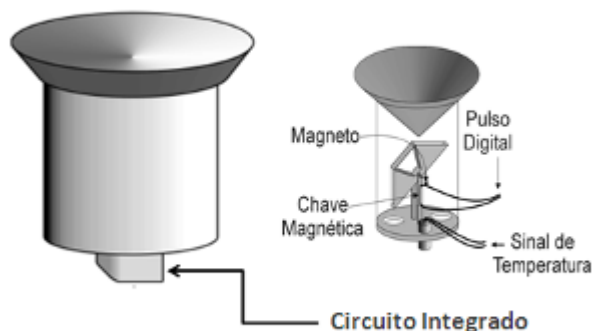


Figura 1: Diagramação da estação *termopluviométrica* proposta.

Para versão proposta se utilizou um sensor de temperatura semiconductor (LM35) de alta linearidade e precisão de 0,1 °C (NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION, 1995). Este sensor foi alocado externamente, no lado inferior do abrigo do circuito eletrônico a fim de evitar a chuva e a incidência direta da radiação solar.

Neste protótipo a varredura dos sensores da estação termopluviométrica proposta foi feita a cada 5 segundos com saída dos dados médios e os totais de chuva programados para intervalos de 5 minutos.

A necessidade de automatização dos métodos de coleta de dados meteorológicos levou-nos a desenvolvimento de um software para aquisição, armazenamento e transferência de dados como o apresentado na Figura (2).

Para tanto foi elaborado um programa em linguagem C++ para transmissão dos dados termo-pluviométricos monitorados pela

MIRANDA, R.A.C. de & PEREIRA, F.R. Desenvolvimento de plataforma...
estação, quando em funcionamento, para um microcomputador portátil (Laptop).

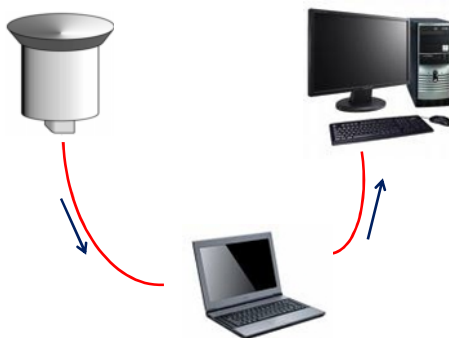


Figura 2: Operação em Campo: dados termopluiométricos sendo coletados por um Laptop.

Teste de desempenho

Para testar o desempenho da estação termo-pluviométrica, utilizamos de dados regularmente monitorados na Fazenda Haras Monte Café localizada no 2º Distrito do município de Duas Barras (RJ) localizada no pólo cafeeiro da região serrana fluminense (22° 02' S, 42° 22' W e 485 m de altitude).

Nesta propriedade, está instalada, em área em aberto, nas circunvizinhanças de cafezais uma estação meteorológica automática Davis Vantage Pro2, sem fio (DAVIS Instruments, California, USA) e por essa razão a mesma foi utilizada como estação de referência durante os testes de desempenho da estação termo-pluviométrica proposta.

As comparações dos dados obtidos pela estação proposta e a estação “Davis” foi elaborada por meio do seguinte indicador

MIRANDA, R.A.C. de & PEREIRA, F.R. Desenvolvimento de plataforma...
estatístico: análise de regressão – coeficiente de determinação (R^2)
de acordo com o proposto por WILLMOTT et al. (1985).

Resultados

Para melhor seqüência, os resultados são apresentados e discutidos por elemento meteorológico. Para cada um dos elementos descreve-se como foi feita a calibração de cada equipamento sensor desenvolvido para concepção da estação termo-pluviométrica proposta.

Temperatura do ar

Na literatura, a temperatura é definida como um parâmetro físico que mensura a energia cinética associada ao movimento aleatório das partículas que compõem o ar atmosférico. Dessa forma, pode-se dizer a temperatura do ar pode ser definida como sendo o estado térmico do ar atmosférico.

A temperatura do ar embora seja um elemento de fácil mensuração necessita que o elemento sensível não fique exposto a condições diferenciadas do ambiente que se deseja caracterizar. Em função do perfeito sincronismo entre as curvas da temperatura do ar coletado simultaneamente nas estações termo-pluviométrica e na automática sob condições diferenciadas de tempo verifica-se que a disposição do sensor de temperatura sob o compartimento de circuito da estação mostrou-se adequada (Figura 3) na estação termo-pluviométrica. No entanto ao serem analisados individualmente os perfis de variação horária das temperaturas coletadas pelas duas estações observa-se que, no período matutino, há uma tendência de superposição dos valores monitorados pela estação termo-pluviométrica em relação aos coletados pela estação de referência independentemente do tempo prevaiente. Também se pode concluir que em função da incidência do sol em relação à localização das estações se observam desvios, durante o período amostrado, de até 2,3 ° C entre as temperaturas registradas pelas

MIRANDA, R.A.C. de & PEREIRA, F.R. Desenvolvimento de plataforma...
estações. As médias de variação diária entre as temperaturas para o período amostrado se mantiveram em 0,1 °C e -0,9 °C.

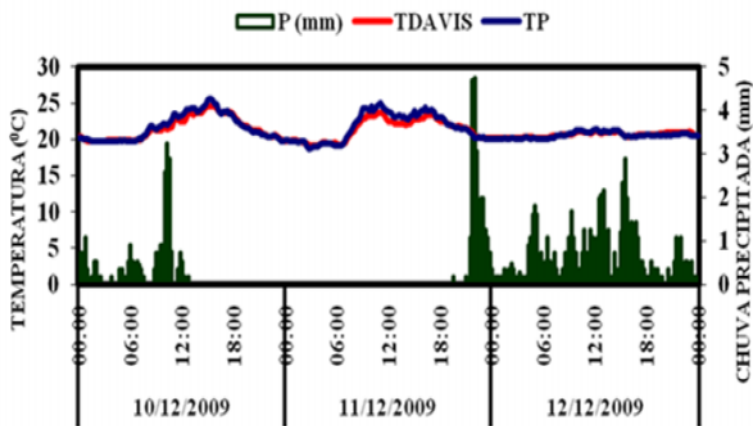


Figura 3: Oscilação diária das temperaturas do ar coletadas simultaneamente nas estações termo-pluviométrica e no padrão “Davis” sob condições diferenciadas de tempo.

A regressão linear simples entre os dados de temperatura do ar coletados pelas estações termo-pluviométrica e estação “Davis” apresentaram resultados significativos ao nível de 1% de probabilidade para o teste F. A equação de regressão e o seu respectivo R^2 (Figura 4), mostram a existência de uma alta correspondência entre dados monitorados pelas estações.

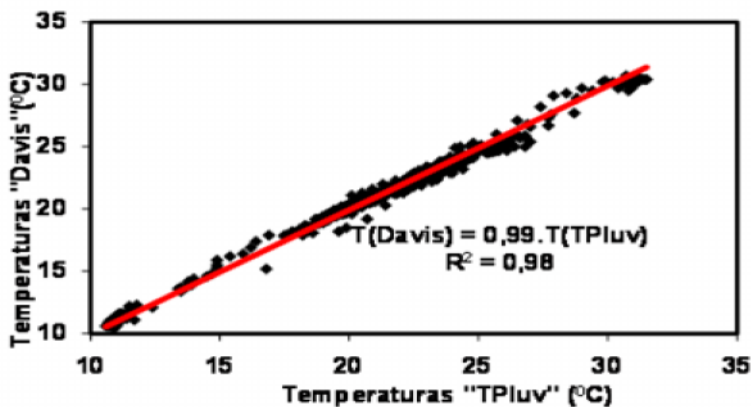


Figura 4: Intercomparação das temperaturas do ar coletadas por estações termo-pluviométrica e de referência “Davis” na Fazenda Haras Monte Café, Duas Barras (RJ).

Precipitação pluvial

A medida da chuva é considerada uma operação das mais simples dentre as medidas dos elementos meteorológicos, no entanto, são inúmeras as condições adversas quando se analisa em detalhes os erros cometidos nos diferentes sistemas de medidas (CLACH, 2003 e SENTELHAS e CARAMORI, 2002).

Do ponto de vista prático, são as chuvas que apresentam maior interesse, sobretudo em nossa latitude, já que são inúmeras as suas aplicações na agricultura (irrigação), defesa civil (enchentes, deslizamentos) e previsão meteorológica (aperfeiçoamento de modelos). Entretanto, a despeito da simplicidade de seu monitoramento, é uma das variáveis meteorológicas mais difíceis de serem coletadas, uma vez que erros associados ao tipo instrumental; de exposição e mesmo de localização (MOLION e DALLAROSA, 1990) podem interferir no seu monitoramento. Além disso, problemas relacionados aos pluviômetros de báscula estão associados aos erros no total da

chuva medida, os quais estão diretamente relacionados à intensidade das precipitações, à resolução da balança e à área de captação, assim como devido à ação de ventos intensos (SEIBERT e MORÉN, 1999).

SENTELHAS e CARAMORI (2002), avaliando os dados de chuva provenientes de um pluviômetro tipo Paulista e de um pluviômetro de balança (resolução 0,1 mm), observou que para um período de 13 meses a chuva total foi cerca de 145 mm inferior no sensor automático, o que representou um erro de 9,4%. De acordo com TANNER (1990), erros acima de 10% podem ocorrer com frequência, especialmente nos sensores de maior resolução. Por essa razão a WMO (1983) recomenda que pluviômetros de balança tenham uma resolução mínima de 0,2 mm.

A Figura (5) mostra, a partir de amostragens aleatórias entre diferentes dias chuvosos, a relação entre os totais pluviométricos coletados pelos dois sistemas de monitoramento.

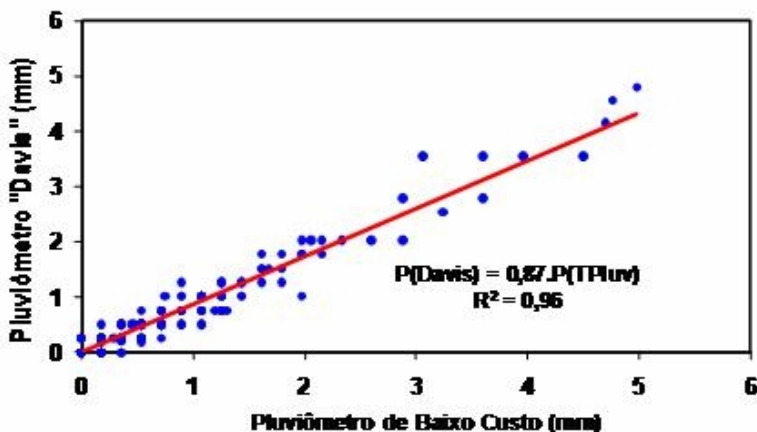


Figura 5: Relação entre os volumes precipitados, a intervalos de 15 minutos, durante diferentes dias chuvosos nas estações termopluviométrica e a de referência.

Pelo o apresentado verifica-se que os dados coletados apresentaram uma concordância elevada ($R^2 = 0,96$), embora em algumas situações apresentem valores acentuadamente discrepantes. Erros aleatórios associados ao uso de pluviômetro de báscula são comuns em estudos dessa natureza (CIACH, 2003) e suas causas devem ser ignoradas. As discrepâncias encontradas nesse estudo podem estar associadas a vibraes do mastro de sustentaco da estaco termo-pluviométrica o que se deve a influência do vento (superiores a 4 m/s). Embora não tenham sido apresentados, as comparaes e análise da velocidade e predominância dos ventos durante os períodos chuvosos, os dados obtidos e avaliados demonstram coerência e acurácia. Pode-se dizer que em média 87% dos volumes de água precipitada coletados pela estaco termo-pluviometrica seriam também coletados pela estaco de referência "Davis".

Conclusão

Todos os sensores que medem grandezas no mundo real possuem certas tolerâncias. Não existe um sensor absolutamente preciso e são muitos os fatores que influenciam nessa tolerância e na confiabilidade.

Os resultados aqui demonstraram que a concepo elaborada e adotada na estaco termo-pluviométrica de baixo custo proposta apresentou acurácia e precisão quando foram intercomparados com dados regularmente monitorados por estaco meteorológica "automática" Davis. Apesar das estaces automáticas intercomparadas apresentarem diferentes sensores e com sensibilidades diferentes, independentemente do elemento meteorológico avaliado, a concordância foi considerada como satisfatória. E isso se evidência quando se observa que 87% dos volumes de água precipitada coletados pela estaco termo-pluviometrica proposta, seriam também coletados pela estaco de referência "Davis". Que erros aleatórios devido  ao de ventos são passíveis de acontecer, muito embora se tenha observado que

MIRANDA, R.A.C. de & PEREIRA, F.R. Desenvolvimento de plataforma...

para o período analisado a chuva total coletada na estação “automática” Davis (resolução 0,1 mm) foi 30 mm inferior do volume de água precipitada monitorado pela estação termopluiométrica (192 mm).

No tocante às temperaturas do ar há uma tendência de superposição dos valores monitorados pela estação termopluiométrica em relação aos coletados pela estação de referência independentemente do estado do tempo prevalecente.

As considerações acima nos fazem recomendar o uso da estação termo-pluviométrica nos projetos acadêmicos e de pesquisa por estudantes e/ou pesquisadores da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ.

Referências bibliográficas

BARRETO, A. B.; ARAGÃO, M.R.S. e BRAGA, C.C. Estudo do ciclo diário do vento à superfície no nordeste do Brasil. In: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 496-479, 2002, Foz de Iguçu, Paraná. **Anais...** Foz de Iguçu, PR: SBMet, 2002. CD-Rom.

BRAGA, S.M. **Análise do Potencial de Utilização de Sensores Automáticos Hidroambientais: Estudo de Caso da Bacia do Rio Barigui.** Paraná, PR: UFPR, 2005. 135p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

BERNARDES, L.H.C. Basic stamp. **Saber Eletrônica.** São Paulo, v. 32, p. 16-24. 1996.

DALLY, J.W., WILIANS, F.R. e McCONNELL, K.G. **Instrumentation for engineering measurements.** 2° ed. New York: John Wiley, 584p. 1995.

MIRANDA, R.A.C. de & PEREIRA, F.R. Desenvolvimento de plataforma...

CIACH, G. Local random errors in tipping-bucket rain gauges measurements. **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology**, v. 20, n. 5, pp. 752-759. 2003.

DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. João Alves dos Santos (Trad). 6 Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 224p. 2005.

FERNANDES, A.L.T., SILVA, F.C., FOLEGATTI, M.V. (1995) Uso de estações automáticas para controle da irrigação no Estado de São Paulo. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, Campina Grande. Paraíba. **Anais...**, Campina Grande: Sociedade Brasileira Agrometeorologia / UFPb, p. 1-3. 1995.

LIMA, M.A.; CABRAL, O. M. R. e MIGUEZ, J.D. G. **Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira**. EMBRAPA Meio Ambiente. Jaguariúma. São Paulo. 397p. 2001.

LOMBARDO, M.A. **Ilha de calor nas metrópoles: exemplo de São Paulo**. São Paulo:Editora Hucitec. 140p. 1985.

NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. Data Conversion/Aquisition Databook. National Semiconductor Corporation. USA. p: 9-12. 1995.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Série Biodiversidade, Vol. 26. Ministério do Meio Ambiente. Brasília. Distrito Federal. 163p. 2006.

MENDONÇA, F.A. **O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno: proposição metodológica para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina/PR**. São

MIRANDA, R.A.C. de & PEREIRA, F.R. Desenvolvimento de plataforma...
Paulo, SP: USP. 1996. 360p. Dissertação (Doutorado) -
Universidade de São Paulo. São Paulo.

MICROCHISSIP TECHNOLOGY INC. PIC16F8X/
PIC16F62X - 18-pin Flash/EEPROM 8-bit Microcontrollers. 2000.

MIRANDA, R.A.C.; PEREIRA, F.R. e MONAT, A.S.
Pluviômetro digital baseado em microcontroladores de última
geração. In: XII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, p. 35-
41. 2003, Fortaleza, **Anais...** Fortaleza: SB Agro. 2003. CD-Rom.

MIRANDA, R.A.C., PEREIRA, F.R. e MONAT, A.S.
Intercepção de chuva em cafezais adensados da região serrana
Centro-Norte fluminense. **Revista Brasileira de
Agrometeorologia**. Santa Maria (RS). v. 12, n. 2. p.283-288. 2004.

MOLION, L.C.B. Aquecimento global: fato ou ficção. **Revista
Ação Ambiental**, Viçosa. v.4, n. 18, p. 24-32. 2001.

MOLION, L.C.B.; DALLAROSA, R.L.G. Pluviometria da
Amazônia: são os dados confiáveis? **Climanálise – Boletim de
Monitoramento e Análise Climática**, v. 5, n. 30. p. 40-42. 1990.

MONTEIRO, C.A.F; MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. São Paulo,
São Paulo: Editora Contexto, 2003.192p.

MOSCATI, C.LM.; PEREIRA, C.S.; GIAROLLA, E. e SANTO,
C.M.E. Estudo climatológico sobre a costa Sul-Sudeste do Brasil.
Parte I: Levantamento da disponibilidade de dados meteorológicos.
In: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, p. 735-744. 2000.
Rio de Janeiro, **Anais...** Rio de Janeiro: CBMet. 2000. CD-Rom.

MOTA, F.S. **Agrometeorologia: uma seleção de temas**. Pelotas:
Edição do Autor. Rio Grande do Sul. 2002. 339p.

MIRANDA, R.A.C. de & PEREIRA, F.R. Desenvolvimento de plataforma...

SEIBERT, J. ; MORÉN, A.S. Reducing os systematic errors from tipping bucket rain gauges on recorded rainfall data. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdan, v.98-99, n.1, p.341-348, 1999.

SENTELHAS, P.C; CARAMORI, P.H. Inconsistências na medida da chuva com pluviômetros de báscula, utilizados em estações meteorológicas automáticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v.10, n.2, p.301-304.2002.

STINGER, C.J. Conditions, requirements and needs for outdoor measurements in developing countries: The case of agro meteorology and agro climatology. Geneva: World Meteorological Organization, **Reports n. 57**. Instruments and Observing Methods. Switzerland, 1994. 45p.

SUTTON, J.C.; GILLESPIE, T.J. e HILDEBRAND, P.D. Monitoring weather factors in relation to plant disease. **Plant Disease**, v.68, p. 78-84. 1984.

TANNER, B.D. Automated weather stations. **Remote Sensing Reviews**, Abingdon, v.5, n.1, p. 73-98.1990.

WMO. Guide to meteorological instruments and methods of observation. Geneva: World Meteorological Organization. **Boletim n.8**. 1983. 65p.

WILLMOTT, C.J. et al. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, Ottawa, v. 90, n. 5, p. 8995-9005. 1985.

Recebido em novembro de 2011

Aceito em junho de 2012