

USP

Campus de São Carlos

**PROJETO E CONSTRUÇÃO DE
UM AMOSTRADOR SEQUENCIAL
AUTOMÁTICO DE CHUVA**

Valéria Campos Pimentel

Orientador: Prof. Dr. Fazal Hussain Chaudhry

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



**ESCOLA DE ENGENHARIA
DE SÃO CARLOS**

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP

EXEMPLAR REVISADO

Data de entrada no Serviço: 03 / 06 / 02

Ass.: *Amw*

**PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM
AMOSTRADOR SEQÜENCIAL AUTOMÁTICO
DE CHUVA**

Valéria Campos Pimentel

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Hidráulica e Saneamento.

DEDALUS - Acervo - EESC



31100036976

ORIENTADOR: Prof. Dr. Fazal Hussain
Chaudhry

São Carlos
2002

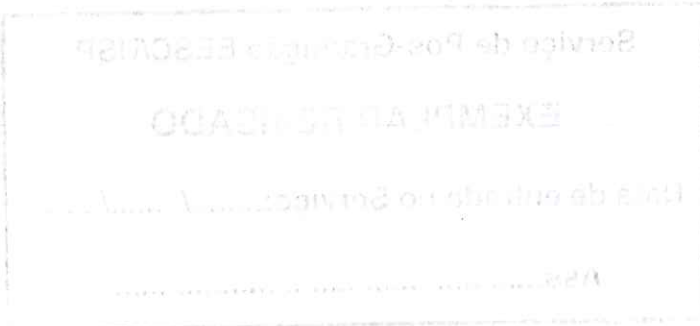


Class. TESE - EESC

Cutt. 4454

Tombo T 0157/02

Sysno 1250659



Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

P644p Pimentel, Valéria Campos
Projeto e construção de um amostrador seqüencial
automático de chuva / Valéria Campos Pimentel. -- São
Carlos, 2002.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de
São Carlos-Universidade de São Paulo, 2002.

Área: Hidráulica e Saneamento.

Orientador: Prof. Dr. Fazal Hussain Chaudhry.

1. Amostrador seqüencial de chuva. 2. Monitoramento
do ar. 3. Qualidade da água de chuva. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Engenheira **VALÉRIA CAMPOS PIMENTEL**

Dissertação defendida e julgada em 04-04-2002 perante a Comissão Julgadora:



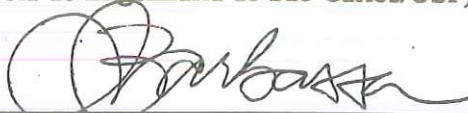
Prof. Tit. **FAZAL HUSSAIN CHAUDHRY (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADA



Prof. Tit. **JOSÉ ROBERTO CAMPOS**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

Aprovada



Prof. Dr. **ADEMIR PACELI BARBASSA**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

APROVADA



Prof. Associada **MARIA DO CARMO CALLJURI**
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação
em Engenharia (Hidráulica e Saneamento)



JOSÉ CARLOS A. CINTRA
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC

*ao meu querido marido André,
à amada filha Beatriz e à minha pequenina que está por chegar.*

Agradecimentos

Ao Professor Dr. Fazal Hussain Chaudhry pela orientação, paciência e apoio nas horas mais difíceis.

Aos Professores Luiz Antônio Daniel e José Roberto Campos pelas valiosas sugestões apresentadas na banca de qualificação.

Ao Professor Eduardo Pires pelo apoio e ajuda financeira através de recursos da Pós Graduação para a construção do equipamento.

Ao Professor André Carlos Ponce de Leon Ferreira de Carvalho pelo constante incentivo.

À Renata e ao Hélio que sempre estiveram presentes quando necessário.

Aos colegas, professores e funcionários do Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC/USP, especialmente ao Roberto, Wagner e ao Beto do CRHEA.

Aos funcionários da oficina mecânica da EESC.

As secretárias da Pós Graduação Sá e Pavi que sempre dispensaram muita atenção e amizade.

Ao Paulinho e Prof. Masiero do ICMC por cederem espaço para instalação do equipamento.

Sumário

Lista de Figuras.....	I
Lista de Tabelas.....	IV
Lista de Abreviaturas e Siglas.....	VI
Lista de Símbolos.....	VII
Resumo.....	VIII
Abstract.....	IX
Capítulo 1 –Introdução e Objetivos.....	1
Capítulo 2 -Revisão Bibliográfica.....	3
2.1 Monitoramento da Qualidade da Água.....	3
Capítulo 3 -Construção do Amostrador Seqüencial.....	34
3.1 Apresentação inicial do amostrador.....	34
3.1.1 Descrição do amostrador.....	34
3.1.2 Descrição do funcionamento do Amostrador.....	36
3.2 Determinação do volume das amostras	38
3.3 Descrição das partes constituintes do amostrador.....	40
3.3.1 A Tampa.....	40
3.3.2 O Funil.....	41
3.3.3 O Misturador.....	43
3.3.4 A Caixa.....	45
3.3.5 O Reservatório.....	47
3.3.6 A Mesa Giratória.....	50
3.4 Consideração Final.....	53

Capítulo 4 – O Sistema Eletrônico do Amostrador Seqüencial.....	54
4.1 – Acionadores do Sistema.....	54
4.1.1 -Acionador da tampa.....	54
4.1.2 -Acionador das válvulas solenóides.....	56
4.1.3 -Acionador da mesa.....	56
4.1.4 -Acionador do fim da medição.....	56
4.2 Os Circuitos Eletrônicos.....	57
Capítulo 5- Testes com o Amostrador Seqüencial.....	59
5.1 – Testes em Laboratório.....	59
5.1.1 – Testes das partes mecânicas	59
5.1.2 – Teste volumétrico.....	61
5.2 – Teste de Campo.....	79
5.3 – Considerações Finais.....	86
Capítulo 6 - Conclusões.....	88
Anexo A – Determinação da área do coletor.....	90
Anexo B –Análises Químicas.....	92
Anexo C - Testes de verificação do volume da amostra e teste de determinação da intensidade pluviométrica.....	97
Capítulo 7 – Referências Bibliográficas.....	100

Lista de Figuras

Figura 2.1 Foto do corpo do Amostrador	05
Figura 2.2 Amostrador e alguns componentes internos	05
Figura 2.3 Diagrama de Operação do Amostrador.....	06
Figura 2.4 Vista geral do Amostrador	08
Figura 2.5 Detalhe da válvula de vidro.....	08
Figura 2.6 Vista do sistema de distribuição da água nas garrafas pela mesa giratória.....	11
Figura 2.7 Vista do conjunto: funil, mesa e garrafas.....	11
Figura 2.8 Esquema geral do amostrador.....	12
Figura 2.9 Amostrador desenvolvido por Volchock.....	13
Figura 2.10 Detalhe do sensor colocado sobre a cobertura do amostrador..	14
Figura 2.11 Vista interna da unidade coletora.....	15
Figura 2.12 Vista do amostrador com a tampa fechada.....	18
Figura 2.13 Vista da tampa na posição aberta e do sensor de chuva.....	19
Figura 2.14 Vista interna do coletor mostrando as garrafas.....	19
Figura 2.15 Vista geral do amostrador de	20
Figura 2.16 Coletor Sierra Misco Model2500E.....	24
Figura 2.17 Estação coletora de chuva e neve.....	25
Figura 2.18 Coletor “ <i>Viking Hyetometer</i> ”	25
Figura 2.19 Estação Meteorológica- Locais tipo 2.....	26
Figura 2.20 Estação Meteorológica Locais classe1.....	27
Figura 2.21 Vista lateral e em corte de um coletor de chuva para navios...	28
Figura 2.22 Uso de um contator de chuva para navios.....	29
Figura 2.23 Equipamento AR-811 desenvolvido pela Horiba, Ltda.....	30
Figura 3.1 Fluxograma das partes do amostrador.....	35
Figura 3.2 Amostrador com a tampa retangular aberta.....	37
Figura 3.3 Isométrica da tampa.....	40

Figura 3.4 Vista superior do amostrador com a tampa aberta.....	41
Figura 3.5 Vista frontal dos funis.....	42
Figura 3.6 Conexão entre os funis.....	42
Figura 3.7 Detalhe da união dos funis.....	42
Figura 3.8 Vista da união dos funis.....	43
Figura 3.9 Misturador da água vinda dos funis.....	44
Figura 3.10 Funis encaixados na junção em p.v.c.....	44
Figura 3.11 Peça de união entre o misturador e a válvula solenóide.....	45
Figura 3.12 Vista geral do amostrador.....	46
Figura 3.13 Desenho da face frontal da caixa com dimensões	47
Figura 3.14 Reservatório com sensor de pressão e válvulas solenóides.....	48
Figura 3.15 Reservatório com as válvulas solenóides e o sensor de pressão.....	49
Figura 3.16 O sensor de pressão.....	49
Figura 3.17 Mesa giratória.....	50
Figura 3.18 Detalhe da altura da mesa.....	50
Figura 3.19 Vista do eixo que rotaciona a mesa e do conjunto de polias.....	51
Figura 3.20 Detalhe da montagem das polias.....	51
Figura 3.21 Vista da mesa com as garrafas e gabarito	52
Figura 4.1 Vista superior do sensor de chuva.....	55
Figura 4.2 Vista inferior do sensor de chuva	56
Figura 4.3- Vista interna da caixa plástica com os componentes eletrônicos	57
Figura 4.4 Esquema indicativo do posicionamento dos componentes eletrônicos.....	58
Figura 5.1 Gráfico do 1º teste da variação do volume nas garrafas	63
Figura 5.2 Gráfico do 2º teste da variação do volume nas garrafas	65
Figura 5.3 Gráfico do 3º teste da variação do volume nas garrafas	67
Figura 5.4 Gráfico do 4º teste da variação do volume nas garrafas	69
Figura 5.5 Gráfico do 5º teste da variação do volume nas garrafas	71
Figura 5.6 Gráfico do 4º teste da variação do volume nas garrafas	73
Figura 5.7 Gráfico comparativo entre os 6 testes de volume	75

Figura 5.8 Média dos valores determinados para cada teste de volume.....	76
Figura 5.9 Curva de calibração para determinação do volume médio	78
Figura 5.10 Curva de calibração para determinação do volume mínimo	78
Figura 5.11 Pluviógrafo – IH.....	80
Figura 5.12 Gráfico dos valores de intensidade de chuva para 5 amostras.....	82
Figura 5.13 Gráfico de comparação entre a chuva coletada no amostrador automático e o pluviógrafo IH no dia 16/05/2001.....	84
Figura C1 Intensidade da chuva para o período das 15:30h às 19:10h medida no amostrador sequencial na EESC.....	91
Figura C2 Intensidade da chuva para o período das 15:30h às 19:10h medida no pluviógrafo IH- da Estação Climatológica da UFSCar.....	92

Lista de Tabelas

Tabela 2.1- Apresentação de variáveis dos equipamentos desenvolvidos por seus respectivos autores.....	32
Tabela 2.2- Apresentação de outras variáveis dos equipamentos desenvolvidos por seus respectivos autores	33
Tabela 3.1 Determinação dos volumes a partir das análises químicas.....	38
Tabela 3.2 Tabela 3.2: Análises químicas sugeridas para avaliação da qualidade da água de chuva.....	39
Tabela 5.1 Determinação do volume, tempo de descarte e tempo de giro da mesa para cada amostra.	62
Tabela 5.2 Determinação do volume, tempo de descarte e tempo de giro da mesa para cada amostra.....	64
Tabela 5.3 Determinação do volume, tempo de descarte e tempo de giro da mesa para cada amostra.....	66
Tabela 5.4 Determinação do volume, tempo de descarte e tempo de giro da mesa para cada amostra.....	68
Tabela 5.5 Determinação do volume, tempo de descarte e tempo de giro da mesa para cada amostra.....	70
Tabela 5.6 Determinação do volume, tempo de descarte e tempo de giro da mesa para cada amostra.....	72
Tabela 5.7 Determinação de alguns parâmetros estatísticos.	74
Tabela 5.8 Determinação do volume em função de porcentagens estabelecidas na tela do programa	77
Tabela 5.9 Determinação do volume médio em função de porcentagens estabelecidas na tela do programa	77
Tabela 5.10 Descrição das observações e providências tomadas para aumentar a eficiência do amostrador sequencial	81

Tabela 5.11 Determinação da intensidade (mm/min.) em um evento de precipitação ocorrido no dia 15/05/2001 das 0:02 às 11:24h no CRHEA.....	82
Tabela 5.12 Determinação da intensidade (mm/min.) em um evento de precipitação ocorrido no dia 16/05/2001 das 11:48 às 18:22h no CRHEA.....	83
Tabela 5.13 Determinação da intensidade (mm/min.) em um evento de precipitação ocorrido no dia 16/05/2001 das 11:50 às 18:20h. no CRHEA.....	83
Tabela B1 Volume necessário em função de cada análise química.....	92
Tabela C1 Evento de precipitação ocorrido no dia 15/12/2001 durante o período das 14:46 às 19:10 na EESC	96
Tabela C2 Evento de precipitação ocorrido no dia 15/12/2001 durante o período das 14:40 às 19:10 na Estação Climatológica da Universidade Federal de São Carlos	97

Lista de Abreviaturas e Siglas

EESC - Escola de Engenharia de São Carlos

UFSCar – Universidade Federal de São Carlos

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

NYSDEC - New York State Department of Environmental Conservation

DEC - Department of Environmental Conservation

NASA - National Aeronautics and Space Administration

Lista de Símbolos

ng- nanograma

kg- kilograma

h- hora

min- minutos

seg- segundos

mm- milímetro

ml- mililitro

cm²-centímetro quadrado (área)

cm³-centímetro cúbico (volume)

m³- metro cúbico (volume)

i(mm/h)- intensidade de chuva

Resumo

PIMENTEL, V.C. (2002). *Projeto e Construção de um Amostrador Seqüencial Automático de Chuva*. São Carlos, 2002. 102 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

O presente trabalho envolveu o projeto e a construção de um amostrador seqüencial automático de chuva considerando a deposição úmida. Para isso, o amostrador seqüencial fornece um volume escolhido em função de análises químicas previamente estabelecidas. O amostrador seqüencial faz a coleta da deposição úmida, que é a chuva precipitada sobre um coletor inicialmente tampado. Este procedimento adotado é de fundamental importância para a avaliação das condições de poluição presentes na atmosfera. Através deste amostrador seqüencial, também é possível determinar a intensidade da chuva para o evento considerado, ou seja, é possível avaliar se a chuva precipitada é forte ou fraca. O planejamento do amostrador seqüencial automático de chuva foi baseado em diversos amostradores encontrados na literatura, os quais visavam o monitoramento para diferentes objetivos. O processo de desenvolvimento e construção foi bem sucedido, uma vez que todas as fases foram executadas de modo que o processo de coleta das amostras ocorreu com sucesso. Foram coletados alguns eventos de chuva possibilitando estimar as respectivas intensidades pluviométricas, ou seja, avaliar para o tempo considerado qual foi o tipo de chuva, se foi forte ou fraca. Para uma coleta específica, o amostrador foi exposto a um evento de chuva muito intenso, funcionando conforme o esperado. Os registros foram 290 ml de volume de amostra, coletados em uma área de 1230 cm², em um tempo de 1,12 min apresentando intensidade de 2,1 mm/min. Esse resultado indica um valor muito alto de intensidade.

Palavras-chave: amostrador seqüencial de chuva; monitoramento do ar; qualidade da água de chuva.

Abstract

PIMENTEL, V.C. (2002). *Design and Construction of an Automatic Sequential Rainfall Sampler*. São Carlos, 2002. 102 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

The present work involved the design and construction of an automatic sequential rainfall sampler, with the goal of evaluating the quality of rainfall water. For such, the sequential sampler supplies a chosen volume taking into account the chemical analysis previously defined. The sequential sampler performs the collection of humid deposition, which is the precipitated rain that falls on a collector initially covered. This adopted procedure is of fundamental importance for the evaluation of the pollution conditions present in the atmosphere. Through this sequential sampler, it is also possible to define the rainfall intensity for the event considered, i.e., it is possible to evaluate if the precipitated rain is heavy or light. The planning of the automatic sequential rainfall sampler was based on several samplers found in the literature, which aimed the monitoring due to different goals. The design and construction processes were successful, once all the phases were performed and the sample collection process occurred with success. Some events were collected and their respective pluviometric intensities were measured, i.e., evaluate for the considered time which was the rain type, if it was heavy or light. For a specific collection the sampler was exposed to a very intense event of rain, working as expected. The records were 290 of sample volume, collected in an area of 1230 cm², during a period of 1.12 min, with intensity of 2.1 mm/min. This result indicate a value of very high intensity.

Keywords: sequential rainfall sampler; air monitoring; rainfall water quality.

Capítulo 1 –Introdução e Objetivos.

Com o crescimento das indústrias e o aumento do número de veículos nas cidades de médio e grande porte, os níveis de poluição na atmosfera tiveram acréscimo considerável, a ponto de se ter a necessidade de gerenciar a qualidade do ar. Como consequência desta poluição, partículas mais densas caem na superfície e outras mais leves, ficam suspensas no ar.

Ocorrendo o evento de precipitação essas partículas suspensas são carregadas para a superfície da terra, lavando o ar. Dependendo das substâncias presentes no ar, essas reagem com as gotículas de água na atmosfera, e alteram a qualidade da água da chuva. Uma vez, a água com qualidade alterada, pode haver a contaminação de outras fontes como, por exemplo, mananciais de água de abastecimento público, rios, lagos, podendo também queimar as copas das árvores e causar a deterioração de modo mais intenso de monumentos históricos.

A necessidade de se fazer a medição da chuva

Há 2000 anos, em alguns países da África e Ásia, desenvolveu-se um método para aproveitamento da água de chuva para o abastecimento doméstico e para a agricultura, que é o confinamento da água de chuva vinda de superfícies sendo armazenada em local arejado. Esse local é denominado cisterna. As cisternas tinham capacidade para armazenar variando de 200 até 2000 m³, conforme encontrado no norte do Egito. Assim pode-se ter uma idéia do valor da água da chuva para algumas comunidades.

Atualmente, a importância da qualidade da água de chuva tem posição de destaque nos chamados países do primeiro mundo, visto que os volumes de água disponíveis para o consumo estão prejudicados ao longo das próximas décadas.

Como se sabe, uma das formas de reposição de água no ecossistema é a precipitação. Portanto, é necessário proceder-se no sentido de obter amostras para avaliação da qualidade da água da chuva, razão pela qual foi desenvolvido o amostrador sequencial automático de chuva. No Brasil, os amostradores utilizados são importados e ainda não se tem algo semelhante.

Assim, objetivou-se planejar e executar um amostrador sequencial automático com finalidade de coletar um número adequado de amostras de chuva durante eventos característicos em termos de duração e intensidade de precipitação. Ainda, objetivou-se também assegurar que seja coletado volume suficiente para a realização de análises químicas mais relevantes à qualidade da água precipitada.

O amostrador a ser desenvolvido deveria ter além de outras propriedades, a de coletar apenas a deposição úmida, o que exige que o amostrador se expõe aos eventos de precipitação no momento que esta ocorrer.

A presente dissertação descreve em capítulos posteriores, detalhes de diversas fases do desenvolvimento do amostrador.

O Capítulo 2 aborda alguns trabalhos da literatura relacionados ao desenvolvimento de amostradores de água, como, por exemplo, um amostrador automático de chuva para avaliar componentes orgânicos presentes na chuva. É realizado no Capítulo 3 o detalhamento das fases construtivas do amostrador e o da parte eletrônica no Capítulo 4. Já no Capítulo 5, são realizados testes de funcionamento da parte mecânica e eletrônica, e registros de alguns eventos de chuva. No último capítulo, é relatada a performance do amostrador sequencial.

Capítulo 2- Revisão Bibliográfica

Na década de 1970, houve grande número de trabalhos chamando a atenção para o problema de qualidade da água das chuvas. Esta época marca o início da formação de uma consciência mundial sobre os problemas decorrentes do crescimento da poluição atmosférica provocado pelas atividades urbanas e industriais. Diversos programas de pesquisa tiveram início nos Estados Unidos e países da Europa voltados para a determinação da qualidade do ar, causas da chuva ácida e os seus efeitos sobre a vida na Terra. Os trabalhos de qualidade da água de chuva relacionados aos recursos hídricos enfocaram principalmente o aspecto de aproveitamento de águas de abastecimento urbano. Neste capítulo, após uma breve introdução ao monitoramento da qualidade das águas, serão discutidos trabalhos encontrados na literatura sobre coletores de água de chuva, objeto deste trabalho.

2.1 Monitoramento da Qualidade da Água

A amostragem da chuva para determinar o volume de precipitação e sua intensidade é realizada rotineiramente pelos serviços hidrometeorológicos por meio de pluviômetros e pluviógrafos. Enquanto o pluviômetro registra o volume de precipitação de água de chuva em uma região em um dado período, o pluviógrafo registra continuamente a altura pluviométrica e o tempo, permitindo calcular a variação da intensidade no tempo.

A composição química da água de chuva é fortemente afetada pelos poluentes presentes no ar. Para que sua composição possa ser analisada, a água de chuva precisa ser coletada.

A coleta da água de chuva, também chamada de coleta de deposição, pode ser classificada como coleta de deposição úmida (*wet collection*) ou coleta de deposição seca (*dry collection*). A coleta de deposição úmida é aquela que utiliza a água da chuva como meio de transporte para carregar os particulados presentes no ar. A coleta de deposição seca, por sua vez, utiliza a água da chuva para carregar particulados depositados sobre uma superfície. Se, por exemplo, a coleta de chuva de uma área for um funil e este estiver tampado no início da precipitação, e logo a seguir for destampado, é caracterizada então uma coleta de deposição úmida. Se o funil não tiver tampa, a coleta incluirá então deposição seca além da deposição úmida.

A coleta da deposição úmida dos constituintes químicos estranhos ao ar pode ser feita volumetricamente por meio de amostradores automáticos que armazenam a amostra ou uma seqüencia de amostras de água de chuva durante um dado período de tempo.

A maioria dos amostradores volumétricos de deposição úmida de substâncias emprega uma tampa que se abre automaticamente no início da chuva e se fecha após o termino da mesma.

Exemplos de amostradores deste tipo podem ser encontrados em HUMPHREY (1961), VOLCHOK et al.(1976) e em um relatório técnico da BATTELLE PACIFIC NORTHWEAT LABORATORIES (1977).

Para vários experimentos é necessária a utilização de mais de um vasilhame para o armazenamento da água coletada. Com isto, a fim de facilitar a coleta é necessário dispor de um local para colocar os vasilhames. Adota-se muitas vezes uma mesa giratória a qual, geralmente, está ligada em um sistema mecânico para a troca dos vasilhames.

Um dos primeiros amostradores seqüenciais de chuva utilizando troca mecânica de vasilhames foi apresentado por SAUCIER et al (1965). Ele foi utilizado para a determinação da concentração de partículas radioativas, lixiviadas pela chuva.

GATZ et al. (1971) aprimoraram o amostrador de Saucier para tornar o equipamento mais autônomo. O amostrador desenvolvido por GATZ et al. (1971) obtinha amostras variáveis, de 500ml a 1000ml, através de ajustes mecânicos. Este amostrador é apresentado na FIGURA 2.1. O volume de água a ser coletado era

determinado pelos tipos de análises a serem feitas. A área de coleta do funil era de 1m^2 , possibilitando uma coleta máxima de 70 amostras. A FIGURA 2.2 exhibe o funil e o amostrador internamente. Uma tabela de eventos foi usada para registrar o início e fim de cada amostra. A cada meia hora, um sinal é fornecido para uma caneta em sincronismo com um relógio. Antes da chuva, o marcador corre a $3,8\text{ cm/hora}$ para conservar o papel de registro. A primeira caçamba atua mais rapidamente que o marcador, $3,8\text{ cm/min}$, o que fornece um tempo de resolução necessário para computar ao próximo segundo. Este tempo exato, junto com a medida das amostras e a área do coletor, permite calcular a intensidade de chuva para cada amostra.

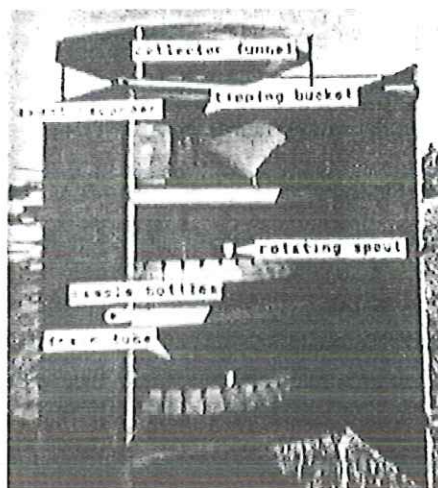


FIGURA 2.1 - Foto do corpo do amostrador.

Fonte: GATZ et al. (1971)

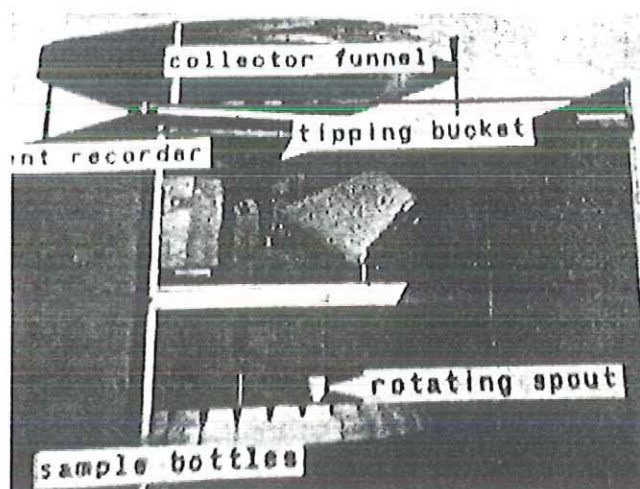


FIGURA 2.2 - Amostrador e alguns componentes internos.

Fonte: GATZ et al. (1971)

A seguir, a FIGURA 2.3 exibe um diagrama de operação do amostrador, ilustrando o seu funcionamento.

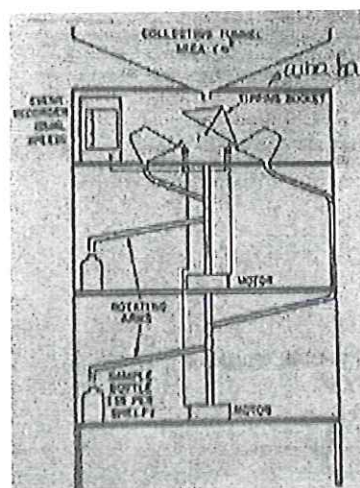


FIGURA 2.3 - Diagrama de operação do amostrador.

Fonte: GATZ et al. (1971)

GRAY et al. (1974) descreve um amostrador sequencial portátil, apresentado na FIGURA 2.4, para coleta de amostras menores com menores tempos de amostragem. Este amostrador era capaz de obter 50 amostras de 20ml (cada), através de vasilhames montados em uma mesa giratória em alumínio, que era inicialmente acionada por um sensor de som. A área de coleta do funil era de 500 cm².

O amostrador foi projetado para assegurar que as amostras de chuvas fracas fossem depositadas em intervalos de 5 minutos.

Abaixo do funil, está uma válvula de vidro com capacidade para 20 ml. Dentro da válvula existe um mergulhador de vidro, FIGURA 2.5, que é levantado por uma bobina, quando a válvula é acionada. Quando isso ocorre, a chuva coletada passa para o tubo de amostragem. Ao término deste processo a mesa gira, trazendo o próximo tubo de amostragem para a posição de coleta, e o processo se repete.

O processo de coleta é ativado por uma gota de chuva em contato com o diafragma, de 50 cm² de área, coberto por um altofalante o qual foi montado ao lado do funil coletor. A gota de chuva gera uma onda (pulso) no altofalante que é ampliada e passa direto sobre um transformador de impedância. Um pulso gerado

pelo altofalante passa através de um transformador de comparação de impedância e de lá para o controle de sensibilidade que estabelece o limiar de operação. O pulso é ampliado e passado dentro de um disparador *Schmitt* para modulação de forma que aciona o circuito lógico. Isto consiste em um tempo variável no qual, depois de um intervalo de tempo, de 0 a 5 minutos, um disparador fixou o tempo de 2 segundos. A amostra da chuva é armazenada na válvula solenóide durante todo o primeiro intervalo de tempo. O volume coletado depende do intervalo de tempo escolhido e da área do coletor. Durante os subsequentes 2 segundos a válvula solenóide é aberta e a amostra é descarregada em um tubo de vidro. Simultaneamente o motor “flip-flop” está ligado, começando a girar a mesa. A posição da mesa é monitorada por um sensor de luz, que está montado ao lado do coletor da amostra.

O detector de som e o funil de captura da chuva foram colocados sobre a tampa de acrílico de uma caixa transparente dentro da qual era montado o sistema de coleta.

Tendo em vista o pequeno volume de chuva captado, foram tomados cuidados no sentido de eliminar perdas por evaporação do volume armazenado. A introdução prévia de uma substância (duodecane) dentro dos vasilhames servia de inibidor de evaporação formando uma película uniforme sobre a superfície da água.

Entre as vantagens do amostrador, os autores ressaltam:

- 1) Possibilidade de operação com bateria para uso em qualquer localidade;
- 2) Operação automática sem necessidade de operador;
- 3) Instrumento portátil com apenas 18 kg e
- 4) Montagem relativamente barata.

Os dois amostradores seqüenciais incluem a deposição seca por deixar os funis de coleta expostos a atmosfera.

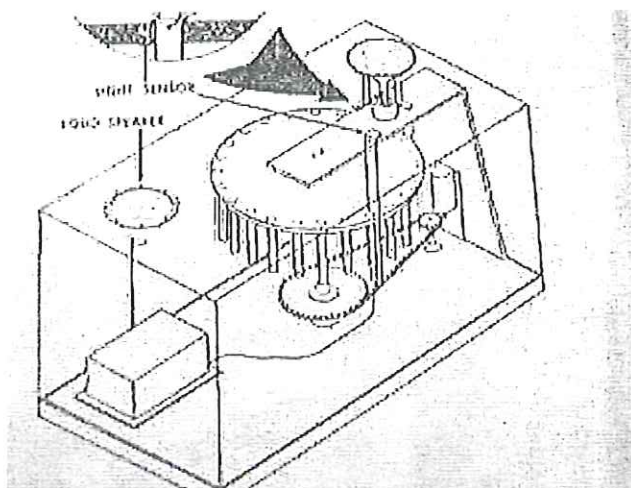


FIGURA 2.4 - Vista geral do amostrador.

Fonte: GRAY (1974)

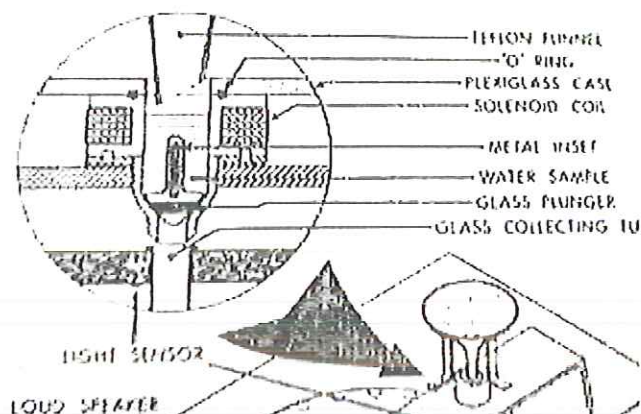


FIGURA 2.5 - Detalhe da válvula de vidro.

Fonte: GRAY (1974)

MILLER (1975) apresenta um amostrador automático de água de baixo custo. O autor ressalta a importância de sua construção para a avaliação da qualidade da água na agricultura. O amostrador desenvolvido por Miller visa identificar fontes de poluição da água com sedimentos, pesticidas, nutrientes contidos em fertilizantes e esterco, que deixam as fazendas durante o escoamento da água de chuva. Algumas destas substâncias podem se modificar rapidamente com a variação da temperatura. Portanto, é necessário que a amostra seja refrigerada e analisada o mais breve possível.

Dois amostradores como este foram testados em 13 eventos de escoamento, durante três dias, no serviço de pesquisa agrícola do Centro de Pesquisas em

Barragens, situado em Chicasha, Oklahoma, Estados Unidos. Amostras coletadas com este amostrador foram comparadas com amostras coletadas pelo Projeto Amostras de Sedimentação PS-66, da Agencia Interfederal Americana, que foram instalados nos mesmos locais de amostragem.

Este amostrador é dividido em duas partes. A parte superior consiste de um sifão volumétrico e uma unidade de controle; e a parte inferior é formada por uma mangueira presa a uma mesa giratória para fazer o descarte da água em vasilhames localizados sobre a mesa.

O amostrador é ativado por um sensor de nível de água. Um marcador de evento foi utilizado para gravar tempos de amostragem. Quando o sensor de nível de água estiver fechado, uma corrente de energia elétrica é aplicada na unidade de controle. A unidade de controle contém um circuito eletrônico, que consiste em uma rede de resistor/capacitor (R/C), transistores e reles de controles para o funcionamento mecânico do amostrador.

Um relógio de controle em circuito permite uma frequência de amostragem de 0,25, 0,50, 1, 2 e 6 horas. Uma frequência de amostragem de cinco minutos pode ser adicionada com um resistor. O circuito eletrônico também está programado para controlar a parte mecânica, junto com o relógio, controlando um ciclo de amostragem.

Uma bomba de água é ativada por um programa de computador e é desativada 60 segundos após um estado sólido do rele do circuito.

Um modelo opcional do controle do amostrador pode ser obtido, substituindo as funções de ciclos de tempo por um contato energizante em um outro amostrador. Este modelo é conveniente para a operação simultânea de dois amostradores com um sistema de bombeamento. Neste caso, um dispositivo de retardo é utilizado para energizar uma válvula solenóide.

Um cartão operacional controla o avanço do bocal da amostra através de um motor. As válvulas solenóide e o marcador de evento são ativados pelo cartão operacional depois que cada amostra é bombeada. Uma chave para automaticamente o amostrador depois que 24^a amostra for coletada. O equipamento funciona em corrente alternada de 120 volts, transmitindo para a bomba e para a unidade de

controle. Uma vez acionada a bomba, a água é distribuída por uma saída de 3/4" recalçando até 6m de altura. Segundo os autores, o sistema funcionou bem até os 1,8m.

Vinte e cinco segundos depois que a bomba é fechada, as válvulas solenóides são acionadas simultaneamente por vinte segundos e a amostra é descarregada de um sifão volumétrico para a garrafa de amostra de 600 ml. Para prevenir contaminação, o volume do funil é despejado completamente na garrafa até que a próxima amostra do ciclo seja coletada.

A unidade de controle consiste de três placas de circuito impresso. As principais estruturas da parte inferior e superior do amostrador podem ser fabricadas com qualquer material que seja adequado. Como exemplo, os autores citam a madeira. Eles observam, no entanto, que deve se ter o cuidado de pintá-la antes com uma tinta epoxi ou um verniz, para retardar a deterioração pela umidade.

A mesa giratória, tubo de despejo da amostra e a placa de distribuição foram feitos com um material resistente, transparente e leve, com 1/4 de polegada (0,6 cm). O sifão volumétrico consiste de dois tubos, dois cotovelos (de 90^o), junções e um T de cobre. Os conjuntos foram soldados com Sil-Foss, uma liga de prata e cobre de alta resistência. A seguir, as FIGURAS 2.5, 2.6 e 2.7 apresentam, respectivamente, uma visão mais próxima da mesa, a mesa com o sifão de distribuição e um esquema geral do amostrador.

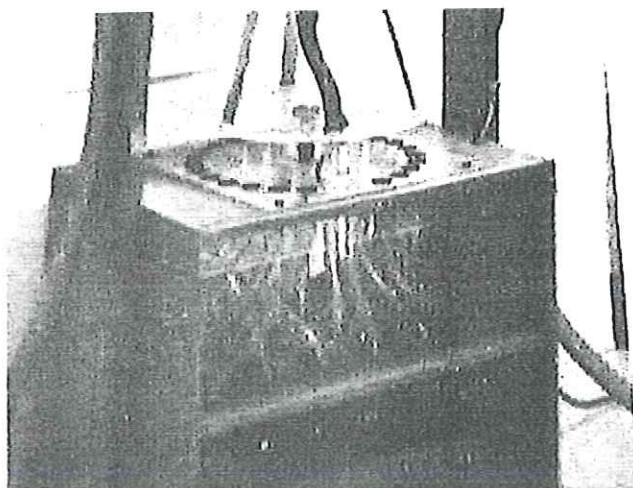


FIGURA 2.6 -Vista da distribuição da água nas garrafas, pela mesa giratória.

Fonte: MILLER (1975)

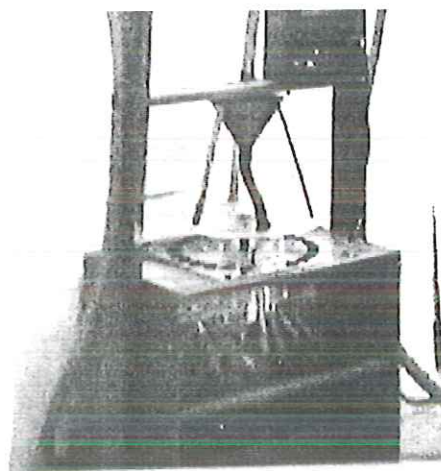


FIGURA 2.7 - Vista do conjunto: funil, mesa e garrafas.

Fonte: MILLER (1975)

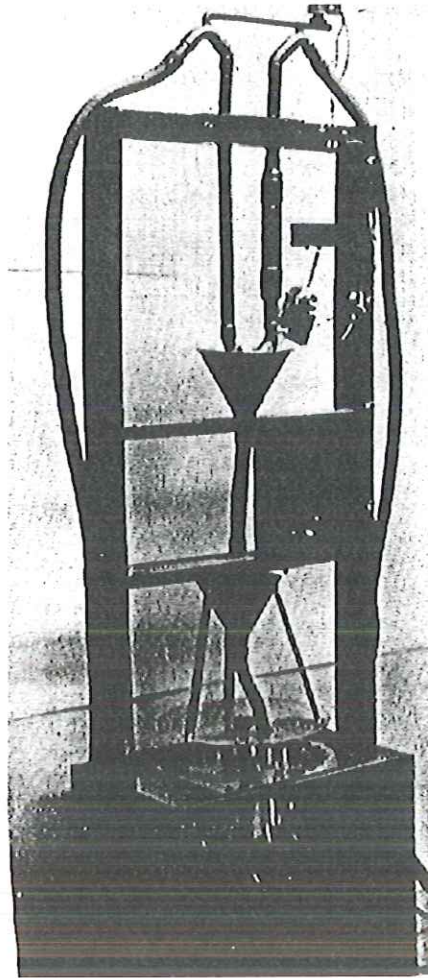


FIGURA 2.8 - Esquema geral do amostrador.

Fonte: MILLER (1975)

VOLCHOCK et al (1976) apresenta um equipamento que faz a coleta da deposição úmida e da deposição seca. Seu objetivo era determinar se esse equipamento era capaz de obter separadamente quantidades da deposição úmida e seca, e se podia operar confiavelmente durante longos períodos sem um controlador. Um equipamento similar, mas com a capacidade de realizar um maior número de tarefas, incluindo procedimentos químicos comparativos, foi desenvolvido na Universidade de Cornell, nos Estados Unidos.

O amostrador desenvolvido por Volchock et al (1976) é composto de dois coletores com uma tampa móvel, a qual fica sobre um dos coletores. Os coletores têm 30 cm de diâmetro. Sobre a tampa inclinada, existem dois sensores, um de cada

lado. Inicialmente foi utilizada uma placa de circuito impresso como ligada à um sensor, porém não apresentou bons resultados falhando sob diversas condições de poluição. O sistema utilizado para sensoriamento é um sistema tri-dimensional. A base da chapa foi isolada das barras paralelas por um colchão de ar delgado, aproximadamente 0.8mm. Qualquer corrente elétrica entre elas ativa o motor na base da unidade e um sistema de peso move a tampa para o pote de deposição seca. Quando o circuito é aberto, a tampa retorna a posição anterior. Empiricamente, este esquema parece discriminar razoavelmente bem entre precipitação aderente ao sensor por ação capilar e os agentes espúrios causadores de curto circuito tais como poeira e outro debris carregado pelo vento. Foram montados aquecedores abaixo dos sensores. Estes aquecedores eram acionados se a temperatura chegasse abaixo de 40 F, para derreter neve ou gelo acumulado no sensor; ou quando o instrumento estando no modo de coleta, de deposição úmida, para evaporar misturas vindas do sensor. Assim quando ajustado adequadamente, o coletor de deposição úmida pode ser exposto somente durante períodos contínuos de precipitação.

O equipamento é mostrado na FIGURA 2.9 e o sensor é mostrado na FIGURA 2.10.

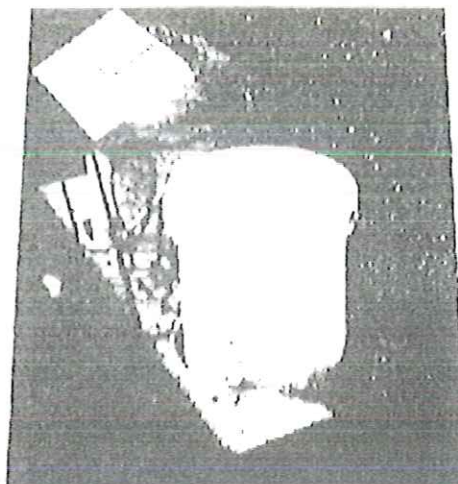


FIGURA 2.9 - Amostrador desenvolvido por Volchock.

Fonte: VOLCHOCK et al (1976)

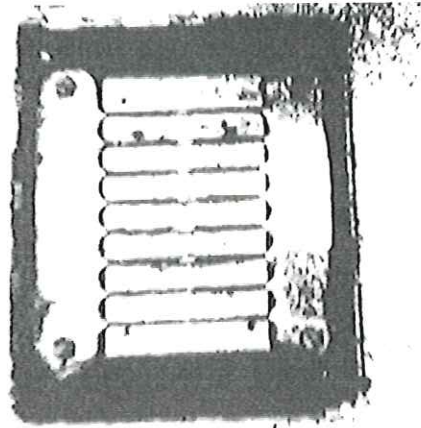


FIGURA 2.10 - Detalhe do sensor colocado sobre a cobertura do amostrador.

Fonte: VOLCHOCK et al (1976)

SCHREIBER et al. (1978), desenvolveram um coletor de chuva com abertura automática da tampa. Este amostrador foi construído a partir de um medidor do tipo Friez. Segundo os autores, o amostrador por eles desenvolvido é uma versão modificada do amostrador desenvolvido por BENTZ (1968). Por exemplo, este amostrador removeu os mecanismos de registro da chuva e de peso utilizados por Bentz. Além disso, a base interna do prato, para estes componentes, foi rebaixada.

O anel de entrada da chuva, o cone, o tubo, e o saco de armazenamento foram cobertos com uma resina plástica para eliminar a contaminação metálica. Schreiber utilizou a idéia de BENTZ (1968) no fechamento do amostrador. O circuito de sensoriamento foi modificado para funcionar na falta de um agente umidificador através da introdução de um circuito de disparo Schmitt entre a grade de sensoriamento e uma bobina de retardo de baixa voltagem. Este modelo, o qual pode ser visto na FIGURA 2.11, foi utilizado por nove anos. Durante este período, não apresentou falha eletrônica ou mecânica, porém foi necessária uma constante manutenção.

Segundo os autores, sedimentos na superfície coletora ou a própria corrosão decorrente da chuva ácida não constituiu problema sério. Após um ano de uso, a combinação de materiais condutiva, junto com a umidade, causou um mau funcionamento no circuito de abertura da tampa. Uma desvantagem deste tipo de

coletor é o baixo volume de chuva coletada. Aproximadamente 13 ml de água foram coletadas para 25 ml de chuva.

Para algumas análises, pode ser necessário determinar a distribuição temporal da chuva contaminante. Em regiões áridas e semi-áridas, o início da chuva vem acompanhado de ventos causando um movimento de poeira no ar. Em áreas urbanas ou industriais, materiais transportados pelo ar podem ser dissolvidos ou lavados, no começo de um evento de chuva frontal. Estas dificuldades podem ser superadas utilizando duas ou mais unidades de coleta programadas para abrir em sequência.



FIGURA 2.11 - Vista interna da unidade coletora.

Fonte: SCHREIBER et al. (1978)

Mais recentemente, RAYNOR E MCNEIL (1978) descrevem um amostrador construído no Brookhaven National Laboratory que coleta amostras de chuva para análise química. Este amostrador exclui a deposição seca sobre a área coletora entre eventos sucessivos de precipitação. Ele possui uma mesa giratória com trinta vasilhames. Os vasilhames são automaticamente trocados de forma periódica, a partir

do momento de abertura da tampa do funil. O corpo do amostrador é uma caixa construída com placas de alumínio (0,32 cm de espessura) em uma estrutura feita com cantoneiras (5,1cm x 5,1cm x 0,64cm). A caixa tem 1,52 m² e 63,5 cm de altura. Os lados da caixa são removíveis, para permitir acesso ao seu interior. Uma chapa com 40,6 cm de diâmetro foi usada para confeccionar o funil. Esta chapa foi colocada próximo ao canto da caixa suportada por uma moldura circular. O fundo da caixa foi fixado por rebites de metal soldados. O funil foi vedado com fita de aquecimento com 9,1 metros. O volume entre o funil e a moldura está recheado com um isolante para direcionar o calor para a superfície do funil. A fita de aquecimento é controlada termostaticamente para operar em temperaturas abaixo de 2° C, a fim de derreter precipitações congeladas.

Sobre o funil existe uma tampa móvel. A tampa é aberta com a precipitação, através do acionamento de um sensor de chuva. A área da tampa encerra 45,5 cm² com uma altura de 15,2 cm. O movimento da tampa é feito através de um braço pivotante, comandado por um motor que está dentro da caixa. Quando ativada, a tampa tem 8 segundos para sair da abertura do funil e 14 segundos para tampar o funil. O sensor de chuva é uma placa de 4,3 x 7,46 cm, localizada sobre a tampa. Pequenos aquecedores elétricos estão localizados sob o sensor de chuva. O aquecedor é ativado quando a tampa estiver aberta, para secar resíduos de gotas, após o final da precipitação e quando a temperatura do ar estiver abaixo de 4° C.

Dentro da caixa de alumínio está uma mesa giratória com 1,42m de diâmetro e 8,9 cm de altura. A mesa permite utilização de 30 garrafas de polietileno, de volume de 1,9 litros. Ela está montada dentro da caixa, a uma altura de 19,1 cm da face inferior. Cada giro da mesa é feito com um ângulo de 12° e demora 16 segundos para deixar a próxima garrafa sob o funil.

O amostrador é normalmente operado sobre um ciclo de tempo de uma hora, embora também possa ser operado com qualquer ciclo de tempo até 99 minutos trocando, manualmente, o tempo entre as trocas.

Da base do funil, a água passa através de um pequeno tubo de aço inoxidável inclinado para prevenir a acumulação de água e através de uma válvula solenóide antes de cair na garrafa que está na posição de amostragem. A válvula fecha

automaticamente durante o período de troca de garrafas para prevenir a perda de amostra e para evitar que a água entre dentro da caixa do amostrador. Embaixo da válvula solenóide existe um sensor de vazão consistindo de uma caixa contendo uma fonte de luz e uma fotocélula. Estes estão montados em tubos alinhados a 2,54 cm abaixo do topo da garrafa na posição de coleta. Se o nível da água tocar esta altura, a luz vinda do tubo é refletida da superfície da água para a fotocélula, ativando um circuito. Quando ativado, este circuito move a mesa posicionando a próxima garrafa para a coleta da amostra.

O amostrador foi colocado ao lado do prédio da meteorologia, onde estão montados um *display* e um painel de controle, que estão conectados ao amostrador através de cabos eletricos. O *display* indica o tempo de ciclo, a posição da tampa, o número de amostras previamente coletadas e o transcorrer do tempo desde o início de coleta e o número de amostras preenchidas. No painel estão dispostos dispositivos para resetar os últimos dois displays para zero depois que a precipitação tenha cessado e as amostras tenham sido removidas do amostrador.

Existe também um sistema de registro da chuva, localizado sob o painel display. Este sistema é ativado quando a tampa é aberta. Existe um outro registrador para registrar o tempo de giro da mesa para cada amostra. Assim, os tempos de início e fim de coleta para cada amostra e a duração da abertura da tampa, se menor do que uma hora inteira, são registradas para o minuto mais próximo. No mesmo registrador, também é feito o registro da quantidade da chuva com precisão de 0,25mm.

O funcionamento do amostrador pode ser decrito da seguinte maneira:

1. Antes do início de uma precipitação, uma garrafa é posicionada sob o funil, que está coberto e todos os circuitos estão inoperantes.
2. Uma gota de água, suficientemente grande para cruzar duas placas condutoras, ativa o circuito eletrônico de abertura da tampa, o qual causa a abertura da tampa, inicia o circuito de contagem de tempo e ativa a caneta de posição de cobertura no registrador de evento.
3. Se a precipitação parar e o sensor ficar seco durante um período especificado, a tampa se fechará, e a pena de registro da abertura da tampa voltará a posição

- desligada, mas o coletor continuará funcionando até o fim do do período especificado.
4. Ao mesmo tempo, a mesa será ativada, movendo a próxima garrafa para a posição de amostragem e ativando brevemente a caneta que marca a mudança de amostra no registrador de evento. Depois disso, a contagem de tempo para.
 5. Se a tampa ainda estiver aberta no final do período, a próxima garrafa se posicionará sob o funil, a caneta de mudança de amostra registrará o movimento no registrador de evento e a contagem do tempo continuará. Este processo se repetirá até que a cobertura se feche ou todas as trinta garrafas tenham sido utilizadas.
 6. Se isto ocorrer, a contagem do tempo pára e a tampa irá se fechar, para evitar uma exposição adicional das amostras, anteriormente expostas à precipitação. Se uma garrafa ficar cheia, o circuito de sobrecarga é acionado para trazer a próxima garrafa para a posição de amostragem.
- O amostrador foi operado com sucesso.

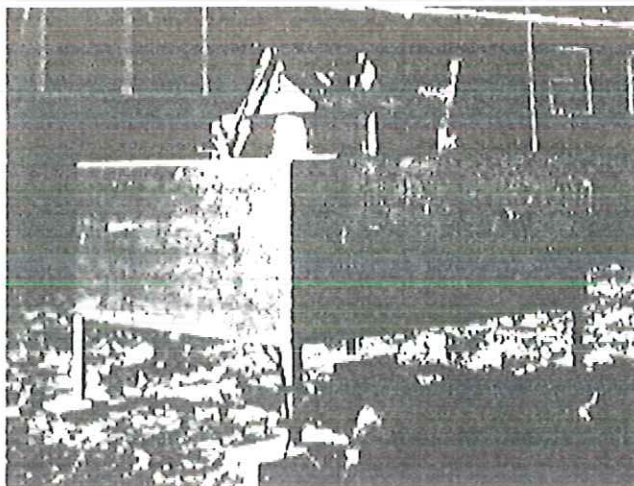


FIGURA 2.12 - Vista do amostrador com a tampa fechada.

Fonte: RAYNOR E MCNEIL (1978)

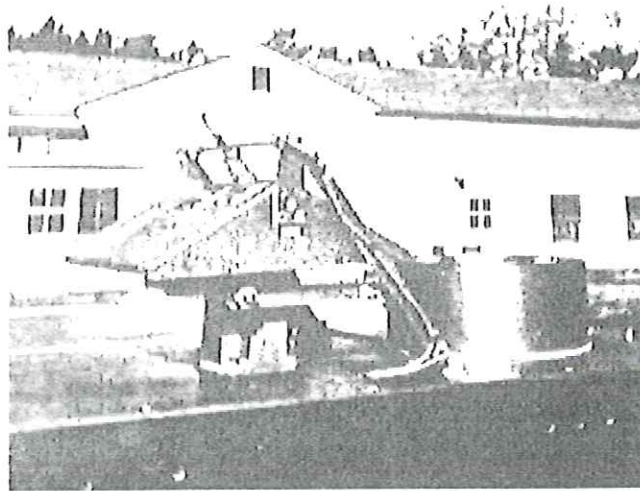


FIGURA 2.13 - Vista da tampa na posição aberta e do sensor de chuva.

Fonte: RAYNOR E MCNEIL (1978)

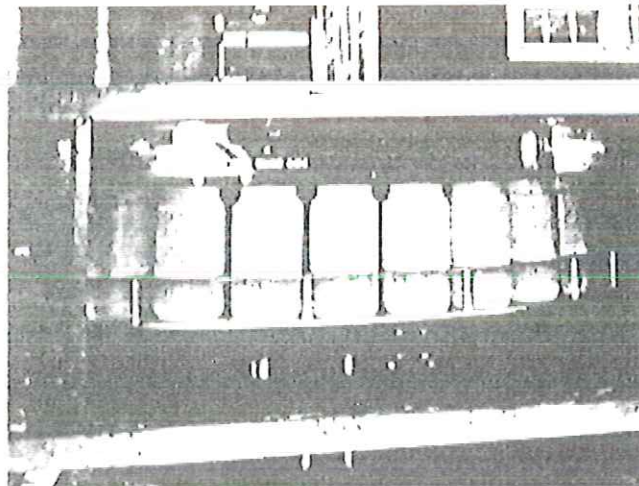


FIGURA 2.14 - Vista interna do coletor mostrando as garrafas.

Fonte: RAYNOR E MCNEIL (1978)

STRACHAN E HUNEUALT (1982) utilizaram um amostrador automático para avaliar a deposição atmosférica de substâncias químicas persistentes, que tem sido identificada como a principal forma de entrada destas substâncias dentro do ecossistema dos grandes lagos. Concentrações em várias amostras da biota, vindo de lugares que não se espera serem sujeitos à entrada de outros mecanismos, demonstram como este problema está se generalizando. Componentes como PCB's (policlorinatos-bifenóis), HCB (hexacloro-benzeno), DDT (dicloro-difenil-tricloroetâno) e isômeros de hexacloridro benzeno são notados. Nenhum deles apresenta pressão de vapor que indique sua provável presença na atmosfera. No entanto, desde 1971, PCB's e DDT ou têm tido sua utilização restringida ou foram banidos na América do Norte, o que sugere que eles não deveriam mais estar presentes na atmosfera 10 anos depois. Sua presença indica que é necessário determinar precisamente os seus níveis de concentração e de outras substâncias, de forma a fornecer as informações necessárias para localizar suas fontes e avaliar suas direções.

A transferência de vapor da água ou do solo, pode ser importante na determinação da contribuição atmosférica desses constituintes químicos no ecossistema. Segundo os autores, vários relatórios questionam se estes materiais estão constantemente presentes na atmosfera ou adsorvidos dentro das partículas, como aerossóis, ou no estado de vapor.

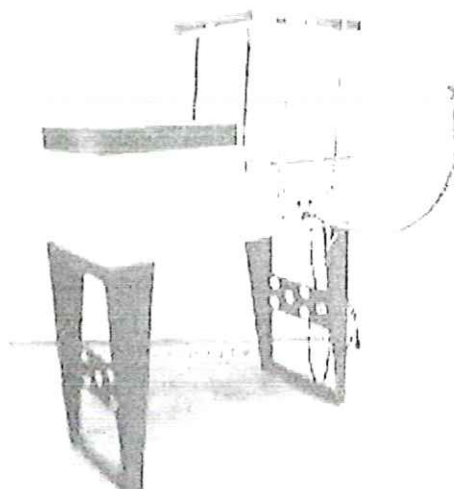


FIGURA 2.15- Vista geral do amostrador.
Fonte: Strachan e Huneualt (1982)

Um artigo de EISENREICH et al. (1980) inclui uma revisão sobre a questão da forma destas substâncias e indica que a transferência para o ambiente aquático depende principalmente dos tipos e tamanho das partículas e da metodologia de amostragem. Os autores chegam à conclusão que uma alta porcentagem (80%) de contaminantes transportados pelo ar está presente na fase vapor, e é a chegada deste material à superfície da terra ou água que tem gerado mais preocupação.

A deposição de partículas secas de substâncias orgânicas tóxicas, quantitativamente, é um fator desconhecido. Modelos teóricos estão disponíveis para a transferência da fase vapor, usando constantes de equilíbrio e coeficientes de transferência. Para fluxos de partículas, apenas estimativas grosseiras foram feitas, e a concentração de substâncias orgânicas em ou sobre este material são igualmente desconhecidas. A natureza dos amostradores de deposição seca dificulta a coleta, uma vez que a maioria dos projetos para obter a quantidade necessária depende do fluxo de ar através de um filtro, o que pode resultar na perda de contaminantes presentes nas partículas. Esta é a justificativa utilizada pelo autor para discutir apenas o amostrador de precipitação úmida.

A deposição úmida destas substâncias, as quais podem ser adsorvidas em partículas ou dissolvidas em água de chuva, foram investigadas extensivamente para metais e substâncias inorgânicas. Para componentes orgânicos, no entanto, foi apenas nos últimos anos que estudos sobre as quantidades depositadas foram realizados na região dos Grandes Lagos. Grandes amostras devem ser coletadas e as substâncias concentradas para permitir sua determinação analítica.

Os autores utilizaram coletores grandes de aço inoxidável, com área de $0,2 \text{ m}^2$ e $0,36 \text{ m}^2$ onde, foi frequentemente observada a aderência de partículas finas à superfície metálica. Isto foi considerado interessante, pois observações primárias indicaram que boa parte da deposição úmida carregando estas substâncias químicas ocorreu através das partículas. Ainda, segundo estes autores é desejável que o amostrador de deposição úmida seja projetado para trabalhar sem a presença de uma pessoa no campo, por consideráveis períodos de tempo, assegurando a integridade do amostrador. A seguir será feita a descrição do amostrador.

A média mensal de chuva na região dos Grandes Lagos, no Canadá, é de 50 a 100 mm, mas eventos individuais de 10 mm não são incomuns. Assim, o amostrador pode ser utilizado em ambas as situações (mensal ou por evento). A área de coleta é de aproximadamente $0,2 \text{ m}^2$, que é capaz de produzir amostras de pelo menos 1 litro. Este volume é necessário para atingir o valor limite de 0,5 a 5,0 ng do componente por amostra, baseado em concentrações observadas na área.

O amostrador foi feito em aço inoxidável coberto com teflon. As tampas em metal são potencialmente problemáticas porque foi observada que a combinação de partículas carregadas e superfícies metálicas resulta uma forte retenção de partículas, mesmo sob condições de deposição seca. Se algum evento ocorresse durante a deposição úmida, os níveis observados seriam reduzidos. O teflon é considerado um material inerte e, para tempos de exposição observados durante eventos de chuva, não tem dissolvido substâncias que venham a interferir na adsorção de nenhuma das substâncias investigadas. O amostrador pode ser envolto por superfícies metálicas. Por esta razão, o mesmo material foi escolhido para as superfícies do funil e da coluna.

O protótipo final tem um funil quadrado de 0,46 m x 0,46 m. Cada lado da saída do funil tem 10 cm, e a superfície do funil tem inclinação de 20° em direção ao centro, o que promove um rápido escoamento para uma coluna ligada ao seu fundo. Todas as superfícies em contato com a amostra são cobertas com 0,076 cm de teflon. As pernas do equipamento foram feitas em alumínio e são destacáveis do resto do amostrador para facilitar o seu transportes. O peso total do amostrador é de 47 kg. As dimensões do amostrador são 0,5m (largura) x 1 m (comprimento) x 1,2 m (altura) . No entanto quando a tampa se desliza horizontalmente para abrir o amostrador o comprimento deste, aumenta em 0,5 metros.

A tampa é aberta automaticamente sob condições de chuva. O sensor de chuva está ligado em um braço que é acionado quando a chuva vem de qualquer direção. O amostrador tem dois lados fazendo 20° com a horizontal, as quais são levemente aquecidos para garantir uma resposta somente durante a chuva.

A saída do funil foi preparada para receber uma coluna em teflon (2 cm I.D. x 25 cm) encaixada por um disco de suporte no fundo. A saída da coluna está equipada

com um tubo U, para garantir que a resina continue úmida. Em condições normais de uso, a carga de pelo menos 10 cm é mantida. A vazão através da coluna abaixo nestas condições é de 20 – 50 ml/min.

ROSS (1998), desenvolveu uma técnica de amostragem para monitoramento rotineiro de chuva na Suécia que utiliza funil e coletores volumétricos construídos com material de baixa densidade (polietileno). Os períodos de coleta são de um mês sendo distribuídos três coletores no mesmo local. Este número de coletores previne contra coletas fora de padrão. Cuidados especiais são adotados para evitar a contaminação dos coletores durante a sua colocação.

Em junho 1986, o Departamento de Conservação Ambiental do Estado de Nova York (*NYSDEC*) iniciou uma rede de monitoramento da qualidade das chuvas na região do estado de Nova York, nos Estados Unidos. Foram estudados inicialmente 12 pontos de amostragem. Devido a ajustes na base de dados, esses pontos não foram considerados válidos na avaliação final. A rede oficial iniciou em janeiro de 1987. Outros locais foram adicionados a rede de amostragem no período de 1987 a 1991 e no ano de 1994. O *DEC, Department of Environmental Conservation*, ampliou sua rede para até 25 pontos de amostragem.

A rede de amostragem é composta de tres classes de locais de monitoramento. Estes locais diferem pela quantidade e tipo de instrumentação utilizada. Os tipos foram designados como:

- Locais Tipo 3;
- Locias Tipo 2;
- Locais Tipo 1.

Locais Tipo 3- Dois tipos de instrumentos estão presentes nesta classe:

- O primeiro é um coletor de chuva ou neve, conforme ilustrado na FIGURA 2.16, utilizado para mensurar a quantidade de precipitação. O coletor possui um sistema de aquecimento para derreter precipitações congeladas. Um sinal de saída do amostrador é conectado a um gravador ou a uma unidade de telemetria.



FIGURA 2.16 -Coletor Sierra Misco Model 2500E.

Fonte: NYSDEC-2000

www.dec.state.ny.us/website/dar/baqs/acidrain/network.html

- O segundo instrumento é um coletor automático de deposição úmida/seca. O equipamento possui dois baldes de coleta, um para deposição úmida e outro para deposição seca. Ele possui também um sensor que detecta o início de precipitação e aciona um dispositivo que remove a cobertura de um dos baldes que coleta a deposição úmida para o balde que coleta a precipitação seca. Ao final da precipitação, a cobertura retorna para o balde que recebe a deposição úmida. Por causa da falta de uma metodologia adequada não foram feitas análises com as amostras da deposição seca. Foram feitas apenas as análises das amostras de deposição úmida. A FIGURA 2.17 exhibe um pequena estação de coleta de chuva e neve. A FIGURA 2.18 mostra somente o coletor automático de deposição úmida/seca desenvolvido pela Viking Enviromental Instruments, Inc.

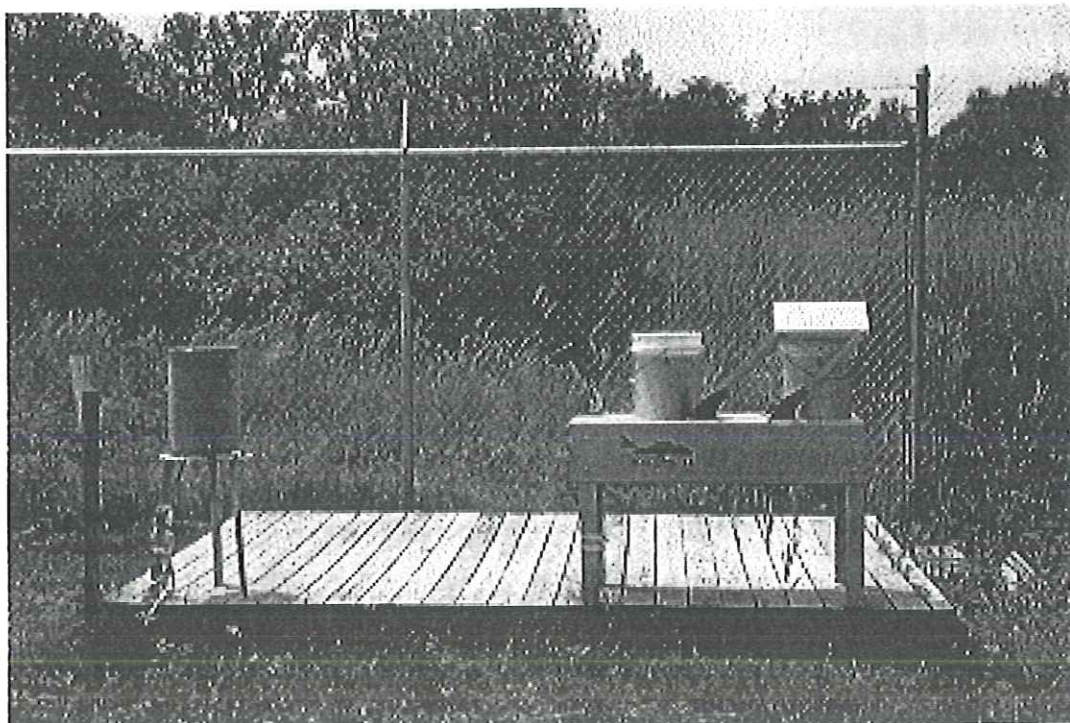


FIGURA 2.17 -Estação de coleta de chuva e neve.
Fonte: www.dec.state.ny.us/website/dar/baqs/acidrain/network

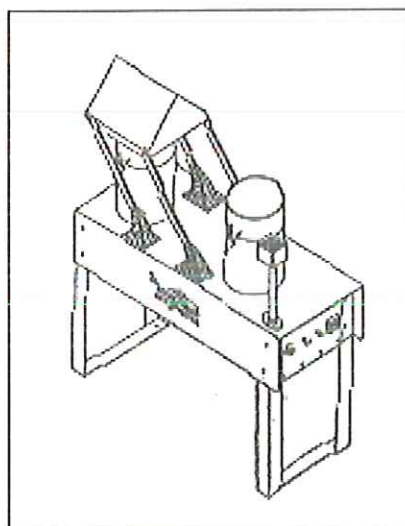


FIGURA 2.18 - Coletor “*Viking Hyetometer*” é um equipamento construído pela Viking Environmental Instruments, Inc.
Fonte: www.dec.state.ny.us/website/dar/baqs/acidrain/network

Locais Tipo 2- Nesta classe são apresentados os mesmos instrumentos da classe 3 porém é incorporado a ela, um sistema de monitoramento para medir a concentração de certos elementos. Este sistema está conectado via telemetria a um computador central. No início de 1991 vários equipamentos para analisar baixos níveis de SO₂ e ozônio foram instalados para esta operação. Nesta classe os equipamentos são capazes de medir humidade relativa, temperatura e pressão atmosférica. A seguir na FIGURA 2.19 é mostrada uma estação local tipo 2.

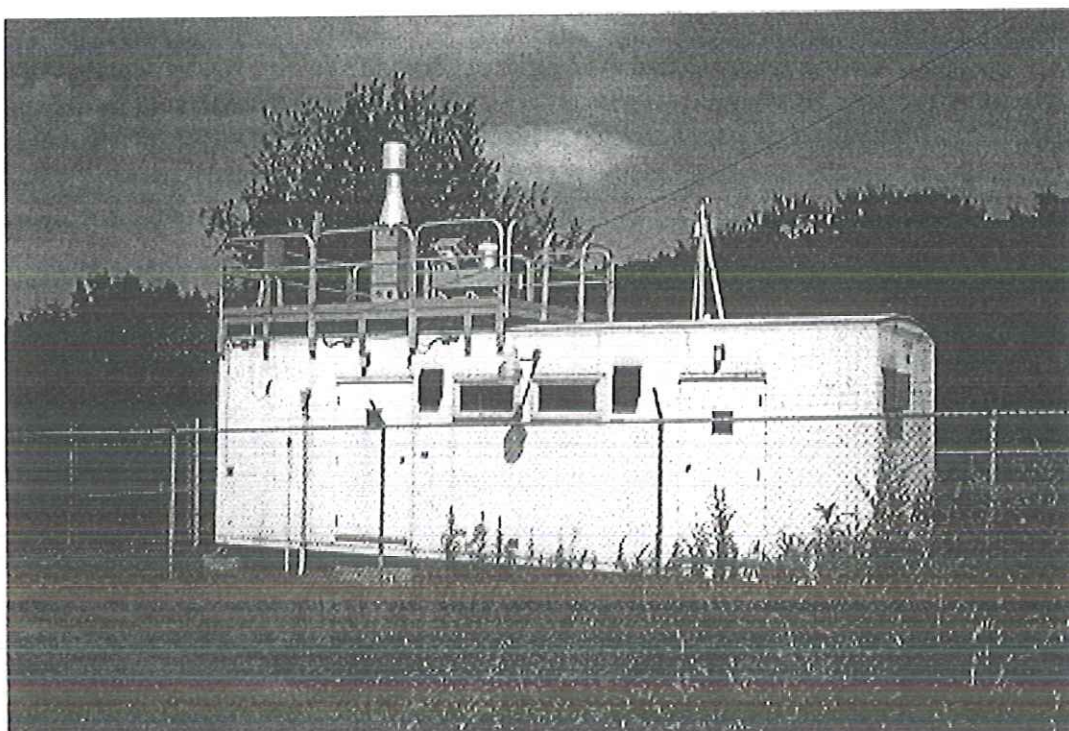


FIGURA 2.19 – Estação Meteorológica -Locais tipo 2.

Fonte: www.dec.state.ny.us/website/dar/baqs/acidrain/network.

Locais Tipo 1- Em adição aos instrumentos da classe tipos 2, também são medidos nesta classe, a direção e velocidade do vento, e calcula-se o sigma horizontal (variabilidade da direção do vento).

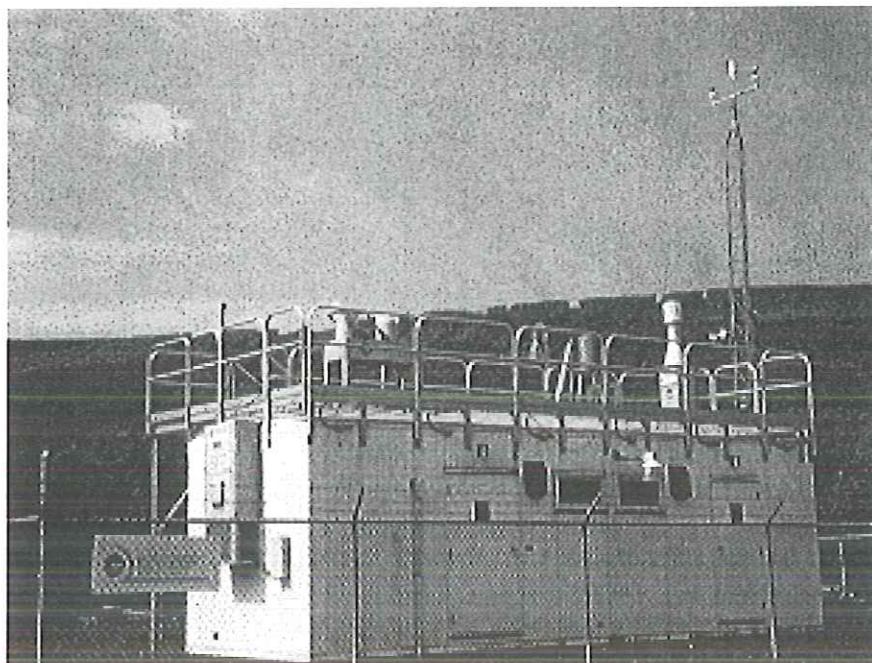


FIGURA 2.20 – Estação Meteorológica Locais classe 1

Fonte: www.dec.state.ny.us/website/dar/baqs/acidrain/network.

Em outro trabalho desenvolvido pelo Departamento Ambiental do Canadá em conjunto com a NASA- National Aeronautics and Space Administration (Aeronáutica Nacional e Administração Espacial), foi medida a concentração e o fluxo de pesticida na agricultura, no ar e em amostras de chuvas. Foram detectados sete tipos diferentes de herbicidas na água de chuva e no ar. A amostragem foi iniciada em junho de 1993 até agosto do mesmo ano e de maio a julho do ano seguinte.

O equipamento utilizado foi projetado para coletar deposições úmidas e secas de traços orgânicos. A área de coleta é de 0,5 m² em aço inoxidável. Durante condições secas, a água acidificada foi constantemente circulada por esta superfície, coletando a deposição seca. Um sensor de disparador de chuva interrompe o fluxo da água. Com isto, cai água de chuva sobre uma superfície limpa.

Em 1997, na Universidade de Kiel, Alemanha, Martin Großklaus e Lutz Hasse foram colaboradores em uma pesquisa que utilizou um coletor de chuva para navios. É um coletor cilíndrico com uma área de coleta de 200 cm² e uma área lateral de amostragem com 106,6 cm². O aparelho tem 48,4 cm de comprimento e pesa 4,0 kg.

A alta velocidade relativa da chuva pode carrear a chuva quase que horizontalmente acima do navio. As águas interceptadas no topo e as águas coletadas na lateral são coletadas separadamente. Essas gotas são contadas quando passam através de uma barreira de luz. As quantidades são então convertidas em números para assim serem registradas. O sistema de coleta pode ser visto na FIGURA 2.21 e na FIGURA 2.22.

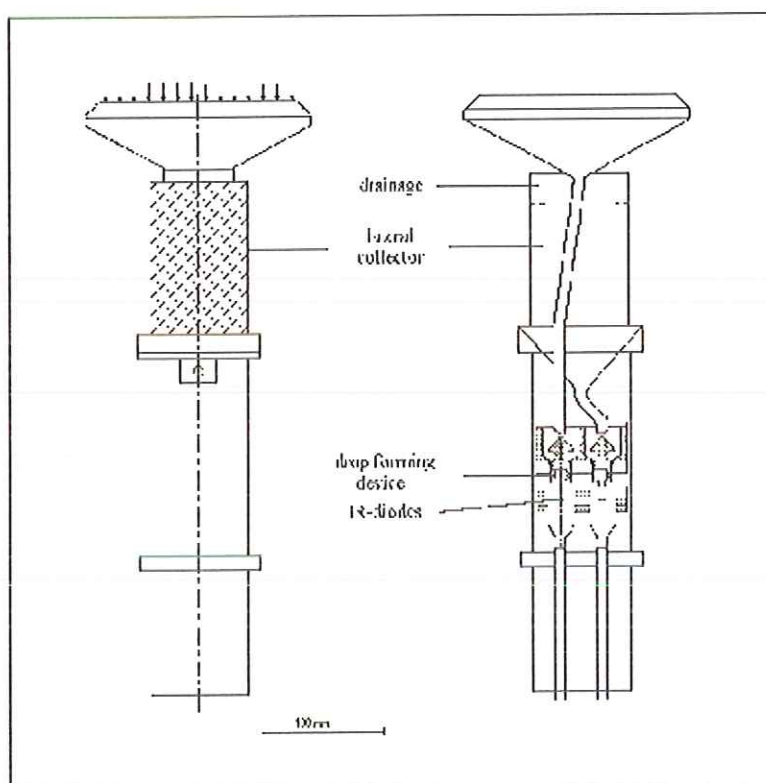


FIGURA 2.21 - Vista lateral e vista de um corte do coletor de chuva para navios.Fonte:www.ifm.uni-kiel.de/me/research/Projekte/WOCE/Figures/rain-fig1-small.gif

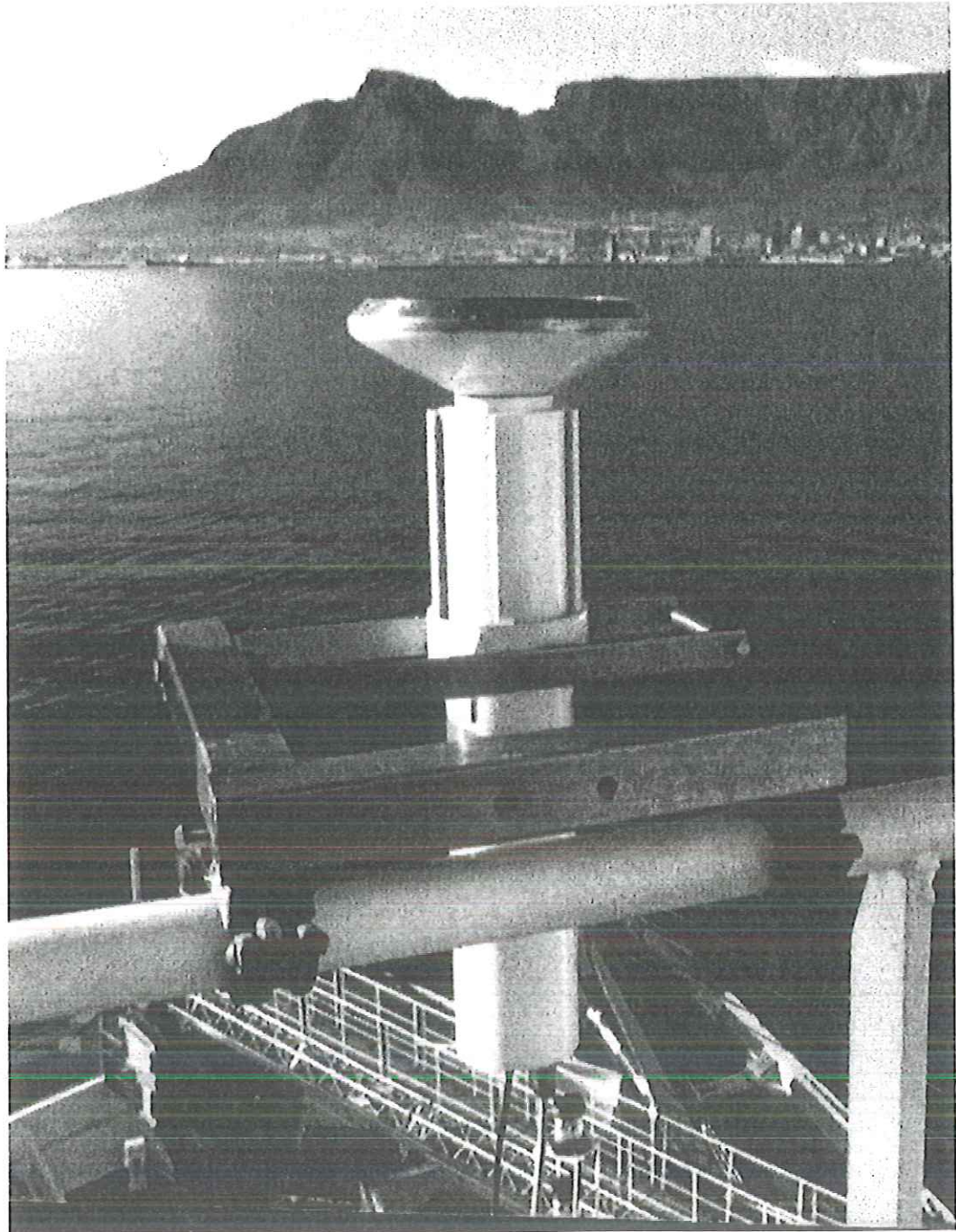


FIGURA 2.22 Uso de um contator de chuva para navios

Fonte: www.ifm.uni-kiel.de/me/research/Projekte/WOCE/Figures/rain-fig1-small.gif

No Japão foi desenvolvido um coletor de chuva pela HORIBA, LTD (sem data), para ser utilizado em uma estação de monitoramento de poluição do ar. Este equipamento realizava a coleta automática das amostras. Através de um disparador automático a tampa era aberta, através do contato da chuva, coletando assim amostras no início da chuva, as quais tinham mais importância para o monitoramento da chuva ácida.

Para facilitar a análise da chuva ácida, o equipamento está equipado com um kit incluindo um pH-metro e um condutivímetro manual e um programa para processar os dados coletados. O amostrador de chuva contém oito recipientes de um mililitro para coletar as primeiras gotas de chuva. Compacto e leve, o AR-811 é capaz de efetuar a coleta com mínimo de esforço. A FIGURA 2.23 exibe um modelo do AR 811.



FIGURA 2.23 -Equipamento AR-811 desenvolvido pela Horiba, Ltd.

No Brasil, ainda não se reconhece a importância da qualidade da água de chuva como o é nos países do hemisfério norte, pouco aqui existindo em termos de pesquisas de campo. Os poucos resumos de trabalhos brasileiros que foram encontrados são apresentados a seguir.

O trabalho realizado por LIMA (1992) refere-se a análise das características hidroquímicas das águas de chuva em áreas urbanas de Belém. Para a coleta das amostras foram utilizados recipientes hemisféricos em acrílicos conectados a garrafões, por mangueiras também de polietileno, quimicamente inertes.

A CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, de São Paulo fez dois estudos para verificação da qualidade do ar o primeiro em Paulínea-SP, CETESB (1994) e outro em São José dos Campos, CETESB (1996). Nos dois municípios, a avaliação englobou deposição úmida e mista.

O método de amostragem para a deposição úmida foi através de um aparelho Eigenbrodt D2-III Koenigsmoor UNS 130, dotado de um dispositivo elétrico que abre a tampa do coletor apenas durante o evento de chuva com capacidade de 10 litros e área de coleta de 503 cm².

Para a deposição mista utilizou-se 1 balde de polietileno com área de 330cm² e volume de 6 litros.

Foi determinada leve acidez em Paulínea e em São José dos Campos. Os fluxos de deposição mista foram bastante superiores aos de deposição úmida, indicando em ambos os casos grande importância da deposição seca.

GOMES (1981) analisou a qualidade das águas pluviais urbanas e as comparou-as com a qualidade de córregos e esgoto. Ficou constatado que nos primeiros a 20 minutos de precipitação há uma melhora nos índices de qualidade da água pluvial. O tipo de chuva analisada pelo autor foi a de frente fria, sendo mais conveniente para trabalho de medidas fluviométricas e amostragem, pois eram chuvas previstas em estações meteorológicas. Foram feitas análises de diversos parâmetros, como pH, turbidez, cor, OD, fosfato e sólidos sedimentáveis entre outros. As precipitações foram registradas através de um pluviógrafo durante um período de 18 meses.

São apresentadas nas Tabelas 2.1 e 2.2, um resumo dos itens considerados relevantes para o desenvolvimento deste trabalho.

Tabela 2.1 –Apresentação de variáveis dos equipamentos desenvolvidos por seus respectivos autores.

Variáveis	Nº de amostras	Volume da amostra (ml)	Possui mesa giratória	Possui tampa	Área do funil (m ²)	Automático/manual
Gatz (1971)	70	500-1000	Sim	Sim	1,0	Autom.
Gray (1974)	50	20	Sim	Não	0,05	Autom.
Miller (1975)	24	600	Sim	Não	NE	Autom.
Volchock (1976)	1	variável	Não	Sim	0,07	Autom.
Schreiber et al (1978)	1	variável	Não	Sim	NE	Autom.
Raynor (1978)	30	1900	Sim	Sim	0,13	Autom.
Strachan et al (1982)	NE	1000	Não	Sim	0,21	Autom.
NYSDEC (1987)	1	NE	Não	Não	0,3	Autom.
Lima (1992)	NE	NE	NE	NE	NE	manual
Eigenbrodt D 2-III (1996)	1	10000	Não	Sim	0,05	Autom.
Horiba-AR811	8	1	Sim	Sim	NE	Autom.

NE: Não Especificado.

Tabela 2.2 –Apresentação de outras variáveis dos equipamentos desenvolvidos por seus respectivos autores.

Variáveis Autores	Material do amostrador	Material do funil	Material do vasilhame	Dimensões do amostrador (m x m x m)	Peso (kg)
Gatz (1971)	NE	NE	Polietileno	1 x 1 x 2 (m)	91
Gray (1974)	Vidro	Revestido com teflon	Vidro	NE	18
Miller (1975)	NE	NE	Vidro		NE
Volchock (1976)	NE	Não tem	Polietileno	NE	NE
Schreiber et al (1978)	Aço inoxidável	Revestido com resina	Revestido com resina	NE	NE
Raynor (1978)	Alumínio	Aço inoxidável	Polietileno	caixa de 1,52m ² de área	NE
Strachan et al (1982)	Aço inoxidável	Aço inoxidável	Não especificado	0,5 x 1,0 x 1,2	47
<i>NYSDEC</i> (1987)	NE	NE	NE	NE	NE
Lima (1992)	NE	acrílico	Polietileno	NE	NE
Eigenbrodt D 2-III (1996)	NE	NE	NE	NE	NE
Horiba- AR811	polietileno	NE	NE	NE	0,9

Capítulo 3 –Construção do Amostrador Seqüencial Automático de Deposição Úmida

Este capítulo está dividido em três módulos principais. No primeiro, é feita uma descrição do amostrador e como ocorre o seu funcionamento. A seguir é feito o relato sobre a determinação do volume a ser utilizado em cada amostra a partir das análises químicas propostas. Finalmente no último módulo é realizada a descrição de cada parte do amostrador. A característica principal do amostrador seqüencial automático é a possibilidade de alteração na escolha do volume. Apesar de suas dimensões serem grandes, quando comparadas as dimensões do amostrador desenvolvido por GRAY et al (1974), seu peso revela-se satisfatório, sendo possível movê-lo por duas pessoas, ou ainda se forem colocadas rodas com travas nos pés é possível movimentá-lo facilmente.

Como a flexibilidade de alteração no volume da amostra o equipamento pode ser utilizado sob diversas situações. Para pequenos volume, analisando por exemplo pH e condutividade considerando um estudo de chuva ácida, ou para maiores volumes avaliando a existência de sólidos totais por exemplo, com a finalidade de avaliar particulados presentes no ar.

3.1 Apresentação inicial do Amostrador.

3.1.1 Descrição do Amostrador.

Este trabalho envolve a construção de um equipamento para coleta de chuva com a finalidade de estudar determinados níveis de poluição para algumas substâncias.

Para isso foram utilizados diferentes tipos de materiais, entre eles estão:

- lâminas de alumínio,
- tarugo de p.v.c.,
- tubo em acrílico,

- e material plástico.

Para dar início a construção do amostrador, o funil foi a primeira a peça a ser projetada. Para que este objetivo fosse alcançado, era necessário ter em mãos o valor do volume necessário para cada amostra. Assim, com as análises químicas estabelecidas foi possível obter o volume total para cada amostra, e com isso, pôde-se projetar esta primeira parte do coletor, a qual inicialmente deveria ser feita utilizando como matéria prima um tarugo em p.v.c.. Com o diâmetro do funil estabelecido, de acordo com o Anexo A, enfrentou-se o primeiro desafio na execução desta peça, uma vez que não foi encontrado material em p.v.c. no mercado para realizar a sua confecção. Assim, a idéia de se utilizar garrafões de água mineral revelou-se prática e de baixo custo.

Para melhor visualização do amostrador é apresentado a seguir na FIGURA 3.1, um esquema de suas partes constituintes.

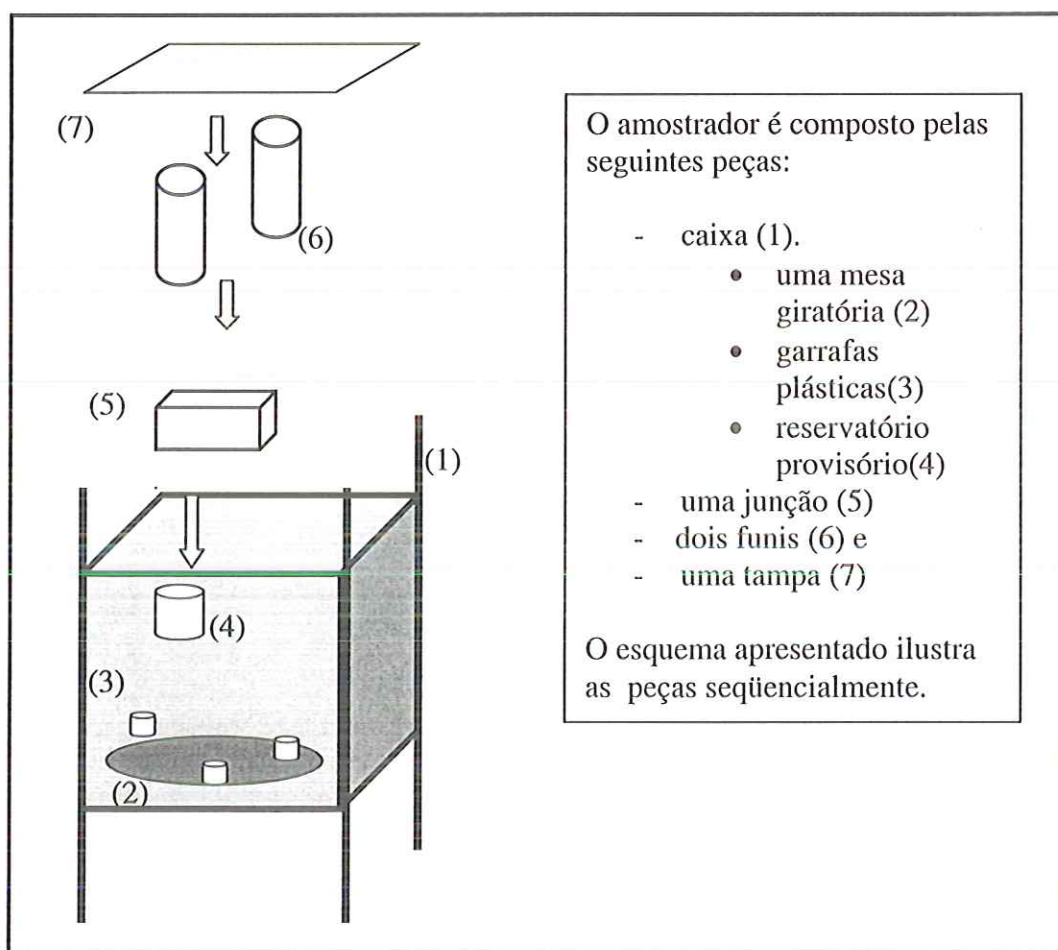


FIGURA 3.1 -Fluxograma das partes do amostrador.

No esquema apresentado na FIGURA 3.1, pode-se constatar que o corpo do amostrador é formado por duas partes, a que fica externa à caixa de alumínio e outra que fica interna à caixa de alumínio. A escolha do material a ser utilizado na fabricação da caixa e sua estrutura, baseou-se na consideração de alguns fatores como:

- resistência;
- durabilidade
- segurança e
- custo.

Para satisfazer essas considerações optou-se pelo alumínio.

Externamente à caixa, na face superior, foi instalada uma tampa retangular móvel em alumínio, dois funis plásticos e uma junção em p.v.c.. A tampa cobre os dois funis plásticos e estes estão encaixados na junção em p.v.c.. A junção coleta a água dos funis e a conduz para o reservatório provisório que agora está localizado na parte interna da caixa. Esse reservatório é um recipiente cilíndrico, em acrílico, e sob ele existe uma mesa giratória em alumínio, com capacidade para 20 amostras. O fato de este recipiente ser feito em acrílico confere a ele uma qualidade, pois facilita a visualização do nível da água no seu interior.

A estrutura da caixa foi feita em cantoneira em alumínio, com largura de 50 mm, conferindo com isso a rigidez necessária para manuseio durante transporte.

3.1.2 Descrição do funcionamento do Amostrador.

Com o início do evento de precipitação, as gotas de água caem sobre o sensor de umidade, fazendo com que a tampa seja aberta. A tampa está presa a um eixo, que quando acionado rotaciona a tampa por cima dos funis. Nesta etapa, é levado em consideração, o ponto de parada da tampa em função de uma distância segura para que não ocorram respingos de gotas da chuva da tampa para o funil. Pois se isso ocorresse haveria contribuição indevida de partículas depositadas na superfície da tampa e causariam a contaminação da amostra.

A água coletada pelo funil passa através do misturador e é depositada em um recipiente provisório, em acrílico. A entrada e a saída de água deste recipiente são controladas por válvulas solenóides que trabalham alternadamente, ou seja, quando a válvula superior está aberta, a válvula inferior está fechada e vice-versa. O volume

armazenado foi estabelecido em função das necessidades das análises químicas propostas.

Para que ocorra o descarte da amostra foi colocado neste recipiente em acrílico, um sensor de pressão. Seu funcionamento se dá de acordo com o nível de coluna de água correspondente ao volume estabelecido, ou quando o recipiente estiver incompleto, no caso de uma chuva não produzir o volume necessário para descarte na amostra, por exemplo, por um determinado tempo.

Sob a válvula inferior, estão dispostos os recipientes de coleta das amostras. Esses recipientes são garrafas plásticas de água mineral. Essas garrafas estão dispostas sobre uma mesa giratória.

Quando ocorre o descarte completo da amostra que está no recipiente provisório na garrafa a mesa gira e posiciona a próxima garrafa sob a válvula inferior. Caso a chuva pare durante o enchimento de uma amostra no recipiente, a tampa é fechada, ocorre o descarte da amostra incompleta na garrafa, e a mesa posiciona a próxima garrafa vazia sob o bico de descarte abaixo da válvula inferior. O giro da mesa é realizado por um motor de passo conectado a um eixo através de um sistema de polias. A tampa também pode ser fechada em outra situação, quando a última garrafa for preenchida completando as 20 amostras.

Foram instalados na mesa 20 gabaritos, um para cada garrafa, feitos em p.v.c., para garantir que as garrafas não se movimentem, uma vez que o ponto de jorro da válvula solenóide inferior exige demasiada precisão.

O sistema de controle do amostrador está localizado em uma lateral externa da caixa de alumínio, onde este foi conectado a um microcomputador.

Na FIGURA 3.2, é possível visualizar o corpo do amostrador com a tampa aberta, as polias no seu interior e a caixa de controle do amostrador.

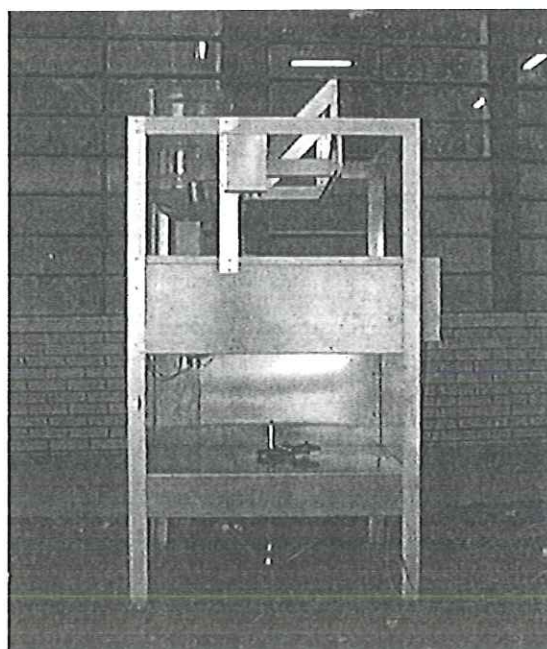


FIGURA 3.2 -Amostrador com a tampa retangular aberta.

3.2 Determinação do volume das amostras.

No princípio deste trabalho foi proposto um determinado volume para as amostras de acordo com as análises escolhidas. Estas estão indicadas na Tabela 3.1.

Com base no valor de volume estabelecido, foi feito o cálculo de dimensionamento do funil. Os métodos de análises propostos a princípio foram:

Tabela 3.1- Determinação dos volumes a partir das análises químicas.

Análises	Método de Análise	Volume da Amostra
SO_4^{2-}	espectrofotometro	50 ml
NO_3^-	Ultravioleta espectrofotométrico	50 ml
pH	potênciometro	25 ml*
acidez	titulação	150 ml
condutividade	condutivímetro	150 ml*

(*):volume reutilizável para a variável considerada.

Como foi proposta a confecção do funil com a área determinada através dos cálculos, e não foi encontrado um material com as dimensões calculadas foi proposta a utilização de garrafas de água mineral. Porém a área encerrada em um garrafão não foi suficiente, fato este que conduziu ao uso de dois garrafas, mesmo ultrapassando a área inicialmente calculada.

Tais volumes revelaram-se insuficientes uma vez que foram propostas novas análises químicas, apresentadas a seguir, com a finalidade de uma avaliação mais precisa dos índices de qualidade da água, com base nos novos parâmetros estabelecidos. Os índices de qualidade da água estão apresentados no Apêndice B.

Assim, levando em conta as novas análises estabelecidas o volume passou de 250 ml para 460ml. O fato de o volume ter sofrido um acréscimo de 210 ml não causou problema algum, considerando que o tipo de garrafa escolhido anteriormente era de 600 ml. Os parâmetros escolhidos para serem avaliados na amostra estão apresentados a seguir, na Tabela 3.2.

Tabela 3.2: Análises químicas sugeridas para avaliação da qualidade da água de chuva.

Análises	Método de Análise	Volume da Amostra (ml)
Acidez (CO ₂)	titulação	100
pH	potenciometro	25
Condutividade	condutivimetro	150
Nitrato	FIA	10
Nitrito	FIA	50
N-NH ₄	Nessler	25
COD	Membrana 0.45	10
Sólidos totais		200
Ca	Absorção atômica	
Mg	Absorção atômica	
K	Absorção atômica	15
Fe ³⁺	Absorção atômica	
Al ³⁺	Kit Hach	50
Volume total		635

O volume de amostra necessário para a análise de alguns parâmetros pode ser reutilizado. Entre eles estão: pH e condutividade. Com isso, do volume total que é de 635 ml é possível diminuir 175ml totalizando 460 ml, conforme descrito anteriormente.

São apresentadas no Anexo B, algumas considerações sobre cada análise sugerida.

3.3 Descrição das partes constituintes do amostrador.

3.3.1 A Tampa.

Para este trabalho o tipo de amostra a ser coletada é a amostra de deposição úmida, a qual requer certo cuidado, uma vez que este tipo de deposição só considera a chuva depositada diretamente sobre a superfície coletora isenta de particulados. Caso ocorresse a contaminação da amostra se a tampa não vedasse o funil de modo adequado não traduziria a realidade da qualidade da água de chuva. Para tanto, tivemos a preocupação de adequar o tamanho da tampa próximo à área encerrada pelos funis. A tampa retangular do amostrador foi construída utilizando uma chapa em alumínio de 2mm de espessura e cantoneiras de alumínio com 50 mm x 50mm de seção. Sua área total é de 300 mm x 600mm. A estrutura da tampa foi presa a um eixo, que trabalha com um contra-peso regulável (anéis em aço inoxidável), ligado a um motor conforme FIGURA 3.3. Junto à estrutura da caixa foram feitos dois suportes em barra de alumínio cobertos com uma borracha macia para servir de apoio para a tampa quando fosse aberta ou fechada.

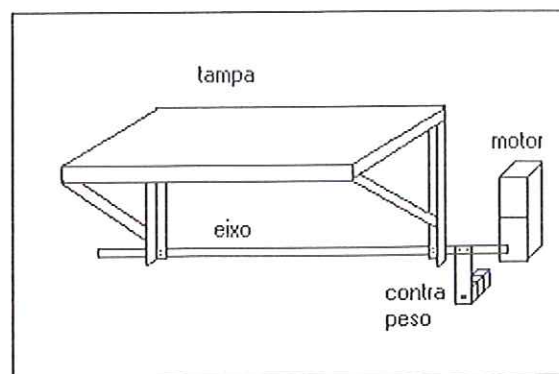


FIGURA 3.3 -Isométrica da tampa.

A FIGURA 3.4 apresenta a vista superior do amostrador, com a tampa retangular aberta.

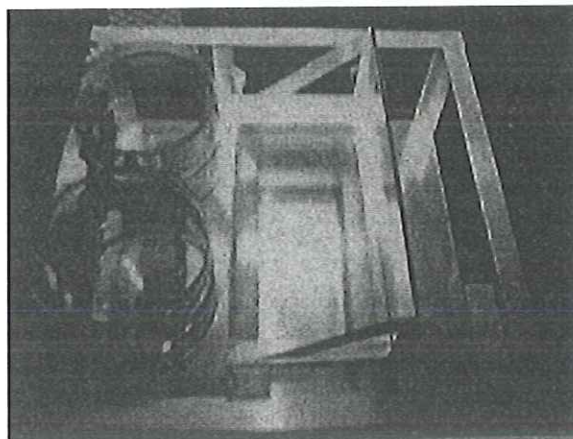


FIGURA 3.4 -Vista superior do amostrador com a tampa aberta.

3.3.2 O Funil.

Segundo o projeto inicial, os funis seriam talhados em um tarugo de p.v.c. Porém, o material necessário não foi encontrado comercialmente nas dimensões requeridas. Assim, foi preciso escolher um outro tipo de material para substituí-lo ou conceber outra maneira para esta parte. Foi utilizado, então, um garrafão de água na posição invertida utilizando sua base como área de coleta.

Essa solução se mostrou muito eficaz uma vez que o garrafão é feito de material inerte, plástico, e fácil de se encontrar em empresas que comercializam água mineral engarrafada. No entanto, a área necessária para a coleta (1000 cm^2) é maior do que a área do maior garrafão encontrado (615 cm^2). Este problema foi resolvido com a utilização de dois garrafões, totalizando área de 1230 cm^2 . A FIGURA 3.5 exhibe a vista frontal dos garrafões.

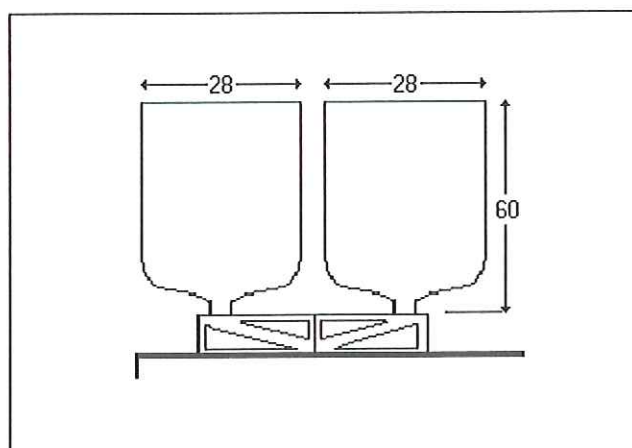


FIGURA 3.5 -Vista frontal dos funis.

Próximo à parte superior dos garrafões existe uma peça que ajuda a mantê-los unidos. Para ajudar na fixação, os garrafões foram presos na cantoneira em alumínio através de rebites. As FIGURAS 3.6 e 3.7 mostram, respectivamente, a utilização da peça e sua descrição em detalhe. A FIGURA 3.8 apresenta uma foto da união dos garrafões por esta peça.

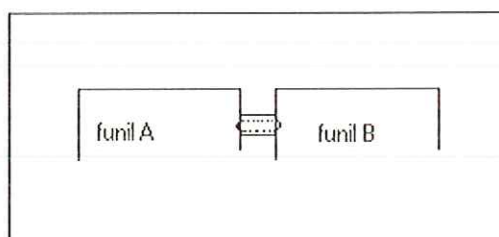


FIGURA 3.6 -Conexão entre os funis.

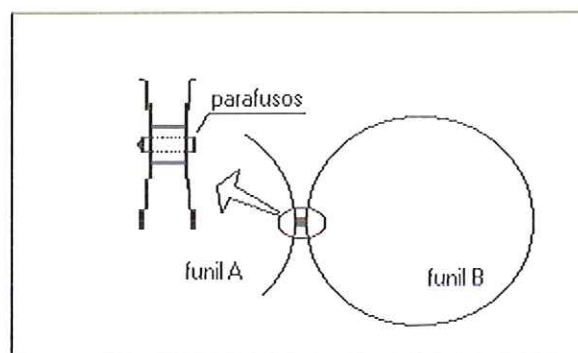


FIGURA 3.7 -Detalhe da união dos funis.



FIGURA 3.8 -Vista da união dos funis.

3.3.3 O Misturador.

O passo seguinte da construção do amostrador foi a definição da conexão entre os funis para a passagem da água. Inicialmente, foram adotadas conexões em p.v.c. disponíveis comercialmente. Entretanto, esta solução inicial revelou-se instável, necessitando da utilização de estrutura própria para apoiar os garrafões. Optou-se então, por fazer uma peça que tivesse a dupla função:

- Coletar a água dos funis, enviando-a para um único ponto;
- Ser rígida o suficiente para sustentar os garrafões e poder ser presa na parte superior da caixa.

A peça foi confeccionada a partir de um tarugo de p.v.c.. Para facilitar sua construção, a peça é constituída de duas metades idênticas e sua união foi feita com parafusos e silicone. Os garrafões são encaixados na parte superior do misturador. Para que esta união fosse estável, foi necessário fazer furos no misturador com uma área ligeiramente menor, para que assim o encaixe, peça-garrafão, fosse justo.

No encaixe do garrafão no misturador foi utilizado silicone, na parte superior, para impedir a infiltração de água no interior da caixa.

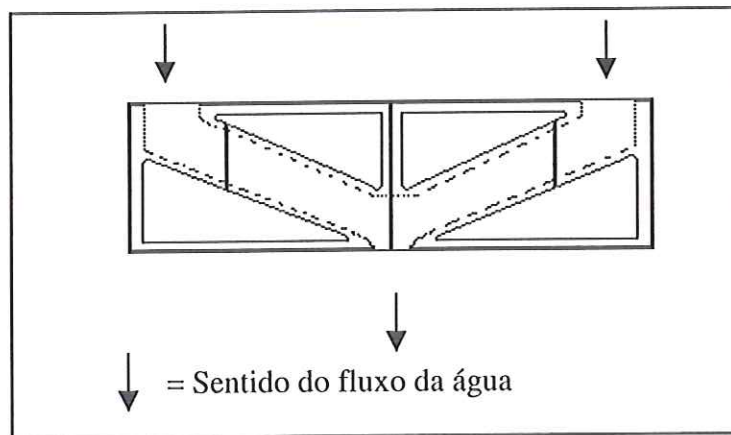


FIGURA 3.9 –Misturador da água vinda dos funis.

Com o objetivo de aliviar o peso total do equipamento, considerando as suas dimensões (7,5 cm x 12,5 cm x 38,5 cm), optou-se por utilizar um misturador com vazios no interior de cada metade, conforme exibido na FIGURA 3.9. Esta peça com o seu “design” confere sustentação necessária aos garrafões, e pôde ser fixada facilmente à parte superior da caixa. A FIGURA 3.10 apresenta uma fotografia da utilização do misturador.

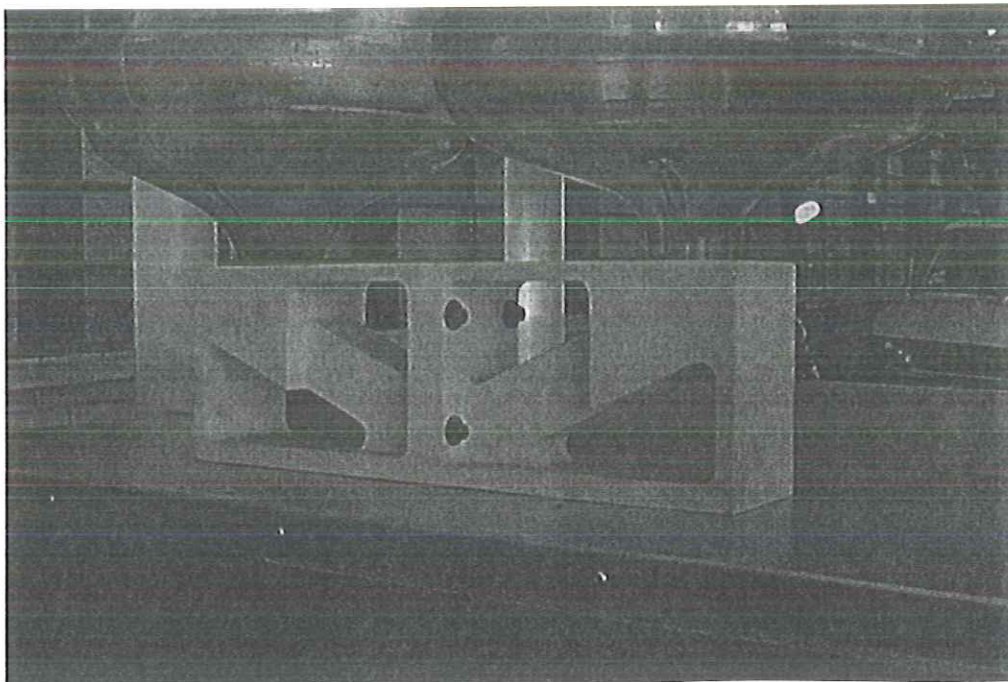


FIGURA 3.10: Funis encaixados na junção em p.v.c..

Na saída do misturador foi colada uma peça confeccionada também em p.v.c. cuja função é a de unir o misturador à válvula solenóide, ficando a tampa superior da caixa entre os dois. A união entre o misturador e a válvula solenóide pode ser vista na FIGURA 3.11.

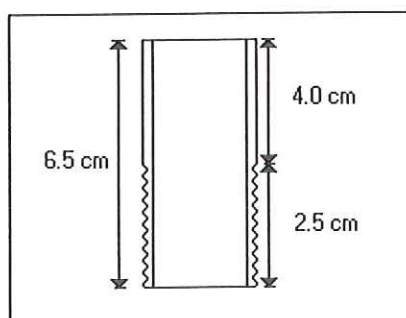


FIGURA 3.11 -Peça de união entre o misturador e a válvula solenóide.

3.3.4 A Caixa.

Como comentado anteriormente, todos os procedimentos de coleta, armazenamento e distribuição das amostras nas garrafas, realizados pelo amostrador foram feitos internamente e externamente a uma **caixa de alumínio**. Com vista a um ambiente no qual não fosse possível ver o seu interior, que fosse estável e seguro, a caixa foi feita em lâminas de alumínio de espessura de 2 mm.

Dentro da caixa existem:

- Um recipiente de armazenamento da amostra com as válvulas solenóides e o medidor de pressão;
- Uma mesa giratória com suporte para 20 garrafas plásticas e o motor de passo.

Exteriormente à caixa se encontram:

- Dois garrafões plásticos;
- Suporte de p.v.c. para os garrafões;
- Uma tampa em alumínio ligada a um motor e um sistema de contrapeso;

- Um sensor de chuva.
- Uma caixa com o sistema eletrônico.

As lâminas foram unidas através de rebites em cantoneiras, também de alumínio, com largura de 50 mm e espessura de 3mm. As junções lâmina-cantoneira foram vedadas com silicone para evitar a entrada de água ou poeira. Na tampa superior foi feito um furo por onde passa o conector, do misturador à válvula solenóide. Para ter acesso ao interior da caixa, foram colocadas portas deslizantes em uma das laterais. A FIGURA 3.12 apresenta uma vista geral do amostrador e a FIGURA 3.13 apresenta um desenho da vista frontal da caixa com as medidas em centímetros, respectivamente.



FIGURA 3.12 -Vista geral do amostrador.

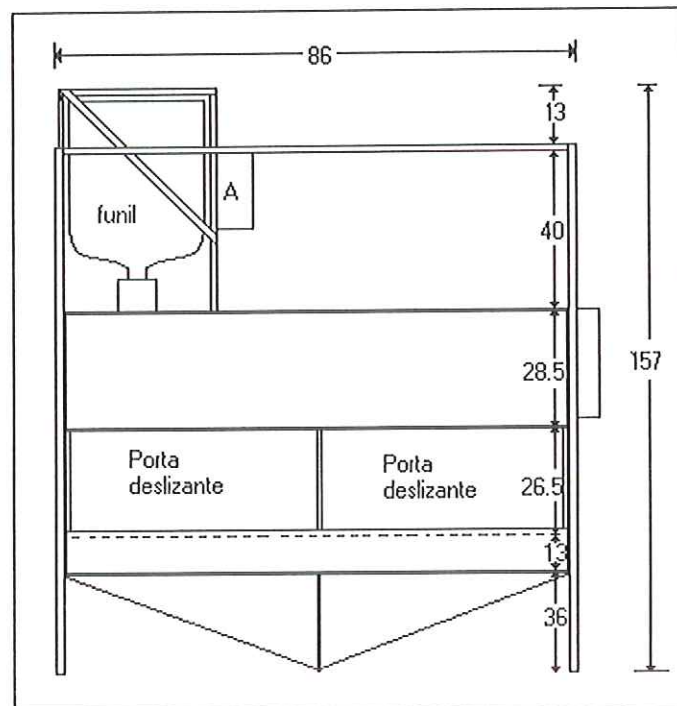


FIGURA 3.13 -Desenho da face frontal da caixa com dimensões.

3.3.5 O Reservatório.

O reservatório é utilizado no amostrador como um coletor provisório, é uma peça cilíndrica em acrílico transparente que armazena um volume de água pré-determinado, controlado através de um sensor de pressão. Esta peça tem sua parte inferior interna levemente inclinada com a finalidade de não haver empocamento da água após descarte da amostra na garrafa. Externamente, na parte superior e inferior, existem válvulas solenóides, que controlam a entrada e saída da água no reservatório. Na tampa superior existe um orifício para que o ar possa entrar durante os processos de enchimento e esvaziamento. A FIGURA 3.14 ilustra o reservatório com seus componentes.

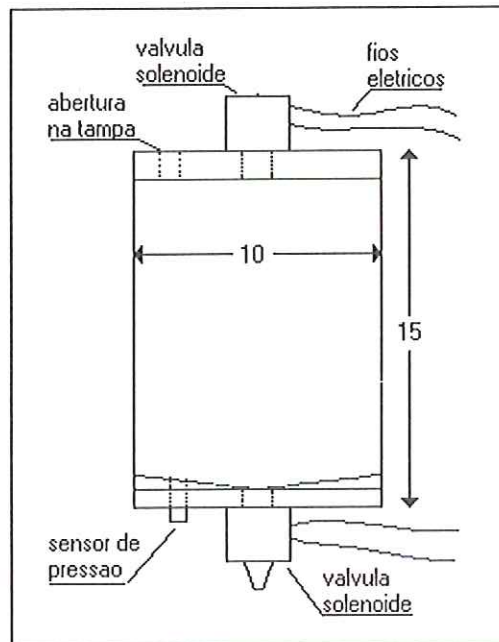


FIGURA 3.14 -Reservatório com sensor de pressão e válvulas solenóides.

Com a finalidade de não haver perda da amostra, sob a válvula inferior do reservatório existe um bico que direciona o jato da água para a garrafa plástica. Este detalhe pode ser visto na próxima foto na FIGURA 15. Na FIGURA 3.16 é mostrado em detalhe o sensor de pressão. Este dispositivo funciona através de diferença de pressão, que no caso está regulado para 7,65 cm de altura de coluna de água.

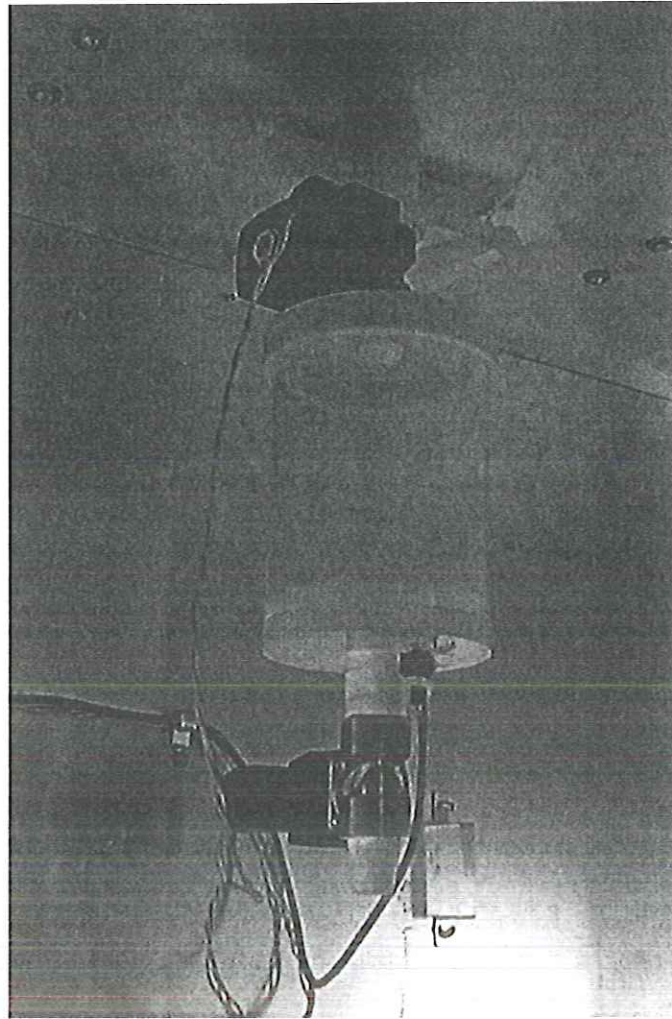


FIGURA 3.15 -Reservatório em acrílico com as válvulas solenóide e o sensor de pressão.



FIGURA 3.16 -O sensor de pressão.

3.3.6 A Mesa Giratória.

Na confecção da mesa foram utilizadas duas chapas em alumínio de 1000mm x 1000mm. Uma das chapas foi dobrada com uma altura de 80 mm. A outra chapa foi dobrada com uma altura de 15mm.

A mesa foi feita com 10 lados, cada um medindo de 250 mm. Entre as chapas, em cada aresta, existe um espaçador com a finalidade de conferir rigidez à mesa. As FIGURAS 3.17 e 3.18 ilustram, respectivamente, a mesa giratória e a altura da mesa.

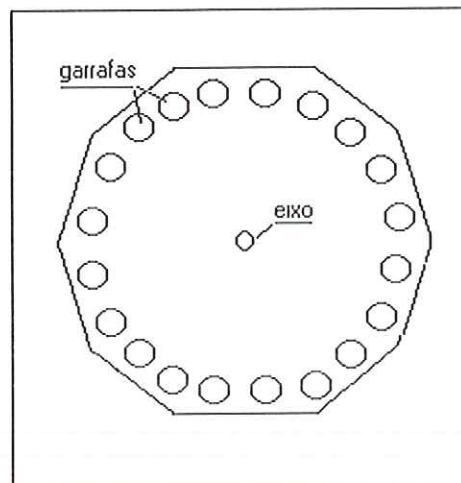


FIGURA 3.17 -Mesa giratória.

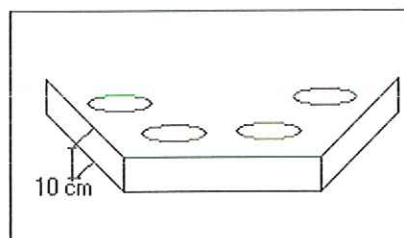


FIGURA 3.18 -Detalhe da altura da mesa

Como comentado anteriormente, o giro da mesa é realizado por um motor de passo conectado a um eixo através de um sistema de polias. As FIGURAS 3.19 e 3.20 exibem uma vista geral e uma vista em detalhe deste

sistema. Com a finalidade de minimizar problemas como instabilidade, o eixo foi travado em quatro pontos através de tiras em lâminas de alumínio.

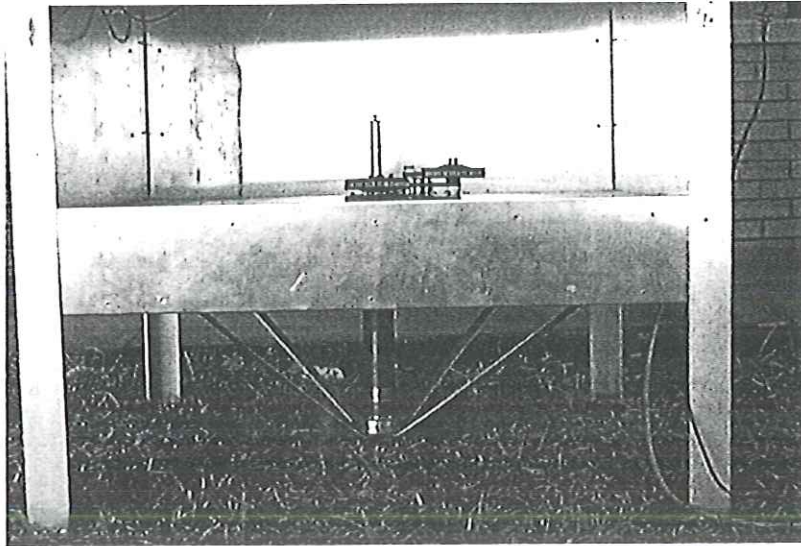


FIGURA 3.19 -Vista do eixo que rotaciona a mesa e do conjunto de polias.

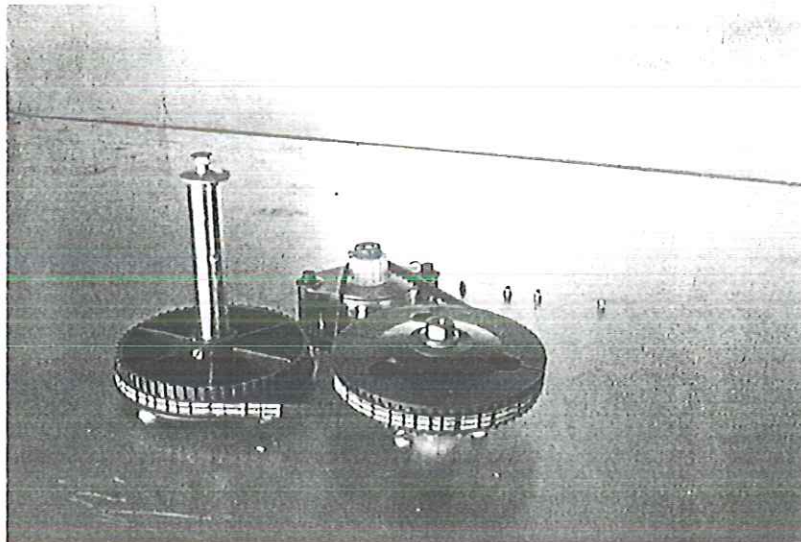


FIGURA 3.20 -Detalhe da montagem das polias.

Para que as garrafas não se desloquem, em cada furo da mesa, existe um gabarito feito com pedaço de tubo de p.v.c., com dez centímetros de altura. A

FIGURA 3.21 mostra a fotografia das garrafas encaixadas nos gabaritos e o encaixe deste na mesa.

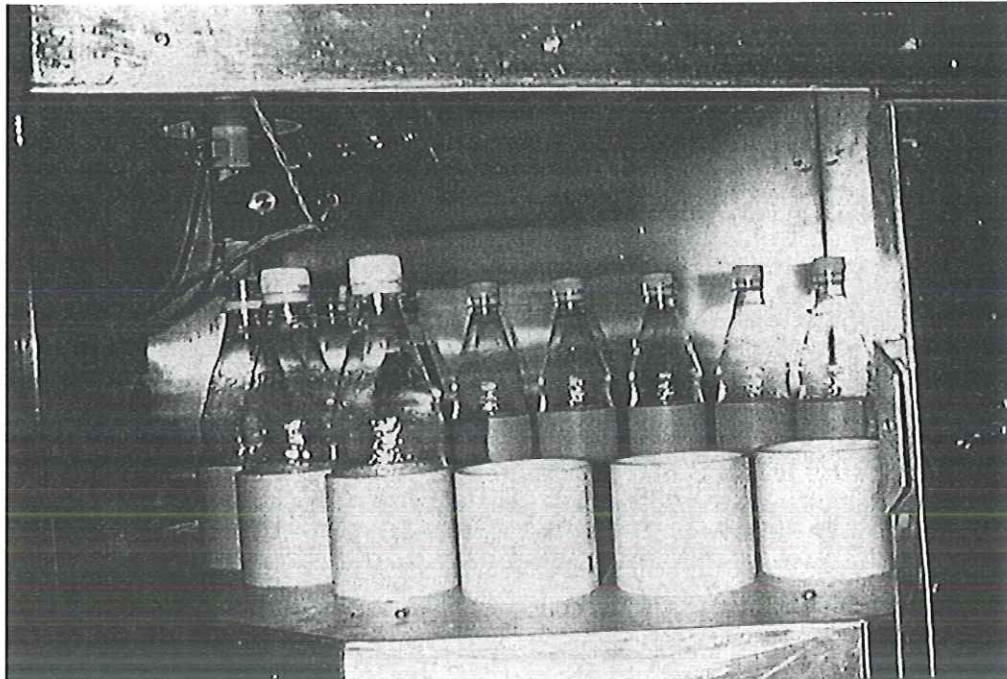


FIGURA 3.21 -Vista da mesa com as garrafas e gabarito.

3.4 Consideração Final.

Este capítulo apresentou as fases de construção do equipamento para a coleta de chuva e o material utilizado para tal. As partes constituintes deste amostrador foram as seguintes:

- A Tampa;
- O Funil;
- O Misturador;
- A Caixa;
- O Reservatório;
- A Mesa giratória.

Algumas partes deste equipamento têm a disponibilidade de mudança como, por exemplo, para o funil existe a possibilidade de alteração na área a ser coletada; no reservatório pode-se alterar o volume de coleta e na mesa pode-se alterar o tipo de recipiente coletor, no caso são garrafas plásticas, para um tamanho menor ajustando um gabarito menor aos furos da mesa.

Também foram, apresentadas fotos e desenhos desses componentes. O amostrador está conectado a um computador que está programado para realizar todas as funções apresentadas na descrição geral. Os procedimentos de funcionamento eletrônico serão descritos no próximo capítulo, Sistema Eletrônico de Acionamento do Amostrador.

Capítulo 4-O Sistema Eletrônico do Amostrador Seqüencial

O Amostrador Seqüencial Automático de Chuva está ligado a um computador comanda todos os processos de operação com base nas informações recebidas do amostrador. O programa gerencia o funcionamento do amostrador, desde o início da coleta armazenando os dados apresentados no evento de precipitação até a parada do sistema seja pela interrupção de chuva ou pelo término das garrafas. Um das principais informações coletadas pelo sistema é o tempo de início e término da coleta de água no recipiente entre outras.

4.1 - Acionadores do sistema:

O amostrador seqüencial é composto de partes que são chamadas de sistemas. Esses sistemas são ativados por quatros acionadores que são:

- 4.1.1 Acionador da tampa.
- 4.1.2 Acionador das válvulas solenóides.
- 4.1.3 Acionador da mesa.
- 4.1.4 Acionador do fim da medição.

4.1.1- Acionador da tampa.

No capítulo anterior foi comentado como se inicia o funcionamento do amostrador seqüencial. Esse processo acontece através das gotas de água que caem sobre o sensor de umidade indica do na FIGURA 4.1, acionando a abertura da tampa.

O acionamento da abertura e fechamento da tampa foi feito com um moto redutor de corrente contínua de 24 Vcc, acoplado ao eixo da tampa. Esse acionamento é controlado por um circuito eletrônico que identifica a existência de chuva ou não. Esse circuito eletrônico é a parte denominada como sensor de chuva no qual, foi estampado em uma placa de circuito impresso. O circuito foi desenhado com os eletrodos abertos e estes identificam a presença de água através de propriedades eletroquímicas, fechando o circuito. Através da condutividade desta substância, a tampa é aberta, ocorrendo o fechamento do circuito e acionamento do motor, e um comando é enviado para que se inicie o processo de funcionamento das outras partes do amostrador.

Sob a placa do sensor foi colocada uma resistência elétrica de fio de níquel de 10 Watts, na FIGURA 4.2, que se liga automaticamente quando a tampa é aberta. Esta resistência tem a finalidade de proporcionar um leve aquecimento no sensor e aumentar a evaporação da água que está presente na superfície da placa. Esse procedimento foi adotado para garantir o fechamento da tampa em eventos onde a umidade relativa do ar se mantém alta ou em dias frios.

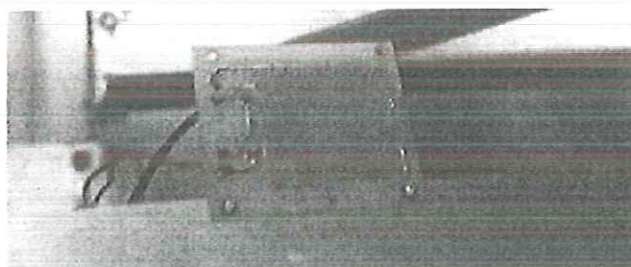


FIGURA 4.1- Vista superior do sensor de chuva.

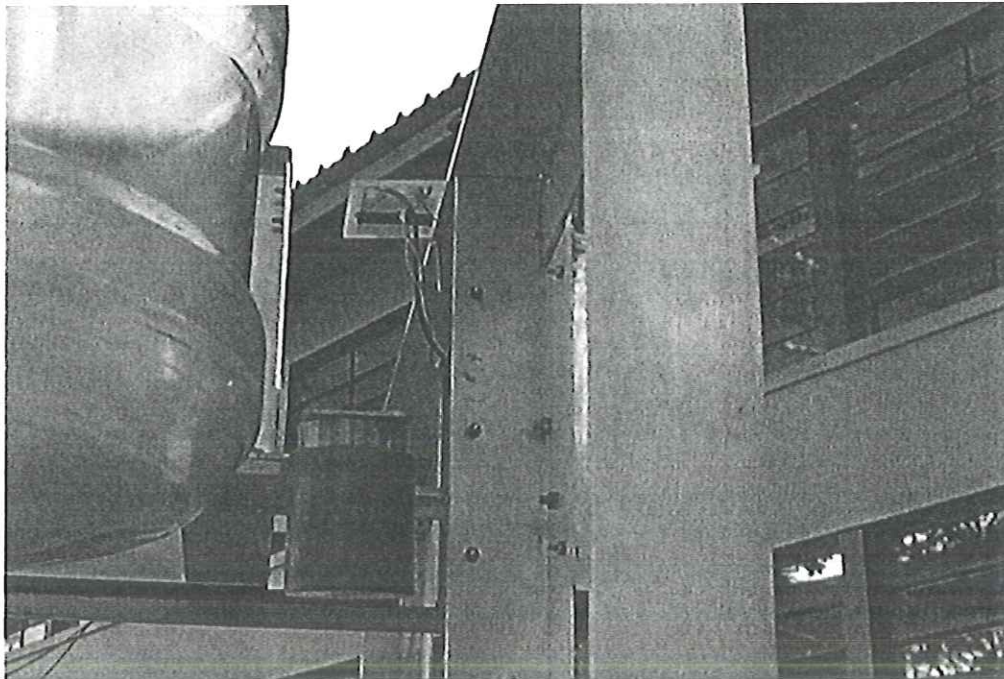


FIGURA 4.2- Vista inferior do sensor de chuva.

4.1.2. Acionador das válvulas solenóides.

O acionamento das válvulas solenóides é feito através de uma placa de interface composta de relês. As válvulas são do tipo solenóide de 24 Vcc.

4.1.3. Acionador da mesa.

O acionamento da mesa é feito através do motor de passo com correia dentada e duas polias de redução de 1:5 (FIGURA 3.20). O motor gira a mesa em função da contagem dos ângulos.

4.1.4. Acionador do fim da medição.

Entende-se que o fim da medição pode ocorrer em duas situações. Quando o evento de precipitação termina ou quando todas as garrafas estiverem preenchidas pelas amostras.

Este procedimento é efetuado através do comando do programa. Uma vez que cessa a chuva, o sensor não acusará mais água na sua superfície fechando a tampa sobre os funis ou quando o número de garrafas já tiver sido utilizado na sua totalidade.

4.2 - Os Circuitos Eletrônicos.

O conjunto de circuitos eletrônicos, constituídos pelas placas amplificadoras, sensores, fontes de alimentação e transformadores, foi acondicionado em um painel plástico com tampa, conforme ilustra a FIGURA 4.3, e esta foi fixada na lateral do equipamento através de parafusos e para que houvesse um bom isolamento à água, foi vedada toda a sua aresta de contato com o equipamento, por meio de silicone.

Esse painel condiciona também componentes de proteção como: fusíveis; varistores e filtros.

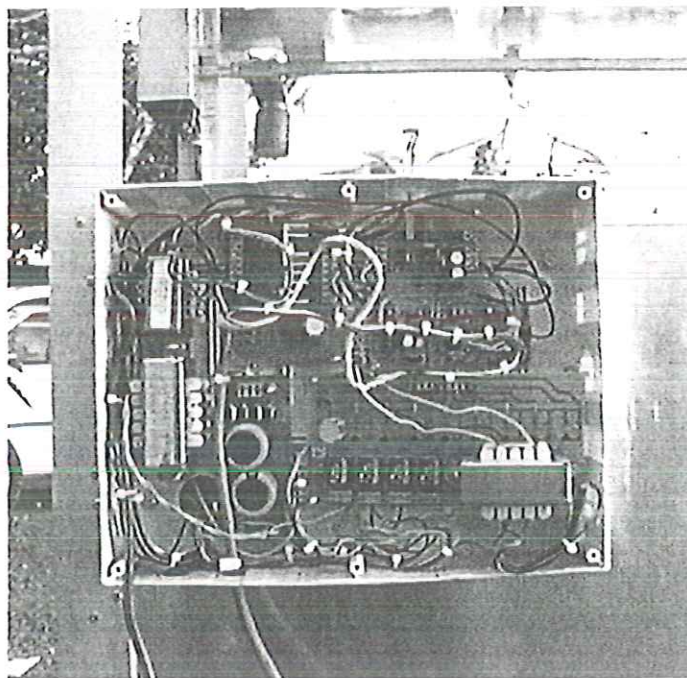


FIGURA 4.3 -Vista interna da caixa plástica com os componentes eletrônicos.

A seguir é feita uma descrição dos componentes internos à caixa na FIGURA

4.4 :

- 1-Transformador da fonte do motor de passo
- 2-transformador do motor da tampa-12 volts A.C.
- 3-Placa de drive (estágio de potência para motor de passo) com transistores
- 4-Placa de interface para as válvulas solenóides e o motor da tampa
- 5-Placa do sensor de pressão
- 6-Placa do sensor de umidade
- 7-Retificador do motor da tampa (para 12 volts D.C.)

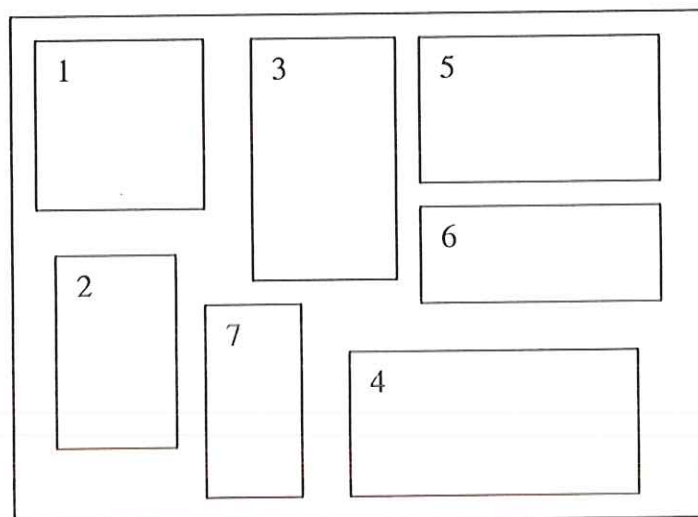


FIGURA 4.4 -Esquema indicativo do posicionamento dos componentes eletrônicos.

Capítulo 5 - Testes com o Amostrador Sequencial.

Com a finalidade de avaliar o funcionamento mecânico e eletrônico do amostrador foram realizados testes de laboratório e testes de campo. Nestes testes, foram feitas verificações de funcionamento das unidades do amostrador. As primeiras unidades foram:

- tampa;
- válvulas solenóides e
- mesa.

A seguir, foram determinados os tempos para descarte de cada amostra, o tempo de giro da mesa para cada amostra e o volume de cada garrafa. O teste do volume foi realizado para determinar se existe variação de volume captado por amostra e determinar essa variação.

Nos testes de campo, o amostrador foi avaliado no seu funcionamento sob condições de chuva. O local escolhido, para os testes de campo, foi a Represa do Broa, localizada entre os municípios de Brotas e Itirapina, na Região Central do Estado de São Paulo, $22^{\circ}15'S$ e $47^{\circ}40'W$ a uma altitude média de 620 metros acima do nível do mar, onde existe a Estação Climatológica da USP- CRHEA.

5.1 Teste em Laboratório.

5.1.1 Testes das partes mecânicas

Tampa.

Para que a tampa fosse levantada, foi colocada água sobre a superfície do sensor. A tampa abriu de forma correta sem apresentar problemas.

Sob o sensor de chuva foi colocada uma resistência. Observou-se que o sensor ficou com a sua superfície molhada por um longo tempo, 45 minutos, deixando a área de coleta exposta à deposição de partículas. Como a única resistência mostrou-se ineficiente na dissipação de calor, foram acrescentadas mais duas resistências reduzindo o tempo permanência da umidade no para 6 minutos.

Válvulas solenóides.

Os testes de verificação do funcionamento das válvulas solenóides superior e inferior mostraram que as válvulas tinham falhas de fechamento:

Situação 1: Água no funil.

Observação:

Enquanto ocorre o descarte da amostra na garrafa, a válvula superior está fechada, a água armazenada no funil continua a pingar na amostra que está sendo descartada na garrafa.

Situação 2: Água no reservatório de acrílico.

Observação:

O reservatório armazena água durante um evento. Caso a chuva pare, ocorre o fechamento da tampa, e as válvulas são fechadas, porém a água continua a gotejar na garrafa.

O problema foi resolvido com a desmontagem do sistema válvula-recipiente-válvula e com a limpeza das válvulas.

Teste de giro da mesa.

Com o término do enchimento da garrafa a válvula inferior é fechada e a mesa gira, posicionando a próxima garrafa sob esta válvula. Neste período a mesa não posicionou a garrafa corretamente sob a válvula, fazendo com que ocorresse perda da amostra de chuva. Esta falha foi resolvida na fase inicial, quando as garrafas são colocadas na mesa, fazendo a verificação da posição de cada garrafa sob válvula girando a mesa manualmente. Este procedimento é realizado antes de dar início no programa de testes.

Teste de fechamento da tampa.

Quando a água no sensor seca totalmente, a tampa se fecha, a válvula inferior se abre, despejando o volume mesmo que incompleto na garrafa e a mesa gira posicionando a próxima garrafa sob a válvula inferior, conforme planejado.

Teste do fim da amostragem.

Ao final da vigésima garrafa, as válvulas solenóides fecham-se para evitar que a água continue a entrar no sistema de amostragem.

5.1.2 Teste volumétrico.

Para identificar a variação do volume, e os seus valores médios, máximos e mínimos, foram realizados testes simulando a chuva, fazendo com que a seqüência de passos do equipamento fosse seguida em todas as fases de coleta. O sensor de pressão estava ajustado para coletas de cada amostra com volume em torno de 485ml. Foram realizados seis testes completos, sendo apresentados em seqüência do primeiro ao sexto com seus respectivos gráficos de variação do volume, e a seguir é apresentado um estudo estatístico dos resultados. Cada teste refere-se ao uso das 20 garrafas.

Tabela 5.1 : Determinação do volume, tempo de descarte e tempo de giro da mesa para cada amostra.

Garrafa nº	Tempo de descarte (seg)	Tempo giro da mesa (seg)	Vol. da amostra (ml)	Observação
1	13	9	490	Imprecisão na coleta, pois a válvula não estava fechando corretamente.
2	14	9	-	Imprecisão na coleta. A válvula inferior estava com vazamento.
3	14	9	475	
4	14	9	480	
5	14	9	470	
6	13	9	470	
7	13	9	470	
8	13	9	470	
9	13	9	468	
10	12	9	469	
11	12	9	470	
12	12	9	465	
13	12	9	468	
14	12	9	470	
15	12	9	460	
16	12	9	465	
17	12	9	470	
18	12	9	452	
19	12	9	490	
20	12	Não houve giro	-	erro

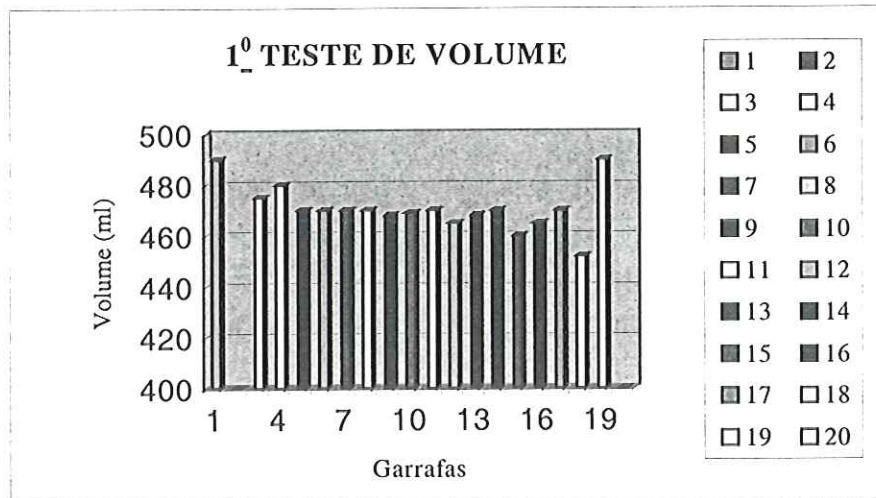


FIGURA 5. 1 -Gráfico do 1º teste da variação do volume nas garrafas.

Tabela 5.2: Determinação do volume, tempo de descarte e tempo de giro da mesa para cada amostra.

Garrafa nº	Tempo de descarte (seg)	Tempo giro da mesa (seg)	Vol. da amostra (ml)	Observação
1	11:30	9	470	
2	11:30	9	460	
3	11:30	9	470	
4	11:30	9	470	
5	11:30	9	470	
6	11:30	9	450	
7	-	9	-	O sensor secou e a tampa se fechou.
8	11:30	9	460	
9	12	9	470	
10	11:60	9	460	
11	11:60	9	460	
12	12	9	470	
13	11:30	9	475	
14	12	9	455	Garrafa descentralizada. Houve perda de amostra.
15	11:30	9	465	
16	11:60	9	470	
17	11:60	9	470	
18	11:60	9	455	Garrafa descentralizada. Houve perda da amostra.
19	11:60	9	460	
20	13:00	9	470	

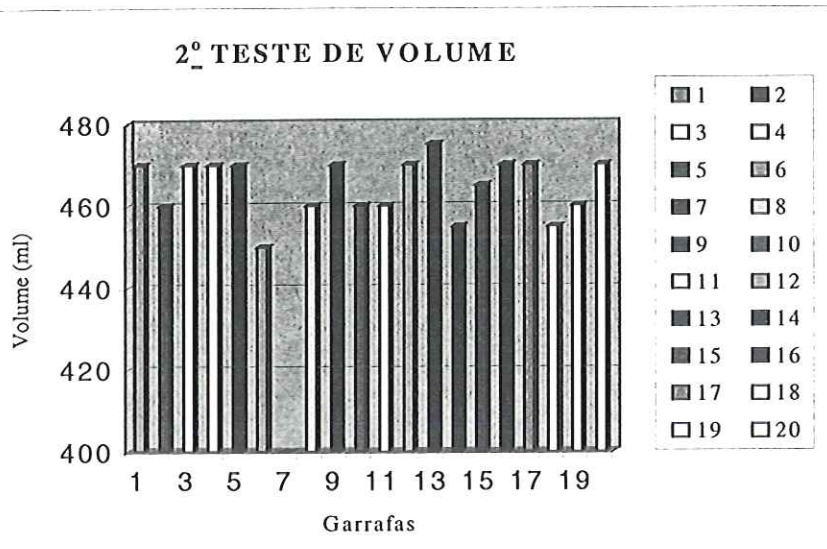


FIGURA 5.2 -Gráfico do 2º teste da variação do volume nas garrafas.

Tabela 5.3: Determinação do volume, tempo de descarte e tempo de giro da mesa para cada amostra.

Garrafa nº	Tempo de descarte (seg)	Tempo giro da mesa (seg)	Vol. da amostra (ml)	Observação
1	12	9:30	470	
2	12	9	460	
3	13	9:10	470	
4	13	9:20	470	
5	12	9	460	
6	12:40	9	465	
7	12	9	465	
8	12	9	460	
9	12	9	450	
10	12	9	455	
11	12:30	9:30	470	
12	12	9	455	
13	14	9	500	
14	12	9	470	
15	13	9	470	
16	12	9	470	
17	13	9	470	
18	12:30	9	465	
19	13	9	475	
20	13:10	A mesa não girou	-	A válvula inferior não fechou.

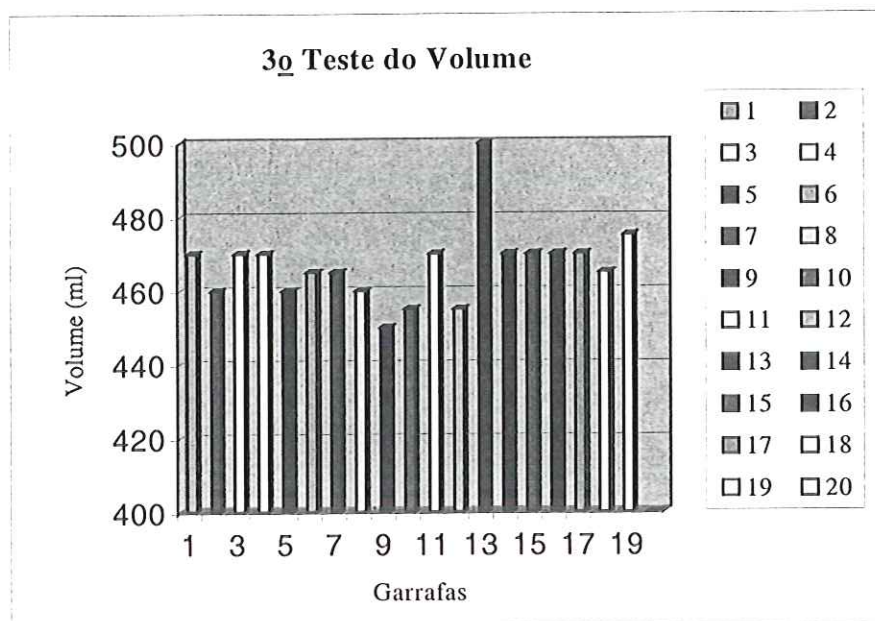


FIGURA 5.3 -Gráfico do 3º teste da variação do volume nas garrafas.

Tabela 5.4: Determinação do volume, tempo de descarte e tempo de giro da mesa para cada amostra.

Garrafa nº	Tempo de descarte (seg)	Tempo giro da mesa (seg)	Vol. da amostra (ml)	Observação
01	14	9	470	
02	13:30	9	460	
03	12:30	9	470	
04	12:10	9	470	
05	12:30	9	460	
06	12	9	460	
07	12	9	460	
08	12:20	9	465	
09	12:30	9	470	
10	12:30	9	468	
11	12:20	9	468	
12	12:30	9	470	
13	12:30	9	468	
14	14	9	460	
15	14	9	460	
16	13:30	9	460	
17	13:40	9	460	
18	13:50	9	470	
19	14	9	470	
20	15	9	490	A válvula apresentou falha de fechamento.

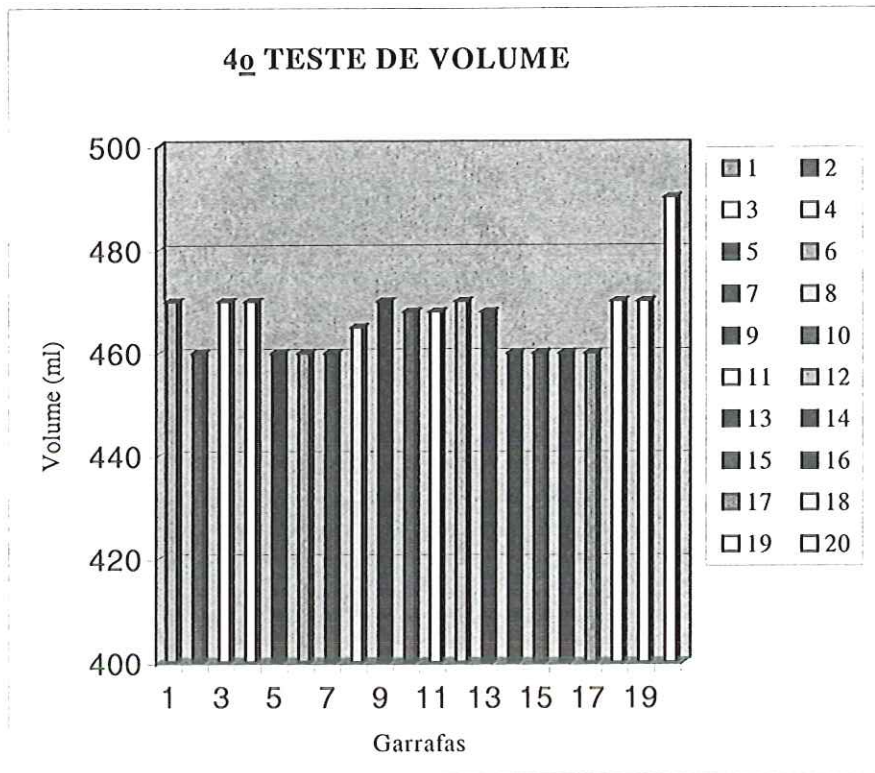


FIGURA 5.4 -Gráfico do 4º teste da variação do volume nas garrafas.

Tabela 5.5: Determinação do volume, tempo de descarte e tempo de giro da mesa para cada amostra.

Garrafa nº	Tempo de descarte (seg)	Tempo giro da mesa (seg)	Vol. da amostra (ml)	Observação
01	15:00	8:67	460	
02	14:20	8:97	470	
03	13:40	9:14	468	
04	12:30	9:23	470	
05	12:40	9:33	470	
06	13:00	9:35	460	
07	12:30	9:28	460	
08	12:30	9:14	460	
09	13:90	9:18	470	
10	13:30	9:21	460	
11	13:00	9:28	460	
12	12:30	9:13	450	
13	12:30	9:07	450	
14	12:30	9:27	460	
15	12:20	9:33	460	
16	12:20	9:21	460	
17	12:10	8:70	430	
18	11:30	8:80	470	
19	12:30	8:80	450	
20	14:75	Não gira	560	Falha no funcionamento da válvula sup. Passando mais água do que o esperado.

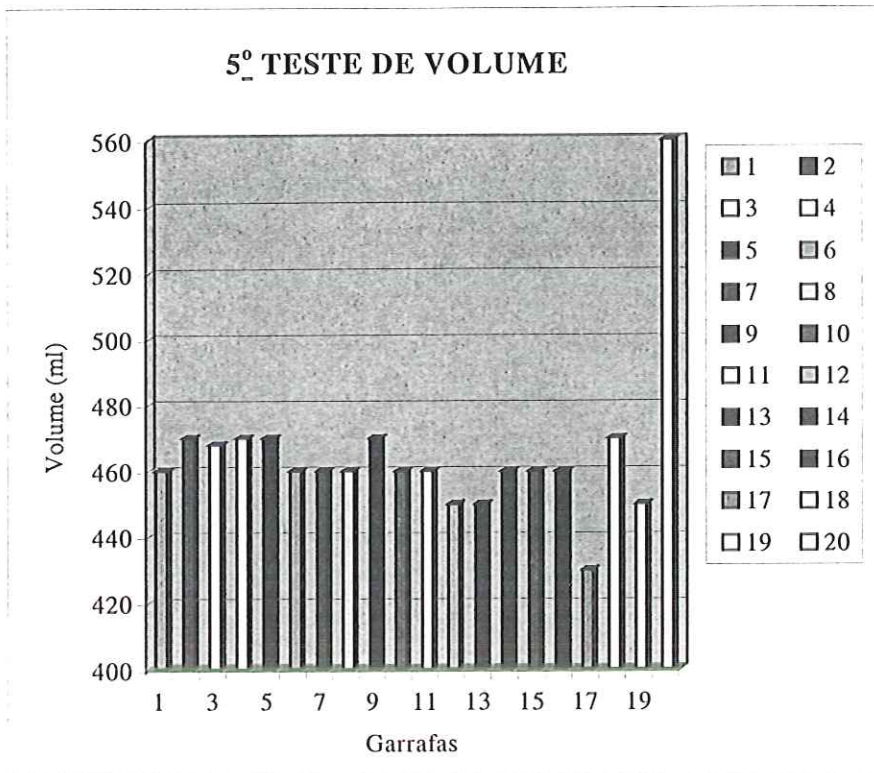


FIGURA 5.5 -Gráfico do 5º teste da variação do volume nas garrafas.

Tabela 5.6: Determinação do volume, tempo de descarte e tempo de giro da mesa para cada amostra.

Garrafa nº	Tempo de descarte (seg)	Tempo giro da mesa (seg)	Vol. da amostra (ml)	Observação
01	12:30	8:67	460	
02	11:80	8:97	450	
03	11:60	9:14	465	
04	11:60	9:23	460	
05	11:60	9:33	460	
06	11:80	9:35	460	
07	11:50	9:28	460	
08	11:60	9:14	460	
09	11:70	9:18	470	
10	11:80	9:21	460	
11	11:60	9:28	455	
12	11:60	9:13	460	
13	11:60	9:07	460	
14	11:60	9:27	460	
15	11:60	9:33	460	
16	11:60	9:21	470	
17	11:60	8:70	460	
18	11:60	8:80	458	
19	11:90	8:80	460	
20	12	-	540	Problema na válvula inferior

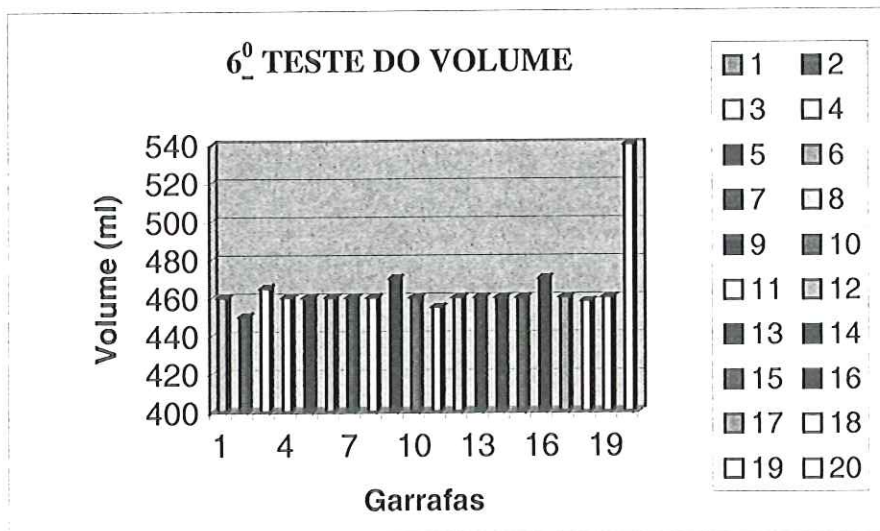


FIGURA 5.6 -Gráfico do 6^o teste da variação do volume nas garrafas.

Para um melhor entendimento da distribuição do volume é feita uma análise estatística, na Tabela 5.7, dos volumes coletados em todas as garrafas da Tabela 5.1 à Tabela 5.6.

Tabela 5.7: Determinação de alguns parâmetros estatísticos.

Parâmetros Estatísticos	1º teste	2º teste	3º teste	4º teste	5º teste	6º teste
Média (ml)	471	465	467	466	465	464
Desvio Padrão (ml)	9	7	10	7	24	18
Volume Máximo (ml)	490	475	500	490	560	540
Volume Mínimo (ml)	452	450	450	460	430	450
Variação de volume Máximo (ml)	38	25	50	30	130	90
Variação Máxima (ml)	8	5,4	10,7	6,4	28	19
Coefficiente de Variação Máxima (%)	1,9	1,5	2,1	1,5	5,16	3,90

Assim, da Tabela 5.7 é verificada a média em torno de 466ml, sendo que somente no primeiro teste a média foi um pouco maior, 471ml contra o volume almejado para as análises químicas, de 485ml. Os volumes variam entre o máximo de 560ml e o mínimo de 430ml. Apresentando uma variação máxima de 130ml, que corresponde a 28% da média. O desvio padrão fica em torno de 28ml equivalente a aproximadamente a 5%. Verifica-se nos dois últimos testes a ocorrência de um aumento acentuado no desvio padrão, devido falha de coleta na vigésima garrafa para os dois casos, devido a falha no funcionamento das válvulas solenóides. Se forem

desconsiderados os dois últimos valores das duas últimas tabelas a variação máxima é de 8,7% e 4,3% e o desvio padrão passa a ser de 2,15% e 0,95%.

Esses valores sugerem uma boa precisão para este tipo de aplicação. Mesmo assim, o valor de volume médio/máximo requer ajustes para garantir que o volume médio/mínimo seja requerido.

Com os valores dos seis testes foi possível estabelecer qual a faixa de concentração dos valores do volume através do gráfico conforme a FIGURA 5.7 a seguir. É possível visualizar os dois pontos finais para os dois últimos testes a diferença dos valores dos volumes, ficando bem acima da média.

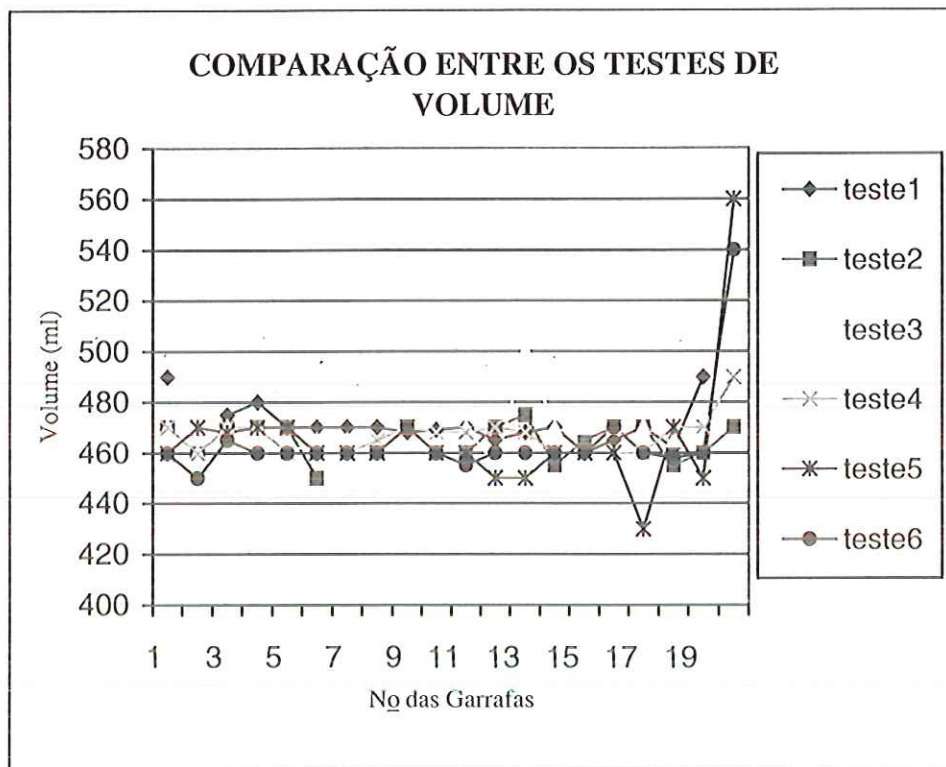


FIGURA 5.7 -Gráfico comparativo entre os 6 testes de volume.

Foi possível, a partir valores médios nos seis testes reportados nas tabelas de determinação dos volumes coletados, calcular a variação média apresentada no gráfico da FIGURA 5.8.

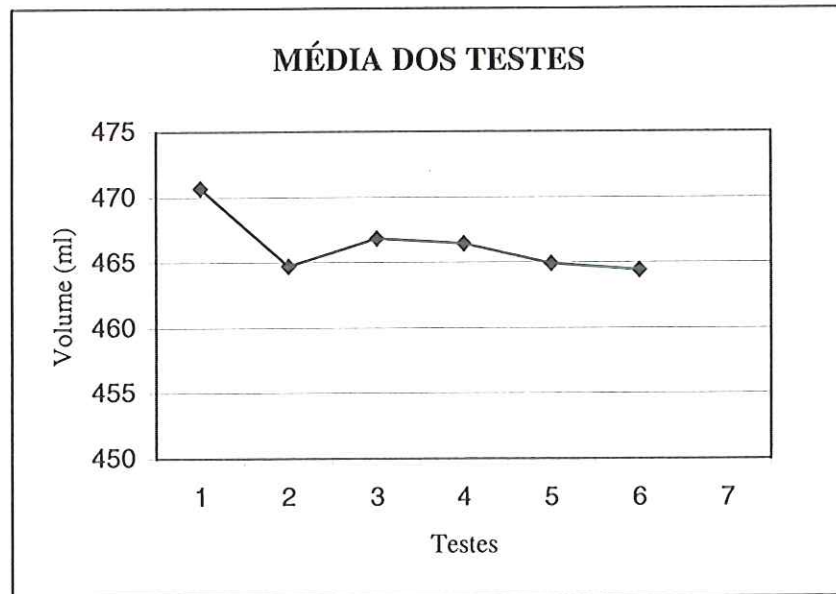


FIGURA 5.8 - Média dos valores determinados para cada teste de volume.

O valor médio determinado para os seis testes foi 462,44ml. O valor máximo foi de 560ml e o valor mínimo foi de 430ml, portanto apresentou uma variação de 130ml. Para as análises sugeridas esta variação representa uma questão não solvida, pois o valor estipulado para as análises é de 485ml. Com estes valores é verificada a insuficiência volumétrica para as análises químicas.

Conforme indicado no Capítulo 3, o volume mínimo necessário para cada amostra é igual a 485ml. Uma vez que o volume mínimo mostrou-se na maioria das vezes (89% dos casos) abaixo do volume mínimo necessário, foi providenciado e implementado um controle, através de alteração no programa, que permite a definição, na sua tela, do volume de coleta. Essa facilidade permite ao usuário a escolha de uma proporção, entre 0% e 100%, do volume máximo de 600ml. Tal facilidade possibilita a escolha do volume médio da seqüência de 20 amostras, segundo as necessidades de análise.

Para verificar a fidelidade do recurso providenciado na tela, foram realizados experimentos para diferentes volumes máximos nas seguintes faixas: 100%, 80%, 60%, 40%, 20% e 1%. Os volumes metas foram alterados durante a amostragem sendo coletadas 5 amostras por meio de 5 recipientes durante fixação de um volume qualquer.

Tabela 5.3: Determinação do volume em função de porcentagens estabelecidas na tela do programa.

Volume(ml) de 100%	Volume(ml) de 80%	Volume(ml) de 60%
Garrafa 01-590	Garrafa 06 - 520	Garrafa 11 - 430
Garrafa 02- 600	Garrafa 07 - 520	Garrafa 12 - 435
Garrafa 03- 600	Garrafa 08 - 510	Garrafa 13 - 430
Garrafa 04 - 595	Garrafa 09 - 510	Garrafa 14 - 420
Garrafa 05 - 590	Garrafa 10 - 520	Garrafa 15 - 430
Volume(ml) de 40%	Volume(ml) de 20%	Volume(ml) de 1%
Garrafa 16 - 350	Garrafa 01-250	Garrafa 06 - 180
Garrafa 17 - 360	Garrafa 02- 270	Garrafa 07 - 200
Garrafa 18 - 360	Garrafa 03- 270	Garrafa 08 - 200
Garrafa 19 - 360	Garrafa 04 - 290	Garrafa 09 - 200
Garrafa 20 - 350	Garrafa 05 - 260	Garrafa 10 - 200

Tabela 5.4: Determinação do volume médio em função de porcentagens estabelecidas na tela do programa.

% do Volume escolhido na janela do monitor	Volume (ml) correspondente a % escolhida	Volume (ml) médio das 5 garrafas alvo de teste
100	600	595
80	480	516
60	360	429
40	240	356
20	120	268
01	60	196

Os testes para ajuste de volume revelaram a imprecisão desta ferramenta de escolha. As curvas de calibração apresentadas na FIGURA 5.9 e FIGURA 5.10 poderão auxiliar na escolha mais acertada do volume médio e volume mínimo respectivamente, a coletar. Uma explicação, para o fato da diferença entre o volume desejado e o volume real, é que o sensor de pressão trabalha com maior precisão para maiores alturas de coluna d'água.

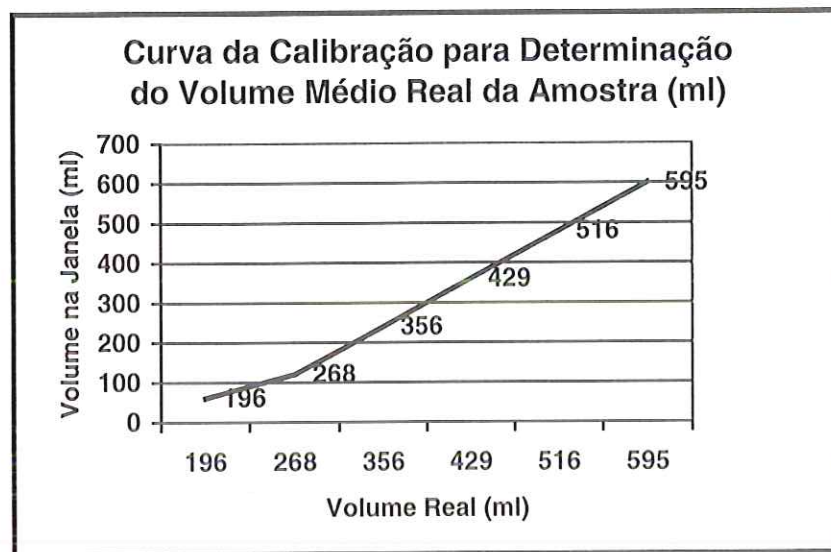


FIGURA 5.9 –Curva de calibração para determinação do volume médio.

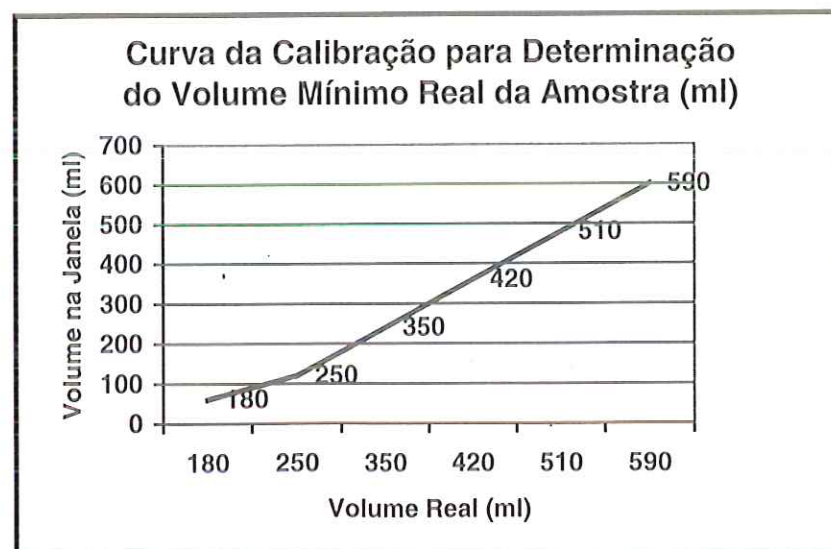


FIGURA 5.10 –Curva de calibração para determinação do volume mínimo.

É possível notar, através da FIGURA 5.9 e da FIGURA 5.10, que para volumes reais de até 250ml (volume mínimo) e 268ml (volume médio), a inclinação da reta é menos acentuada, o que indica uma menor precisão na relação entre o volume escolhido na janela e o volume real.

5.2 Teste de Campo

No teste de campo, foi avaliado o funcionamento do amostrador bem com o volume e as intensidades para cada amostra. Com estes valores de intensidade é possível fazer uma comparação com os dados da Estação Climatológica, onde se encontram entre outros o seguinte equipamento:

Pluviógrafo – IH

Finalidade: Registrar a quantidade e a intensidade da chuva.

Funcionamento: A água captada é conduzida para um recipiente cilíndrico dotado de um sifão. À medida que a água se acumula, a bóia vai se elevando no interior do cilindro e esse movimento é transmitido a uma pena que registra no diagrama (pluviograma) o volume acumulado; quando a água do recipiente atinge seu ponto máximo, o sifão em funcionamento, esvazia e provoca o retorno da pena ao ponto zero da escala do pluviograma. O sifão entra em funcionamento a cada 10 mm de chuva.

Unidade de medida –chuva/tempo (mm/hora, mm/dia). A troca do pluviograma é realizada pelo operador da estação climatológica após a ocorrência da chuva e é feita às 7:00 horas. A FIGURA 5.4 ilustra o Pluviógrafo – IH

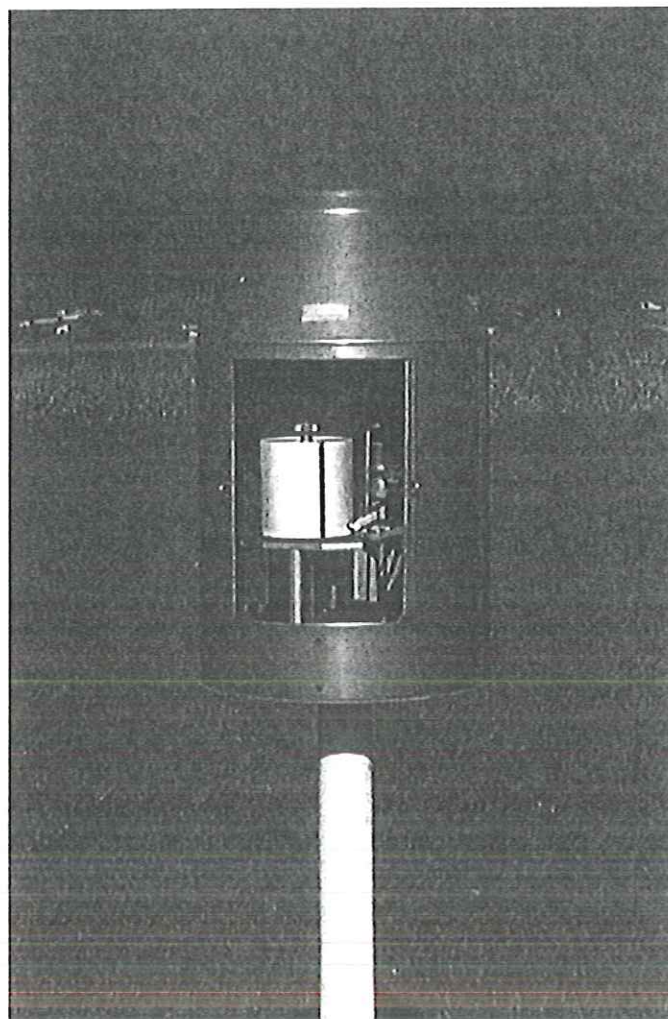


FIGURA 5.11 Pluviógrafo - IH

A seguir é feito um relato das observações e funcionamento do Amostrador Seqüencial na Tabela 5.5, bem como das providências tomadas.

Tabela 5.5 – Descrição das observações e providências tomadas para aumentar a eficiência do amostrador seqüencial.

<i>Observações</i>	<i>Providências Tomadas</i>
1.O amostrador foi acionado durante as madrugadas sem chuva, quando o sensor estava completamente exposto.	Colocação de chumaço de algodão sobre o sensor sem resultados consistentes.
2.O algodão começou a aderir a superfície do sensor.	Retirada do chumaço de algodão e manufatura de um suporte em lâmina de alumínio para receber o chumaço de algodão.
3.O Amostrador Seqüencial continuou a ser acionado sem a presença de chuva.	Retirada do suporte de alumínio.
4. A rosca que une o misturador ao recipiente em acrílico espanou.	Troca da rosca por niple.
5. Transistores e transformador queimados.	Troca das peças com problema.
6. A mesa giratória do Amostrador Seqüencial começou a funcionar inadequadamente.	Aumento de uma redução no motor que gira a mesa solucionando o problema.
7. A tampa funcionou de modo descontrolado, abrindo e fechando ininterruptamente.	Verificação na parte eletrônica e verificação de um curto circuito no motor de que realiza o movimento de fechar e abrir da tampa. O problema foi solucionado.

A seguir são apresentados dados de coleta de precipitação do amostrador, dos dias 15/05 e 16/05 sendo feita uma comparação com o pluviógrafo da Estação Climatológica do Broa. A distância entre o Amostrador Seqüencial Automático de Chuva e o Pluviógrafo era em torno de 40m.

Dia 15/05/2001:

Coleta no Amostrador Seqüencial:

Cálculo da Intensidade:

$$I = \frac{\text{Volume}(cm^3)}{\text{Área}(cm^2) * \text{Tempo}(min.)}$$

Tabela 5.6 – Determinação da Intensidade (mm/min) em um evento de precipitação ocorrido no dia 15/05/2001 das 0:02h às 11:24h no CRHEA.

Duração (h:min.)	Tempo (min)	Volume (ml)	Área (cm ²)	Intensidade (mm/min)
0:02-6:13	371	100	1230	0.0021
6:13-9:46	213	268		0.01023
9:46-10:03	17	272		0.13
10:03-10:32	29	284		0.0796
10:32-11:24	52	72		0.01125

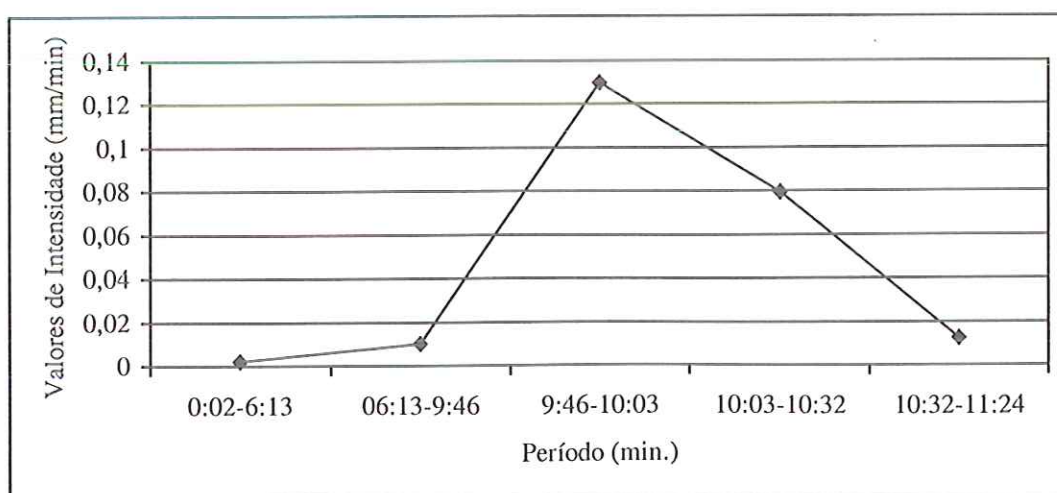


FIGURA 5.12 -Gráfico dos valores de intensidade de chuva para 5 amostras.

Coleta no Pluviógrafo do CRHEA:

Não houve registro de chuva no dia 15/05/2001.

É difícil conjecturar a razão desta falta de registro do evento no pluviógrafo.

Pode ser um mau funcionamento deste aparelho.

Dia 16/05/2001:

Coleta no Amostrador Seqüencial:

Cálculo da Intensidade:

$$I = \frac{\text{Volume}(cm^3)}{\text{Área}(cm^2) * \text{Tempo}(min.)}$$

Tabela 5.7 – Determinação da Intensidade (mm/min) em um evento de precipitação ocorrido no dia 16/05/2001 das 11:48h às 18:22h no CRHEA.

Duração (h:min.)	Tempo (min.)	Volume (ml)	Área (cm ²)	Intensidade (mm/min)
11:48-15:22	210	276	1230	0.011
15:22-16:43	81	268		0.027
16:43-17:18	35	272		0.063
17:18-18:22	64	116		0.015

Coleta no pluviógrafo do CRHEA:

Foram obtidos os dados exibidos na tabela 5.8

Tabela 5.8 – Determinação da Intensidade (mm/min) em um evento de precipitação ocorrido no dia 16/05/2001 das 11:48h às 18:22h. no CRHEA

Duração (h:min.)	Tempo (min.)	Altura (mm)	Intensidade (mm/min.)
11:50-15:20	210	2.9	0.014
15:20-16:40	80	4.5	0.056
16:40-17:20	40	0.4	0.010
17:20-18:20	60	0.5	0.008

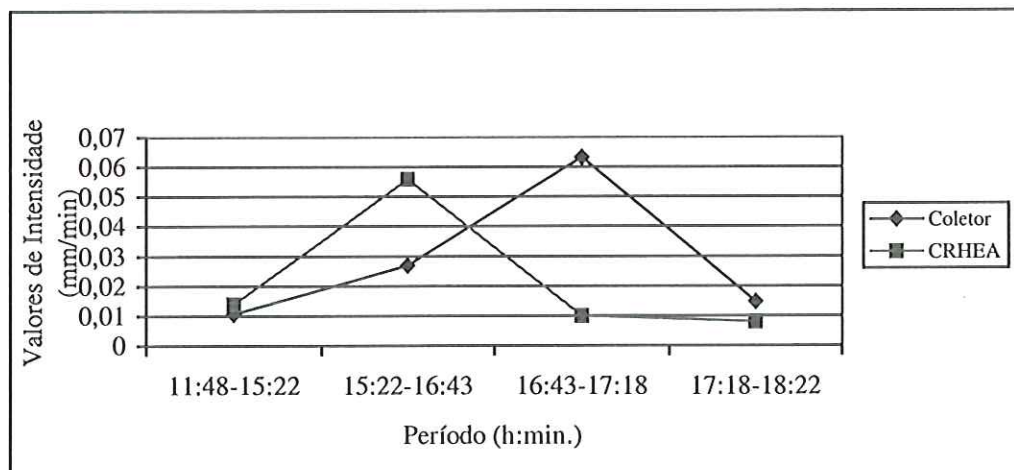


FIGURA 5.13 -Gráfico de comparação entre a chuva coletada no amostrador automático e o pluviógrafo IH no dia 16/05.

No gráfico, da Figura 5.6, é possível visualizar que os dois equipamentos registraram o evento de precipitação, conforme indicado nas Tabelas 5.7 e 5.8. Além disso, as máximas intensidades estão bem próximas. No entanto, como o amostrador sequencial possui alguns tempos de espera para a captura do volume a ser armazenado nos recipientes, não há como comparar a ocorrência ao longo do tempo.

5.3 Considerações Finais

Foram encontradas algumas dificuldades, as principais delas relatadas neste texto. Mesmo assim foram obtidos resultados animadores indicando o potencial da proposta construtiva. Foi observado que, para a obtenção de um melhor desempenho pelo amostrador, alguns dispositivos precisam ser reapreciados quanto à sua aplicabilidade.

Nota-se, especificamente, que em algumas partes do amostrador, os componentes mecânicos poderiam ser melhor integrados ao sistema eletrônico. O próprio sistema eletrônico também poderia ser melhorado através de programas mais precisos e que obtivessem os tempos de abertura e fechamento da tampa, das válvulas solenóides (tempo de descarte da amostra). São feitas, a seguir, algumas sugestões para melhorar o desempenho do amostrador.

Porta de acesso ao interior da caixa de alumínio:

É interessante que a abertura seja um pouco maior, para facilitar o manuseio das garrafas, válvulas solenóides e outras peças.

Avaliação da altura do funil:

Fazer uma verificação de uma possível mudança na altura do funil, uma vez que também são sugeridas modificações no sistema de abertura da tampa. Ou seja, se diminuir a altura do funil é necessário verificar qual a melhor proposta para encaixar o sistema de abertura da tampa?

Sensor de chuva:

Redesenhar o sensor levando em conta o acúmulo de orvalho conforme a época do ano e o local no qual que irá ser instalado o equipamento.

Uma possibilidade seria fazer com que o desenho do circuito do sensor trabalhasse com uma fina lâmina de água, ou seja, o sensor seria acionado não quando uma gota entrasse em contato com a superfície, mas sim quando houvesse uma lâmina contínua de água.

Outra possibilidade, seria usar um sensor de som sob a tampa ao lado do funil, o qual seria acionado pelas gotas da chuva caindo sobre a tampa.

Tampa:

Para melhorar o processo de abertura da tampa, sugere-se um sistema deslizante, de modo que a abertura ou o fechamento seja realizado por um movimento suave, eliminando os acionamentos repentinos que atualmente ocorrem sempre que a tampa é aberta ou fechada. Uma vez eliminadas estas pancadas, vários problemas deixariam de ocorrer, pois o equipamento é muito sensível a movimentos bruscos. Atualmente, é utilizado um eixo com um sistema rotativo localizado a uma grande distância da tampa, tornando necessário o uso de um motor potente para fechar e um motor não tão potente para abrir. Ou seja toda vez que o motor é acionado para fazer a abertura da tampa há uma batida no equipamento, pois o motor, fornecendo somente uma posição de potência, está superdimensionado para o trabalho solicitado.

Área do funil coletor:

Possibilitar um sistema de encaixe para funis com diferentes área de coleta, podendo com isto, dependendo do tipo de análise a ser realizada, poder coletar diferentes volumes.

Capítulo 6 –Conclusões.

Para a execução da proposta de montagem de um amostrador seqüencial foram realizadas diversas tarefas, desde estabelecimentos das condições experimentais de campo até adoção de diversos conceitos para o funcionamento do amostrador. O equipamento, fabricado nas dependências da EESC, incorpora todas estas decisões para viabilizar o funcionamento automático do amostrador seqüencial. Tal equipamento quando operado em condições de campo apresentou oportunidades de melhoria de diversos dispositivos. A qualidade no desempenho do equipamento revelou-se extremamente positiva para chuvas intensas, porém para chuvas não tão intensas o desempenho foi abaixo do esperado, ocorrendo coletas incompletas com problemas durante a movimentação da mesa e chegando a não coletar nenhuma garrafa para alguns experimentos.

Sendo este trabalho, a construção do equipamento, ressalta-se a importância do uso continuado do mesmo para realizar testes de funcionamento de longo prazo. É sugerido que seja feito um trabalho interdisciplinar com especialistas de outras áreas, por exemplo, computação, mecânica e física, para realizar ajustes e melhorias no acionamento da abertura e fechamento da tampa, no sistema eletromecânico, mudanças nos parâmetros de coleta, por exemplo, no volume, os quais poderão conduzir ao maior aperfeiçoamento do amostrador.

É importante ressaltar que o amostrador possui a flexibilidade de mudança no volume de amostra a ser coletado, podendo ser alterado tanto o recipiente final, como a área de coleta de chuva, revelando que a preocupação inicialmente aqui apresentada com a determinação exata do volume da amostra irrelevante, uma vez que se pode especificar

volume maior do que o mínimo para garantir o necessário para a coleta. Finalizando, para a obtenção de um trabalho completo é sugerida a análise das amostras.

Desta forma, conclui-se que os objetivos de produzir um amostrador seqüencial automático de chuva com as propriedades iniciais estipuladas foram alcançados.

Capítulo 6 –Conclusões

Para a execução da proposta de montagem de um amostrador sequencial foram realizadas diversas tarefas, desde estabelecimentos das condições experimentais de campo até adoção de diversos conceitos para o funcionamento do amostrador. O equipamento, fabricado nas dependências da EESC, incorpora todas estas decisões para viabilizar o funcionamento automático do amostrador sequencial. Tal equipamento quando operado em condições de campo apresentou oportunidades de melhoria de diversos dispositivos. A qualidade no desempenho do equipamento revelou-se extremamente positiva para chuvas intensas, porém para chuvas não tão intensas o desempenho foi abaixo do esperado, ocorrendo coletas incompletas com problemas durante a movimentação da mesa e chegando a não coletar nenhuma garrafa para alguns experimentos.

Sendo este trabalho, a construção do equipamento, ressalta-se a importância do uso continuado do mesmo para realizar testes de funcionamento de longo prazo. É sugerido que seja feito um trabalho interdisciplinar com especialistas de outras áreas, por exemplo, computação, mecânica e física, para realizar ajustes e melhorias no acionamento da abertura e fechamento da tampa, no sistema eletromecânico, mudanças nos parâmetros de coleta, por exemplo, no volume, os quais poderão conduzir ao maior aperfeiçoamento do amostrador.

É importante ressaltar que o amostrador possui a flexibilidade de mudança no volume de amostra a ser coletado, podendo ser alterado tanto o recipiente final, como a área de coleta de chuva, revelando que a preocupação inicialmente aqui apresentada com a determinação exata do volume da amostra irrelevante, uma vez que se pode especificar

volume maior do que o mínimo para garantir o necessário para a coleta. Finalizando, para a obtenção de um trabalho completo é sugerida a análise das amostras.

Desta forma, conclui-se que os objetivos de produzir um amostrador seqüencial automático de chuva com as propriedades iniciais estipuladas foram alcançados.

Anexo A - Determinação da área do coletor

A fim de estabelecer o volume de coleta foram consideradas possíveis intensidades de precipitações fornecidas por PINTO et al (1976) através da Equação da Intensidade de Chuva para São Paulo indicada a seguir:

$$i(mm/h) = \frac{3462,7 * Tr^{0.172}}{(t + 22)^{1.025}}$$

Supondo período de retorno $Tr=5$ anos e Duração $t=30, 40, e 50$ min.
Encontramos a seguintes Intensidades:

$$i = 79,56mm/h = 0,13cm/min.$$

$$i = 66,44mm/h = 0,11cm/min.$$

$$i = 56,99mm/h = 0,095cm/min.$$

Assim, adotando $I=0,1$ cm/min e um volume proposto de acordo com as análises a serem feitas, é possível determinar a área de coleta do funil. Assim, será adotado como um número razoável de amostras por evento $N=20$, onde N =número de amostras.

O problema de dimensionamento da área de coleta pode ser colocado da seguinte forma:

Dados:

Nº de amostras $N=20$;

Intensidade $I=0,1$ cm/min;

Volume da amostra necessária para análise $V=300ml$;

Duração do evento $D=60$ min

Área do funil $A=(\text{cm}^2)$;

Vazão produzida pelo funil $= 0,1(\text{cm}^3/\text{min}) * A (\text{cm}^2) = 0,1A (\text{cm}^3/\text{min})$;

Tempo de enchimento da amostra:

$$\Delta t = \frac{\text{Volume} \cdot \text{da} \cdot \text{amostra}(\text{cm}^3)}{\text{Vazão}(\text{cm}^3/\text{min})}$$

$$\Delta t = \frac{300}{0,1A} (\text{min}/\text{amostra});$$

$$\text{Número de amostras, } N = \frac{D(\text{min})}{\Delta t(\text{min}/\text{amostra})};$$

$$N = (60 * 0,1A) / 300;$$

Logo, para $N=20$ $A = 1000 \text{ cm}^2 \Rightarrow R = 17,84 \approx 18\text{cm}$.

Para esta área de 1000 cm^2 , o diâmetro para o funil corresponde a 36 cm . Foram adotados dois garrafões de água mineral com diâmetro de 28 cm cada, totalizando assim uma área de 1230 cm^2 , aumentando com isso o volume da amostra para as mesmas intensidades propostas, passando de 300ml para 369ml .

Anexo B –Análises Químicas

A tabela a seguir apresenta as análises sugeridas, o método e o respectivo volume da amostra necessário para os diferentes parâmetros avaliados.

Tabela B1 –Volume necessário em função de cada análise química.

Análise Química	Método de Análise	Volume da Amostra (ml)
Acidez (CO ₂)	titulação	100
pH	potenciometro	25
Condutividade	condutivimetro	150
Nitrato	FIA	10
Nitrito	FIA	50
N-NH ₄	Nessler	25
COD	Membrana 0.45	10
Sólidos totais	Gravimétrico	200
Ca	Absorção atômica	
Mg	Absorção atômica	
K	Absorção atômica	15
Fe ³⁺	Absorção atômica	
Al ³⁺	Kit Hach	50

Acidez (CO_2), Nitrato NO_3^- , Nitrito NO_2^- e Amônia N-NH_4 e pH

A acidez da água é a capacidade quantitativa da água reagir com uma base forte para um valor de pH. O valor medido pode variar significativamente com o pH final usado na determinação. A acidez é uma medida agregada à propriedade da água e pode ser interpretada para uma substância específica quando é conhecida a composição química da amostra.

A precipitação ácida, geralmente chamada de chuva ácida, é causada pela presença de dióxido de enxofre (SO_2) e óxido de nitrogênio (NO_x), gerados no processo de desenvolvimento tecnológico e emitidos à atmosfera.

Estes poluentes primários originam-se da queima do carvão para a produção de energia elétrica, fundição de metais e queima dos combustíveis dos veículos. Esta deposição ácida pode ser úmida ou seca, sendo a primeira caracterizada pelos elementos presentes na atmosfera (SO_2 e NO_x) em forma de partículas sólidas e que em contato com as moléculas de água são depositados pela precipitação na superfície já na forma de ácidos. Na deposição úmida pode-se detectar os íons nitrato e amônia. Óxidos de nitrogênio e outros gases podem estar dissolvidos nas gotas da chuva produzindo ácidos nítricos. A deposição seca, é caracterizada pelos elementos anteriormente citados na atmosfera. Porém estes vem ao solo sem a reação com a água, que ocorre posteriormente. Uma vez liberados na atmosfera, esses elementos (SO_2 e NO_x), podem se converter quimicamente em poluentes secundários como o ácido sulfúrico (H_2SO_4) e ácido nítrico (HNO_3) na presença de água. Ainda gotas de água ácida podem ser carregadas a longas distâncias pelo vento, retornando ao solo como chuva, neve ou neblina ácida.

O grau de acidez é determinado pelo número de íons hidrogênio (H^+) em um meio aquoso. Os íons de hidrogênio são formados por átomos de hidrogênio que perderam seus elétrons e se tornaram positivamente carregados. A estrutura atômica é normalmente estável, mas alguns grupos de diferentes elementos, quando em contato, sofrem interações químicas onde um ou mais elétrons podem ser transferidos para outros elementos, deixando o elemento que perdeu elétron carregado positivamente (cátions).

A acidez é medida usando uma escala de pH, com o número sete sendo o valor neutro. A substância com valores de pH menores do que sete serão ácidas, enquanto substância com valores de pH maiores do que sete serão básicas. É importante notar que a escala de pH é logarítmica, isto é, uma substância com pH 6 é 10 vezes mais ácida do que uma substância com pH 7. Na comunidade científica mundial o valor do pH da chuva ácida não é definida exatamente, porém considera-se que o valor 5.6 como o valor limitante onde valores inferiores a este são valores ácidos.

Assim os níveis de acidez podem ser ilustrados do seguinte modo:

↑ aumento da alcalinidade	14	
	13	soda caustica
	12	
	11	
	10	leite de magnésia- sabão
	09	
	08	sangue agua do mar
	07.....	neutro.....água destilada
	06	
	05	chuva pura
↓ aumento da acidez	04	vinho - cerveja
	03	suco de laranja - vinagre
	02	fluido estomacal
	01	acido de bateria

Figura 1- Níveis de acidez

Quando a superfície terrestre não consegue neutralizar a chuva ácida, podem ocorrer problemas que, quando os poluentes alcançam determinados níveis, afetam o Homem e o meio ambiente do qual depende sua sobrevivência, como se exemplifica a seguir:

- danos às florestas (queimas das copas);
- queima das produções ou safras agrícolas;
- acidificação das lagoas;
- corrosão das construções;
- danos a vida aquática dos rios e lagos.

Condutividade

A condutividade é expressa pela letra **k**. É uma medida de habilidade de uma solução aquosa em transmitir corrente elétrica. Esta habilidade depende da presença de íons.

A análise deste parâmetro é utilizada para:

- Estabelecer o grau de mineralização para encontrar o efeito da concentração total de íons, efeito psicológico em plantas ou animais, taxa de corrosão, etc.
- Encontrar o grau de mineralização de água destilada e desionizada.
- Avaliar as concentrações de minerais dissolvidos em água bruta ou residuária.
- Estimar tipo de amostra para ser usada em determinações químicas comuns e checar os resultados de análises químicas.
- Determinar a quantidade de reagente necessária, em certas reações de precipitação e neutralização e o ponto de inflexão denotado por uma mudança na declividade da curva resultante do gráfico -condutividade contra as leituras da bureta.
- Estimar sólidos totais dissolvidos em mg/l em uma amostra pela multiplicação da condutividade em $\mu\text{mho/cm}$ por um fator empírico. Esse fator pode variar de 0,55 a 0,90 dependendo dos componentes solúveis da água e da temperatura de medida.

COD

A presença de carbono orgânico dissolvido pode estar ligada proporcionalmente ao pH das águas de chuvas.

Sólidos Totais

Sólidos Totais é o termo aplicado ao resíduo de material que permaneceu num recipiente após a evaporação de uma amostra e sua subsequente secagem em estufa numa determinada temperatura(METCALF & EDDY, 1991). Sólidos totais incluem "sólidos em suspensão total", a porção que retida num filtro e "sólidos dissolvidos total", a porção que passa através do filtro.

Esta análise foi sugerida para avaliar a existência de partículas na atmosfera que possam ser carregadas através da água da chuva. Por exemplo, nas épocas das queimadas.

Ca, Mg, K, Fe³⁺,

São nutrientes que podem afetar de alguma maneira a composição da água precipitada.

Fe³⁺- Pode tornar a água turva através da oxidação do ferro.

Ca, Mg e K -Em muitos casos a capacidade das plantas em absorver esses nutrientes depende do nível de acidificação do solo.

Al³⁺

Al³⁺- Altamente tóxico para o ser humano. Em rios e lagos pode aumentar a mortalidade dos peixes, pois o aumento na concentração dos íons alumínio pode destruir as guelras.

Anexo C –Teste de determinação da intensidade pluviométrica

No dia 15/12/2001 ocorreu um evento cuja característica principal foi forte intensidade. O equipamento coletou com sucesso, no campus da EESC, e registrou os tempos de coleta de 14 amostras, os quais, estão reportados a seguir na Tabela C1. No mesmo dia, na Estação Climatológica da Universidade Federal de São Carlos, foi feito o registro de um evento não tão intenso e com o tempo de ocorrência do evento defasado ao encontrado na EESC. Este evento está apresentado na tabela C2.

Tabela C1: Evento de precipitação ocorrido no dia 15/12/2001 durante o período das 14:46 às 19:10 na EESC.

Hora de coleta	Volume (ml)	Área (cm ²)	Tempo (min.)	Intensidade (mm/min)
14: 46:09-15: 42:56	220	1230	56.78	0.0320
16: 50:30-17: 54:48	280		64.30	0.0354
17: 54:48-18: 01:22	280		5.57	0.4087
18: 01:36-18: 03:50	280		2.27	1.0028
18: 03:50-18: 06:09	280		2.32	0.9812
18: 06:09-18: 09:00	285		2.85	0.8130
18: 09:00-18: 10:07	290		1.12	2.1051
18: 10:07-18: 11:16	290		1.15	2.0502
18: 11:16-18: 12:33	300		1.28	1.9055
18:1 2:33-18: 13:58	290		1.42	1.6604
18: 13:58-18: 15:38	290		1.67	1.4118
18: 15:38-18: 18:45	285		3.12	0.7427
18: 18:45-18: 36:25	280		17.60	0.1293
18: 36:25-19: 10:55	140		31.58	0.0361

Na FIGURA C1 e FIGURA C1 foram plotados os gráficos de Intensidade x Período de chuva, de acordo com os valores calculados a tabela C6 e Tabela C7.

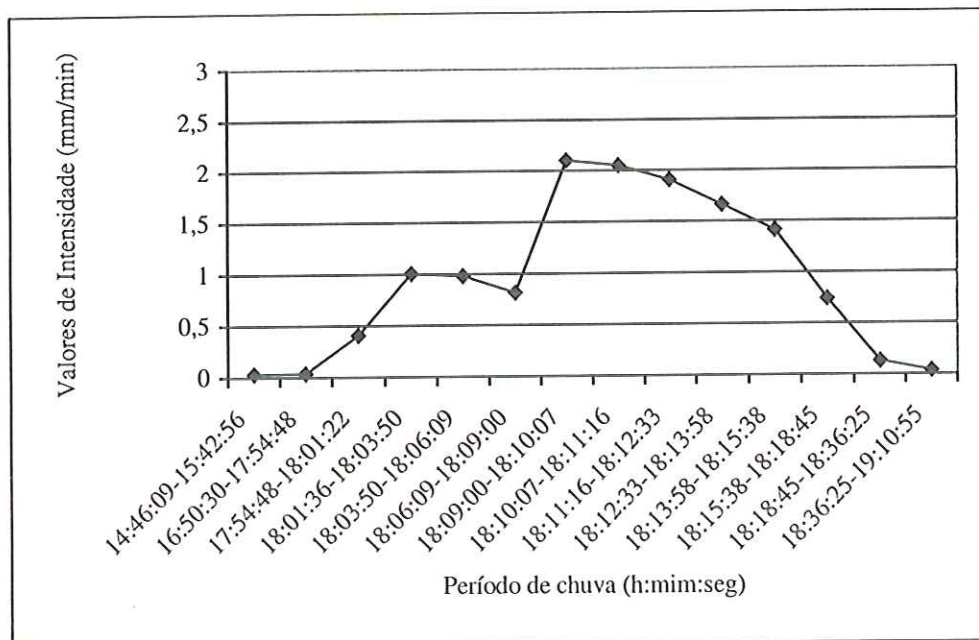


FIGURA C1 – Intensidade da chuva para o período das 15:30h às 19:10h medida no amostrador seqüencial na EESC.

Tabela C2: Eventos de precipitação no dia 15/12/2001 durante o período das 14:40 às 19:10 na Estação Climatológica da Universidade Federal de São Carlos.

Duração (h:min.)	Tempo (min.)	Altura (mm)	Intensidade (mm/min.)
14:45-15:40	55	5.0	0.091
15:40-16:00	20	2.0	0.100
16:00-16:20	20	6.5	0.325
16:20-16:55	35	9.4	0.269
16:55-17:10	15	9.1	0.607
17:10- 17:30	20	0.1	0.005
17:30-18:50	20	0.8	0.040
18:50-19:15	25	8.4	0.420

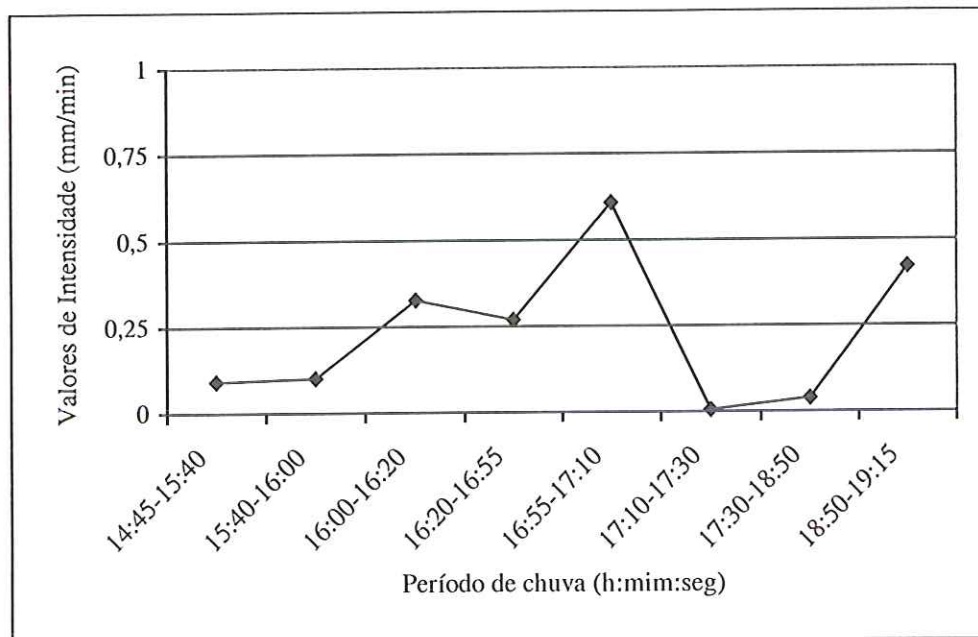


FIGURA C2 – Intensidade da chuva para o período das 15:30h às 19:10h medida no pluviômetro IH- da Estação Climatológica da UFSCar.

É possível notar nos gráficos da FIGURA C1 e C2 anteriormente apresentados que os picos das intensidades de chuvas são maiores para o amostrador sequencial do que para o pluviômetro IH, devido possivelmente à diferença da área entre os coletores, que no caso do amostrador sequencial é maior em 10 vezes aproximadamente. Também, é visível a diferença no horário dos picos do evento, devido a distância entre os locais de coleta. No período de 14:45 até 19:15, na Universidade Federal, por volta das 17:10, já na EESC, para o mesmo período, ocorreu por volta das 18:10.

Capítulo 7 -Referências Bibliográficas

BATTELLE PACIFIC NORTHWEST (1977). The MAP3S Precipitation Chemistry Network: First Periodic Summary Report. Report PNL-2402, Battelle Pacific Northwest Laboratories, Richland, Wash.

BENTZ, W. W.(1968). Inexpensive automatic cover for rain gauge. U.S. Dept. Agriculture, Agr. Res. Serv. ARS-41-146, 8 pp.

CETESB (1994). Avaliação de deposição úmida e mista em Paulínia, 1994. Departamento de qualidade Ambiental- Divisão de qualidade do Ar.

CETESB (1996). Avaliação de deposição úmida e mista em São José dos Campos, 1996. Departamento de qualidade Ambiental- Divisão de qualidade do Ar.

EISENREICH et al. (1980). Appendix A to the Science Advisory Board Report to the International Joint Commission, 1980.

GATZ, D. F.; SELMAN, R. F.; LANGS, R. K. and HOLTZMAN, R. B. (1971). An automatic sequential rain sampler. Journal of Applied. Meteorology n.10, p. 341-344.

GOMES, LUIZ AIRTON (1981). Aspectos Qualitativos das Águas Pluviais Urbanas.

GRAY, J.; HAGE, K. D. and MARY, H. W. (1974). An automatic sequential rainfall Sampler. Rev Science Instrumentation, Vol 45, n. 12, December, p 1517-1519.



GROßKLAUSS, M. and HASSE, L. (1997). IfM Kiel – Meteorology, Ship Rain Gauge.

<http://www.ifm.uni-kiel.de/me/research/Projekte/WOCE/Figures/rain-fig1-small.gif>,
p 01-04.

HORIBA, Ltd. - Example of measuring instruments for air pollution monitoring station. Contact department: Overseas Sales Division
Address: Miyano Higashi, Kisshoin Minami-ku, Kyoto 601-8305, Japan.

HUMPHREY, P. A. (1961). Automatic precipitation collector. Apresentado na 191st Natl. Meeting of American Meteorology Society, p.21-23, March, Chicago, Illinois.

LIMA, W. N. (1992) – Hidroquímica das precipitações pluviométricas em área urbana. Departamento de Geoquímica e Petrologia, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará.

MILLER, G. E. (1975) An inexpensive automatic water sampler. U.S. Dept. Agriculture, Agr. Res. Serv. ARS-S-50.

METCALF & EDDY (1991) – Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse. Metcalf & Eddy, Ind. 3^aEd.

NYSDEC (1986) - Acid Deposition Monitoring Network. (New York State Department of Environmental Conservation).

<http://www.dec.state.ny.us/website/dar/baqs/acidrain/network>.

PINTO, N. L. DE S. et al.(1976) - Hidrologia Básica, São Paulo, Cap.2, p25.

RAYNOR, G. S. and McNeil, J. P. (1978) An automatic Precipitation Sampler. Atmospheric Environment. Vol. 13, pp. 149-155.

ROSS, H. B. (1984) - Methodology for the collecting and analysis of trace metals in

atmospheric precipitation, University of Stockholm, Department of Meteorology,
Report CM-67, p.35.

ROSS, H. B. (1988) -Trace metals in precipitation in Sweden. *Water Air Soil Pollution*, 36, p.349.

SAUCIER, W. J.; HALL, S.J. e NELSON, R.Y. (1965). University of Oklahoma program for studies of convective storms and scavenging radioactive particles. *Radioactive Fallout from Nuclear Weapon Tests, Proceedings of Conference, German-town, MD, November.*

SCHREIBER, H. A.; COOPER, L. R. and PAYNE, F.L. (1978). An electronic, automatic opening rain collector. United States Department of Agriculture, report n.23.

STRACHAN, W. M. J. and HUNEULT, H. (1982). Evaluation of an Organic Automated Rain Sampler. Technical Bulletin nº 128. Canada Centre for Inland Waters, Burlington, Ontario, 1982.

STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. Washington, AM. Public Health Association, 19^a edition.

VOLCHOK, H. L. and GRAVESON, R. T. (1976). Wet/dry fallout collection. *Proceedings of the Second Federal Conference on the Great Lakes, Great Lakes Basin Commission*, p.259-264.

WWW.ifm.uni-kiel.de/me/research/Projekte/WOCE/Figures/rain-fig1-small.gif