

DESENVOLVIMENTO DE UM AMOSTRADOR AUTOMÁTICO PARA ESTIMATIVA DE POLUIÇÃO DIFUSA

Sérgio Michelotto Braga¹, Mariana Espíndola de Souza²; Cristovão Vicente Scapulatempo Fernandes & Mônica Ferreira do Amaral Porto³

RESUMO --- O estudo dos fenômenos de transporte associados à ocorrência de chuvas intensas, fator importante na avaliação correta da poluição difusa, tem sido dificultado pela falta de equipamentos capazes de coletar amostras das águas dos rios nos momentos em que ocorrem alterações de qualidade em função de rápidas variações no nível. O presente artigo descreve a concepção e o desenvolvimento de um equipamento de baixo custo, capaz de coletar automaticamente amostras das águas dos rios para estes eventos hidrológicos.

Além de aspectos de custo, este equipamento tem a característica de ter fundamentação eletrônica, permitindo estabelecer uma melhor relação entre nível de água e amostra a ser coletada.

ABSTRACT ---The study of the mechanisms associated to the transport of pollutants under conditions of heavy rain is been made difficult by the lack of inexpensive equipment that could sample river water during the occurrence of fast floods. This document describes the developing and the tests carried out on a of a low cost automatic water sampler for fast flood events entirely made at the Electronic Monitoring Laboratory of the Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental da Universidade Federal do Paraná.

Palavras chave: Poluição Difusa, Amostragem Automática, Amostrador

¹ Pesquisador Associado – Departamento de Hidráulica e Saneamento – Curitiba – PR CEP: 81.531-990 Fone: (+55)(41) 33613142 Fax: (+55)(41) 33613045 e-mail: sergio.dhs@ufpr.br

² Bolsista de Iniciação Científica CNPq da Universidade Federal do Paraná – Departamento de Hidráulica e Saneamento – Curitiba – PR CEP: 81.531-990 e-mail: marianna.dhs@ufpr.br

³ Professor Adjunto da Universidade Federal do Paraná – Departamento de Hidráulica e Saneamento – Curitiba – PR CEP: 81.531-990 Fone: (+55)(41) 33613142 Fax: (+55)(41) 33613143 e-mail: cris.dhs@ufpr.br

³ Professora Titular da EPUSP, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. Av. Prof. Lúcio Martins Rodrigues, 120, Cidade Universitária, 05.508-900. São Paulo, SP e-mail: mporto@usp.br

1 Introdução

O estudo da poluição difusa depende, basicamente, da coleta de amostras durante a ocorrência de chuvas intensas, em função do impacto do escoamento superficial sobre o processo de remoção/erosão do solo para dentro dos corpos aquáticos.

A tarefa de coletar manualmente amostras durante esses eventos é particularmente difícil, pois depende da presença dos técnicos na hora exata em que ocorrem e nos locais em que se deseja fazer a amostragem, requerendo, evidentemente, um bom nível de planejamento.

Mesmo bem executada, a coleta realizada em tais condições apresenta riscos mais elevados, seja por motivos associados à própria amostragem de água quanto ao próprio deslocamento da equipe técnica. Além disso, existe sempre a possibilidade de que a mobilização seja infrutífera em virtude da não ocorrência da precipitação esperada – o que vêm a elevar os custos gerais das campanhas de amostragem.

Por outro lado, os equipamentos automáticos que, em princípio, poderiam ser utilizados para o estudo da poluição difusa, são construídos para amostragem em ambiente industrial e apresentam severas restrições econômicas e operacionais quando são utilizados em ambiente aberto, pois, normalmente, sua instalação depende de fornecimento de energia, da realização de obras civis, da proteção contra intempéries e vandalismo, entre outros custos adicionais.

Neste artigo, será apresentada uma alternativa barata e operacionalmente viável para a coleta de amostras durante a ocorrência de plumas de enchente. Um primeiro protótipo do equipamento foi montado e testado em laboratório pela equipe do Laboratório de Monitoramento Eletrônico do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental da Universidade Federal do Paraná (UFPR), como parte do projeto “Bacias Críticas: Bases Técnicas para a Definição de Metas Progressivas para seu Enquadramento e a Integração com os Demais Instrumentos de Gestão”, desenvolvido em parceria Universidade de São Paulo (USP) e a UFPR.

Foram solicitadas patentes para proteção dos direitos de propriedade intelectual do equipamento junto ao INPI.

Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho é demonstrar a viabilidade de se utilizar sistemas automáticos de baixo custo para a coleta automática de amostras durante eventos extremos de enchentes. Serão apresentadas as características físicas e operacionais do amostrador, e demonstrada a viabilidade econômica de sua fabricação. Também serão

apresentados resultados de um teste operacional, feito em laboratório, do primeiro protótipo construído.

2 Estado da Arte

A revisão da literatura especializada indicou um sistema simples e dois diferentes processos mais sofisticados para coleta automática de amostras com o propósito aqui em destaque.

Barato na concepção e fabricação, o sistema mais simples consiste em utilizar o processo de sifonamento para encher garrafas de amostras à medida que o nível d'água se eleva. Garrafas e sifões são montados de forma a que cada garrafa somente possa ser enchida no momento em que o nível d'água ultrapassa o seu sifão específico (GRACZYK, 2000; NEWHAM, 2002). Este sistema apresenta algumas desvantagens significativas:

- Coleta amostras apenas durante a elevação do nível do rio, deixando de atuar durante a recessão
- Não é capaz de descartar amostras coletadas em eventos não significativos.

Alguns fabricantes automatizaram a coleta, utilizando bombas de sucção acionadas por sensores de nível. Neste caso, a maioria optou por armazenar amostras compostas, que são produzidas pelo bombeamento de pequenos volumes para dentro de um único reservatório (GLOBALWATER, 2004). Neste caso, além do custo – normalmente elevado – o equipamento deixa de captar as variações ocorridas durante a passagem da pluma de enchente ao compor uma amostragem média.

Existem equipamentos automáticos, que poderiam ser adaptados para este tipo de estudo, cujo processo de operação consiste em bombear amostras para dentro de frascos individuais, montados sobre um carrossel móvel. Neste caso, os equipamentos – concebidos para uso em ambientes industriais – passam a ter um custo muito alto, o que inviabiliza a sua utilização em pesquisas científicas (ISCO, 2007).

Além do custo de aquisição, os equipamentos automáticos existentes no mercado demandam a realização de obras civis para sua instalação e para oferecer proteção contra vandalismo além de necessitar fornecimento de energia elétrica, o que faz por limitar ainda mais sua aplicação para o estudo da poluição difusa

3 Concepção e Montagem do Protótipo

O amostrador concebido visa sanar as dificuldades relatadas, oferecendo as seguintes soluções:

- i. Frascos independentes são montados na coluna. A alimentação se dá por gravidade, não havendo necessidade de bombeamento;
- ii. Válvulas solenóides determinam qual frasco aberto, permitindo a saída do ar nele contido para a entrada de água da amostra;
- iii. Coluna montada no rio dotada de bóia interna, informa o nível para o circuito de comando;
- iv. Circuito eletrônico de comando abre a válvula adequada para cada nível detectado;
- v. O sistema pode amostrar durante a ascensão e a recessão do hidrograma de enchente.

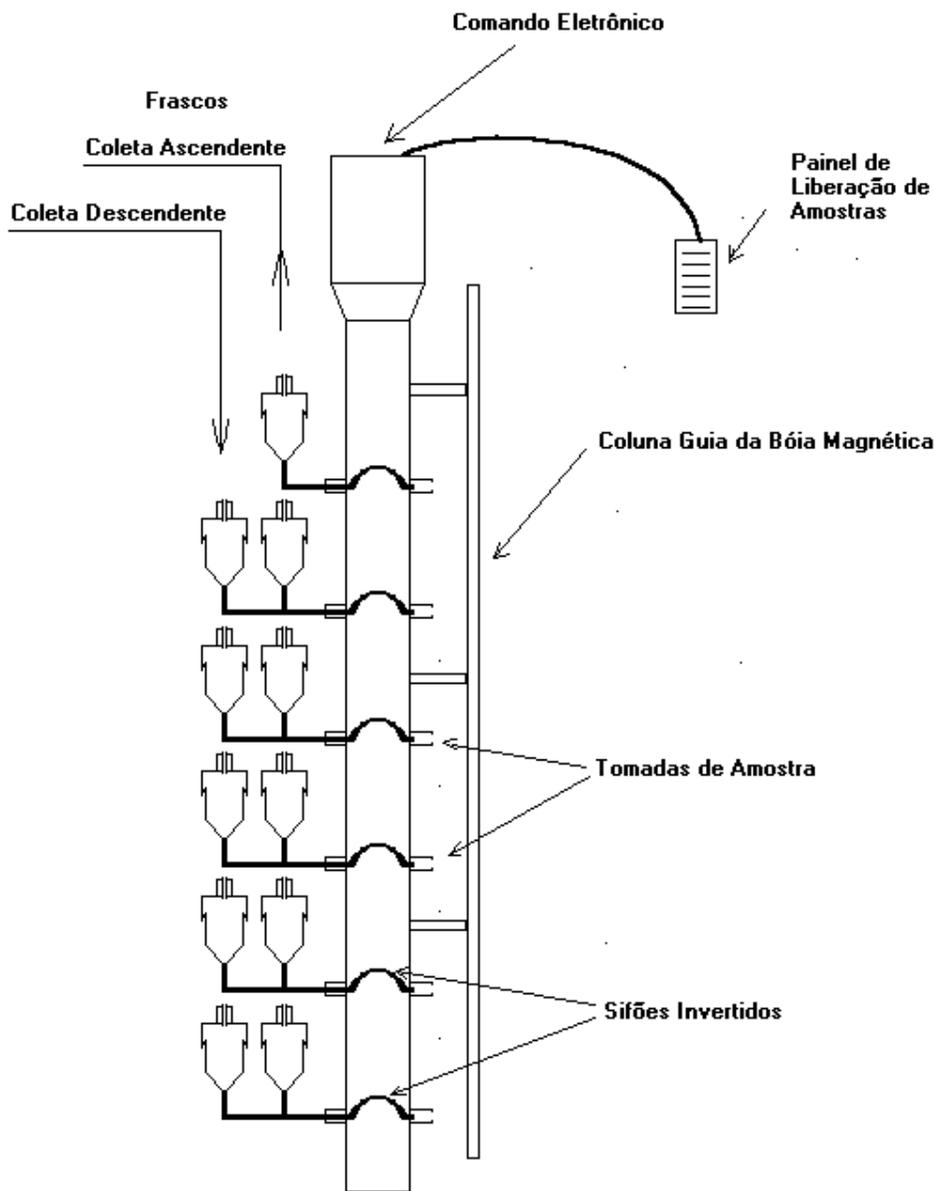
O circuito pode ser preparado para esgotar, por gravidade, as amostras coletadas em caso pluma ser pequena (pouca variação de nível), conservando apenas as amostras em caso de chuvas intensas;

O circuito é autônomo, acionado por bateria interna, com capacidade para acionamento múltiplo e com autonomia para operar por mais de 60 dias sem necessidade de re-carga. O equipamento não precisa de painel solar.

Finalmente, deve-se destacar a facilidade de montagem, podendo ser fixado a uma estrutura pré-existente (colunas ou pontes) ou ainda ser plantado no solo, da mesma maneira como se fixam régua linimétricas em estações de monitoramento de nível, de forma a minimizar custos com obras para a instalação;

A Figura 1 apresenta um esquema da montagem do amostrador.

Figura 1 – Esquema de Montagem do Amostrador Automático para Estimativa da Poluição difusa



No esquema apresentado na Figura 1, podem ser observados os componentes principais do equipamento, a saber:

- i. Torre de suporte;
- ii. Comando eletrônico;

- iii. Frascos para coleta ascendente;
- iv. Frascos para coleta descendente;
- v. Coluna-Guia para bóia magnética;
- vi. Tomadas para entrada e liberação de amostras;
- vii. Sifões invertidos para evitar derramamento inadvertido das amostras coletadas;

Para facilitar a compreensão, foram omitidas as conexões elétricas existentes entre cada um dos frascos de coleta e o comando eletrônico do equipamento. Pelo mesmo motivo, foi suprimida a representação das mangueiras que conectam os frascos de coleta às respectivas válvulas solenóides, também localizadas no interior do comando eletrônico. As mangueiras e as conexões elétricas podem ser observadas na Figura 2.

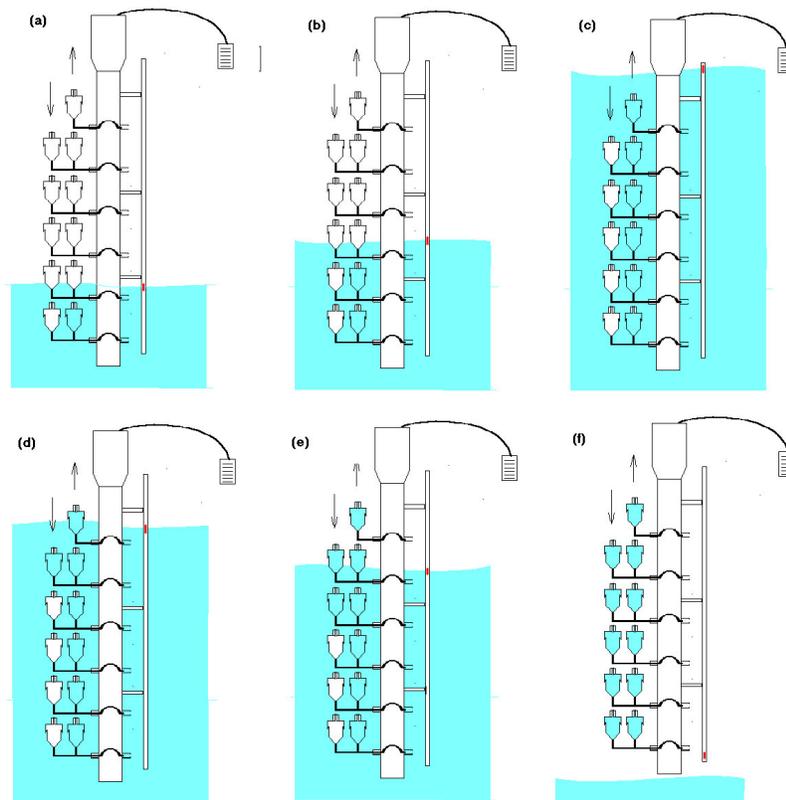
Figura 2 – Amostrador Automático para Estimativa da Poluição Difusa



4 – Descrição do Funcionamento

O funcionamento do equipamento será descrito em etapas seqüenciais, apoiado na Figura 3.

Figura 3: Esquema de Funcionamento do Amostrador



1) Ocorrendo subida de nível do rio, uma bóia magnética flutua por dentro da coluna-guia, até que o imã alcança a posição do primeiro sensor, localizado a 35cm acima da primeira tomada de água.;

2) Ao receber o sinal do sensor, o circuito abre a válvula solenóide referente ao primeiro frasco de coleta, sentido de subida, permitindo que o ar contido no frasco escape, o que permite a entrada da água pela primeira tomada de água;

3) Quando o volume do frasco é preenchido, uma bóia magnética existente na tampa do frasco flutua, ativando o sensor magnético indicativo de frasco cheio, o qual envia sinal ao

circuito de comando para que feche a válvula solenóide, fechando o frasco para a entrada de líquido. O resultado pode ser visto na Figura 3 (a);

4) Havendo novas elevações de nível, o processo descrito nos itens 1-3 é repetido a cada 20 cm, preenchendo seqüencialmente os frascos de subida, o que pode ser visto na Figura 3 (b);

5) A Figura 3 (c) apresenta o resultado do funcionamento do equipamento caso ocorram elevações de nível até a altura máxima. É importante observar que todos os frascos de subida foram preenchidos a medida em que o nível subiu, enquanto todos os frascos reservados ao processo de recessão do nível estão vazios, ou seja, estão preparados para coletar amostras quando a recessão de nível ocorrer;

6) A Figura 3 (d) apresenta o começo da recessão do nível do rio. Neste caso quando a bóia magnética desce e atinge o sensor magnético que já tenha sido acionado anteriormente, o comando eletrônico interpretará a ocorrência como evidência de recessão de nível, abrindo o frasco de coleta correspondente ao primeiro nível de descida, repetindo o processo dos itens 2 e 3;

7) Para evitar que ocorram eventos simultâneos ou que uma pequena elevação do nível do rio, seguida por uma pequena recessão, possam causar a abertura indesejada de qualquer dos frascos de coleta de descida, o sistema de comando é intertravado, ou seja: os frascos de descida somente poderão ser abertos caso o frasco de subida referente ao nível imediatamente superior estiver cheio;

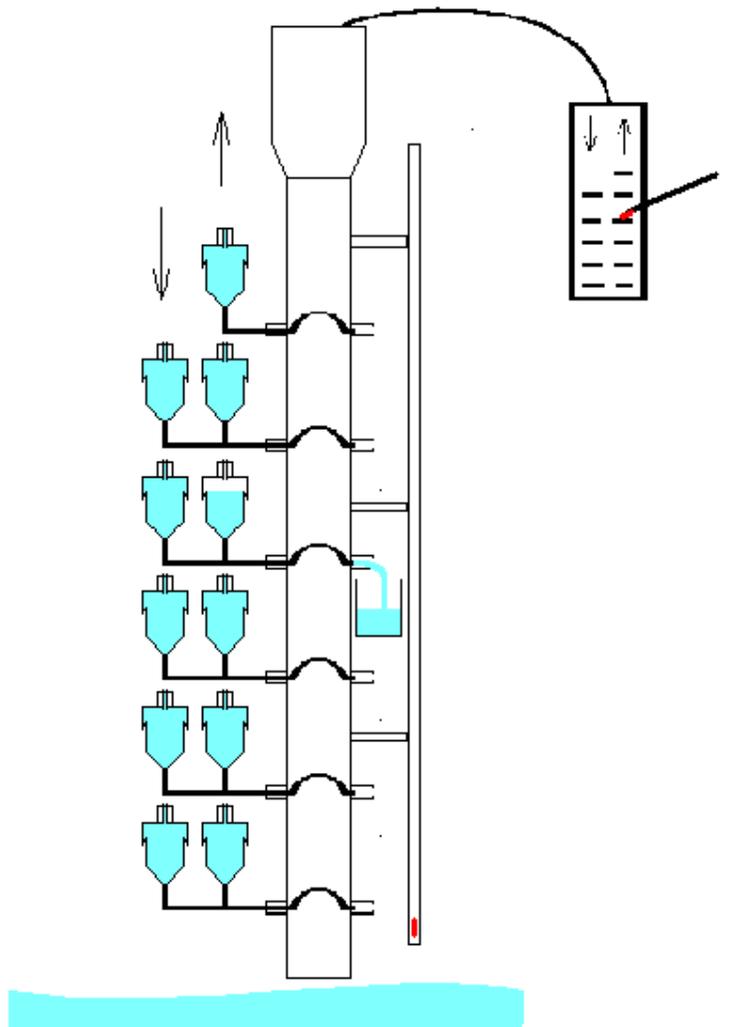
8) A Figura 3 (e) apresenta o resultado de mais uma recessão de nível, o que faz disparar a abertura do segundo frasco de coleta reservado para a descida;

9) Quando o hidrograma de enchente se encerra, o equipamento terá coletado amostras na subida e na descida do nível. Caso o hidrograma tenha alcançado o nível máximo do equipamento de testes (1,80 m) o resultado será como o observado na Figura 3 (f), ou seja, todos os frascos estarão preenchidos com amostras.

10) A coleta das amostras armazenadas nos frascos se dá conforme apresentado na Figura 4. Um copo é colocado por sob a tomada de água referente ao frasco que se pretende esgotar e, em seguida, um imã é aproximado do painel de liberação de amostras, sendo dirigido ao setor de liberação do frasco específico. Existe um sensor magnético específico para cada frasco de coleta. Com a aproximação manual de uma caneta com ponta imantada dá ordem ao comando eletrônico para abrir a válvula solenóide respectiva, permitindo a entrada de ar e o conseqüente escoamento líquido coletado. Na Figura 4, a aproximação da caneta-imã

no setor reservado ao quarto frasco –setor subida – faz abrir o frasco em questão, liberando a amostra coletada.

Figura 4 – Esquema de Coleta Manual das Amostras Adquiridas



Observação: O equipamento acumulará amostras de maneira seqüencial subida-descida. Desta forma, são possíveis as seguintes combinações:

- Nível 1 subida, Nível 2 subida, Nível 1 descida – significando que o hidrograma alcançou apenas o nível 2 , sendo coletados apenas 3 frascos;
- Nível 1 subida, Nível 2 subida, Nível 3 subida, Nível 2 descida e Nível 1 descida – significando que o hidrograma alcançou apenas o nível 3 , sendo coletados apenas 5 frascos;

- Nível 1 subida, Nível 2 subida, Nível 3 subida, Nível 4 subida, Nível 3 descida, Nível 2 descida e Nível 1 descida – significando que o hidrograma alcançou o nível 4 , sendo coletados apenas 7 frascos;

- Nível 1 subida, Nível 2 subida, Nível 3 subida, Nível 4 subida, Nível 5 subida, Nível 4 descida Nível 3 descida, Nível 2 descida e Nível 1 descida – significando que o hidrograma alcançou o nível 5 , sendo coletados 9 frascos;

- Nível 1 subida, Nível 2 subida, Nível 3 subida, Nível 4 subida, Nível 5 subida, Nível 6 subida, Nível 5 descida, Nível 4 descida Nível 3 descida, Nível 2 descida e Nível 1 descida – significando que o hidrograma alcançou o nível 6 , sendo coletados todos os 11 frascos;

5 – Testes Realizados em Laboratório

O equipamento protótipo foi testado em local aberto, exposto a chuvas e ao calor do sol, em área com acesso controlado situada ao lado do Laboratório de Monitoramento Eletrônico. Foi construído um sistema de fornecimento de água capaz de simular a variação de um rio, de forma a aproximar, na medida do possível, as condições do teste às de operação real.

Durante um período de 180 dias, vários testes foram realizados com o objetivo específico de determinar as condições de funcionamento do equipamento, a sua confiabilidade, sua autonomia e, em especial, sua capacidade de armazenamento de amostras líquidas.

Durante todo o período de testes o equipamento permaneceu ligado, conectado a uma bateria recarregável de 12V, 7Ah, que foi recarregada em duas ocasiões, com um intervalo de 60 dias entre as recargas. Em ambos os casos a bateria ainda fornecia, ao cabo de 60 dias, corrente e tensão suficientes para a operação normal do aparelho. Quando da primeira recarga a bateria ainda oferecia 11,2 V, enquanto que na segunda a tensão era de 10.9 V.

Semanalmente foram realizados um número entre o mínimo de 2 e o máximo de 5 operações, cada uma simulando uma pluma de enchente com altura capaz de preencher todos os frascos de coleta. Em nenhuma ocasião o equipamento deixou de coletar as amostras de maneira correta.

Ao final de 180 dias, como o equipamento apresentou-se em perfeitas condições de uso, foi realizada uma semana de testes adicionais, na qual foram feitas simulações de plumas de enchente com o objetivo de demonstrar que o Amostrador Automático para Plumal de Enchente funciona de maneira confiável, não havendo em seu mecanismo quaisquer

processos que venham a interferir significativamente nas amostras que se pretende coletar. Para este fim, foi utilizado o NaCl como elemento traçador conservativo.

Foram preparadas seis diferentes soluções aquosas com concentrações conhecidas NaCl. Para tal fim foram utilizados instrumentos laboratoriais e uma balança analítica da marca Sartorius, Modelo BL210-S. Em seguida, um medidor de condutividade da marca Schott, Handylab LF1 foi utilizado para a medição da condutividade de cada uma das soluções de NaCl.

As soluções foram então utilizadas na simulação da ocorrência de uma pluma de enchente, sendo coletadas automaticamente pelo amostrador e, posteriormente, liberadas manualmente pelo operador.

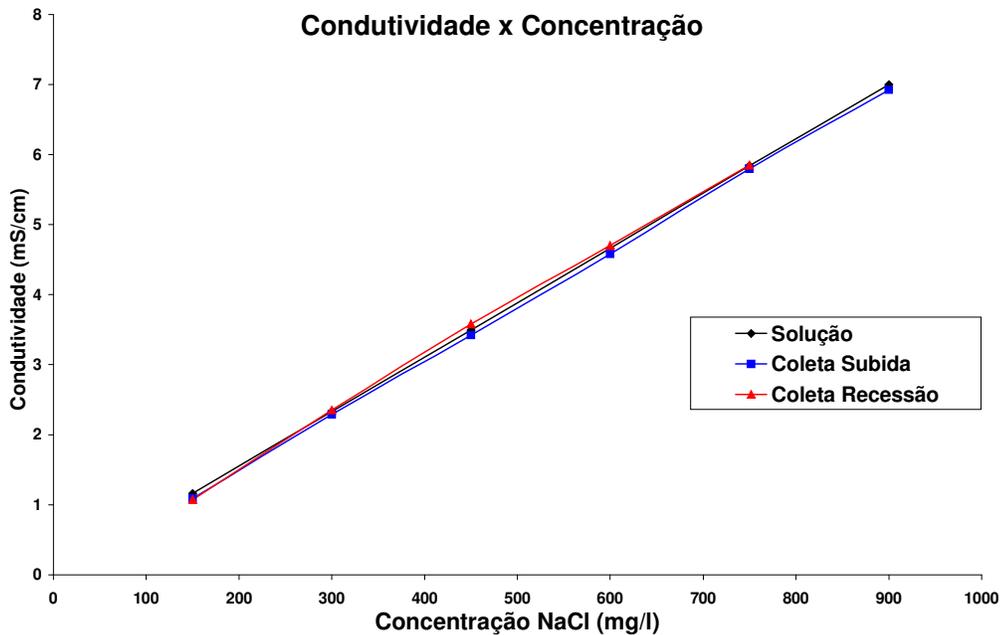
A condutividade das amostras coletadas foi então comparada à condutividade das soluções originais, de forma que se pudesse observar qualquer processo interferente que, causado pelo equipamento, viesse a resultar na alteração das amostras coletadas.

Os resultados dos ensaios realizados estão sintetizados na Tabela 1 e exibidos graficamente na Figura 5. Em ambos os casos, pode ser observado que o material coletado não difere significativamente do original. A flutuação observada no algarismo menos significativo pode ser explicada pelo grau de imprecisão do próprio aparelho, que foi utilizado na escala de mS e apresenta uma precisão da ordem de 1,0 %

Tabela 1 – Comparação entre Amostras Coletadas e as Soluções Originais

	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4	Solução 5	Solução 6
Concentração NaCl (mg/L)	150	300	450	600	750	900
Condutividade da solução (mS/cm)	1,16	2,33	3,49	4,66	5,84	7,00
Condutividade da amostra coletada nos coletores de subida (mS/cm)	1,09	2,29	3,42	4,58	5,80	6,92
Condutividade da amostra coletada nos coletores de descida (mS/cm)	1,07	2,35	3,58	4,70	5,85	

Figura 5 – Gráfico Comparativo entre Soluções Originais e Amostras Coletadas



4 Discussão

Embora sua construção tenha sido um sucesso, o equipamento precisa ser aprimorado. Parte das dificuldades enfrentadas está relacionada à concepção original, que previa a adaptação de garrafas comerciais para a confecção dos copos de coleta.

Durante a fabricação essa adaptação provou ser bastante complicada, ao ponto de se decidir pela alteração do projeto original, passando-se à fabricação completa dos copos de amostragem, com alterações significativas nas dimensões originalmente previstas. Por este motivo o protótipo apresenta fragilidade estrutural e de conexões, o que faz desaconselhar seu uso prático.

Uma segunda versão do equipamento, baseada na construção individual de copos de coleta que possam ser montados de maneira modular já foi desenvolvida, e será testada brevemente.

Calcula-se que o custo de fabricação do equipamento não ultrapasse a casa dos Oitocentos Reais (R\$ 800,00) o que pode viabilizar a sua comercialização através de autorização para fabricação com licenciamento das patentes.

5 Conclusão

O equipamento representa um passo importante no desenvolvimento de tecnologia nacional, de baixo custo, perfeitamente adaptado às condições brasileiras de utilização. Sua utilização deverá proporcionar a realização de estudos mais aprofundados dos mecanismos de transporte associados às enchentes e aos processos de poluição difusa.

É importante ressaltar que este equipamento representa apenas mais um sucesso na parceria USP-UFPR, que se dá entre outras formas através do projeto “**Bacias Críticas: Bases Técnicas para a Definição de Metas Progressivas para seu Enquadramento e a Integração com os Demais Instrumentos de Gestão**”.

6 Agradecimentos

Esta pesquisa não teria sido realizada sem o apoio financeiro FINEP/CT-HIDRO/CNPQ.

Bibliografia

GLOBAL WATER – STORM WATER SAMPLER SS505 QUICK REFERENCE GUIDE, 2004. Disponível em <http://www.globalw.com/downloads/SS505/QSSS505.pdf>, acessado em 15/02/2006.

GRACZYK, D.J.; ROBERTSON, D. M.; ROSE, W. J.; STEUR, J.J. Comparison of Water-Quality Samples Collected by Siphon Samplers and Automatic Samplers in Wisconsin, 2000. USGS Fact Sheet 067-00, Disponível em: <http://wi.water.usgs.gov/pubs/FS-067-00/FS-067-00.pdf>, Acessado em: 16/02/2006.

NEWHAM, L.T.H., CROCKE, B.F.W., JAKEMAN, A.F. Design of Water Quality Monitoring Programs and Automatic Sampling Techniques, 2002. Disponível em http://eprints.anu.edu.au/archive/00000648/00/hs_wq.pdf, Acessado em 15/02/2006.

ENVITECH LTD – ISCO 4700 REFRIGERATED SAMPLER BRIEF SPECIFICATIONS, 2007. Disponível em http://www.envitech.co.uk/Prod_Samplers3700.html, acessado em 20/05/2007.