

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - UNIOESTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

ELABORAÇÃO DE UM PLUVIÓGRAFO COM SENSOR ÓTICO

PAULO ROBERTO DULNIK

CASCADEL – Paraná - Brasil

Junho – 2006.

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

PAULO ROBERTO DULNIK

ELABORAÇÃO DE UM PLUVIÓGRAFO COM SENSOR ÓTICO

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração em Engenharia de sistemas Agroindustriais.

Orientador: Dr. Reinaldo Prandini Ricieri

CASCADEL – Paraná - Brasil

Junho - 2006.

Paulo Roberto Dulnik

“Elaboração de um pluviógrafo com sensor ótico”

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação “stricto sensu” em Engenharia Agrícola, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, pela comissão formada pelos professores:

Orientador: Prof. Dr. Reinaldo Prandini Ricieri
UNIOESTE/CCET – Cascavel - PR

Prof. Dr. José Airton Azevedo dos Santos
UTFPR – Medianeira - PR

Prof. Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz
UNIOESTE/CCET – Cascavel - PR

Prof. Dr. Joaquim Odilon Pereira
UNIOESTE/CCET – Cascavel - PR

Cascavel, 13 de junho de 2006.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela liberação para que eu pudesse me dedicar a este trabalho.

Ao Professor Dr. Reinaldo Prandini Ricieri, pela compreensão, amizade e orientação.

Aos demais professores do curso, pela amizade e pelos ensinamentos compartilhados durante a jornada de estudos.

Ao amigo Edward Kawanagh, pela amizade e apoio nos momentos difíceis.

Aos amigos Estor Gnoatto e Ivair Marchetti, pela ajuda na parte mecânica.

Ao Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR, nas pessoas do Sr. Edimirson Borozino, do Dr. Paulo Caramori e Dr^a. Dalziza de Oliveira, por acreditarem no projeto e pela atenção dispensada.

Ao amigo Hilário G. Falkowski, pela ajuda na parte de informática.

Aos demais colegas que compartilharam momentos de amizade e companheirismo, no decorrer do curso de mestrado.

A todos aqueles que não mediram esforços e, mesmo anonimamente, torceram e se empenharam, colaborando de alguma forma para que este trabalho se concretizasse.

É nosso singelo modo de agradecê-los e dizer que ...

“O valor das coisas não está no tempo que elas duram, mas na intensidade com que acontecem. Por isso existem momentos inesquecíveis e pessoas incomparáveis” (Fernando Pessoa).

Dedico este trabalho

*A Deus, por colocar pessoas maravilhosas em meu caminho
e permitir que este trabalho atingisse seus objetivos.*

*Aos meus pais, Lucjan (in memorium) e Sofia,
pela dedicação e sacrifício a que se submeteram
para possibilitar que este momento acontecesse.*

*À minha esposa e companheira Luciana,
pelo ombro, carinho, amizade, paciência e
colaboração durante esta caminhada.*

*Ao meu filho Vitor Augusto,
pela sua contagiante alegria e inocência
que em muitos momentos foi a energia necessária para prosseguir.*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 CICLO HIDROLÓGICO.....	4
2.1.1 Dados Hidrológicos – Métodos de Estudo.....	5
2.1.2 Precipitação.....	5
2.2 MEDIDAS DE PRECIPITAÇÃO.....	6
2.2.1 Variação nas Medições.....	11
2.3 INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO.....	11
2.3.1 Pluviômetro.....	11
2.3.2 Pluviógrafos.....	12
2.3.2.1 O pluviógrafo de caçambas basculantes.....	12
2.3.2.2 Pluviógrafo de peso.....	13
2.3.2.3 Pluviógrafo de flutuador.....	13
2.4 GRÁFICOS PRODUZIDOS PELA COMPILAÇÃO DOS DADOS COLETADOS.....	13
2.4.1 Os pluviogramas.....	13
2.4.2 Os ietogramas.....	14
2.5 SENSORES.....	15
2.5.1 Sensores Fotovoltaicos.....	15
2.5.2 Diodos Emissores de Luz (LED's).....	16
2.5.3 O Fotodiodo.....	16
2.5.4 O Fototransistor.....	18
2.6 CIRCUITOS CONTADORES.....	19
2.7 A PORTA PARALELA.....	20
2.7.1 Endereço da Porta Paralela.....	21
2.7.2 O Conector DB25.....	21
2.7.2.1 Pinagem do Conector DB25.....	21
2.7.2.2 Os Registradores da Porta Paralela.....	23
2.7.2.3 Controlando a porta paralela.....	23

<u>3 MATERIAIS E MÉTODOS.....</u>	<u>25</u>
<u>3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.....</u>	<u>25</u>
<u>3.2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA.....</u>	<u>25</u>
<u>3.3 PLUVIÓGRAFO DE CAÇAMBAS BASCULANTES.....</u>	<u>27</u>
<u>3.4 SISTEMA BASCULANTE.....</u>	<u>28</u>
<u>3.5 FLUXOGRAMA DE FUNCIONAMENTO.....</u>	<u>31</u>
<u>3.6 SUPERFÍCIE COLETORA.....</u>	<u>33</u>
<u>3.7 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA BASCULANTE.....</u>	<u>35</u>
<u>3.8 FUNCIONAMENTO DO SENSOR ÓTICO.....</u>	<u>38</u>
<u>3.9 PRINCÍPIO DA ANÁLISE DOS PULSOS.....</u>	<u>39</u>
<u>3.9.1 O Circuito Transdutor.....</u>	<u>42</u>
<u>3.10 A INSTALAÇÃO DO INSTRUMENTO.....</u>	<u>44</u>
<u>3.11 METODOLOGIA PARA INSTALAÇÃO E TESTE DO INSTRUMENTO....</u>	<u>45</u>
<u>3.12 DESCRITIVO DO PROGRAMA DE COLETA DE DADOS.....</u>	<u>47</u>
<u>3.13 ENSAIOS DE LABORATÓRIO.....</u>	<u>48</u>
<u>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</u>	<u>52</u>
<u>4.1 ENSAIOS DE CAMPO.....</u>	<u>53</u>
<u>4.1.1 Precipitação ocorrida entre 04 e 05/03/2006.....</u>	<u>53</u>
<u>4.1.2 Precipitação ocorrida entre 09 e 10/03/2006.....</u>	<u>54</u>
<u>4.1.3 Precipitação ocorrida entre 13 e 14/03/2006.....</u>	<u>57</u>
<u>4.1.4 Precipitação ocorrida entre 18 e 19/03/2006.....</u>	<u>57</u>
<u>4.1.5 Precipitação ocorrida entre 20 e 21/03/2006.....</u>	<u>61</u>
<u>4.1.6 Precipitação ocorrida entre 21 e 22/03/2006.....</u>	<u>64</u>
<u>4.1.7 Precipitação ocorrida entre 22 e 23/03/2006.....</u>	<u>67</u>
<u>4.1.8 Precipitação ocorrida entre 23 e 24/03/2006.....</u>	<u>69</u>
<u>4.1.9 Precipitação ocorrida entre 24 e 25/03/2006.....</u>	<u>72</u>
<u>4.1.10 Precipitação ocorrida entre 25 e 26/03/2006.....</u>	<u>74</u>
<u>4.1.11 Precipitação ocorrida entre 28 e 29/03/2006.....</u>	<u>76</u>
<u>4.1.12 Precipitação ocorrida entre 09 e 10/04/2006.....</u>	<u>76</u>
<u>4.1.13 Precipitação ocorrida entre 14 e 15/04/2006.....</u>	<u>77</u>
<u>4.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS.....</u>	<u>77</u>
<u>5 CONCLUSÕES.....</u>	<u>81</u>
<u>REFERÊNCIAS.....</u>	<u>82</u>

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estimativa do erro na medição da chuva.....	8@~
Tabela 2 - Precipitação ocorrida entre 04 e 05/03/2006 e registrada pelo pluviômetro Ville de Paris, pelo pluviógrafo de sifão e pelo protótipo e o erro entre eles.....	53@~
Tabela 3 - Precipitação ocorrida entre 09 e 10/03/2006 e registrada pelo pluviômetro Ville de Paris, pelo pluviógrafo de sifão e pelo protótipo e o erro entre eles.....	54@~
Tabela 4 - Precipitação ocorrida em 14/03/2006 e registrada pelo pluviômetro Ville de Paris, pelo pluviógrafo de sifão e pelo protótipo e o erro entre eles.....	57@~
Tabela 5 - Precipitação ocorrida entre 18 e 19/03/2006 e registrada pelo pluviômetro Ville de Paris, pelo pluviógrafo de sifão e pelo protótipo e o erro entre eles.....	58@~
Tabela 6 - Precipitação ocorrida entre 20 e 21/03/2006 e registrada pelo pluviômetro Ville de Paris, pelo pluviógrafo de sifão e pelo protótipo e o erro entre eles.....	61@~
Tabela 7 - Precipitação ocorrida entre 21 e 22/03/2006 e registrada pelo pluviômetro Ville de Paris, pelo pluviógrafo de sifão e pelo protótipo e o erro entre eles.....	64@~
Tabela 8 - Precipitação ocorrida em 22 e 23/03/2006 e registrada pelo pluviômetro Ville de Paris, pelo pluviógrafo de sifão e pelo protótipo e o erro entre eles.....	67@~
Tabela 9 - Precipitação ocorrida entre 23 e 24/03/2006 e registrada pelo pluviômetro Ville de Paris, pelo pluviógrafo de sifão e pelo protótipo e o erro entre eles.....	70@~
Tabela 10 - Precipitação ocorrida entre 24 e 25/03/2006 e registrada pelo pluviômetro Ville de Paris, pelo pluviógrafo de sifão e pelo protótipo e o erro entre eles.....	72@~

Tabela 11 - Precipitação ocorrida entre 25 e 26/03/2006 e registrada pelo pluviômetro Ville de Paris, pelo pluviógrafo de sifão e pelo protótipo e o erro entre eles.....	74@~
Tabela 12 - Precipitação ocorrida entre 28 e 29/03/2006 e registrada pelo pluviômetro Ville de Paris, pelo pluviógrafo de sifão e pelo protótipo e o erro entre eles.....	76@~
Tabela 13 - Precipitação ocorrida entre 09 e 10/04/2006 e registrada pelo pluviômetro Ville de Paris, pelo pluviógrafo de sifão e pelo protótipo e o erro entre eles.....	76@~
Tabela 14 - Precipitação ocorrida entre 14 e 15/04/2006 e registrada pelo pluviômetro Ville de Paris, pelo pluviógrafo de sifão e pelo protótipo e o erro entre eles.....	77@~

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de instalação de um pluviômetro.....	12@~
Figura 2 - Esquema de um pluviógrafo de caçambas basculantes.....	12@~
Figura 3 - Esquema de um pluviógrafo de peso.....	13@~
Figura 4 - Esquema de um pluviógrafo flutuador.....	13@~
Figura 5 - Pluviograma.....	13@~
Figura 6 - Ietograma.....	14@~
Figura 7 - Fenômeno de difusão num material semiconductor p-n.....	15@~
Figura 8 - Estratégia de concepção.....	18@~
Figura 9 - Simbologia de funcionamento do fototransistor.....	18@~
Figura 10 - Encapsulamento de optoacopladores (a) com foto-diodo; (b) com fototransistor.....	19@~
Figura 11 - Diagrama de um contador genérico.....	20@~
Figura 12 - Cabo macho do cabo paralelo.....	22@~
Figura 13 - Conector DB25 fêmea.....	22@~
Figura 14 - Pluviógrafo de caçambas basculantes.....	27@~
Figura 15 - Caçambas basculantes.....	29@~
Figura 16 - Vista inferior da base do sistema basculante.....	30@~
Figura 17 - Nível de bolha.....	31@~
Figura 18 - Seqüência de operações realizadas para a construção do pluviógrafo.....	32@~
Figura 19 - Detalhe do anel coletor.....	34@~
Figura 20 - Detalhe do conjunto da superfície coletora.....	34@~
Figura 21 - Sistema basculante.....	36@~
Figura 22 - Detalhe dos parafusos de ajuste.....	37@~
Figura 23 - Sensor de passagem.....	38@~
Figura 24 - Esquema sinótico do pluviógrafo.....	39@~
Figura 25 - Circuito de geração de pulsos.....	40@~
Figura 26 - Módulo de contagem.....	42@~
Figura 27 - Circuito de aquisição de pulsos porta paralela.....	42@~
Figura 28 - Buffer de acoplamento com o microcomputador.....	43@~

Figura 29 - Detalhe do braço mecânico preso ao eixo.....	44@~
Figura 30 - Detalhe da haste solidária ao eixo (acionadora do sensor).....	44@~
Figura 31 - Mecanismo de báscula do pluviógrafo, em detalhe desmontado.	46@~
Figura 32 - Tela do programa monitor.....	47@~
Figura 33 - Tela do software com início de uma operação de descarte de 60 mm (laboratório).....	50@~
Figura 34 - Tela do software com o final de uma operação de descarte de 60 mm (laboratório).....	51@~
Figura 35 - Disposição dos equipamentos em campo.....	52@~
Figura 36 - Gráfico da precipitação registrada pelo protótipo.....	55@~
Figura 37 - Gráfico da precipitação registrada pelo pluviógrafo de sifão (R. Fuess).....	55@~
Figura 38 - Gráfico da precipitação em 09/03/2006.....	56@~
Figura 39 - Gráfico da precipitação registrada pelo protótipo.....	58@~
Figura 40 - Gráfico da precipitação registrada pelo pluviógrafo de sifão (R. Fuess), parte 1.....	59@~
Figura 41 - Gráfico da precipitação registrada pelo pluviógrafo de sifão (R. Fuess), parte 2.....	59@~
Figura 42 - Gráfico da precipitação em 18/03/2006.....	60@~
Figura 43 - Gráfico da precipitação em 19/03/2006.....	60@~
Figura 44 - Gráfico da precipitação registrada pelo protótipo em 20/03/2006.	62@~
Figura 45 - Gráfico da precipitação registrada pelo protótipo em 21/03/2006.	62@~
Figura 46 - Gráfico da precipitação registrada no pluviógrafo de sifão (R. Fuess) entre 20 e 21/03/2006.....	63@~
Figura 47 - Relatório em forma de gráfico da precipitação em 20/03/2006.	63@~
Figura 48 - Gráfico da precipitação registrada pelo protótipo em 21/03/2006.	65@~
Figura 49 - Gráfico da precipitação registrada pelo protótipo em 22/03/2006.	65@~
Figura 50 - Gráfico da precipitação registrada pelo pluviógrafo de sifão (R. Fuess), parte 1.....	66@~

Figura 51 - Gráfico da precipitação registrada pelo pluviógrafo de sifão (R. Fuess), parte 2.....	66@~
Figura 52 - Relatório em forma de gráfico da precipitação em 21/03/2006.	67@~
Figura 53 - Gráfico da precipitação registrada pelo protótipo em 23/03/2006.	68@~
Figura 54 - Gráfico da precipitação registrada pelo pluviógrafo de sifão (R. Fuess) entre 22 e 23/03/2006, parte 1.....	68@~
Figura 55 - Gráfico da precipitação registrada pelo pluviógrafo de sifão (R. Fuess) entre 22 e 23/03/2006, parte 2.....	68@~
Figura 56 - Gráfico da precipitação em 22/03/2006.....	68@~
Figura 57 - Gráfico da precipitação registrada pelo pluviógrafo de sifão (R. Fuess) entre 23 e 24/03/2006.....	70@~
Figura 58 - Relatório em forma de gráfico da precipitação em 23/03/2006.	71@~
Figura 59 - Gráfico da precipitação registrada pelo pluviógrafo de sifão entre 24 e 25/03/2006, parte 1.....	73@~
Figura 60 - Gráfico da precipitação registrada pelo pluviógrafo de sifão (R. Fuess) entre 24 e 25/03/2006, parte 2.....	73@~
Figura 61 - Relatório em forma de gráfico da precipitação em 24/03/2006.	74@~
Figura 62 - Gráfico da precipitação registrada pelo pluviógrafo de sifão entre 25 e 26/03/2006.....	75@~
Figura 63 - Relatório em forma de gráfico da precipitação em 25/03/2006.	76@~
Figura 64 - Gráfico resumo das precipitações ocorridas entre 01/03/2006 e 14/04/2006.....	78@~

RESUMO

Este trabalho estabeleceu como objetivo desenvolver um pluviógrafo com sensor ótico. O modelo escolhido para desenvolver foi o de caçambas (báscula), por ser bastante versátil para o processo de automatização. O material utilizado para construção da báscula foi chapa galvanizada. A báscula para medição da precipitação tem uma sensibilidade de 0,3 mm, isto é, a cada 0,3 mm de chuva acontece um descarte da água coletada e sensores óticos, formados por conjuntos emissor-receptor, emitem pulsos, contabilizados por um contador eletrônico e um microcomputador pessoal (PC). Para a construção da superfície receptora utilizou-se um anel de captação com área de 200 cm², sendo uma das partes mais importantes do instrumento. Essa área de captação é uma das mais difundidas entre os pluviógrafos utilizados no Brasil. Os componentes do sistema basculante foram estruturados com peças totalmente desmontáveis, parafusadas e sem utilização de solda para não haver deformações e facilitar o ajuste durante a construção e testes. O contador eletrônico totaliza a quantidade precipitada pelo número de operações do sistema basculante, mostrado em um *display*. O computador, por meio de sua porta paralela, utiliza uma rotina de programa e registra no tempo a quantidade de chuva precipitada, com o auxílio de um circuito transdutor. O *software* foi desenvolvido em linguagem *Visual Basic* e denominado Monitor. Na tela do Monitor são mostrados uma tabela com o registro das últimas 12 operações realizadas pelo sistema basculante e, ao seu lado, um gráfico de barras com três indicações: a precipitação ocorrida no último minuto, na última hora e nas últimas 24 horas (dia). Para validar o funcionamento do instrumento foram utilizados, para medidas comparativas, outros dois instrumentos: como referência (padrão) um pluviômetro convencional tipo ville de Paris, além de um pluviógrafo de sifão (R. Fuess). Foram realizadas leituras a cada dia sempre às 9 horas. Com essas referências obteve-se um desempenho considerado bom, apresentando o registro do fenômeno da precipitação com boa regularidade, ficando dentro das expectativas deste trabalho de pesquisa. O erro relativamente ao padrão da quantidade de precipitação, durante as medições efetuadas, ficou compreendido entre o intervalo de 0 mm e 1,9 mm. O erro relativamente ao pluviógrafo de sifão (R. Fuess) ficou compreendido entre o intervalo de 0 mm e 2,1 mm. A precipitação menos intensa registrada nesse período(03/03/2006 – 14/04/2006) foi de 0,3 mm e a mais intensa foi de 57 mm.

Palavras chave: pluviógrafo, sensor ótico, precipitação, caçambas basculantes.

ABSTRACT

This paper objective was to develop a pluviograph with an optical sensor. The chosen modal to be developed was the bascule type for being versatile for the automatization process. To build the bascule, galvanized material was used. The bascule, for precipitation measurement, has a sensibility of 0.3mm of liquid, that is, for every 0.3mm of rain precipitation there is collected water rejection and optical sensors, made of emission-receptor sets, send out pulses that are registered by an electronic counter and by a Personal Computer (PC). To build the receptor surface a 200 cm²-collecting ring was used and it is one of the most important parts of the instrument. This 200 cm²-receptor area is one of the most employed among pluviographs used in the country. The bascule system components were structured with bolted, removable parts without the use of soldering so it wouldn't cause deformity and to facilitate adjustments during building and testing. The electronic counter totals precipitation amount through the number of operations of the bascule system that are shown in a display. Through its parallel port, the computer uses a routine program and registers the amount of rain precipitation with the help of a transductional circuit. The computer software was developed in Visual Basic platform and named *Monitor*. On the computer screen, a table with the record of the 12 last operations performed by the bascule system is shown, and next to it, a three-indicator bar chart shows precipitation that occurred in the last minute, the last hour and in the last 24 hours (day). To validate the workability of the instrument, for comparative measurements, other two instruments were used: a Ville-de-Paris Conventional Pluviometer and a R. Fuess Siphon Pluviograph with readings taken at 9 AM. With these references, a considerable good performance was obtained, showing the record of the precipitation phenomenon with good regularity, which falls within this research expectation. Error relative to precipitation quantity pattern during measurements fell between 0mm and 1.9mm intervals. Error relative to the R. Fuess Siphon Pluviograph fell between 0mm and 2.1mm intervals. The least intense precipitation registered during this period(03/03/2006 – 04/14/2006) was 0.3mm, whereas the most intensive was 57mm.

Keywords: pluviograph, optical sensor, precipitation, bascule.

1 INTRODUÇÃO

As informações climatológicas são muito importantes na caracterização morfodinâmica das regiões utilizadas na atividade agrícola. Assim, as informações relativas à pluviosidade anual e à duração do período chuvoso, as quais definem a intensidade pluviométrica, permitem a quantificação empírica do grau de risco a que está submetida uma área de solo ocupada. Situações de intensidade pluviométrica elevada, isto é, alta pluviosidade anual e curta duração do período chuvoso, podem ser traduzidas como situações em que a quantidade de água disponível para o escoamento é muito grande e, portanto há capacidade de erosão significativa.

Como fator motivador para que sejam desenvolvidas pesquisas na área de meteorologia considerou-se também a informação de que milhões de dólares ainda são destinados anualmente para a meteorologia. Os Estados Unidos da América é um país que possui grandes adversidades climáticas e fenômenos meteorológicos que afetam significativamente a vida das pessoas. Todos os anos, o país é atingido por furacões, tempestades tropicais, nevascas, tornados violentos, maremotos, secas, enchentes, etc. Assim todo o investimento nessa área é amplamente justificável e seus benefícios retornam diretamente à sociedade. No Brasil, também são destinados muitos recursos à meteorologia, tanto em equipamentos quanto na formação de recursos humanos. Comparando-o com os demais países do mesmo nível de desenvolvimento sócio-econômico, pode-se dizer que o Brasil tem conquistado uma posição de destaque, no que se refere à detenção de conhecimentos da meteorologia, tanto como ciência quanto como tecnologia (REPELLI, 2005). De acordo com esse autor, existe uma grande carência no sistema de coleta e disseminação dos dados meteorológicos básicos, como estações medidoras e radares, por exemplo, bem como a disponibilização das informações de forma ampla e irrestrita, além de necessitar de uma melhor integração entre os vários centros meteorológicos regionais, estaduais e federais.

Considerando-se o contexto acima, foi estabelecido como objetivo deste trabalho construir um equipamento, de baixo custo e conectado a um microcomputador, capaz de medir a precipitação pluviométrica como condição para subsidiar o desenvolvimento sustentável, assim como oportunizar à sociedade, principalmente aos agricultores e pesquisadores dados para a aplicação de técnicas agrometeorológicas modernas, que forneçam informações tais como: melhores épocas de plantio, culturas mais apropriadas, períodos de irrigação, etc.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Uma das prioridades para o desenvolvimento da agricultura e da pecuária, além do espaço físico, é o suprimento de água, o que leva tais atividades a se desenvolverem próximas a rios e lagos. Atividades de forrageamento intensivo ou semi-extensivo, bem como o manejo agrícola com o uso de produtos que visam ao aumento de produção, gradualmente, desgastam o solo exposto a escoamentos superficiais de água da chuva ou até de erosões profundas (CARVALHO; SCHLITTLER; TORNISIELO, 2000).

Pode-se, assim, prever que para um planejamento adequado e que não degrade o ambiente, é necessário que se conheçam, em um determinado local, os fatores que influenciam, por exemplo, na erosão do solo. Por essas razões, torna-se imperativo o estudo das características da chuva e do solo, de tal maneira que esses conhecimentos possam subsidiar a implementação de estratégias de manejo que visem à manutenção dos recursos naturais solo e água, como bens coletivos não degradados, como afirmam ALVARENGA et al. (2003).

De acordo com PEREIRA (2002), a agricultura pode ser considerada como a ciência ou a arte de cultivar o solo, desenvolvendo culturas de interesse para o bem estar humano. Visa à máxima rentabilidade econômica da cultura, entretanto depende dos fatores de produção, como solo, clima, planta, insumos e equipamentos.

Evidencia-se assim, a importância do conhecimento do regime hidrológico para o desenvolvimento de duas atividades econômicas fundamentais e indispensáveis para a produção de alimentos: agricultura e pecuária.

SOUSA PINTO et al. (2003) afirmam que a hidrologia é a ciência que trata do estudo da água na natureza. É a parte da geografia física que abrange, em especial, propriedades, fenômenos e distribuição da água na atmosfera, na superfície da terra e no subsolo.

Sua importância é facilmente compreensível quando se considera a importância da água na vida humana. Ainda que os fenômenos hidrológicos mais comuns, como as chuvas e o escoamento dos rios, possam parecer suficientemente conhecidos, devido à regularidade com que se verificam, basta lembrar os efeitos catastróficos das grandes cheias ou das estiagens prolongadas para constatar que o domínio do homem sobre as leis naturais que regem aqueles fenômenos é insuficiente e que é necessário aprofundar o seu conhecimento.

2.1 CICLO HIDROLÓGICO

TUCCI (1997) considera que o ciclo hidrológico é um fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera. A água do ciclo hidrológico se movimenta em dois sentidos: superfície-atmosfera, em decorrência da evaporação e transpiração e atmosfera-superfície, em decorrência da precipitação. Quase toda a água subterrânea tem origem no ciclo hidrológico, isto é, no sistema pelo qual a natureza faz a água circular.

Praticamente todo abastecimento de água doce do mundo é resultante da precipitação e da evaporação das águas dos mares, lagos e rios. O processo de transferência dessa água para os continentes e sua volta aos mares e mananciais de água doce é conhecido por ciclo hidrológico. Cerca de dois terços da precipitação que atinge a superfície do solo são devolvidos à atmosfera por evaporação e pela transpiração vegetal.

2.1.1 Dados Hidrológicos – Métodos de Estudo

O estudo da hidrologia compreende a coleta de dados básicos como, por exemplo, a quantidade de água precipitada ou evaporada e a vazão dos rios, a análise desses dados para o estabelecimento de suas relações mútuas e o entendimento da influência de cada possível fator e, finalmente, a aplicação dos conhecimentos alcançados para a solução de inúmeros problemas práticos. A hidrologia, portanto, constitui-se em uma ferramenta imprescindível ao engenheiro, em todos os projetos relacionados com a utilização dos recursos hidráulicos.

A hidrologia baseia-se essencialmente, em elementos observados e medidos no campo. O estabelecimento de postos pluviométricos ou fluviométricos e sua manutenção ininterrupta ao longo do tempo são condições absolutamente necessárias ao estudo hidrológico (SOUSA PINTO et al., 2003).

2.1.2 Precipitação

Entende-se por precipitação atmosférica o conjunto de águas originadas do vapor de água atmosférico que cai, em estado líquido ou sólido, sobre a superfície da terra. O conceito engloba, portanto, não somente a chuva, mas também a neve, o granizo, o nevoeiro, o sereno e a geada, (GARCEZ; ALVAREZ, 1999).

A precipitação é uma das variáveis meteorológicas mais importantes para os estudos climáticos das diversas regiões do Brasil. Tal importância deve-se às conseqüências do que elas podem ocasionar, quando em excesso (precipitação intensa), para os setores produtivos da sociedade, tanto do ponto de vista econômico quanto social (agricultura, transporte, hidrologia, etc.), causando enchentes, assoreamento dos rios, quedas de barreiras, etc (CALBETE et al., 2003).

Este trabalho trata principalmente, da precipitação em forma de chuva por ser mais facilmente medida, por ser bastante incomum a ocorrência de neve na região de estudo e porque as outras formas pouco contribuem para a vazão dos rios.

Segundo SOUSA PINTO et al. (2003), a água que escoar nos rios ou que está armazenada na superfície terrestre pode ser sempre considerada como um resíduo das precipitações.

Para que ocorra uma precipitação é necessário que as gotas cresçam a partir de núcleos, que podem ser: gelo, poeira ou outras partículas, até atingirem o peso suficiente para vencerem as forças de sustentação e caírem (SOUSA PINTO et al., 2003).

2.2 MEDIDAS DE PRECIPITAÇÃO

Os objetivos da medição da precipitação podem variar. Pode-se estar interessado apenas na obtenção de dados pluviométricos para um dado local, e a medição realizada com apenas um posto pluviométrico pode ser suficiente em tais situações.

Por outro lado, em certas situações é interessante ou necessário conhecer-se a distribuição espacial da chuva ao longo de uma dada área, como uma microbacia, por exemplo. Nesse caso, torna-se necessário, evidentemente, ampliar os pontos de medição para a obtenção de dados a partir de vários pluviômetros.

O interesse na obtenção de dados da precipitação pode, ainda, estar relacionado com a determinação de características de distribuição temporal de cada chuva, ou seja, de sua intensidade.

Em qualquer situação, é necessário instalar os dispositivos medidores de tal forma que os valores por ele registrados sejam a medida real da precipitação no local, não sendo afetados pelas características físicas do meio.

Assim, não se deve instalar o instrumento de medição embaixo ou ao lado de uma árvore ou próximo a um edifício. Obedecendo a um padrão, o instrumento deve ficar situado a uma distância pelo menos igual a duas vezes a altura do objeto (árvore, edifício,...).

Não é recomendável, também, instalar o instrumento em local completamente aberto, pois correntes fortes de vento podem alterar sensivelmente a precisão da medida.

A chuva, assim como outras medidas de precipitação, é medida em termos de altura de água que se acumularia numa superfície plana e impermeável (mm de altura de água).

O processo de medição, propriamente dito, consiste em expor um recipiente com abertura cilíndrica padrão, no qual a altura (mm) de chuva é calculada em função da área da abertura cilíndrica.

A medição, dessa forma, é um processo relativamente simples, mas os erros a ela associados são também, fáceis de aparecer, podendo atingir o índice de 10%. Geralmente, as principais dificuldades resultam de:

- a) a presença do instrumento pode interferir com a corrente de vento, alterando a queda natural das gotas;
- b) obstruções físicas, tais como: árvores, edifícios, muros, etc., podem alterar a medição;
- c) parte da precipitação captada no instrumento pode ser perdida pela evaporação;
- d) parte da precipitação pode ser perdida por aderência às paredes do recipiente;
- e) deformações na abertura cilíndrica podem conduzir a erros no cálculo da altura de chuva;
- f) a medição do volume de água coletada pode dar origem a erros;
- g) em algumas situações, respingos de dentro para fora ou de fora para dentro do recipiente podem, também, contribuir para alterar a medição da quantidade real de chuva.

A velocidade do vento é um dos principais fatores de erro na medição de chuva. Ela pode ser responsável por até cerca de 80% do erro total. Uma ilustração típica da participação desses fatores no erro envolvido na medição da chuva pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1 - Estimativa do erro na medição da chuva

FONTES	ERRO TOTAL (%)
Evaporação	- 1,0
Aderência	- 0,5
Inclinação do pluviômetro	- 0,5
Respingos	+ 1,0
Outros	- 0,5
Vento	- 5,0 a - 80,0

Fonte: CHANG (1982).

Segundo Lee (1972)¹, citado por CHANG (1982), o efeito do vento na captação da chuva pelo pluviômetro sem a adequada proteção pode ser estimado a partir da determinação do ângulo de inclinação da trajetória de queda das gotas (i), a qual é dada por:

$$i = \text{Tan}^{-1} \left(\frac{W}{V_t} \right) \quad (1)$$

Em que:

W - velocidade do vento;

V_t - velocidade terminal de queda das gotas.

A deficiência na captação (D%), ou na medição da chuva, é dada por:

$$D\% = 100(1 - \cos i) \quad (2)$$

A precipitação real (P_r), após a remoção do efeito devido ao vento, pode ser obtida a partir do valor medido no pluviômetro (P_o) e da estimativa do ângulo de inclinação das gotas (i), de acordo com a seguinte equação:

$$P_r = \frac{P_o}{\cos i} \quad (3)$$

¹ LEE, R. **Forest hydrology**. New York: Columbia University Press. 1980. 349 p.

De modo geral, grande parte das fontes de erro associadas à medição da chuva pode ser evitada, estabelecendo-se certas precauções:

- desde que a velocidade do vento aumenta com a altura acima do solo, é recomendado que o aparelho seja instalado tão baixo quanto possível, mas numa altura tal que possam ser evitados outros danos, tais como respingos de fora para dentro da abertura cilíndrica, presença de animais, etc.;
- a superfície receptora do instrumento, constituída pela aresta viva e o funil, é a parte delicada do instrumento. O funil atua, também, na diminuição da perda por evaporação da água armazenada no recipiente;
- em áreas florestadas o instrumento deve ser instalado em clareiras de tamanho tal que um observador possa fazer uma visada radial de 45° a partir do equipamento. Em áreas com declive acentuado esta clareira pode se tornar muito grande e, portanto, impraticável. Alguns especialistas da área sugerem instalar o aparelho em torres acima das copas das árvores, mas nessa situação o efeito da turbulência poderia aumentar ainda mais;
- para a redução do efeito do vento, pode-se adaptar um dispositivo protetor contra o vento ao redor da abertura cilíndrica do aparelho;
- em terreno plano, a captação das gotas de chuva pelo pluviômetro independe da inclinação da trajetória de queda das gotas. Em regiões de topografia acentuada, todavia, a instalação do instrumento na posição vertical (abertura cilíndrica no plano horizontal vai afetar a captação, tanto em função da declividade do terreno, quanto em função do ângulo de inclinação da chuva). A fim de evitar tal erro, pode-se adaptar um dispositivo sobre a abertura do pluviômetro, o qual é dotado de uma inclinação capaz de torná-la paralela à declividade do terreno.

Os instrumentos de medição, não registradores, são em geral, verificados diariamente. A precipitação ocorrida no período é expressa em termos de altura de chuva (mm).

O processamento dos dados obtidos no instrumento envolve, usualmente, o seguinte:

- A quantidade de chuva (h) é expressa pela altura de água precipitada e acumulada sobre uma superfície plana e impermeável. Ela é avaliada por meio de medidas executadas em pontos previamente escolhidos, utilizando-se instrumentos chamados pluviômetros ou pluviógrafos, conforme sejam simples receptáculos de água precipitada ou registrem essas alturas no decorrer do tempo. Tanto um como outro colhem uma pequena amostra, pois têm uma superfície horizontal de exposição de 500 cm² e 200 cm², respectivamente, colocados a 1,50 m do solo.
- As leituras feitas pelo observador do pluviômetro normalmente, em intervalos de 24 horas, em provetas graduadas, são anotadas em formulários próprios que são enviados, caso faça parte de uma rede, à agência responsável pela rede pluviométrica, todo o fim de mês. Elas se referem quase sempre ao total precipitado das 7 horas do dia anterior às 7 horas do dia em que foi feita a leitura.

Os pluviômetros não indicam, portanto, a intensidade das chuvas ocorridas, mas tão somente a altura pluviométrica diária (ou a intensidade média em 12h) (GARCEZ; ALVAREZ, 1999).

Os dados obtidos e colocados em forma de gráficos fornecem o total de precipitação acumulado no decorrer do tempo e apresentam grandes vantagens sobre os medidores sem registro, sendo indispensáveis para o estudo de chuvas de curta duração.

SOUSA PINTO et al. (2003) informam que, pelo fato da pluviometria ser relativamente simples e de pouco custo, é realizada há bastante tempo no Brasil. No estado do Paraná, as primeiras observações pluviométricas datam de 1884, quando foi instalada na cidade de Curitiba uma estação meteorológica no Serviço de Meteorologia do Ministério da Agricultura (SMMA).

Essas medições são realizadas em distintos pontos geográficos em uma determinada área (por exemplo, uma bacia hidrográfica). Os pontos representam a medição pontual das precipitações e permitem a estimação das precipitações médias para uma zona geográfica.

2.2.1 Variação nas Medições

As quantidades observadas num instrumento, no decorrer de uma chuva, mostram que os acréscimos não são constantes ao longo do tempo. Além disso, observa-se que os acréscimos simultâneos, em dois ou mais instrumentos medidores colocados mesmo a uma pequena distância, são diferentes. Essa variação ocorre no espaço e ocorre também para altura total da precipitação observada durante todo fenômeno pluvial ou durante tempos maiores como um mês ou um ano.

O total precipitado num determinado ano varia de um lugar para outro e, quando se considera um mesmo local, a precipitação total de um ano é quase sempre diferente da precipitação de outro ano.

2.3 INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO

2.3.1 Pluviômetro

A quantificação das precipitações em um ponto qualquer pode ser realizada mediante o uso de um instrumento chamado pluviômetro. O pluviômetro é um recipiente cilíndrico graduado, no qual se mede a lâmina de água recolhida. A unidade de medida é o milímetro (mm).

O pluviômetro é formado por um cilindro receptor de água com medidas padronizadas, com um receptor adaptado ao topo. A base do receptor é formada por um funil com uma tela, obturando sua abertura menor. No final do período considerado, a água coletada no corpo do pluviômetro é despejada,

por meio de uma torneira, para uma proveta graduada, na qual se faz a leitura. Essa leitura representa, em mm, a chuva ocorrida nas últimas 24 horas.

O Pluviômetro, mais comum, é um funil colocado sobre um recipiente cilíndrico com marcação milimétrica. A precipitação que cai pela abertura do funil é recolhida num recipiente colocado dentro do cilindro exterior. A capacidade do recipiente é medida em intervalos regulares.

A Figura 1 mostra o esquema de um pluviômetro convencional com alguns detalhes de instalação dentro de uma estação meteorológica tradicional.

Figura 1 - Esquema de instalação de um pluviômetro.

2.3.2 Pluviógrafos

Os pluviógrafos mais utilizados no Brasil possuem uma superfície receptora padrão de 200 cm². Dos vários tipos de pluviógrafos existentes, três têm sido mais utilizados: o pluviógrafo de caçambas basculantes, pluviógrafo de peso e o pluviógrafo de flutuador.

Os registros efetuados pelos pluviógrafos são indispensáveis para o estudo das chuvas de curta duração, necessários, por exemplo, para os projetos de galerias pluviais.

2.3.2.1 O pluviógrafo de caçambas basculantes

O pluviógrafo de caçambas basculantes (Figura 2) é formado por uma caçamba dividida em dois compartimentos, arranjados de tal modo que, quando um deles se enche, a caçamba báscula esvazia e deixa o outro em posição de enchimento.

Figura 2 - Esquema de um pluviógrafo de caçambas basculantes.

2.3.2.2 Pluviógrafo de peso

No pluviógrafo de peso o receptor repousa sobre uma escala de pesagem que aciona a pena e ela traça um gráfico de precipitação sob a forma de um diagrama.

Figura 3 - Esquema de um pluviógrafo de peso.

2.3.2.3 Pluviógrafo de flutuador

O pluviógrafo de flutuador é muito semelhante ao de peso. Nele a pena é acionada por um flutuador situado na superfície da água contida no receptor.

Figura 4 - Esquema de um pluviógrafo flutuador.

2.4 GRÁFICOS PRODUZIDOS PELA COMPILAÇÃO DOS DADOS COLETADOS

2.4.1 Os pluviogramas

Os pluviogramas são gráficos (Figura 5) nos quais a abscissa corresponde às horas do dia e a ordenada corresponde à altura de precipitação acumulada até aquele instante.

Figura 5 - Pluviograma.

2.4.2 Os ietogramas

Os ietogramas (Figura 6) são gráficos de barras, nos quais a abscissa representa a escala de tempo e a ordenada à altura da precipitação. A leitura de um ietograma é feita da seguinte forma: a altura de precipitação corresponde a cada barra é a precipitação total que ocorreu durante aquele intervalo de tempo.

Figura 6 - Ietograma.

2.5 SENSORES

Os sensores são dispositivos que mudam seu comportamento sob a ação de uma grandeza física, podendo fornecer direta ou indiretamente um sinal que indica essa grandeza. Quando operam diretamente convertendo uma forma de energia neutra, são chamados transdutores. Os sensores de operação indireta alteram suas propriedades, como a resistência, a capacitância ou a indutância, sob a ação de uma grandeza, de forma mais ou menos proporcional. Dito de outra maneira, os sensores são dispositivos capazes de transformar variações de uma determinada grandeza física em um sinal elétrico ou vice-versa. Por esse motivo, são utilizados os sensores em atividades de aquisição de dados, pois os sinais elétricos podem ser capturados e enviados para o processador de um microcomputador.

2.5.1 Sensores Fotovoltaicos

Num material semicondutor do tipo “p” os portadores majoritários são as lacunas, no sentido em que existem mais lacunas disponíveis para a condução do que elétrons. Já para o material semicondutor do tipo “n” verifica-se o contrário, isto é, existem mais elétrons livres do que lacunas para a condução. No momento em que esses dois tipos de semicondutores são unidos, devido à agitação térmica, ocorre na região de junção (Figura 7) um fenômeno de recombinação dos elétrons em excesso do material “p”.

Figura 7 - Fenômeno de difusão num material semicondutor p-n.

Com a evolução da tecnologia, ocorreu a associação da óptica com a eletrônica e tornou-se comum o uso dos chamados componentes

optoeletrônicos entre os quais, os mais conhecidos são os diodos emissores de luz (LED's), fotodiodos, optoacopladores e os fotointerruptores.

2.5.2 Diodos Emissores de Luz (LED's)

Segundo MALVINO (1987), num diodo de junção comum com polarização direta, há uma combinação de portadores na junção (elétrons – lacunas). À medida que esses elétrons caem de um nível mais alto de energia para um nível mais baixo, eles irradiam energia. Uma parte dessa energia é emitida em forma de calor e outra na forma de fótons.

Os diodos emissores de luz (LED's) têm sido utilizados para indicação, em substituição às lâmpadas piloto convencionais, devido ao baixo consumo de energia (baixa tensão e baixa corrente), vida longa e rápida comutação *on-off* (liga-desliga).

Enquanto os diodos comuns são fabricados a partir do silício e do germânio, os LED's são construídos a partir de elementos como o fosfato de arsenieto de gálio (GaAsP) ou o fosfato de gálio (GaP) e o número de fótons de luz emitida é suficiente para constituir uma fonte de luz bastante visível.

Como o LED é um dispositivo de junção PN ela terá uma característica de polarização direta. Os LED's operam com uma tensão típica que varia entre 1,7 e 3,3 V para correntes entre 10 e 50 mA e as potências típicas situadas entre 10 e 150 mW, emitindo luz nas cores verde, amarela, laranja, vermelha, branca e, recentemente, também na cor azul.

2.5.3 O Fotodiodo

O fotodiodo caracteriza-se por ser um elemento sensível à luz, isto é, quando a luz incide em sua junção, ocorre uma produção de elétrons e lacunas.

Quanto maior for a intensidade luminosa que incide na junção, maior será o número de portadores minoritários e maior será a corrente reversa.

Pode-se dizer, em resumo, que um fotodiodo é um dispositivo que converte a luz recebida em uma determinada quantidade elétrica (MARQUES, 1998).

De outro modo, poderíamos dizer que é um semicondutor em que a junção está exposta à luz. A energia luminosa desloca elétrons para a banda de condução, reduzindo a barreira de potencial pelo aumento do número de elétrons que podem circular, se aplicada polarização reversa.

Embora qualquer diodo seja sensível à radiação eletromagnética, os fotodiodos são dispositivos especialmente desenhados de forma a aproveitar ao máximo esse efeito. Assim, relativamente aos diodos normais, os fotodiodos possuem uma área de exposição da zona de junção mais elevada e um encapsulamento especialmente concebido para ser permissivo à luz. Por esse motivo o invólucro é normalmente transparente ou possui uma janela ou lente de plástico transparente adaptada.

A resposta espectral dos fotodiodos depende do tipo de material e do encapsulamento. No que se refere ao material utilizado, a maior parte dos sensores são fabricados a partir de silício, possuindo uma resposta espectral máxima para comprimentos de onda em torno de 800 η m. Contudo, quando se pretende melhor resposta a comprimentos de onda mais baixos, por exemplo, na zona do infravermelho, o material normalmente usado é o germânio.

A corrente nos fotodiodos é da ordem de dezenas de mA com alta luminosidade e resposta rápida. Há fotodiodos para todas as faixas de comprimento de onda, do infravermelho ao ultravioleta, de acordo com o material.

O fotodiodo é usado como sensor em controle remoto, em sistemas de fibra óptica, leitora de código de barras, *scanner* (digitalizador de imagens, para computador), canetas ópticas (que permitem escrever na tela do computador) toca-discos CD, fotômetros e como sensor indireto de posição e velocidade.

2.5.4 O Fototransistor

É um transistor cuja junção coletor-base fica exposta à luz e atua como um fotodiodo. O transistor amplifica a corrente e fornece alguns mA com alta luminosidade, isto é, funciona baseado no fenômeno da fotocondutividade, com a junção coletor-base exposta à luz, podendo, ao mesmo tempo, detectar a incidência de luz e amplificar o sinal.

Em termos de concepção, um fototransistor consiste, tal como o transistor bipolar, num conjunto organizado de três camadas semicondutoras (normalmente do tipo n-p-n) em que o fenômeno de condução é dependente da radiação eletromagnética que incide na junção base/coletor. Dessa forma, os pares elétrons/lacunas, gerados pelo efeito fotovoltaico, constituem uma pequena corrente injetada na base que, em última análise, é responsável por colocar o transistor na região ativa. Adicionalmente, o fototransistor pode ser visto como um fotodiodo em paralelo com a junção base-coletor de um transistor bipolar normal.

Na Figura 8 apresenta-se a estratégia de concepção da junção n-p-n.

Figura 8 - Estratégia de concepção.

A Figura 9 apresenta a simbologia do transistor.

Figura 9 - Simbologia de funcionamento do fototransistor.

Em termos de encapsulamento, esses dispositivos possuem dois ou três terminais (é possível encontrar fototransistores com a base acessível), estando a junção base-coletor exposta à luz através de uma pequena janela transparente implantada no invólucro.

A seguir, na Figura 10, apresentam-se os símbolos do encapsulamento.

Figura 10 - Encapsulamento de optoacopladores (a) com foto-diodo; (b) com fototransistor.

O fototransistor pode ser utilizado em regime de comutação ou em regime linear de comutação. O dispositivo é utilizado apenas para a detecção da existência (ou não) de fluxo luminoso restringindo-se a sua operação a dois pontos de funcionamento distintos, isto é, o transistor ou se encontra ao corte ou saturado. Dessa forma, o fototransistor pode assegurar o comando de, por exemplo, um relé ou uma porta lógica.

2.6 CIRCUITOS CONTADORES

Os circuitos contadores são subsistemas seqüenciais que fornecem em suas saídas um conjunto de níveis lógicos numa seqüência predeterminada, correspondente a modos de contagem pré-estabelecidos. A esse conjunto de níveis lógicos dá-se o nome de estados internos do contador.

O contador é formado basicamente por *flip-flops* e, portanto, a velocidade da seqüência gerada é determinada pela freqüência dos pulsos de *clock*.

O diagrama de um contador genérico é apresentado na Figura 11.

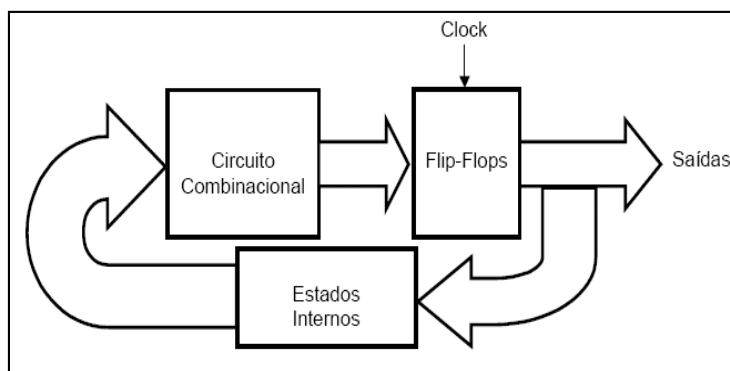


Figura 11 - Diagrama de um contador genérico.

Na forma do diagrama as saídas do contador fornecem os estados internos atuais e as saídas do circuito combinacional fornecem os níveis lógicos que determinam os estados internos futuros, atuando nas entradas dos *flip-flops*.

Neste trabalho pretende-se que cada pulso recebido quando um dos baldes descarregar a água da chuva recebida, seja registrado através de um circuito contador que armazenará as quantidades de vezes que o balde acionar o sensor de luz em um determinado tempo.

2.7 A PORTA PARALELA

Uma das grandes vantagens do uso do microcomputador é poder interagir com o meio externo. Seja enviando um comando (ou um dado), seja coletando dados. Frequentemente, o microcomputador é utilizado em pesquisas como uma ferramenta de aquisição de dados. Essa aquisição pode ser feita de várias maneiras, pois ele oferece uma grande quantidade de dispositivos para a entrada de informações. As interfaces específicas utilizadas para cada tipo de trabalho estão ligadas de maneira a coletar ou enviar dados de equipamentos com grande velocidade e precisão.

Na eletrônica, a porta paralela pode servir para controlar qualquer tipo de processo. Por exemplo, fazer a interface entre o PC (*Personal Computer*), e um sensor. O sensor, ao ser acionado, mandaria tal informação para a porta paralela.

Segundo VILELA (2002), a interface denominada como “porta paralela” dos computadores tipo PC, é uma porta de comunicação de dados de 8 *bits* (um *byte*) utilizada para enviar sinais (dados) para periféricos como impressoras e *scanners*. O envio de sinais (dados) para as portas paralelas

ocorre por meio de comandos em linguagens como *Assembly*, *Delphi* ou em C/C++. As características dos sinais de corrente (cerca de 20 mA), da tensão de saída de alto nível (cerca de 5,0 VDC) e da tensão de saída de baixo nível (0,5 VDC) da pinagem da porta paralela indicam que sua saída é compatível com a lógica TTL (*Transistor-Transistor Lógica*), o que torna possível a sua utilização para controlar circuitos de *hardwares* diversos.

2.7.1 Endereço da Porta Paralela

O microcomputador nomeia as portas paralelas chamando-as de LPT1, LPT2, ..., LPTn, mas a porta física padrão do microcomputador é a LPT1, e seus endereços são: 378h (para enviar um byte de dados pela porta), 378 + 1h (para receber um valor através da porta) e 378 + 2h (para enviar dados).

2.7.2 O Conector DB25

A conexão de qualquer equipamento à porta paralela é feita por meio do conector DB25. Esse conector é universal e contém 25 pinos. É por meio dele que se estabelece a comunicação da porta paralela com interfaces conectadas a ela.

O conector DB25 é um conector que fica na parte de trás do gabinete do microcomputador e, por meio dele, é conectado o cabo paralelo para o envio e o recebimento de dados.

2.7.2.1 Pinagem do Conector DB25

No conector DB25, cada pino recebe um nome, que está relacionado ao registrador que o controla.

- Os pinos de 2 a 9, denominados da esquerda para a direita, de D0, D1, D2, D3, D4, D5, D6 e D7 são controlados pelo Registrador de dados (saída de dados) e a letra D indica isso. O número que vem após a letra corresponde à posição do pino dentro do *Byte*.
- Os pinos 10, 11, 12 13 e 15, denominados S6 – *Ack*, S7 – *Busy*, S5 – *Paper End*, S4 – *Select Out*, S3 – *Error*, são controlados pelo Registrador de *status* (entrada de dados) e a letra S indica isso. O número que vem após a letra corresponde à posição do pino dentro do *Byte*.
- Os pinos 1, 14, 16 e 17, denominados CO – *Strob*, C1 – *Auto Feed*, C2 – *Init* e C3 – *Select in*, são controlados pelo Registrador de controle da porta paralela (controle da impressora, pode ser usado com outras 4 saídas) e a letra C indica isso. O número que vem após a letra corresponde à posição do pino dentro do *Byte*.
- Os pinos 18 a 25, são terra (*Ground*).

No DB25, um pino está em nível lógico “0” quando a sua tensão elétrica está entre 0 e 0,4 Volts. Um pino se encontra em nível lógico “1” quando a sua tensão elétrica está no intervalo entre 3,1 e 5 Volts.

As Figuras 12 e 13 apresentam: a disposição do cabo macho do cabo paralelo e o conector DB25 que fica atrás do PC.

Figura 12 - Cabo macho do cabo paralelo.

Figura 13 - Conector DB25 fêmea.

Para se obter os dados de um circuito, basta fazer a conexão adequada dos fios ao *plugue* de entrada seguindo a pinagem padrão da porta, ou seja:

- 8 pinos de entrada acessados pela entrada da porta (pinos D0 a D7);
- 5 pinos de saída acessados pelo controle da porta (pinos 10, 11, 12,

13 e 15);

- 4 pinos de saída acessados pelo controle da porta (pinos 1, 14, 16 e 17);
- 8 pinos que devem ser aterrados (pinos 18 a 25).

2.7.2.2 Os Registradores da Porta Paralela

A porta paralela possui três registradores:

- Registrador de dados (*Data lines*) – usado para enviar dados por meio da porta paralela.
- Registrador de entrada (*Status lines*) – por meio desse registrador pode-se receber dados do mundo externo.
- Registrador de controle (*Control lines*) – a princípio, tem a função de controlar a impressora, mas pode ser usado para enviar dados para o mundo externo.

Cada registrador tem um endereço único, que não interfere nos demais. São eles:

- Registrador de dados: 888 ou 378h (em hexadecimal).
- Registrador de status: 889 ou 379h (em hexadecimal).
- Registrador de controle: 890 ou 37Ah (em hexadecimal).

2.7.2.3 Controlando a porta paralela

Para controlar a porta paralela é necessário conhecer o endereço base da porta e a interface para porta paralela. O microcomputador nomeia a porta paralela como LPT1. Existem computadores que possuem mais de uma porta paralela, então ele as nomeia como LPT1, LPT2, LPT3...

A porta LPT1 tem os seguintes endereços para registradores:

- Registrador de dados: H378.
- Registrador de status: H379.
- Registrador de controle: H37A.

Na porta LPT2, os endereços são:

- Registrador de dados: H278.
- Registrador de status: H279.
- Registrador de controle: H27A.

Para o controle da porta paralela, é preciso saber qual o endereço que se quer acessar, como acessar e qual o pino se deseja ativar ou desativar.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O presente trabalho de pesquisa foi projetado na Estação Experimental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, *Campus* de Cascavel, e, sua para sua elaboração física, foram utilizadas as oficinas e os laboratórios da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, *Campus* de Medianeira.

3.2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O sistema é formado por um instrumento para medição da precipitação pluviométrica. As partes constituintes do sistema são:

Componentes mecânicos:

- base metálica - suporte para carcaça;
- carcaça de proteção externa;
- aro coletor;
- funil receptor;
- tela de proteção para a saída do funil receptor;

- cano condutor da chuva coletada;
- funil amortecedor;
- base de apoio para o funil amortecedor;
- balança (baldes inclinados);
- eixo do sistema basculante;
- braço mecânico solidário ao eixo;
- suporte (base) para o sistema;
- suportes laterais para o eixo do sistema basculante;
- suporte (bucha) para encaixe dos rolamentos;
- rolamentos;
- parafusos;
- drenos;
- nível de bolha.

Componentes Eletrônicos:

- módulo contador eletrônico de pulsos;
- sensores óticos;
- buffer de acoplamento/conexão com a porta paralela do PC;
- cabo de acoplamento (4 AWG x 4).

Componentes de informática:

- computador pessoal (PC) – Pentium II/450;
- *software* de monitoramento da precipitação (Monitor).

3.3 PLUVIÓGRAFO DE CAÇAMBAS BASCULANTES

O pluviógrafo de caçambas basculantes (Figura 14), implementado neste trabalho, é constituído por um aro coletor, com superfície conhecida e padronizada, um cilindro com um fundo afunilado, denominado funil receptor (ou coletor), que faz escoar a água, por ele captada, por um cano condutor até um segundo funil. O segundo funil (amortecedor) conduz a água até o mecanismo de caçambas basculante, formado por dois pequenos compartimentos, que alternadamente receberão a chuva coletada.



Figura 14 - Pluviógrafo de caçambas basculantes.

O pluviógrafo de caçambas basculantes foi construído de forma a conter as características de robustez, facilidade de manejo, baixa manutenção,

custo reduzido, regularidade de funcionamento e operação precisa. O referido equipamento substitui o receptáculo passivo dos pluviômetros convencionais por um dispositivo dinâmico, eletroeletrônico. Tal sistema dispensa a necessidade de leitura de forma rotineira com as provetas graduadas e a verificação de funcionamento do sistema de relojoaria (cordas) nos tradicionais pluviógrafos de sifão.

3.4 SISTEMA BASCULANTE

A base do sistema basculante (Figura 15) foi instalada de tal forma que ficou exatamente no nível. Para realizar essa operação acrescentou-se à base do sistema basculante um nível de bolha (olho de boi), ideal para o nivelamento de aparelhos em todas as direções. Ele apresenta um visor grande e de fácil leitura.

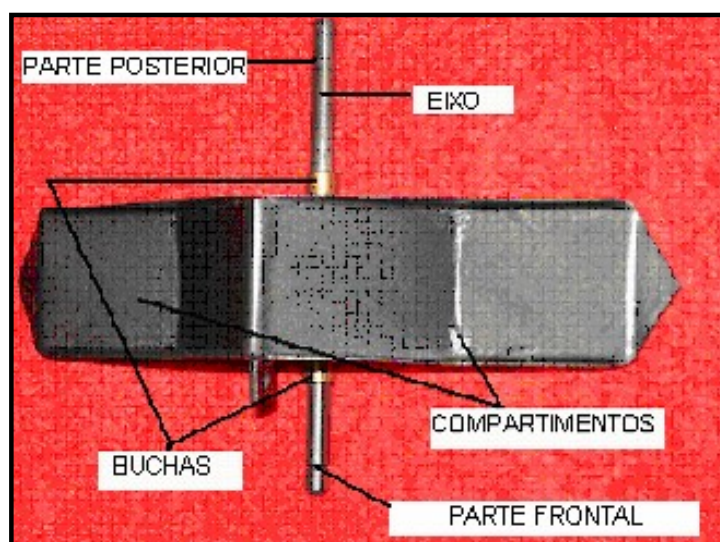


Figura 15 - Caçambas basculantes.

Todo o equipamento foi desenvolvido de tal forma que não se utilizou solda para a construção da base para a montagem do sistema pivotante. Todo o mecanismo foi fixado com parafusos, de modo que se pode montar e desmontar facilmente a totalidade do sistema. A opção pela não utilização de solda, foi para não causar deformação nas chapas que compõem os suportes de alinhamento da balança e para facilitar as operações de montagem e desmontagem, durante o processo de ajuste do equipamento.

A base do sistema basculante é de chapa de aço de 5 mm de espessura e foi totalmente cromada.

Os drenos possuem um diâmetro externo de 51 mm e interno de 49 mm, sendo internamente colado um tarugo de nylon com fundo afunilado e um furo central de 10 mm, no qual há um *niple* parafusado e, acoplada a ele, uma mangueira de plástico para permitir o escoamento da água coletada. O tarugo de nylon foi colado à parede interna do dreno para vedar uma possível infiltração e escoamento de água sobre o suporte da base do sistema basculante.

A Figura 16 mostra a vista inferior da base do sistema basculante.



Figura 16 - Vista inferior da base do sistema basculante.

Para a vedação entre o dreno e o tarugo de nylon, utilizou-se o adesivo para junta de motores de secagem rápida, indicado para colagem e vedação em que há necessidade de um adesivo resistente a pressões e temperaturas elevadas.

O eixo do sistema basculante se encontra a 50 mm da superfície da base, sendo suportado lateralmente por dois rolamentos que estão embuchados, presos e parafusados ao suporte lateral. O eixo possui um comprimento de 100 mm e um diâmetro de 5 mm, excedendo ao suporte na parte frontal 8 mm e na posterior 34 mm, para o encaixe do braço mecânico que aciona o sensor ótico.

O funil receptor e o funil amortecedor foram construídos em chapas galvanizadas e, para a sua vedação, utilizou-se solda a estanho.

A base do sistema, ou seja, a placa em que repousa o mecanismo basculante é de aço e foi trabalhada em uma máquina retificadora para assegurar que ficasse totalmente nivelada (lisa) e sem deformidades para permitir a fixação dos suportes da balança e a colocação do nível de bolha.

As partes metálicas que compõem a parte interna do pluviógrafo, e que ficam em contato direto com a água, foram cromadas, a fim de evitar o processo de corrosão, pois algumas partes do equipamento ficam, de certa forma, expostas à umidade ou podem entrar em contato direto com a água, caso da base, dos drenos, dos funis e dos suportes.

A seguir, na Figura 17, mostra-se o detalhe do nível de bolha colocado na base e a direita do sistema basculante (vista frontal). Ele foi fixado por meio de três parafusos M3 separados entre si por um ângulo de 120° e presos na base do sistema com rosca feita na própria chapa da base.



Figura 17 - Nível de bolha.

3.5 FLUXOGRAMA DE FUNCIONAMENTO

A concepção do instrumento foi trabalhada buscando-se um funcionamento simples, com uma construção robusta e funcional que exigisse pouca manutenção. Por essa razão, o desenvolvimento do projeto se deu com o protótipo em blocos e, então, aglutinado.

A construção do protótipo foi estruturada obedecendo a uma seqüência lógica (Figura 18) para facilitar a compreensão e o desenvolvimento das partes componentes do instrumento.

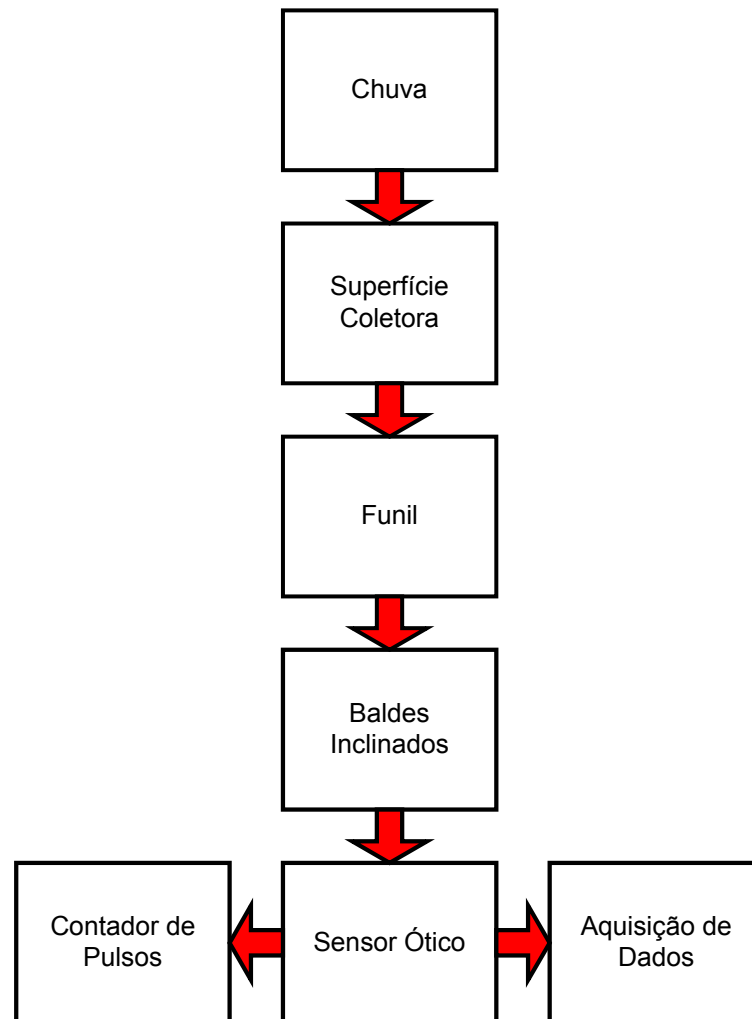


Figura 18 - Seqüência de operações realizadas para a construção do pluviógrafo.

Nessa figura está representada a forma como foi encaminhado o raciocínio para a construção do instrumento de medição, permitindo assim uma melhor visualização das etapas que foram trabalhadas.

3.6 SUPERFÍCIE COLETORA

O equipamento de medição da precipitação é formado por uma abertura com um anel de recebimento de água com diâmetro calibrado, o qual coleta a chuva, aro coletor da pluviosidade, e a conduz pela superfície em forma de funil por meio de um cano até o funil de amortecimento, que descarrega sobre o corpo basculante.

A dimensão de 159,60 mm corresponde ao diâmetro da superfície coletora (200 cm²). A superfície delimitada pela borda do aro coletor define a área de captação do instrumento. A abertura superior tem um contorno protetor em aresta viva, para assegurar que somente a chuva que cai no funil é coletada e medida.

A área de captação deve ser conhecida com um erro não superior a 0,05 %, conforme recomendações da Organização Mundial de Meteorologia.

O orifício de drenagem do funil coletor é protegido por uma tela metálica de malha fina para prevenir a entrada de materiais estranhos que possam ser alçados pelo vento ou por ação de pássaros e eventualmente entupir os condutos ou danificar a sensibilidade do mecanismo basculante.

A escolha do coletor de seção reta e de forma circular assegura idênticas condições de exposição ao vento, qualquer que seja sua direção nas vizinhanças imediatas do instrumento.

O aro que constitui a borda do anel coletor (Figura 19) é robusto, em bronze com 3 mm de espessura, pois isso reduz a possibilidade de deformações. A sua superfície interna é perpendicular ao seu próprio raio; a externa é inclinada, minimizando a ocorrência de respingos para dentro do

coletor. Por outro lado, para reduzir a probabilidade de respingos para fora, o funil receptor é profundo com 100 mm e, sua porção afunilada, confeccionada com uma inclinação não superior a 45° em relação ao eixo vertical do pluviógrafo.



Figura 19 - Detalhe do anel coletor.

A Figura 20, a seguir, mostra o detalhe da montagem da superfície coletora do pluviógrafo construído.

Figura 20 - Detalhe do conjunto da superfície coletora.

A chuva coletada pelo funil receptor será conduzida até um segundo funil, o amortecedor, por meio de um cano de diâmetro interno igual a 5 mm e, então descarregada sobre o sistema basculante através de um orifício de 3 mm de diâmetro.

A redução de 5 mm para 3 mm na entrada do sistema basculante ajuda a diminuir o impacto da coluna de água que entra no sistema, diminuindo, assim, a flutuação, numa situação em que a intensidade da chuva é maior.

Desse modo, perdem-se alguns segundos em relação ao tempo real em que está ocorrendo o fenômeno, mas isso permite uma maior precisão na medida.

3.7 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA BASCULANTE

A entrada em operação do sistema basculante é dada, deixando-se a balança em posição de receber a primeira cota de água para então iniciar a contagem dos pulsos. Uma vez recebendo a água coletada e atingindo a quantidade calibrada o sistema se alternará, posicionando a cada 0,30 mm de chuva medida, uma balança a cada vez sob o funil amortecedor.

Quando a água da chuva atingir a superfície coletora, ela será conduzida para o funil amortecedor e então para a parte sensível do instrumento, o sistema basculante. A balança foi confeccionada em chapa galvanizada, material escolhido por proporcionar uma maior resistência à corrosão e um bom escoamento do líquido.

O modelo desenvolvido neste trabalho é para medir a precipitação em forma líquida, uma vez que as demais formas de precipitação (neve, granizo), são fenômenos de esporádica incidência na região.

O sistema de medição de chuva de baldes inclinado é formado por dois recipientes com perfis triangulares no plano vertical, que alternam suas posições para receber a água coletada na superfície receptora e conduzi-la por meio de um funil para os compartimentos basculantes.

Os dois baldes formam um conjunto único, soldado sobre um eixo formando um ponto pivotante.

O fluxo de água escoar através do funil receptor para o funil amortecedor por meio de um cano de diâmetro igual a 5 mm e, então, para a face superior da balança. A balança é segura nessa posição por um dos parafusos de calibração que age como um ponto de parada do sistema.

O centro de gravidade do recipiente (balde) vazio estará no mesmo lado do pivô quando o balde encher de água, o centro de gravidade se afastará da parada e, quando ele cruzar (atravessar) o pivô, o conjunto de recipiente inclinará ao redor do pivô até atingir o outro parafuso de calibração/parada.

A água será descarregada em um dos tubos de dreno, sendo descartada e o segundo balde será trazido no lugar abaixo do funil.

Na balança, em um dos recipientes, acumular-se-á certo volume de água até alcançar a quantidade calibrada (0,30 mm), e então o mecanismo inclinará.

A Figura 21 apresenta o conjunto do sistema basculante.

Figura 21 - Sistema basculante.

A balança possui as seguintes dimensões:

- comprimento total de 140 mm, tendo 10 mm em cada extremidade cortada em forma de triângulo com a ponta no centro e levemente dobrado para baixo, para facilitar o escoamento do líquido para o dreno;
- altura central de 20 mm;
- superfície inclinada que separa a balança em dois compartimentos a 33 mm do centro para cada lado, o que reduziu o seu volume para permitir a fácil inclinação e a consequente medição de uma menor quantidade de água precipitada. A balança foi soldada com estanho nas partes inferior e externa, no centro, ao eixo, fazendo com que ela fique em equilíbrio instável, isto é, na posição de partida ou repouso, a balança repousa sobre um dos parafusos de calibração ou ajuste, conforme se verifica na Figura 21, mostrada acima.

O movimento da balança para a ação de inclinação é bastante facilitado graças ao pequeno atrito existente entre o eixo e os rolamentos. O eixo está apoiado em suas extremidades em dois rolamentos com espessura de 3 mm, diâmetro interno de 5 mm e diâmetro externo de 13 mm, embuchados em latão cromado, levemente encaixados, para que a balança se movimente livremente, desde que o eixo esteja nivelado e alinhado com os dois suportes laterais.

A ação de inclinação movimentada o eixo de certo ângulo, descarrega o líquido deslocando o braço (haste) que aciona dois sensores óticos independentes (um ativa o contador eletrônico e o outro o *software*), e o segundo balde é apresentado para receber a chuva na saída do funil de amortecimento.

Um sensor está instalado na base de entrada do conjunto de baldes inclinados, na altura do funil amortecedor da coluna de água coletada e o outro na altura da base. Quando o recipiente inclina, o braço de equilíbrio oscila entre os sensores óticos e causam uma interrupção do feixe de luz acionando os sensores. Então o contato só estará fechado enquanto o recipiente estiver no processo de inclinação. O número de descargas é contado por um dispositivo sensível aos pulsos gerados através dos sensores.

Ajustando o parafuso de calibração, o recipiente que está recebendo água se move ao redor do ponto de pivô e muda o centro de gravidade. Elevando as mudanças do conjunto de porca e parafuso, o centro de gravidade do conjunto de baldes se aproximará do pivô; isto significa que menos água será exigida para mover o centro de gravidade através do pivô e inclinar o mecanismo. Abaixando o parafuso haverá a troca do centro de gravidade, distante do pivô, e aumentos da quantidade de água requerida para uma descarga. Deverão ser movidos ambos os parafusos, simultaneamente, de forma que os recipientes venham a medir a mesma quantidade de chuva.

Considerando-se que o líquido contido em cada recipiente é descarregado imediatamente depois de medido, a capacidade de medida do sistema basculante será ilimitada.

A Figura 22 apresenta detalhes do parafuso de ajuste.

Figura 22 - Detalhe dos parafusos de ajuste.

3.8 FUNCIONAMENTO DO SENSOR ÓTICO

O envio do sinal indicando que ocorreu um volume de precipitação será iniciado deixando-se a balança na posição de equilíbrio instável, isto é com um dos recipientes prontos para receber a precipitação e o outro repousando sobre um dos parafusos de calibração. Cada pulso enviado pelo fotointerruptor indicará que houve a passagem de 0,3 mm de chuva. Assim, contabiliza-se a quantidade de chuva ao longo do contador de pulsos, durante um intervalo de tempo.

O funcionamento do sensor (Figura 23) se dá quando o feixe de luz que incide sobre o fototransistor é interrompido e o circuito envia um sinal para uma das entradas da porta paralela e também para o circuito contador. Se o feixe é interrompido, o sinal fica em zero Volts. Esses sinais formam um pulso lógico interpretado pelo programa como zero (0) e 1 (um) da mesma forma que o contador eletrônico contabiliza a ocorrência e soma mais um ao total. Com essa lógica pode-se criar várias experiências nas quais se deseja medir uma determinada grandeza física.



Figura 23 - Sensor de passagem.

Os sensores óticos encontram uma ampla gama de aplicações nos sistemas automatizados. São sensores que atuam por transmissão de luz.

Permitem a detecção de objetos de qualquer material, dimensão ou forma. Seu funcionamento se dá através da emissão de um feixe de luz, dentro da faixa dos infravermelhos, que será recebida ou não pelo receptor. O sinal de saída será dependente do resultado da detecção: algumas vezes digitais “0” ou “1”, conforme a intensidade do feixe recebido fornece uma tensão de saída, em geral entre 0 e 10 V.

Nos sensores, a luz ambiente não deve influenciar no resultado da detecção, para isso, é normal a emissão de feixes de infravermelho modulados com receptores sintonizados para uma determinada frequência com filtros de polarização.

Neste trabalho, instalou-se um braço solidário ao eixo do sistema de baldes inclinados (báscula), que oscila poucos milímetros em frente aos sensores óticos. A cada operação de descarga de um dos baldes, ao se movimentar irá interromper o feixe de luz emitido pelo emissor de luz ao seu receptor gerando, então, pulsos numa frequência proporcional à oscilação da báscula (gangorra) que, por sua vez, são contados a cada operação de inclinação ou descarga dos baldes.

Na Figura 24, apresenta-se o quadro sinótico do pluviógrafo.

Figura 24 - Esquema sinótico do pluviógrafo.

3.9 PRINCÍPIO DA ANÁLISE DOS PULSOS

Foi utilizado um microcomputador para adquirir e armazenar, através de sua porta paralela, os pulsos advindos de um dos sensores do pluviógrafo, assim como o outro sensor ótico gera pulsos que são captados por um contador eletrônico que contabiliza cada operação de descarga da chuva realizada pelo sistema basculante.

O circuito de geração de pulsos consiste basicamente de um LED, que é um diodo emissor de luz e um fototransistor. A tensão utilizada para acionar os circuitos de geração de pulsos é de 5 Volts.

Para a geração de pulsos para o contador eletrônico utilizou-se o conjunto receptor-emissor, mostrado na Figura 25.

No circuito utilizou-se, no caso do LED, um resistor em série de 470 Ω para a polarização do LED, conforme mostrado na figura.

Figura 25 - Circuito de geração de pulsos.

A corrente direta máxima do diodo do LED é de 20 mA e sua tensão deve estar no intervalo entre 2,2 Volts até 3,0 Volts.

Neste trabalho utilizou-se uma tensão de 5,0 Volts e, como limitador, um resistor de 470 *Ohms* para que haja uma queda de tensão suficiente para que o LED trabalhe em sua tensão e corrente nominais citadas anteriormente. Outro componente utilizado no circuito de aquisição de pulsos é o receptor de luz, no caso, um fototransistor.

O fototransistor é um componente que varia sua resistência em função da luz que incide sobre ele. Quando há luz incidente, o fototransistor apresenta uma baixa resistência; quando sem a incidência da luz (escuro) a resistência é bastante elevada.

Quando o pêndulo (braço de equilíbrio) se posiciona entre o LED e o fototransistor, a luz emitida pelo LED deixa de atingir o fototransistor e faz com que sua resistência aumente e com isso é gerado um pulso no terminal OUT.

O contador eletrônico é constituído por um contador de unidade, simples que contabiliza 1 (um) a cada pulso emitido pelo sensor ótico. O mesmo envia um pulso a cada interrupção de luz que a haste solidária ao eixo efetua, quando há a ocorrência de uma operação de descarte de 0,3 mm de chuva.

Assim, o contador eletrônico mostra em um *display* o número de vezes que ocorreu o descarte do volume conhecido de chuva, devendo, portanto, o seu resultado ser multiplicado pelo fator 0,3 que é a quantidade unitária de

cada operação de descarte para se obter o volume real de chuva ocorrido no período em que se faz a leitura. Ou seja, o valor mostrado no *display* deve ser multiplicado pelo fator 0,3.

Exemplo:

Valor mostrado no display = 10;

Valor da precipitação em milímetros será = $10 * 0,3 = 3$ mm.

O display do contador irá contabilizar o número máximo de 999 operações e, em seguida, irá retornar a zero e iniciar uma nova contagem até 999 o que corresponde à quantidade de 299,7 mm de chuva. Deve, portanto o operador, ficar atento quando o número estiver próximo ao limite do mostrador. Porém, no circuito existe a possibilidade de zerar o contador após a ocorrência de cada evento, se assim for desejado, bastando para isso pressionar o botão *reset*, localizado na parte posterior do invólucro do contador.

O módulo de contagem utilizado foi o que se mostra na Figura 26 abaixo, no qual se acrescentou mais um módulo, ficando com três dígitos, mas que pode ser facilmente estendido para mais. Os circuitos integrados utilizados foram o 4029 e o 4511.

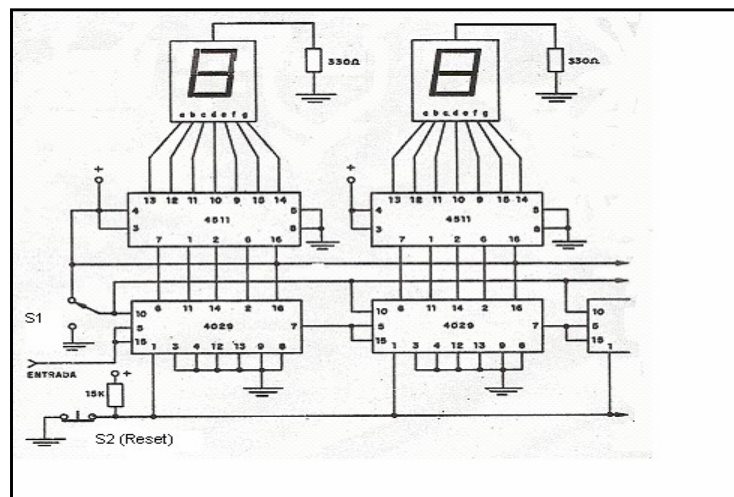


Figura 26 - Módulo de contagem.

O 4029 é um contador *up/down* (crescente/decrescente) que conta progressivamente com a entrada do pino 10 (4029) no nível HI, feita por S1 e regressivamente, com a mesma entrada feita no nível LO. A chave *reset* é aberta para essa função e a alimentação prevê as correntes dos displays, da ordem de 175 mA por unidade no número 8. O 4511 é um decodificador BCD e suas saídas alimentam um display de ânodo comum.

O circuito de geração de pulsos para a porta paralela tem a mesma configuração do circuito utilizado para o contador eletrônico, como é mostrado na Figura 27.

Figura 27 - Circuito de aquisição de pulsos porta paralela.

Da mesma forma que o anterior, quando o pêndulo (braço de equilíbrio) se posiciona entre o LED e o fototransistor, a luz emitida pelo LED deixa de atingir o fototransistor fazendo com que sua resistência aumente e com isso é gerado um pulso no terminal *OUT*.

3.9.1 O Circuito Transdutor

Para que o sinal do sensor não sofra perdas, utilizamos o *buffer* 74LS541 (Figura 28) com a finalidade de ampliar o ganho de sinal e facilitar sua aquisição.

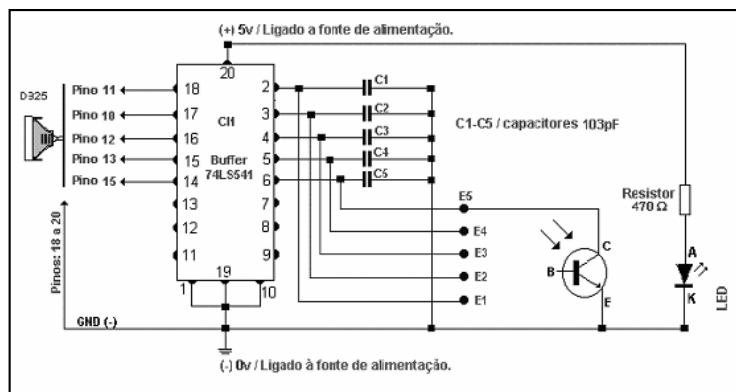


Figura 28 - *Buffer* de acoplamento com o microcomputador.

O *Buffer* 74LS541 trabalha com não inversores, ou seja, o mesmo sinal de entrada será o de saída, sem que haja inversão do bit correspondente, com a vantagem de amplificar o sinal recebido, permitindo estender os cabos conectados às entradas, a cerca de 20 metros de distância.

Para cada operação de descarga dos baldes é obtido um pulso, correspondendo a certa quantidade precipitada. Esse processo ocorre sempre que o fenômeno da precipitação acontecer, podendo, então, o resultado ser obtido pelo contador de pulsos ou pelo dispositivo de aquisição de dados. Dessa forma foram constituídas as bases de dados que foram utilizadas para verificação, calibração e validação do sistema de funcionamento do equipamento.

Os pulsos são gerados quando a haste (braço) solidária ao eixo do sistema basculante interrompe a passagem de luz emitida pelo LED através da ranhura do fotointerruptor.

Na construção do braço mecânico foi utilizado bronze para o suporte (fixação e encaixe) e chapa galvanizada para a haste. O encaixe do braço mecânico tem um diâmetro externo de 24 mm, com um furo central de 5 mm. Em posições diametralmente opostas, foram feitos dois furos, com rosca M3 para fixar a haste ao suporte. Para impedir que o suporte ou a haste

propriamente dita se desloque da posição adequada, foi colocado um parafuso que o prende ao eixo. A haste possui comprimento de 103 milímetros.

Na Figura 29, apresentam-se os detalhes do conjunto da haste e seu suporte.

Figura 29 - Detalhe do braço mecânico preso ao eixo.

Cada pulso representa a passagem de certa quantidade de água coletada. Dessa forma, a parcela de chuva medida será dada pela multiplicação do número de pulsos pela quantidade calibrada (0,30 mm).

A Figura 30 mostra o detalhe de instalação do sensor ótico junto ao braço solidário ao eixo.

Figura 30 - Detalhe da haste solidária ao eixo (acionadora do sensor).

A referência do tempo é sincronizada com o tempo padrão.

Exemplo:

Movimento de 10 pulsos, num determinado período de tempo.

$10 * 0,3 = 3$ mm, às 12h13min. Dia 06/10/2005.

3.10 A INSTALAÇÃO DO INSTRUMENTO

Para se obter dados meteorológicos representativos, é fundamental que os instrumentos sejam colocados em locais apropriados. Eles devem se encontrar longe de obstáculos que podem influenciar nas medições. Não se devendo permitir que considerações secundárias, como a acessibilidade e a segurança, comprometam a qualidade dos dados.

Neste estudo, para a instalação do pluviógrafo, observaram-se as seguintes recomendações:

- Instalação do instrumento em local apropriado, não totalmente aberto;
- Observação da distância recomendada de edificações e objetos;
- Colocação sobre uma superfície nivelada e na altura recomendada para a coleta da chuva.

3.11 METODOLOGIA PARA INSTALAÇÃO E TESTE DO INSTRUMENTO

A metodologia de instalação e teste do equipamento foi realizada de tal forma que:

- o anel (aro) coletor está calibrado, 159,60 mm de diâmetro e 200 cm² de área (padrão);
- a superfície do aro coletor está nivelada e, para tanto, foi usado um nível para esta operação, colocando-o sobre o coletor e em posições diametralmente opostas para o perfeito posicionamento;
- o funil receptor foi construído com chapa galvanizada e pintado com tinta automotiva para permitir o perfeito escoamento da água, isto é, para haver o mínimo de aderência de água em suas paredes.
- a base do sistema basculante foi perfeitamente nivelada para assegurar que a balança medisse exatamente a mesma quantidade de chuva em seus dois compartimentos e, para tal, utilizou-se um nível de bolha, fixo à base.
- a balança foi construída de forma simétrica e com material (chapa galvanizada) que permite baixa aderência do líquido nas suas paredes;
- na parte superior e central da balança colocou-se um divisor com aresta viva, 3 mm de altura, dividindo simetricamente as duas

caçambas para não haver sobrecarga de um lado em relação ao outro, quando a caçamba começa a tombar para um dos lados.

- diminuiu-se o atrito entre o eixo e seu apoio. Utilizou-se a colocação de rolamentos embutidos nos suportes laterais para receber o eixo da balança;
- os parafusos de ajuste foram manual e mecanicamente ajustados, de tal forma que ambos os compartimentos tivessem a mesma quantidade de água no instante do descarte;
- a colocação do instrumento foi efetuada em local livre de obstáculos, distante pelo menos duas vezes a altura do obstáculo;
- a superfície coletora (o aro coletor) foi instalada a 1,5 m do solo.

A Figura 31 mostra o detalhe do sistema de baldes inclinado desmontado, no qual se visualizam os parafusos de calibração e os compartimentos da balança.



Figura 31 - Mecanismo de balança do pluviógrafo, em detalhe desmontado.

3.12 DESCRITIVO DO PROGRAMA DE COLETA DE DADOS

O *software* que faz a aquisição de dados da quantidade precipitada utiliza o endereço \$379 para a leitura dos dados de entrada da porta paralela do microcomputador, define qual o pulso que será considerado como inicial (“0” ou “1”). O programa recebeu o nome de Monitor (Figura 32).

Após ser acionada a tecla “monitorar”, inicia a leitura ou a varredura da porta paralela, a coleta de dados, marcando a cada leitura, data e horário da coleta, quantidade coletada e o número de operações que a báscula realizou, armazenando tudo em um arquivo com extensão “txt”.



Figura 32 - Tela do programa monitor.

O programa proposto é simples e nada mais é do que uma rotina na linguagem *Visual Basic*, que se limita a ler na porta, imprimir na tela o que foi lido e guardar num arquivo tipo “txt”. Quando o circuito está fechado, isto é, a luz incide diretamente no fotodiodo, um número é lido na porta. Esse número corresponde ao nível “1”. Quando se interrompe a luz é lido outro número, geralmente menor que o primeiro (nível “0”).

O programa não analisa os dados, somente lê e armazena em um arquivo na extensão "txt", ou seja, é executada simplesmente uma rotina para ler a porta paralela. Adicionalmente, o *software* mostra na tela o registro em forma de gráfico de barras da precipitação ocorrida no último minuto (vermelho), na última hora (verde) e a precipitação ocorrida no dia (azul), mostrando na parte inferior do gráfico o horário em que ocorreu o último registro de precipitação. O gráfico é mostrado na tela ao lado da tabela contendo o registro dos dados desde o início até o final da precipitação. Nos dados registrados, aparece uma tabela com o formato contendo a data e a hora em que se começou o monitoramento. Na tela o gráfico estará sempre representando a precipitação ocorrida nas últimas 24 horas (intervalo entre 0 e 24 h do dia), representado pela coluna azul.

Exemplo de registro:

01/3/2006 15:30:20 0.3 1,2 (Data 01/3/2006, hora 15:30:20, volume calibrado para cada operação de descarte e o total acumulado).

3.13 ENSAIOS DE LABORATÓRIO

O equipamento construído foi empregado para a condução de medidas de teste. Para tanto, em um primeiro momento foram selecionadas as variáveis do sistema que maiores impactos causam em sua performance. Uma vez que a área de captação é padrão e, portanto, atende às necessidades, a intensidade da chuva e a sensibilidade do sistema basculante foram visualizadas como as variáveis que poderiam causar maior influência nas medições. A intensidade da chuva, por causar rápidas e repetidas operações de carga e descarga da balança, causando certa flutuação; a sensibilidade do sistema basculante por definir qual a quantidade de água em cada operação de carga e descarga que é realizada.

Neste experimento, inicialmente não foi utilizado o funil de amortecimento, mas o impacto da água nas caçambas basculantes gerava um acionamento brusco, mascarando a medida e, ainda, causando um forte impacto da balança sobre os parafusos de ajuste.

Verificado esse problema, construiu-se o funil de amortecimento para possibilitar que a água caísse de forma mais lenta e suave sobre o compartimento da balança que estava pronto para receber a coleta da água da chuva e, então, não causasse o impacto sobre os parafusos de calibração (ajuste). Também, como medida preventiva, revestiu-se a superfície dos parafusos, no quais as caçambas basculantes batem, com uma superfície emborrachada para amortecer a batida e diminuir o desgaste das caçambas.

Em seguida foram realizadas diversas medições, utilizando-se uma proveta graduada, específica para o padrão de abertura da superfície de coleta da chuva. Para tanto, utilizou-se a proveta graduada padrão para a superfície coletora de 200 cm², com graduação indicando até 10 mm de chuva e que as divisões da escala de graduação permitem a leitura de décimos de milímetro da precipitação ocorrida. A proveta utilizada é a mesma utilizada para calibrar o pluviógrafo de sifão de 10 mm com a superfície de captação de 200 cm².

O equipamento foi submetido a testes de repetição com a proveta graduada, de acordo com o padrão recomendado pela Organização Mundial de Meteorologia, ou seja, com o derramamento de água por gotejamento e posteriormente em condições mais severas de intensidade.

Para a realização dos testes foram utilizadas garrafas plásticas com orifícios de vários diâmetros realizados em suas tampas, contendo uma quantidade de água conhecida, medida na proveta graduada. Isso permitiu que se visualizasse o efeito de diferentes quantidades de água caindo sobre as balanças em um mesmo intervalo de tempo, simulando assim diferentes intensidades de precipitação.

Escolheu-se a quantidade de 60 mm de água para a calibração, o que corresponde a 200 operações de descarte das balanças. O orifício utilizado para causar o gotejamento foi de 0,8 mm, realizando-se diversas e repetidas vezes o despejo dos 60 mm de água sobre o sistema basculante e ajustando-se os parafusos de calibração até obter a quantidade desejada de descarte de água, que, neste protótipo, é de 0,3 mm. O tempo decorrido entre

o início e o término da operação de despejo de 60 mm de água sobre o sistema basculante ficou no intervalo entre 34 e 36 minutos.

Os valores para calibração foram baseados em tabelas de fabricantes como a NovaLynx, que apresenta o tamanho de orifício de 1/32" ou 0,79 mm para a calibração de uma superfície de captação com diâmetro de 8" ou 20,3 mm (NOVALYNX, 2005). Esse orifício de calibração permite estabelecer uma taxa de precipitação de 2 in/h ou o equivalente a uma taxa de 45 mm/h.

Neste trabalho a superfície de captação tem o diâmetro de 15,96 cm e utilizou-se um orifício de 0,8 mm para a calibração.

O tempo de ocorrência entre as operações de descarte aconteceu entre 8s no início e 20s no final do fenômeno da precipitação simulada, levando em sua totalidade, aproximadamente, 35 minutos para efetivar o descarte dos 60 mm de água sobre o sistema basculante.

O resultado pode ser observado nas duas telas do *software* Monitor. Na primeira tela (Figura 33) mostra-se o início da operação de ensaio com os 60 mm de água despejada por gotejamento sobre o sistema basculante.

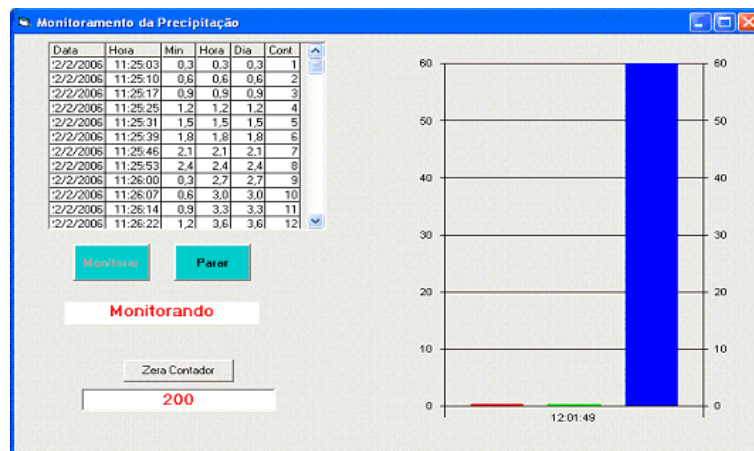


Figura 33 - Tela do *software* com início de uma operação de descarte de 60 mm (laboratório).

Na Figura 34 mostra-se a seqüência da operação, em que se percebe o final da realização do experimento de laboratório. São mostrados na tabela à esquerda: data, horário e quantidade precipitada, podendo-se inclusive verificar o intervalo de ocorrência entre duas operações consecutivas de descarte.

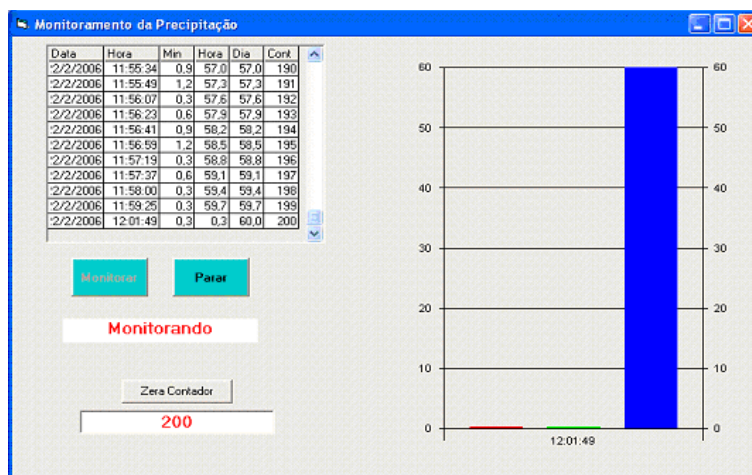


Figura 34 - Tela do *software* com o final de uma operação de descarte de 60 mm (laboratório).

A quantidade de 60 mm em 35 minutos corresponde a uma intensidade de precipitação de, aproximadamente, 102mm/h, o que se pode considerar como uma tempestade (GARCEZ; ALVAREZ, 1999).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após os testes iniciais de calibração e funcionamento, o equipamento foi encaminhado para a verificação do seu real comportamento, em relação a um pluviógrafo de sifão (R. Fuess) e um pluviômetro convencional (Ville de Paris).

Para tornar viável a comparação dos resultados, o protótipo foi colocado o mais próximo possível dos outros dois equipamentos. Nessa condição, espera-se que os três instrumentos capturem a mesma quantidade de chuva. O instrumento escolhido para servir de referência ou padrão foi o pluviômetro Ville de Paris.

As distâncias entre as superfícies coletoras dos instrumentos são de:

- 24,2 cm (protótipo - pluviógrafo de sifão- R. Fuess);
- 236,7 cm (protótipo - pluviômetro Ville de Paris).

Na foto abaixo (Figura 35), mostra-se a disposição dos equipamentos.

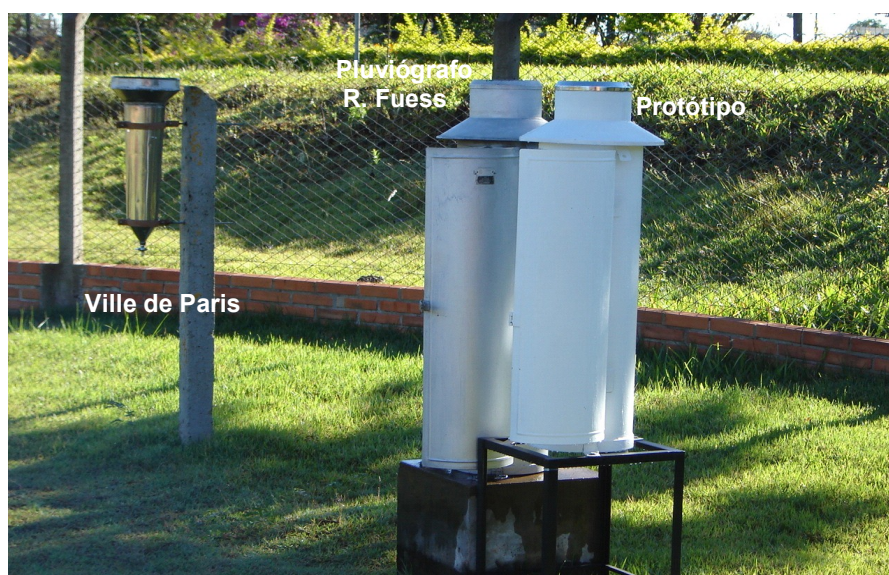


Figura 35 - Disposição dos equipamentos em campo.

4.1 ENSAIOS DE CAMPO

Para a validação dos procedimentos realizados na construção do protótipo, fez-se uma comparação entre os resultados obtidos entre os três instrumentos. As leituras foram realizadas entre os dias 01/03/2006 e 14/04/2006. Nesta pesquisa, a precipitação do dia foi considerada como a chuva que ocorre no intervalo compreendido entre as 9 horas de um dia até as 9 horas do dia seguinte, uma vez que as leituras diárias são realizadas nos horários preconizados pela Organização Mundial de Meteorologia.

4.1.1 Precipitação ocorrida entre 04 e 05/03/2006

Nesse intervalo de tempo, ocorreu uma chuva de pequena intensidade e a leitura foi realizada às 9 horas do dia 05/03/2006. A Tabela 2 apresenta os valores registrados pelos três equipamentos.

Tabela 2 - Precipitação ocorrida entre 04 e 05/03/2006 e registrada pelo pluviômetro Ville de Paris, pelo pluviógrafo de sifão e pelo protótipo e o erro entre eles

DATA	A	B	C	ERRO ENTRE B e A	ERRO ENTRE C e A	ERRO ENTRE C e B
04/03/2006						
05/03/2006	1 mm	1 mm	0,9 mm	0%	10%	10 %

Nota: A - Pluviômetro Ville de Paris; B - Pluviógrafo de sifão (R. Fuess); C – Protótipo.

Nota-se na tabela apresentada acima que ocorreu uma diferença de 0,1 mm entre o protótipo e os outros dois equipamentos. Essa diferença pode ser atribuída às gotas que estavam em um dos compartimentos da báscula. Observa-se, também, que devido à pequena precipitação não houve água

suficiente para propiciar a operação do sistema basculante. Teoricamente, tem-se uma diferença percentual entre as leituras do protótipo em relação ao padrão e em relação ao Pluviógrafo de Sifão R. Fuss de 10%. Mas, como existiam algumas gotas dentro do sistema basculante do protótipo, pode-se afirmar que a leitura realizada pelo protótipo está muito próxima a dos outros dois equipamentos.

4.1.2 Precipitação ocorrida entre 09 e 10/03/2006

A Tabela 3 apresenta as leituras dos equipamentos realizadas entre os dias 09 e 10/03/2006.

Tabela 3 - Precipitação ocorrida entre 09 e 10/03/2006 e registrada pelo pluviômetro Ville de Paris, pelo pluviógrafo de sifão e pelo protótipo e o erro entre eles

DATA	A	B	C	ERRO ENTRE B e A	ERRO ENTRE C e A	ERRO ENTRE C e B
09/03/06	16,2 mm	16,4 mm	16,5 mm	1,23%	1,85%	0,61 %
10/03/06						

Nota: A - Pluviômetro Ville de Paris; B - Pluviógrafo de sifão (R. Fuess); C - Protótipo.

Neste ensaio o contador do protótipo registrou a contagem de 55 operações de descarte, o que correspondeu aos 16,5 mm de precipitação.

A Figura 36 apresenta o registro da precipitação ocorrida no dia 09/03/2006.

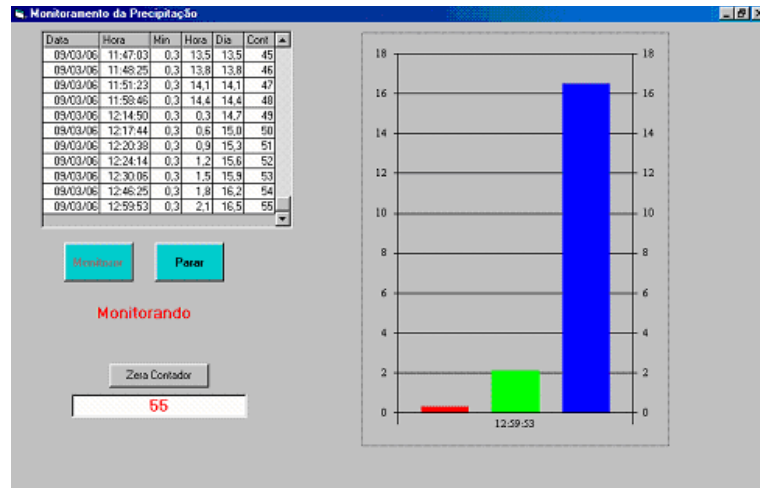


Figura 36 - Gráfico da precipitação registrada pelo protótipo.

Observa-se no gráfico de barras, apresentado na tela do *software* do protótipo, que foi registrada uma precipitação de 16,5 mm.

O gráfico gerado pelo pluviógrafo de sifão (R. Fuess) é apresentado na Figura 37.

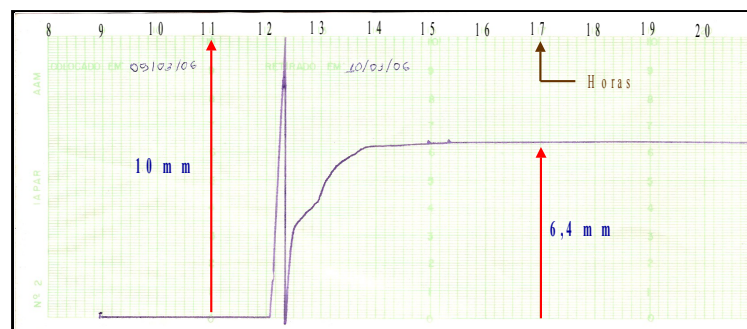


Figura 37 - Gráfico da precipitação registrada pelo pluviógrafo de sifão (R. Fuess).

No pluviógrafo de sifão (R. Fuess) o papel é preso a um mecanismo girante (Tambor) que é um mecanismo de relojoaria que se move por meio de cordas, fazendo um giro a cada 24h. A linha traçada é feita por uma pena com tinta. Ela se move a cada ingresso de chuva no dispositivo de sifão. Nele há um flutuador que faz a pena subir quando ocorre a entrada de água. Os incrementos de chuva são assinalados com a subida da pena que gradativamente, com o enchimento do recipiente do sifão, vai imprimindo até chegar a 10 mm, quando então o sifão esvazia e começa, novamente, a partir do zero a marcação da quantidade de chuva precipitada. Observa-se, pelo gráfico do pluviógrafo de sifão, que o sifão encheu (10 mm) e esvaziou entre as 12h e 13h.

O relatório gerado pelo programa Monitor, referente à precipitação ocorrida em 09/03/2006, em forma de gráfico, é apresentado na Figura 38.



Figura 38 - Gráfico da precipitação em 09/03/2006.

Observa-se, na Tabela 4, que a diferença entre o pluviógrafo de sifão e o protótipo é de 0,61% e entre o pluviômetro convencional e o protótipo é de 1,85%.

Considerando que as chuvas ocorridas nesse período são as chamadas chuvas de verão e são bastante irregulares em sua extensão, vê-se

que o protótipo apresentou um registro bastante próximo dos valores apresentados pelo pluviômetro e pelo pluviógrafo de sifão, com pequenas diferenças que podem ser interpretadas como influenciadas pelo tipo da chuva ocorrida, pela distância entre o pluviômetro e os dois pluviógrafos ou ainda por perdas que podem ocorrer durante o processo de sifonamento do pluviógrafo (R. Fues).

4.1.3 Precipitação ocorrida entre 13 e 14/03/2006

Tabela 4 - Precipitação ocorrida em 14/03/2006 e registrada pelo pluviômetro Ville de Paris, pelo pluviógrafo de sifão e pelo protótipo e o erro entre eles

DATA	A	B	C	ERRO ENTRE B e A	ERRO ENTRE C e A	ERRO ENTRE C e B
13/03/2006	0,3 mm	0,4 mm	0,3 mm	33 %	0 %	25 %
14/03/2006						

Nota: A - Pluviômetro Ville de Paris; B - Pluviógrafo de sifão (R. Fues); C – Protótipo.

Considerando a pequena precipitação ocorrida, percebe-se que ocorreu o registro pelos três instrumentos. Houve uma pequena dificuldade na escala, pois o protótipo utiliza 0,3 mm como ponto inicial para a marcação. Porém, considerando que havia 0,1 mm dentro da báscula, a medição pelo protótipo obteve um bom resultado.

4.1.4 Precipitação ocorrida entre 18 e 19/03/2006

Precipitação mais significativa ocorreu entre os dias 18 e 19 de março de 2006. A Tabela 5 apresenta as leituras dos equipamentos realizadas nesse período.

Tabela 5 - Precipitação ocorrida entre 18 e 19/03/2006 e registrada pelo pluviômetro Ville de Paris, pelo pluviógrafo de sifão e pelo protótipo e o erro entre eles

DATA	A	B	C	ERRO ENTRE B e A	ERRO ENTRE C e A	ERRO ENTRE C e B
18/03/2006						
19/03/2006	44,8 mm	46,5 mm	46,5 mm	3,7 %	3,7 %	0 %

Nota: A - Pluviômetro Ville de Paris; B - Pluviógrafo de sifão (R. Fuess); C - Protótipo.

A Figura 39 apresenta o registro da precipitação ocorrida no dia 19/03/2006.

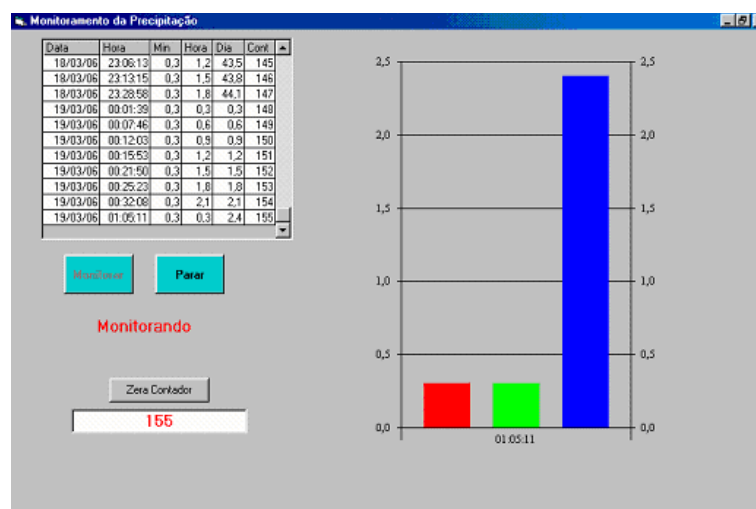


Figura 39 - Gráfico da precipitação registrada pelo protótipo.

Observa-se no gráfico de barras, apresentado na tela do *software* do protótipo, que foi registrada a precipitação de 2,4 mm, ocorrida no dia 19/03/2006. A tela apresenta, sempre, o resultado medido no último minuto, na última hora e nas últimas 24h (dia).

O gráfico gerado pelo pluviógrafo de sifão é apresentado nas Figuras 40 e 41.

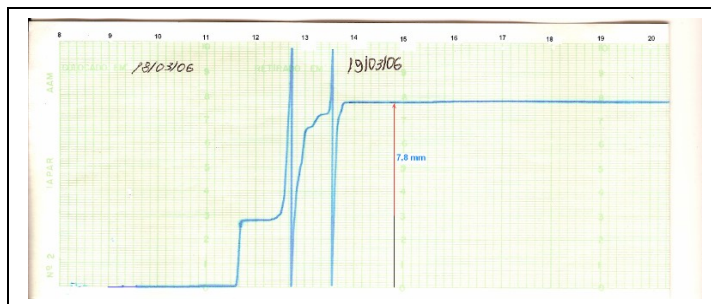


Figura 40 - Gráfico da precipitação registrada pelo pluviógrafo de sifão (R. Fuess), parte 1.

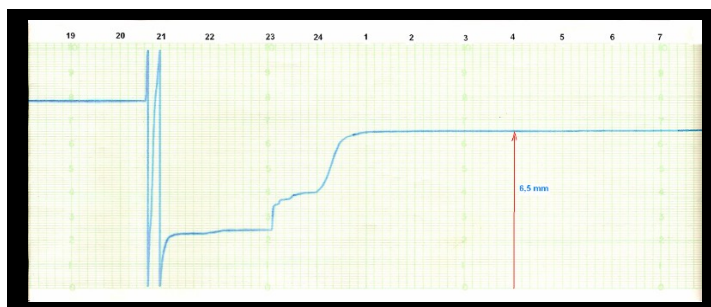


Figura 41 - Gráfico da precipitação registrada pelo pluviógrafo de sifão (R. Fuess), parte 2.

Utilizando os dados gerados pelo relatório do programa Monitor para os dias 18 e 19/03/2006 obtém-se os gráficos apresentados nas Figuras 42 e 43.



Figura 42 - Gráfico da precipitação em 18/03/2006.

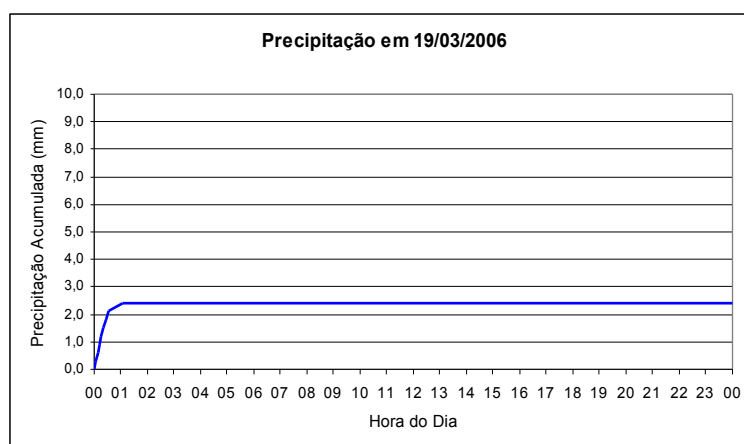


Figura 43 - Gráfico da precipitação em 19/03/2006.

O programa Monitor (ver tabela na tela do *software*) registrou que até as 23h28m58s do dia 18/03/2006 ocorreu a precipitação da quantidade de 44,1 mm (Figura 42) e, no dia 19/03/2006, mais 2,4 mm (Figura 43), perfazendo o total de 46,5 mm registrados pelo protótipo.

A diferença de leitura entre o pluviógrafo de sifão e o protótipo inexistiu e, entre o protótipo e o pluviômetro convencional foi de 3,7 %.

Considerando que as chuvas ocorridas nesse período são as chamadas chuvas de verão, bastante irregulares em sua extensão, vê-se que o protótipo apresentou um registro bastante próximo dos valores apresentados pelo pluviômetro e pelo pluviógrafo de sifão, com pequenas diferenças que podem ser interpretadas como influenciadas pelo tipo da chuva ocorrida, pela distância entre o pluviômetro e os dois pluviógrafos ou ainda por perdas que podem ocorrer durante o processo de sifonamento do pluviógrafo de sifão (R. Fuess).

4.1.5 Precipitação ocorrida entre 20 e 21/03/2006

A Tabela 6 apresenta a precipitação ocorrida entre os dias 20 e 21/03/2006.

Tabela 6 - Precipitação ocorrida entre 20 e 21/03/2006 e registrada pelo pluviômetro Ville de Paris, pelo pluviógrafo de sifão e pelo protótipo e o erro entre eles

DATA	A	B	C	ERRO ENTRE B e A	ERRO ENTRE C e A	ERRO ENTRE C e B
20/03/2006						
21/03/2006	4,6 mm	4,8 mm	4,8 mm	4,34 %	4,34 %	0 %

Nota: A - Pluviômetro Ville de Paris; B - Pluviógrafo de sifão (R. Fuess); C - Protótipo.

O protótipo registrou o fenômeno através do programa Monitor (Figuras 44 e 45), apresentando os seguintes resultados:

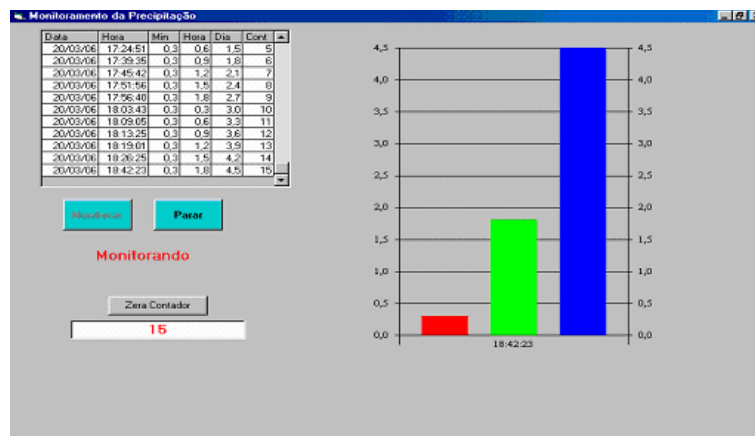


Figura 44 - Gráfico da precipitação registrada pelo protótipo em 20/03/2006.



Figura 45 - Gráfico da precipitação registrada pelo protótipo em 21/03/2006.

O gráfico gerado pelo pluviógrafo de sifão é apresentado na Figura 46.

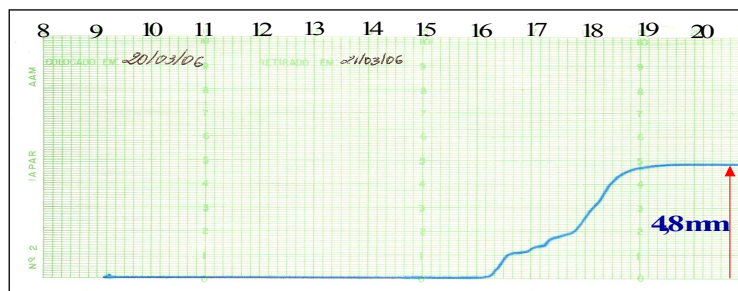


Figura 46 - Gráfico da precipitação registrada no pluviômetro de sifão (R. Fuess) entre 20 e 21/03/2006.

O relatório gerado pelo programa Monitor, para o dia 20/03/2006, é mostrado na Figura 47.

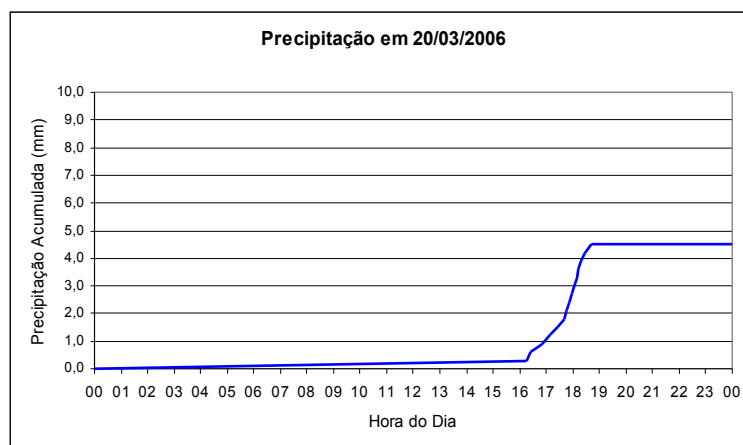


Figura 47 - Relatório em forma de gráfico da precipitação em 20/03/2006.

Na Figura 45 percebe-se que a última ação do sistema basculante do protótipo ocorreu bastante tempo depois (às 8h46m35s do dia 21/03/2006), o que indica que faltaram algumas gotas de chuva para fazer com que ocorresse o registro da última ação do sistema basculante. No horário da leitura existia

uma leve garoa, o que fez o protótipo realizar este registro. Isso mostra que o pluviógrafo de Sifão e o protótipo estão realizando medições muito próximas, ou seja, o registro da mesma quantidade de chuva. O pluviômetro convencional registrou a quantidade de 4,6 mm de precipitação.

Pela fraca intensidade da chuva registrada, a distância entre os equipamentos e, por se tratar de uma chuva de verão, a diferença entre os valores medidos de 4,8 mm nos pluviógrafos e 4,6 mm no pluviômetro convencional, gera uma diferença de medida de 4,34%.

4.1.6 Precipitação ocorrida entre 21 e 22/03/2006

A Tabela 7 apresenta a precipitação ocorrida entre os dias 21 e 22/03/2006.

Tabela 7 - Precipitação ocorrida entre 21 e 22/03/2006 e registrada pelo pluviômetro Ville de Paris, pelo pluviógrafo de sifão e pelo protótipo e o erro entre eles

DATA	A	B	C	ERRO ENTRE B e A	ERRO ENTRE C e A	ERRO ENTRE C e B
21/03/2006						
22/03/2006	0,6 mm	1,0 mm	0,9 mm	66,6 %	50,0 %	10%

Nota: A - Pluviômetro Ville de Paris; B - Pluviógrafo de sifão (R. Fuess); C – Protótipo.

O protótipo apresentou na tela do Monitor os seguintes resultados (Figuras 48 e 49):

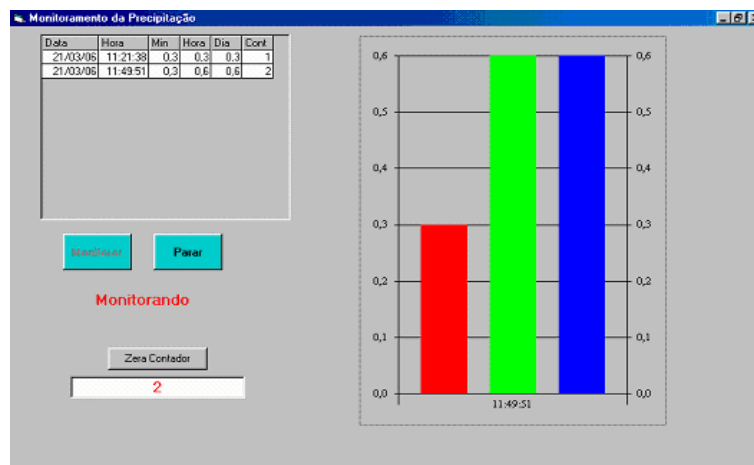


Figura 48 - Gráfico da precipitação registrada pelo protótipo em 21/03/2006.

Figura 49 - Gráfico da precipitação registrada pelo protótipo em 22/03/2006.

O gráfico gerado pelo pluviógrafo de Sifão é apresentado nas Figuras 50 e 51.

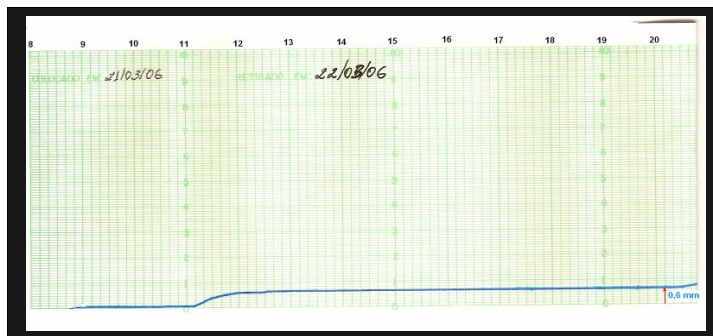


Figura 50 - Gráfico da precipitação registrada pelo pluviógrafo de sifão (R. Fuess), parte 1.



Figura 51 - Gráfico da precipitação registrada pelo pluviógrafo de sifão (R. Fuess), parte 2.

O relatório do programa Monitor para o dia 21/03/2006 é apresentado, em forma de gráfico, na Figura 52:

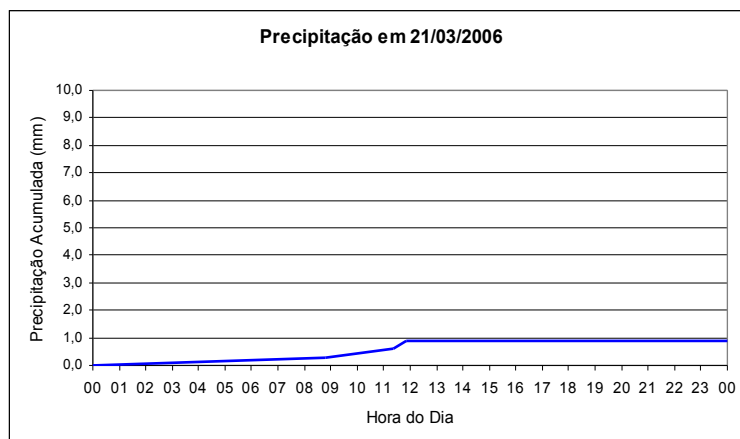


Figura 52 - Relatório em forma de gráfico da precipitação em 21/03/2006.

Percebe-se que o registro do início da precipitação coincide entre o protótipo e o pluviógrafo de sifão. O registro da precipitação até os 0,6 mm ocorreu de maneira simultânea. Após, percebe-se que: como o protótipo registra a cada 0,3 mm de precipitação, essa quantidade só ocorreu às 2h47m40s do dia 22/03/2006, pelo registro do protótipo e, como pode se verificar no gráfico, pelo pluviógrafo de sifão.

A quantidade de 1 mm de precipitação registrada no pluviógrafo de sifão, ocorreu entre 2h40m e 2h50m do dia 22/03/2006. Como o protótipo só efetua o registro após a quantidade de 0,3 mm de precipitação, 0,1 mm se encontrava na báscula, por isso o resultado de 3 operações realizadas pelo contador eletrônico e 0,9 no programa Monitor. Pode-se observar que o protótipo está funcionando bem, somente há certa dificuldade em se comparar o resultado apresentado entre o pluviógrafo de sifão e o protótipo quando a quantidade de precipitação não se enquadra na escala de múltiplos de 0,3.

4.1.7 Precipitação ocorrida entre 22 e 23/03/2006

A Tabela 8 apresenta a precipitação ocorrida entre os dias 22 e 23/03/2006.

Tabela 8 - Precipitação ocorrida em 22 e 23/03/2006 e registrada pelo pluviômetro Ville de Paris, pelo pluviógrafo de sifão e pelo protótipo e o erro entre eles

DATA	A	B	C	ERRO ENTRE B e A	ERRO ENTRE C e A	ERRO ENTRE C e B
22/03/2006	44,0 mm	45,2 mm	45,9 mm	2,72 %	4,32 %	1,54 %
23/03/2006						

Nota: A - Pluviômetro Ville de Paris; B - Pluviógrafo de sifão (R. Fuess); C – Protótipo.

O protótipo apresentou na tela do programa Monitor, para o dia 23/03/2006, os resultados mostrados na Figura 53.

Figura 53 - Gráfico da precipitação registrada pelo protótipo em 23/03/2006.

Os gráficos gerados pelo pluviógrafo de Sifão são apresentados nas Figuras 54 e 55.

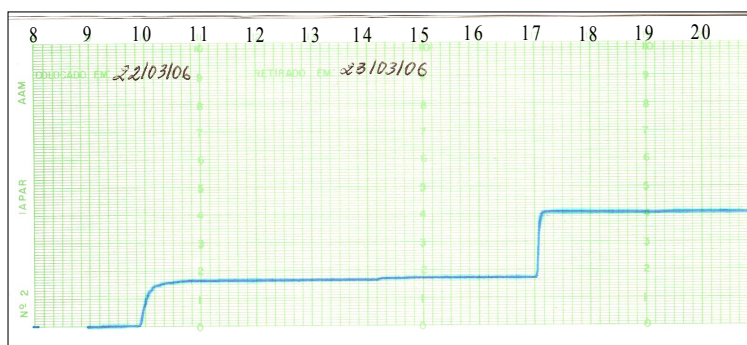


Figura 54 - Gráfico da precipitação registrada pelo pluviógrafo de sifão (R. Fuess) entre 22 e 23/03/2006, parte 1.

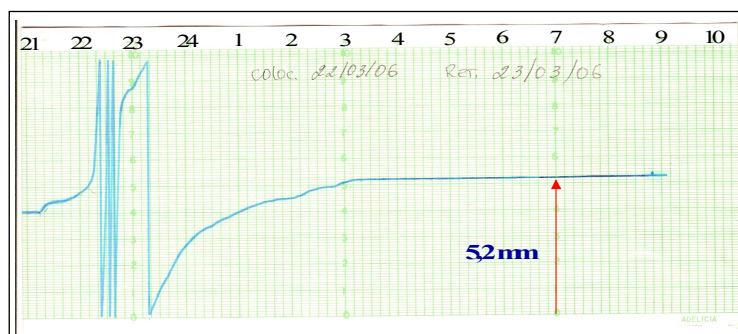


Figura 55 - Gráfico da precipitação registrada pelo pluviógrafo de sifão (R. Fuess) entre 22 e 23/03/2006, parte 2.

O relatório em forma de gráfico gerado pelo programa Monitor, no dia 22/03/2006, é apresentado na Figura 56.

Figura 56 - Gráfico da precipitação em 22/03/2006.

Percebe-se uma diferença entre as medições efetuadas pelos instrumentos. Mas, pode-se verificar que houve dois períodos diferenciados nesse registro. O primeiro traz uma precipitação de pouca intensidade no início do fenômeno, entre as 9h e 17h do dia 22/03/2006. O segundo traz uma precipitação de forte intensidade no horário compreendido entre 22h20m e 22h45m do mesmo dia, quando, em 25 minutos, choveu aproximadamente 30 mm (Figura 55).

Assim, considerando as variáveis envolvidas na medição, como extensão irregular da chuva no início do fenômeno, o vento que acompanhou o fenômeno durante sua intensidade mais forte, a distância entre os instrumentos de medida, a possível perda de medida por sifonamento, pois ocorreram três operações de sifonagem em 20 minutos, chegou-se a diferença de 0,7 mm entre o pluviógrafo de sifão e o protótipo, ou seja, uma diferença percentual de 1,54%. O intervalo de tempo entre as medições nos períodos mais críticos, isto é, nos quais a intensidade de precipitação foi maior variou entre 8s e 12s, ocorrendo uma situação em que o intervalo foi de 1s (entre 22h32min48s e 22h32min49s do dia 22/03/2006), podendo eventualmente ter ocorrido algum erro de leitura pelo programa Monitor, neste caso específico. Poder-se-ia admitir um erro devido à velocidade de leitura da porta paralela do PC.

A diferença entre o pluviômetro e o protótipo de 4,32% e entre o pluviômetro e o pluviógrafo de sifão de 2,72%.

4.1.8 Precipitação ocorrida entre 23 e 24/03/2006

A Tabela 9 apresenta a precipitação ocorrida entre os dias 23 e 24/03/2006.

Tabela 9 - Precipitação ocorrida entre 23 e 24/03/2006 e registrada pelo pluviômetro Ville de Paris, pelo pluviógrafo de sifão e pelo protótipo e o erro entre eles

DATA	A	B	C	ERRO ENTRE B e A	ERRO ENTRE C e A	ERRO ENTRE C e B
23/03/2006	1,0 mm	1,0 mm	0,9 mm	0 %	10,0 %	10,0 %
24/03/2006						

Nota: A - Pluviômetro Ville de Paris; B - Pluviógrafo de sifão (R. Fuess); C – Protótipo.

O gráfico gerado pelo pluviógrafo de sifão é apresentado na Figura 57.

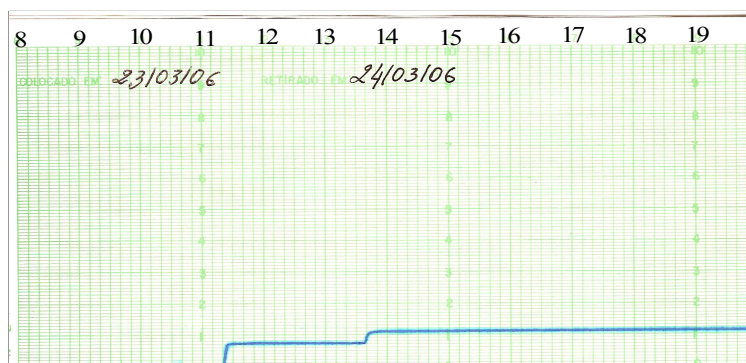


Figura 57 - Gráfico da precipitação registrada pelo pluviógrafo de sifão (R. Fuess) entre 23 e 24/03/2006.

O relatório em forma de gráfico gerado pelo programa Monitor, no dia 23/03/2006, é apresentado na Figura 58.

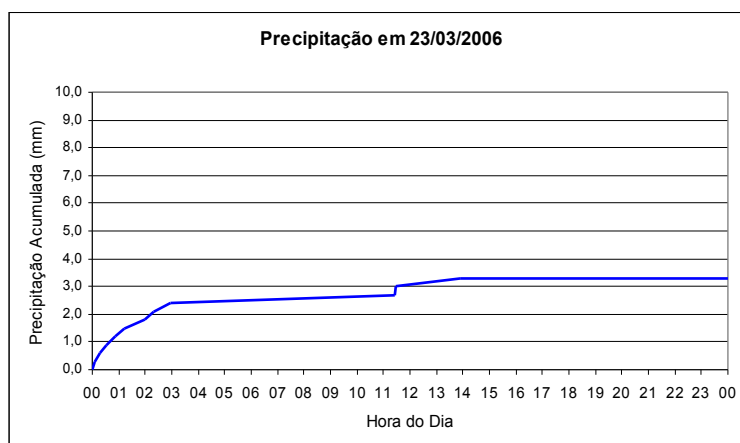


Figura 58 - Relatório em forma de gráfico da precipitação em 23/03/2006.

O gráfico apresentado na Figura 58, gerado pelos dados dos registros efetuados pelo protótipo, aparentemente está com a informação errada, se confrontado com a aparência do gráfico do pluviógrafo de sifão, Figura 57. Porém, o gráfico do protótipo traz a informação armazenada das 0h até as 24h do dia 23/03/2006 e, analisando-se os registros do arquivo gerado pelo Programa Monitor, encontram-se os seguintes dados antes das 9h, horário da leitura:

- 23/03/06 00:06:09 0.3 0,3
- 23/03/06 00:17:05 0.3 0,6
- 23/03/06 00:32:50 0.3 0,9
- 23/03/06 00:51:55 0.3 1,2
- 23/03/06 01:11:41 0.3 1,5
- 23/03/06 01:58:52 0.3 1,8
- 23/03/06 02:18:59 0.3 2,1
- 23/03/06 02:57:26 0.3 2,4

Depois das 9h, ocorreu uma nova precipitação, tendo sido gerado o seguinte arquivo:

- 23/03/06 11:25:40 0.3 0,3
- 23/03/06 11:27:48 0.3 0,6

➤ 23/03/06 13:53:46 0.3 0,9

Como o pluviógrafo de sifão registra a precipitação ocorrida entre 9h de um dia e 9h do dia seguinte, ele registrou 1 mm.

No gráfico da Figura 58 está mostrada a precipitação ocorrida entre o intervalo das 0h às 24h, conseqüentemente tem-se a soma de 2,4 mm ocorrida antes da leitura e os 0,9 mm ocorridos depois da leitura, perfazendo um total precipitado neste intervalo de tempo de 3,3 mm. Por isso a aparência do gráfico do protótipo (Figura 58).

Percebe-se uma diferença de 0,1 mm entre as medições do protótipo e dos outros dois instrumentos. Essa diferença pode ter sido originada por aderência do líquido às paredes do protótipo, pelo vento ou ainda pela irregularidade da precipitação, característica desse período do ano.

4.1.9 Precipitação ocorrida entre 24 e 25/03/2006

A Tabela 10 apresenta a precipitação ocorrida entre os dias 24 e 25/03/2006.

Tabela 10 - Precipitação ocorrida entre 24 e 25/03/2006 e registrada pelo pluviômetro Ville de Paris, pelo pluviógrafo de sifão e pelo protótipo e o erro entre eles

DATA	A	B	C	ERRO ENTRE B e A	ERRO ENTRE C e A	ERRO ENTRE C e B
24/03/2006						
25/03/2006	7,8 mm	8,2 mm	7,5 mm	5,13 %	3,85 %	8,5 %

Nota: A - Pluviômetro Ville de Paris; B - Pluviógrafo de sifão (R. Fuess); C – Protótipo.

Os gráficos gerados pelo pluviógrafo de Sifão são apresentados nas Figuras 59 e 60.

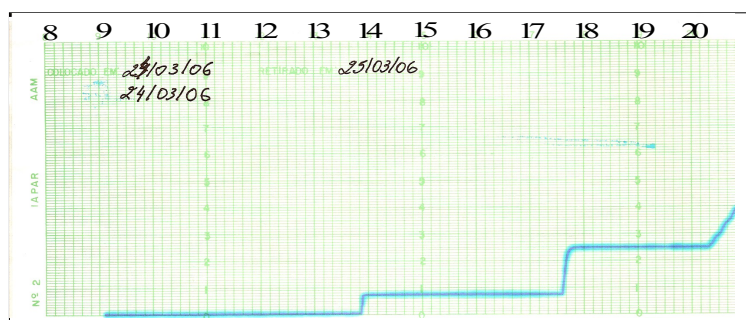


Figura 59 - Gráfico da precipitação registrada pelo pluviógrafo de sifão entre 24 e 25/03/2006, parte 1.

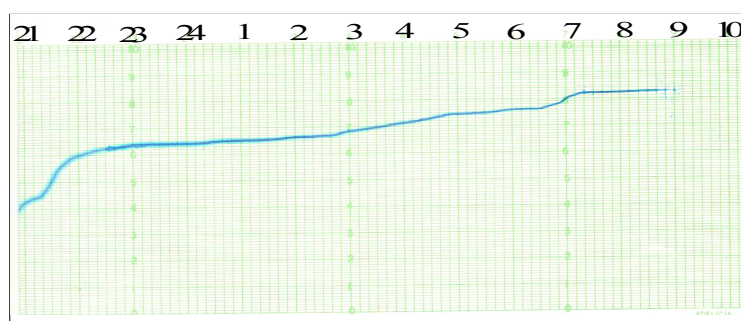


Figura 60 - Gráfico da precipitação registrada pelo pluviógrafo de sifão (R. Fuess) entre 24 e 25/03/2006, parte 2.

A representação em forma de gráfico, extraído dos dados do relatório armazenado pelo programa Monitor é apresentado na Figura 61.

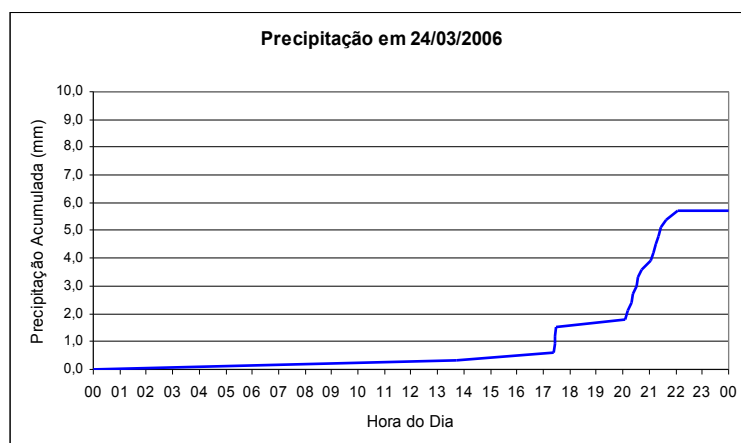


Figura 61 - Relatório em forma de gráfico da precipitação em 24/03/2006.

Os gráficos acima foram colocados da maneira apresentada para permitir a visualização de todo o fenômeno da precipitação que ocorreu de maneira lenta e gradual das 14h do dia 24 às 9h do dia 25/03/2006.

Nele se percebe a coincidência dos horários em que o fenômeno ocorreu, mostrando que o protótipo e o pluviógrafo de sifão estão em sintonia temporal para os registros pluviométricos.

4.1.10 Precipitação ocorrida entre 25 e 26/03/2006

A Tabela 11 apresenta a precipitação ocorrida entre os dias 25 e 26/03/2006.

Tabela 11 - Precipitação ocorrida entre 25 e 26/03/2006 e registrada pelo pluviômetro Ville de Paris, pelo pluviógrafo de sifão e pelo protótipo e o erro entre eles

DATA	A	B	C	ERRO ENTRE B e A	ERRO ENTRE C e A	ERRO ENTRE C e B
25/03/2006	5,8 mm	5,7mm	5,4mm	1,72%	6,90%	5,26 %

26/03/2006

Nota: A - Pluviômetro Ville de Paris; B - Pluviógrafo de sifão (R. Fuess); C - Protótipo.

Pelos dados da Tabela 11, verifica-se uma diferença de 0,3 mm entre o protótipo e o pluviógrafo de sifão e de 0,4mm entre o protótipo e o pluviômetro ville de Paris. Contudo, registre-se que havia 0,2 mm na báscula quando da efetiva leitura diária.

O gráfico gerado pelo pluviógrafo de Sifão é apresentado na Figura 62.

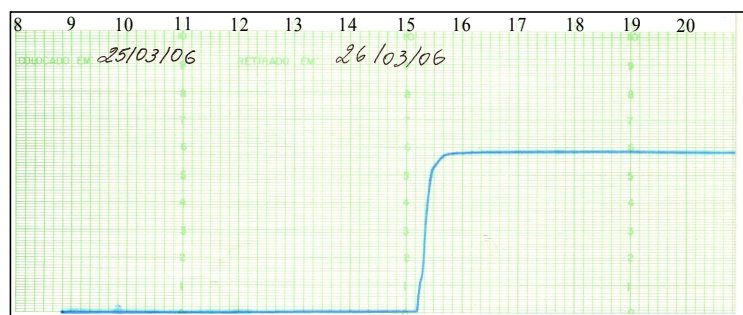


Figura 62 - Gráfico da precipitação registrada pelo pluviógrafo de sifão entre 25 e 26/03/2006.

Os dados extraídos do relatório do Monitor e colocados em forma de gráfico (Figura 63) fornecem a figura mostrada a seguir.

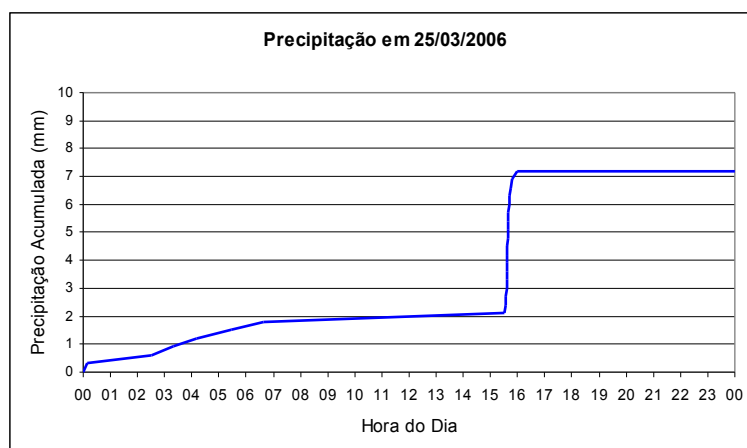


Figura 63 - Relatório em forma de gráfico da precipitação em 25/03/2006.

4.1.11 Precipitação ocorrida entre 28 e 29/03/2006

A Tabela 12 apresenta a precipitação ocorrida entre os dias 28 e 29/03/2006.

Tabela 12 - Precipitação ocorrida entre 28 e 29/03/2006 e registrada pelo pluviômetro Ville de Paris, pelo pluviógrafo de sifão e pelo protótipo e o erro entre eles

DATA	A	B	C	ERRO ENTRE B e A	ERRO ENTRE C e A	ERRO ENTRE C e B
28/03/2006						
29/03/2006	11,2 mm	11,3 mm	11,1 mm	0,89 %	0,89 %	1,77 %

Nota: A - Pluviômetro Ville de Paris; B - Pluviógrafo de sifão (R. Fuess); C - Protótipo.

A quantidade medida coincide entre o protótipo e o pluviógrafo de sifão. Entre o pluviômetro e o protótipo existe uma diferença percentual de 0,89%.

4.1.12 Precipitação ocorrida entre 09 e 10/04/2006

A Tabela 13 apresenta a precipitação ocorrida entre os dias 09 e 10/04/2006.

Tabela 13 Precipitação ocorrida entre 09 e 10/04/2006 e registrada pelo pluviômetro Ville de Paris, pelo pluviógrafo de sifão e pelo protótipo e o erro entre eles

DATA	A	B	C	ERRO ENTRE B e A	ERRO ENTRE C e A	ERRO ENTRE C e B
09/04/2006						
10/04/2006	2,6 mm	2,6 mm	2,4 mm	0 %	7,6 %	7,6 %

Nota: A - Pluviômetro Ville de Paris; B - Pluviógrafo de sifão (R. Fuess); C - Protótipo.

4.1.13 Precipitação ocorrida entre 14 e 15/04/2006.

A Tabela 14 apresenta a precipitação ocorrida entre os dias 14 e 15/04/2006.

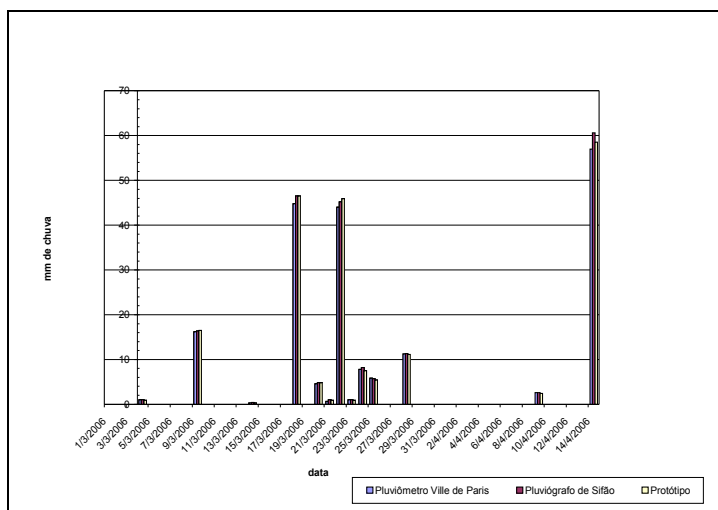
Tabela 14 - Precipitação ocorrida entre 14 e 15/04/2006 e registrada pelo pluviômetro Ville de Paris, pelo pluviógrafo de sifão e pelo protótipo e o erro entre eles

DATA	A	B	C	ERRO ENTRE B e A	ERRO ENTRE C e A	ERRO ENTRE C e B
14/04/2006						
15/04/2006	57,0 mm	60,6 mm	58,5 mm	5,94 %	2,56 %	3,46 %

Nota: A - Pluviômetro Ville de Paris; B - Pluviógrafo de sifão (R. Fuess); C - Protótipo.

4.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS

O Gráfico apresentado na Figura 64 apresenta o resumo das precipitações ocorridas no período de 01/03/2006 a 14/04/2006.



Outra dificuldade encontrada na construção do protótipo foi obter de apenas um sensor o sinal para alimentar o *software* e o contador eletrônico. Fato que levou a acrescentar um segundo sensor ao sistema. De tal forma que, de maneira independente, os pulsos gerados pelos sensores garantem uma maior confiabilidade no resultado da leitura das medições. Pois, se eventualmente houver uma falha de leitura do *software*, o resultado poderá ser confrontado com o número de pulsos apresentado pelo visor do contador eletrônico, que funciona como um totalizador da quantidade precipitada, ou seja, como um pluviômetro. Nessa opção, não há o registro do tempo em que ocorre a precipitação, somente a quantidade de operações realizadas pelo conjunto dos baldes básculas. Para se obter a quantidade precipitada basta multiplicar o número apresentado no visor por 0,3 que é o valor calibrado e medido a cada operação de descarte do sistema basculante.

A superfície do funil coletor tem características que permitem o escoamento da água com um mínimo de atrito e baixa aderência das gotas às paredes, contudo, pode-se melhorar o desempenho do sistema de coleta com outro tipo de pintura, que permita ainda menos aderência das gotas às paredes do instrumento.

O coletor de dados é capaz de registrar cada operação do sistema basculante através dos pulsos emitidos pelo sensor ótico, assim como o circuito eletrônico contador registra o número de operações do sistema basculante, permitindo assim, que este instrumento tenha duas possibilidades de medição da quantidade precipitada:

- 1) pela leitura apresentada no visor do contador eletrônico e;
- 2) por meio do *software* do sistema de aquisição de dados.

Erros de medida poderão ocorrer durante chuvas pesadas, se uma quantia significativa de água escorrer pelo sistema, enquanto a báscula estiver no processo de inclinação e descarga. Uma certa quantidade de chuva fluirá na báscula que já encheu e começou a inclinar para baixo. O movimento da água influencia numa maior rapidez de descarga, fazendo com que alguma quantidade não seja medida.

A água poderá evaporar da báscula quando o tempo entre os fenômenos de chuva ocorrerem em períodos muito longos.

Outros erros poderão ser: o resultado de vento, sombras produzidas por construções muito próximas, turbulência de ventos no orifício de coleta em ventos fortes extremos, capacidade desigual dos compartimentos da báscula como o resultado de nivelação pobre e geadas ou, ainda, pela diminuição do fluxo de saída da chuva por causa do acúmulo de sujeira.

Com o tempo, a báscula poderá apresentar sintomas de oxidação, podendo alterar o seu peso e conseqüentemente alterar a quantidade de água que vai ser medida.

O aumento do atrito por desgaste natural durante períodos longos de operação, seja por oxidação, ou falta de lubrificação, podendo não acontecer a oscilação completa da báscula ou eventualmente não ocorrer o descarte da água coletada.

A deterioração da solda na parte interna da báscula, fazendo com que ocorra a passagem de água de uma parte para outra trazendo como conseqüência a medida de uma pequena quantidade de água ou mesmo a ausência direta da medida.

A maioria dos efeitos acima citados evidentemente tenderá a reduzir a quantia de precipitação medida.

5 CONCLUSÕES

As conclusões obtidas nas condições em que foram realizados os testes de laboratório e de campo foram as seguintes:

- com o pluviógrafo de caçambas basculantes é possível medir um valor de precipitação mínima de 0,3 mm.
- o programa computacional desenvolvido para coletar os dados permite o registro dos dados e atendeu ao propósito para o qual foi elaborado.
- o desempenho do sistema basculante é sensivelmente influenciado pelo tipo de precipitação.
- o circuito contador permite realizar a contagem de pulsos emitidos, por um dos sensores óticos, possibilitando assim, um confronto de informações da quantidade precipitada entre o *display* do contador e o registro efetuado pelo *software*.
- A utilização ou a escolha da báscula com a capacidade para 0,3 mm de água permitiu uma boa precisão das medidas, pois nas situações em que ocorreu precipitação mais intensa, respondeu bem às solicitações, não apresentando grandes divergências de medição com relação ao padrão.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, Ramon Costa; SANS, Luiz Marcelo Aguiar; MARQUES, João José Granate de Sá e Melo; CURI, Nilton. 2003. **Índices de erosividade da chuva, perdas de solo e fator de erodibilidade para dois solos da região de Sete Lagoas**. Pesquisa em andamento. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/pesq2498.html>. Acesso em 20/11/2003

CALBETE, Nuri O; CALBETE, Sérgio R.; ROZANTE, José Roberto; LEMOS, Carlos Fernando. **Precipitações intensas ocorridas no período de 1986 a 1996 no Brasil**, 1996. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br>. Acesso em: 19/11/2003.

CARVALHO, Adriana Rosa; SCHLITTLER, Flávio Henrique Minguante; TORNISIELO, Valdemar Luiz. Relações de atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. **Química Nova**, São Paulo, set./out. 2000, v.23, n. 5, p. 618-622.

CHANG, M. **Laboratory notes** – Forest hydrology. The school of forestry: Nacogdoches: Stephen F. Austin University, 1982. 203 p.

GARCEZ, Lucas Nogueira; ALVAREZ, Guillermo Acosta. **Hidrologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

MALVINO, Albert Paul. **Eletrônica**. 1 ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1987. v. 1.

MARQUES, Ângelo Eduardo B. **Dispositivos semicondutores**: diodos e transistores. 4 ed. São Paulo: Érica, 1998.

NOVALYNX **Corporation calibration accessories** USA. Disponível em: www.novalynx.com. Acesso em: 20 de novembro de 2005.

PEREIRA, Flavio José de Souza. **Construção de uma bancada de ensaio e avaliação de um sistema de mensuração da produtividade de grãos**. Piracicaba – SP, 2002. 109 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo.

REPELLI, Carlos. Meteorologia é uma questão de ciência. **Revista Ciência On-line**. n. 2. mar./mai 2002. Disponível em: http://www.cienciaonline.org/revista/01_02/meteorologia/index.html. Acesso em: 07 de maio de 2005.

SOUSA PINTO, Nelson L. de, HOLTZ, Antonio Carlos Tatit, MARTINS Jose Augusto e GOMIDE, Francisco Luiz Sibut: **Hidrologia básica**. 8 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

TUCCI, Carlos E. M.: **Hidrologia**. 2. ed. Porto Alegre, RS: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997.

VILELA, A. A. Luis. **Metodologia para dimensionamento de um sistema de pulverização acoplável a pivô central**. Piracicaba, 2002, 82 f. Tese (Doutorado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura “ Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)