

# MINIABRIGO METEOROLÓGICO ASPIRADO DO LABORATÓRIO DE CLIMATOLOGIA E BIOGEOGRAFIA E SEU USO NO ESTUDO GEOGRÁFICO DO CLIMA

Tarik Rezende de Azevedo\*  
José Roberto Tarifa\*\*

## RESUMO:

Neste texto é apresentado o protótipo do Miniabrigo Meteorológico Aspirado (MMA) desenvolvido no Laboratório de Climatologia e Biogeografia do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo. Trata-se de uma solução de baixo custo para geração de séries longas de registro de temperatura e umidade relativa do ar minimizando a interferência direta das variações da radiação na faixa do visível e do termal sobre os instrumentos de medida, adequada para a investigação da atmosfera próxima à superfície do solo, sobretudo em redes amostrais densas.

## ABSTRACT:

This paper presents a working model (prototype) of the Weather Micro Shelter (WMS) developed in the Laboratory of Climatology and Biogeography, Department of Geography, University of São Paulo. This model can help to get long time and trust psychrometric data. Its low cost and its suitable protection against thermal and visible radiation interference on sensors records make this equipment an improved solution for investigation of the atmosphere near the soil surface, especially on dense network.

## 1. Introdução

No estudo geográfico do clima, frequentemente se faz necessário, ou é desejável, que se registrem a temperatura e a umidade relativa do ar com grande detalhamento, ou resolu-

ção, espacial e temporal. No entanto, o custo elevado dos instrumentos normalmente empregados no registro meteorológico em rede amostral densa são proibitivos. Desenvolveram-se, sobretudo ao longo das últimas três décadas, métodos alternativos de baixo custo baseados

---

\* Geógrafo e professor. Colaborador do Laboratório de Climatologia e Biogeografia do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo.

\*\* Geógrafo. Professor do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo. Coordenador do Laboratório de Climatologia e Biogeografia do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo.

em observadores humanos. Normalmente consiste no uso de psicrômetro constituído por par de termômetros de mercúrio fixos em abrigo de madeira, correntemente adotado em climatologia agrícola. Em alguns casos é usado psicrômetro de funda. No entanto, o baixo custo do instrumental tem como contraponto, nesses casos, a dificuldade em arregimentar um elevado número de pessoas, sobretudo para observação e registro horário por mais de dois ou três dias. Normalmente, os casos de sucesso são baseados na colaboração de turmas de alunos durante trabalhos de campo em disciplinas dos cursos de graduação em geografia. O que, sem dúvida, é muito salutar, conforme defende TARIFA (1976 e 1999), pois estimula a percepção e a curiosidade dos alunos e, do ponto de vista didático, favorece sobremaneira o desenvolvimento da observação e da reflexão em torno da elaboração de hipóteses explicativas no confronto direto com o objeto de estudo.

No entanto, na pesquisa acadêmica, é necessário o registro mais prolongado, pelo menos acompanhando algumas seqüências de sucessão de tipos de tempo, sobretudo porque, normalmente, se pretende estabelecer comparações entre os pontos amostrados para estabelecer uma classificação e hierarquia espacial do objeto de estudo, o que raramente pode ser feito com segurança a partir de poucas horas de observação, sobretudo em áreas urbanas. Nesse caso, instrumentos registradores de baixo custo são recomendáveis.

No caso da climatologia urbana, o problema da observação e registro é ainda mais complexo pois às "rugosidades" espaciais representadas pelo relevo e cobertura do solo somam-se a volumetria das edificações, o intrincado arranjo das superfícies e suas propriedades físicas, além dos fluxos de energia dissipada pelas atividades humanas incorporados ao ar (AZEVEDO, 2001).

O Laboratório de Climatologia e Biogeografia (LCB) adquiriu, recentemente, registradores digitais autônomos de temperatura e umi-

dade relativa do ar, modelo Stow Away XT102 e UR02, da marca ONSSET, com custo unitário entre U\$100,00 e U\$150,00. Eles têm dimensões um pouco maiores que as de uma caixa de fósforos e são alimentados por minibateria que confere autonomia de cerca de um ano, segundo o fabricante (ONSSET, 1996). Foram concebidos originalmente para registrar o desempenho térmico e higrométrico no interior de edificações, mas, caso sejam protegidos de insolação direta e do contato com água, podem ser usados em outras aplicações.

No LCB, os sensores e registradores de temperatura foram associados em pares e ganharam uma numeração de referência para evitar a permuta acidental, o que obrigaria a recalibração dos instrumentos (Foto 1). A calibração foi feita em cuba de gelo e água destilada em refrigerador, e resultou em coeficientes de correção para cada par sensor/registrator. Tomou-se, como valor de referência, o valor médio no período de um minuto com registro a cada segundo em que a temperatura em todos os instrumentos permaneceu estável. No entanto, as correções são relativamente pequenas e, após o arredondamento até o limite da precisão, em torno de 0,1°C, resulta ser desprezível na maior parte dos instrumentos, atestando um controle da homogeneidade e qualidade bastante satisfatória por parte do fabricante.

Os registradores de umidade têm o sensor embutido na face externa do registrator, evitando a permuta acidental (Foto 2). No entanto, foram feitas três tentativas de calibragem da umidade em recipiente fechado com vaso de cloreto de sódio e em recipiente com ar saturado, mas os resultados não foram conclusivos. Para alguns instrumentos os coeficientes de correção não são os mesmos em testes sucessivos, dentro da precisão anunciada pelo fabricante. Dessa forma, a comparação entre valores registrados simultaneamente em campo implica reduzir a precisão de cerca de 1% para mais ou menos 3% na umidade relativa do ar registrada.



**Foto 1:** Termômetro minirregistrator digital, Stow Away XT102, ONSET, acervo do Laboratório de Climatologia e Biogeografia, USP.



**Foto 2:** Higrômetro minirregistrator digital, Stow Away UR02, ONSET, acervo do Laboratório de Climatologia e Biogeografia, USP.

Em AZEVEDO e FUNARI (2001) investigou-se o desempenho dos dois instrumentos em condições reais de uso no interior de um abrigo meteorológico padrão durante um mês. Comparando com a série de temperatura e umidade relativa do ar obtida através de psicrômetro de aspiração de Assmann e registradores analógicos, concluiu-se que não é possível comparar os valores simultâneos registrados com segurança, sobretudo os de umidade relativa do ar. Quando os dados são reduzidos a valores médios diários e/ou horários, é possível sua comparação caso sejam feitas correções por regressão linear e/ou polinomial. Por outro lado, o minirregistrator digital de umidade apresenta alta inércia instrumental em relação ao psicrômetro de Assmann, o que, segundo os autores, poderia ser minimizado se o sensor fosse submetido à ventilação contínua. Da avaliação qualitativa

das discrepâncias, sugere-se que haja interferência maior dos processos de troca radiativa entre os sensores dos registradores digitais e o entorno do que no caso dos registradores e instrumentos convencionais, sobretudo em dias ensolarados sob moderada a forte subsidência. Sugere-se que os minirregistratoros digitais sejam instalados em abrigos aspirados que sejam estanques à luz.

Este texto apresenta aos pesquisadores da área o protótipo do Miniabrigo Meteorológico Aspirado (MMA) para minirregistratoros Stow Away que apresentou o melhor desempenho e melhor relação custo-benefício. Os testes preliminares sugerem que o uso do MMA resulta em ganho substancial de desempenho e maior confiabilidade dos registros em relação à instalação desses minirregistratoros no abrigo meteorológico padrão (AZEVEDO e TARIFA, 2001).

## 2. Material e detalhes de montagem e instalação

### 2.1 Tampa superior

- 1 prato de PVC branco usado para colocar embaixo de vasos de plantas ornamentais com diâmetro de 25 cm e 4 cm de altura;
- 1 disco de isopor de alta densidade com 1 cm de espessura que encaixe no interior do prato acima;  
1 tampão de PVC branco para tubos de 6" para coleta de esgoto predial furado, conforme a figura 1, com auxílio de furadeira e grosa;
- 1 ventilador da fonte de alimentação de microcomputador pessoal (*cooler*) com 8 x 8 x 3,5 cm para tensão de 220 V (existem dezenas de marcas diferentes, facilmente encontradas em lojas de sucata de microcomputadores, pois têm vida útil muito maior que os próprios computadores. São os mais adequados por serem projetados para não interferir no funciona-

mento de microprocessadores por indução magnética, são blindados, não necessitam de lubrificação e suportam o eventual acúmulo de pó por longos períodos);

Fio duplo de preferência na cor branca. Comprimento de acordo com a distância da fonte de alimentação. Caso o orçamento permita, optar por cabos com revestimento duplo que resistem melhor às intempéries;

- 1 plugue simples;
- 4 parafusos com porca e arruela para fixar o ventilador ao tampão. Comprimento e espessura dependem do ventilador;
- 1 bucha de borracha (EVA ou câmara de pneu) cortada conforme a figura 2, para ser colocada entre o ventilador e o tampão para evitar trepidação;
- 4 anéis de tubo de mangueira de gás de cozinha com 2 cm de comprimento. Servem como espaçadores entre o tampão com o ventilador e o prato;
- 2 parafusos de 1/8" e 4 cm com porca e duas arruelas de 3/4" para fixar o tampão com o ventilador no prato;

Figura 1

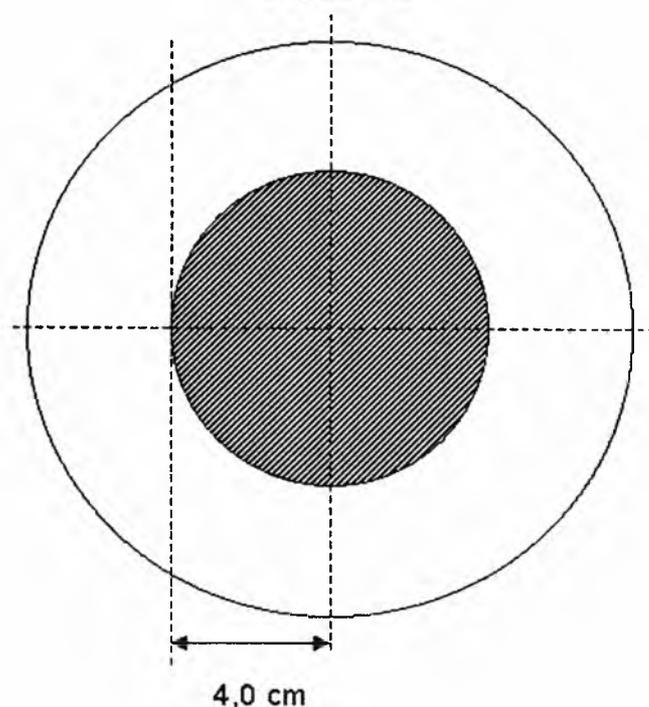
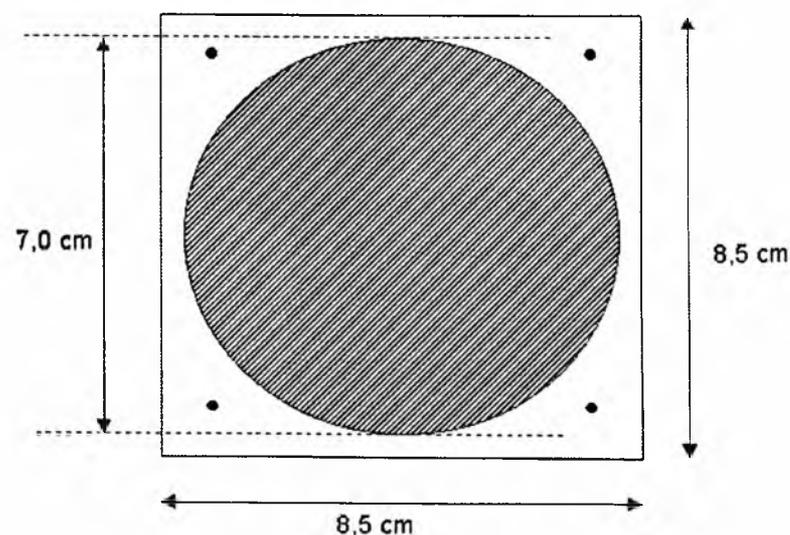


Figura 2

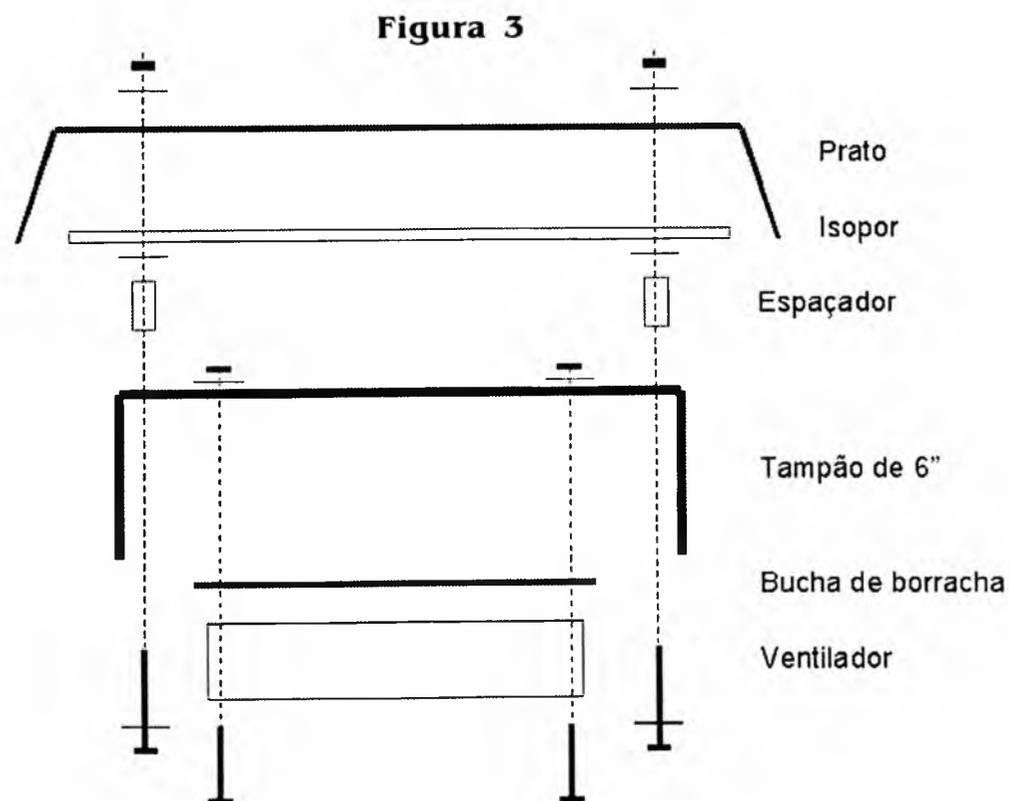


- 2 parafusos de 6 cm com duas porcas, 4 arruelas e 1 "borboleta" cada, para auxiliar os parafusos anteriores e fixar o conjunto no suporte;
- 3 pequenos parafusos de madeira com rosca contínua para fixar a tampa superior no corpo do abrigo. Normalmente o encaixe do tampão de PVC é bastante justo no anel de tubo de 6" (descrição adiante); esses parafusos são apenas para aumentar a segurança.

Montar o conjunto conforme a figura 3. Se o orçamento permitir, adquirir todos os parafusos, porcas e arruelas em latão, já que é mais resistente à corrosão e à oxidação do que o aço de baixa qualidade. Aplicar cola de silicone no ponto em que os parafusos atravessam o prato para evitar entrada de água.

Testar o ventilador antes de parafusar, certificando-se de que o fluxo de ar será na direção do prato. Normalmente o ventilador tem fiação que permite a ligação em 110 ou 220 V. Optar pela ligação como se fosse para

tensão 220 V. Ao ligar em tensão 110 V, irá resultar em potência quatro vezes menor, o que proporciona uma ventilação adequada. Quando a ventilação é intensa demais, corre-se o risco de drenar gotas de água de chuva para dentro do abrigo ou material grosseiro em suspensão. Se a rede elétrica local for de 220 V, adicionar um resistor entre o ventilador e um dos fios de alimentação. Sua resistência elétrica deve ser calculada em função da potência do ventilador. Dar no cabo de alimentação um nó depois de introduzi-lo no furo do tampão e antes de ligar ao ventilador para evitar que, caso acidentalmente seja puxado, não danifique o ventilador. Não furar o prato para a passagem do cabo: fazer com que saia entre o isopor e o tampão. Assim, a água de chuva que eventualmente escorrer por ele pingará do lado de fora. Caso a rede elétrica local apresente flutuações de tensão, instalar um fusível ao lado do ventilador. O ideal, no entanto, é que seja instalado um disjuntor no ponto onde será ligado o cabo de alimentação.



## 2.2 Tampa inferior

- 1 tampão de inspeção de PVC branco para tubulação de esgoto predial com 4" Retirar o miolo interno do cabo do tampão com o auxílio de uma furadeira e grosa conforme a figura 4;
- 1 tampa de plástico de pote grande de Nescafé® ou similar, cortada conforme a figura 5;
- Tinta látex preta.

Pintar totalmente a tampa de Nescafé® com a tinta preta. Colar no interior do tampão de PVC com Superbonder® ou similar. Pintar todas as faces internas do tampão com tinta preta. O conjunto funcionará como um labirinto para a luz e para o material grosseiro em suspensão no ar, protegendo o sensor de umidade. Por outro lado, cria turbulência dentro do abrigo homogeneizando o ar, e impede o acesso direto da radiação termal emitida do solo aos sensores.

## 2.3 Corpo do abrigo

- 1 tampão de PVC branco para tubulação de esgoto predial com 4" com rebaixo para anel de vedação. Com o auxílio de furadeira e grosa, furar conforme a figura 6;
- 1 tampão de PVC branco para tubulação de esgoto predial com 6" Com auxílio de

furadeira e grosa, furar de forma que o tampão anterior entre "justo" no meio deste;

- 1 anel de tubo de PVC branco de coleta de esgoto predial de 6" com 17,5 cm de comprimento;
- 1 anel de tubo de PVC branco de coleta de esgoto predial de 4" com 11,5 cm de comprimento;
- Tiras de EVA (vendida em lojas de artigos de couro e similares, é usada na confecção de cintos, brinquedos, calçados, chaves etc.) de cor escura para barrar a passagem de luz;
- Dos pedaços de PVC que sobraram na perfuração das tampas, cortar duas chapinhas com 5 cm de largura. Biselar as laterais com grosa até que assentem na face interna do anel de PVC de 4";

Figura 4

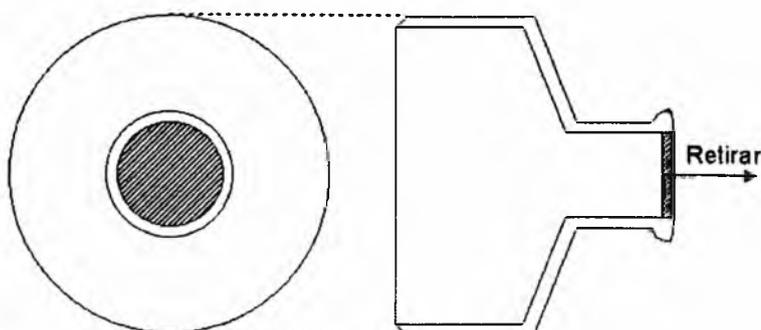


Figura 5

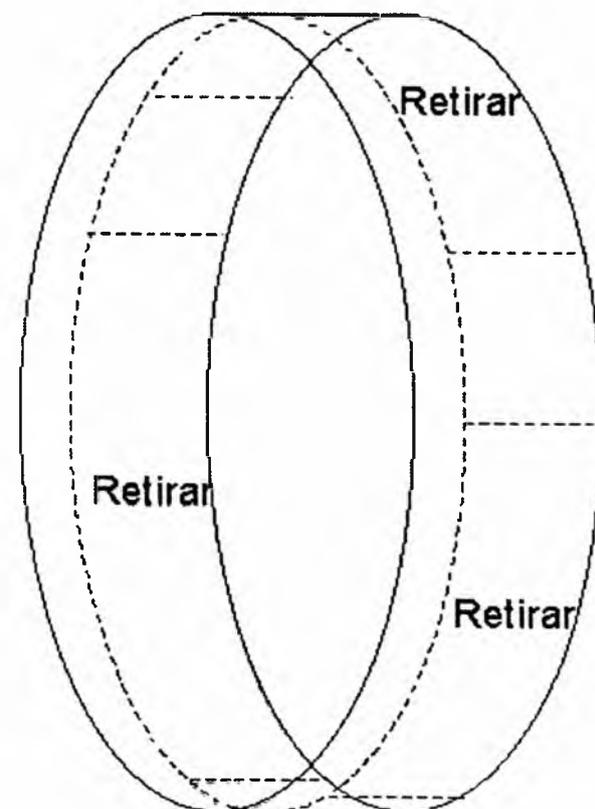
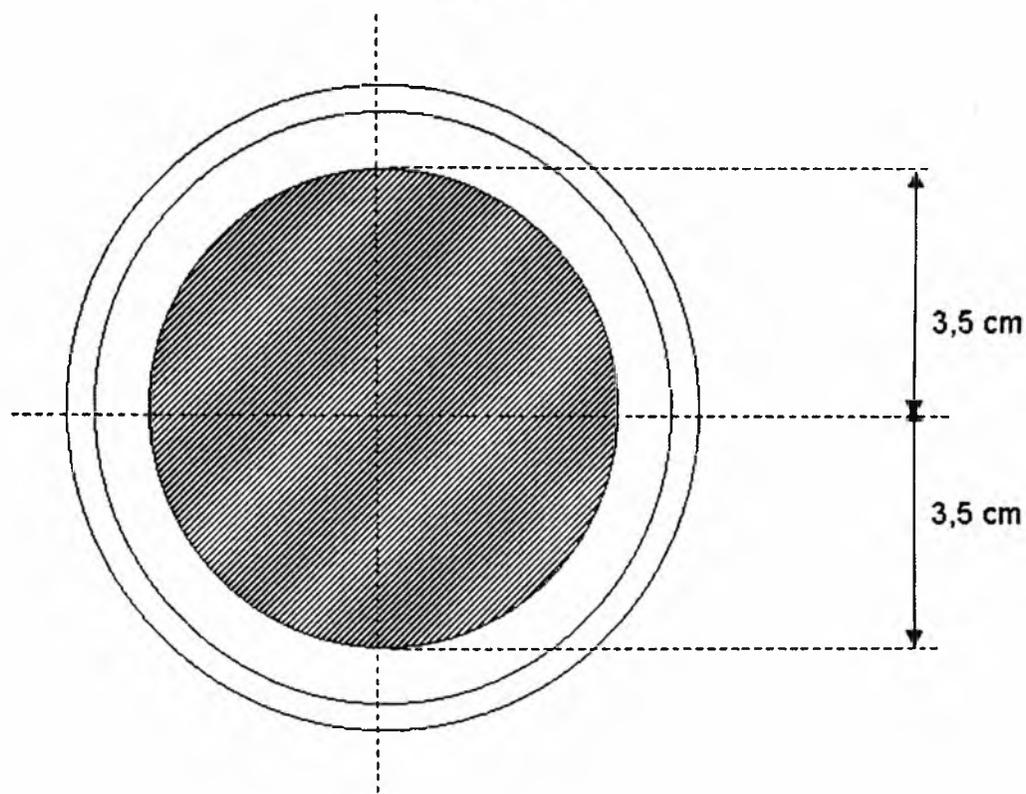


Figura 6

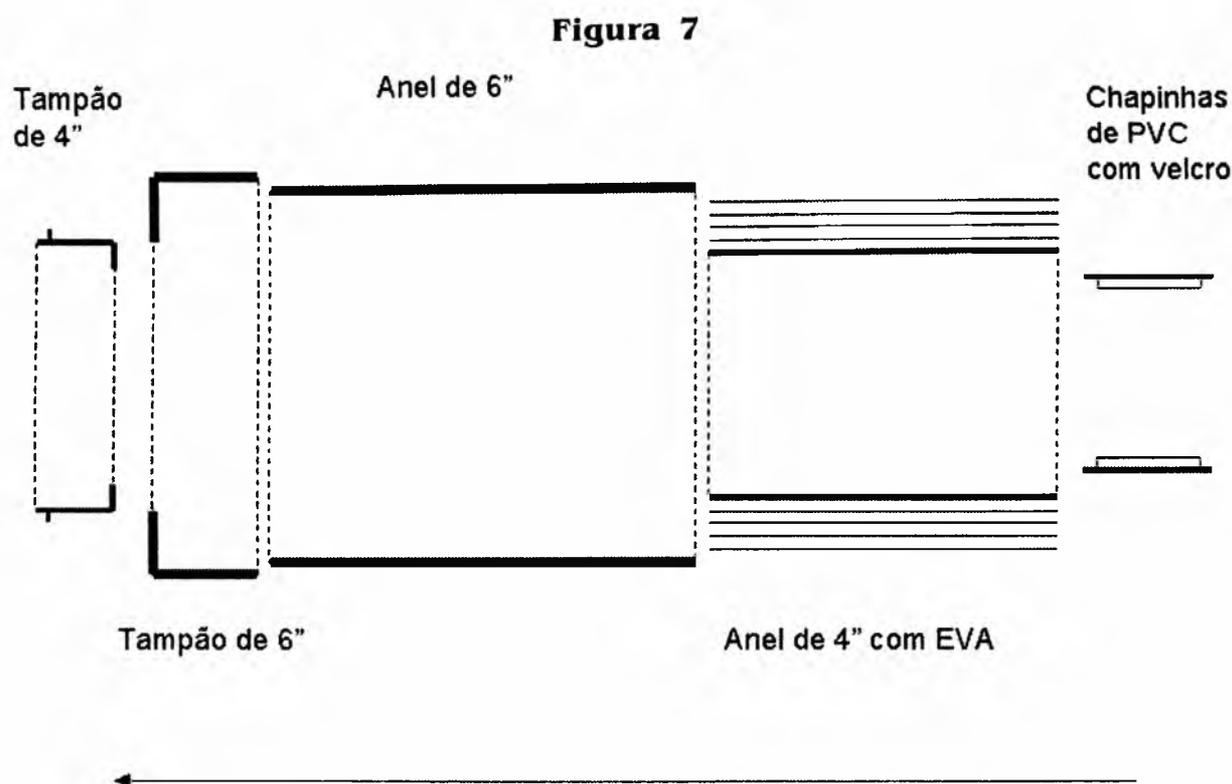


- 2 pedaços de "velcro" sintético com 2 cm de largura e 3 cm de comprimento. Colar com cola de contato uma das "bandas" do "velcro" na face interna das chapinhas de PVC. A outra "banda" do "velcro" deve ser colada no minirregistrator.

Montar conforme a figura 7. Colar com cola de PVC o anel de 6" no tampão, certificando-se de que tenha sido introduzido até o final para evitar a entrada de água de chuva. Normalmente é uma tarefa que requer força e o uso de um martelo de borracha. Colar também o tampão menor no maior para evitar que desencaixe no momento em que for retirada a tampa inferior para inspeção. Usar o tubo de 4" como "carretel" enrolando nele as tiras de EVA antes de introduzir no tubo de 6". Esta operação também requer o uso de força. Atentar para o fato de que o EVA deve preencher o espaço entre os dois tubos. Uma forma de testar se foi satisfatória a operação consiste em virar para baixo e bater algumas vezes; o anel de 4" e as tiras de EVA não devem sair com facilidade.

#### 2.4 Suporte e instalação

A haste deve ter pelo menos 60 cm e ter dois furos na ponta para a fixação da tampa superior. O ideal é que a outra ponta seja em "mão francesa" para fixar o conjunto em um poste por meio de abraçadeiras de fita perfurada. De fato, deve-se instalar o MMA de forma que a entrada de ar da tampa inferior não fique a menos de 50 cm do poste de sustentação, evitando que o ar aquecido em contato com este, sob insolação intensa, seja aspirado pelo abrigo. Sugere-se que seja instalado na face sul do poste, minimizando o efeito aludido anteriormente. Evitar que o MMA fique a menos de dois metros de paredes para evitar a drenagem de ar diretamente em contato com estas, sobretudo se o objetivo for extrapolar as observações por áreas muito maiores que o entorno imediato do abrigo. Sugere-se, ainda, que seja instalado com a entrada de ar a dois metros do solo, dificultando o acesso de crianças, mas não impedindo que um adulto possa fazer a



inspeção pela tampa inferior. As fotos 3 e 4 mostram o MMA instalado durante teste.

Como a operação de locação dos postos de amostragem é tarefa demorada, o abrigo foi concebido para ser instalado sem os registradores. Depois de instalados os abrigos, o que pode demandar dois ou mais dias de trabalho, e resolvida toda a sorte de imprevistos que normalmente surgem em trabalhos de campo, retorna-se ao gabinete e tranquilamente se faz aferição do cronômetro interno dos registradores, além de programar-se o horário em que começarão a registrar, ponderando o tempo que será necessário para percorrer todos os pontos de amostragem. A operação de instalação dos registradores nos abrigos é muito simples e rápida, já que basta retirar a tampa inferior e prendê-los com o "velcro". Sugere-se prender o cabo do sensor ao minirregistrator com elástico de escritório.

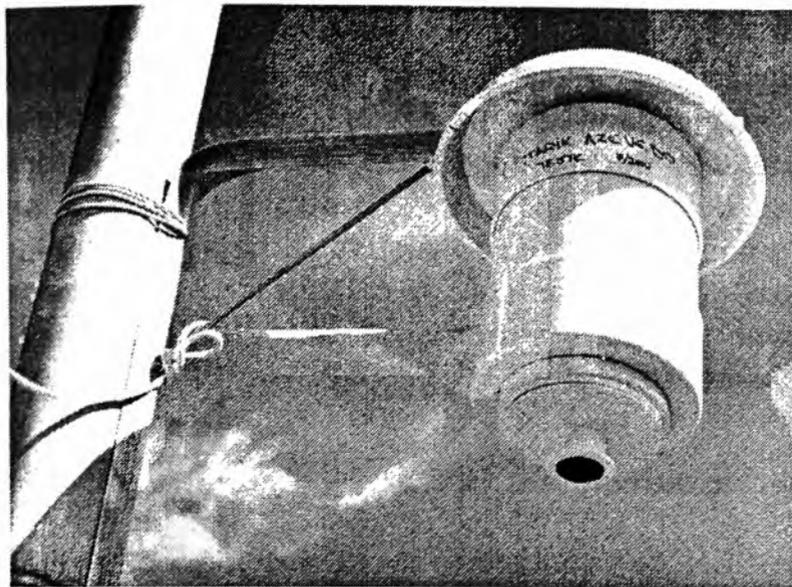
De acordo com o tempo total de registro pretendido, ou simplesmente para acompanhar os registros obtidos, podem-se descarregar os

dados dos registradores no próprio campo, entre os horários de registro, por meio de um micro-computador portátil com bateria.

O fabricante do Stow Away disponibiliza também miniregistradores de pressão atmosférica. Não foram adquiridos ou testados no LCB, mas também podem ser acondicionados no MMA. Basta que se coloquem três suportes com "velcro" em vez de dois durante a montagem do abrigo.

### 3. Funcionamento e justificativas

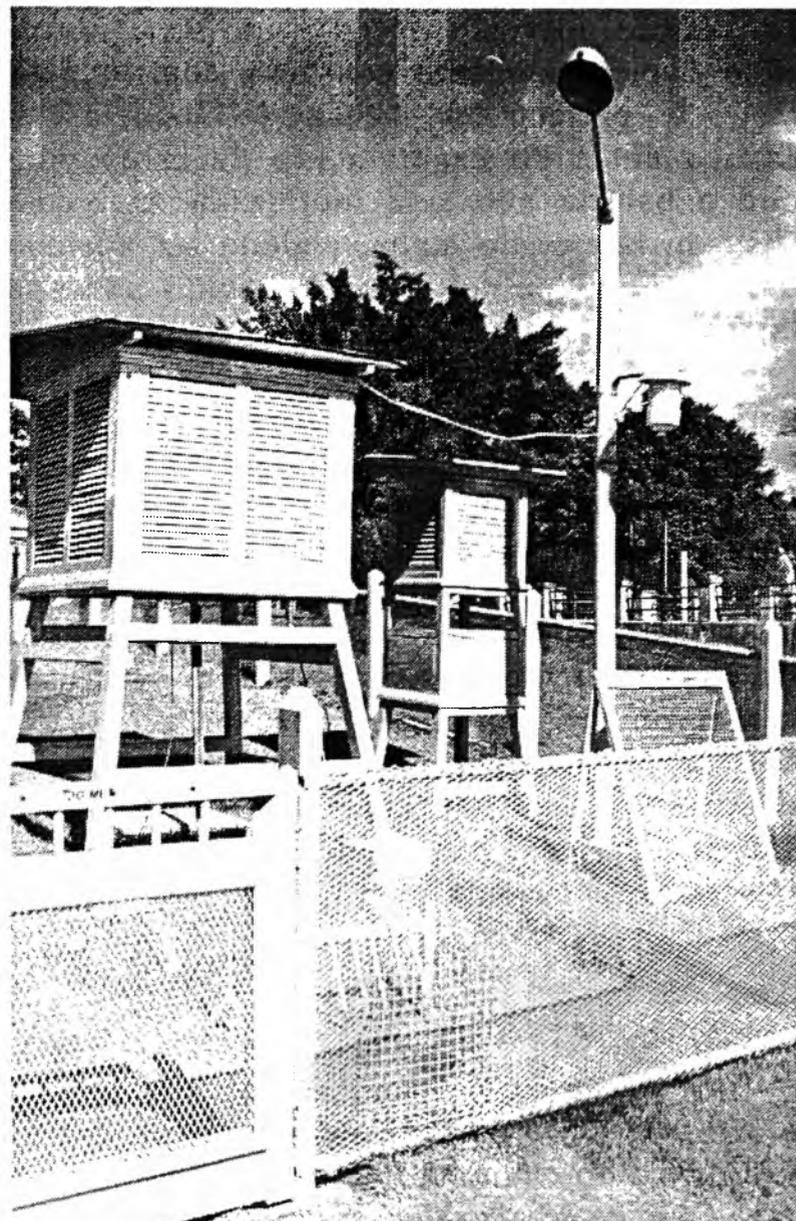
Todas as faces externas são claras para minimizar a conversão de luz em calor. A camada de isopor aliada à ventilação constante em sua superfície inferior reduz a transmissão de calor da superfície superior do prato, aqui invertido, em direção ao interior do abrigo. O prato faz sombra na maior parte do corpo do abrigo nas horas centrais do dia, sobretudo no verão. A espessa camada de EVA associada às duas paredes de PVC tem grande resistência à



**Foto 3:** Miniabrigo Meteorológico Aspirado (MMA).

transmissão de calor por condução. A ventilação interna constante força a transferência de calor por condução entre a face do anel de PVC de 4" e o ar, tendendo a homogeneizar a temperatura dos dois. Como o volume interno é muito pequeno, a renovação do ar é muito intensa resultando em uma tendência da temperatura da parede interna a "acompanhar" a temperatura do ar. Nesse caso, a parede interna irradia em uma temperatura de superfície muito próxima da irradiação natural do ar nessa temperatura. Ou seja, desse ponto de vista, a parede interna do abrigo comporta-se em relação à precisão dos sensores como se fosse o próprio ar.

A borda do prato na tampa superior funciona como pingadeira da água de chuva e orvalho. A ventilação forçada no espaço entre o tampão de PVC e o isopor impede que o vento lance gotas de água dentro do abrigo, além de dificultar a entrada de insetos. A entrada de ar na tampa inferior também impede a entrada de gotas de chuva e serve como pingadeira para a água que escorre pela face externa do abrigo. Nos testes preliminares, não se encontrou nenhum inseto ou vestígio de água dentro do MMA, embora tenha ocorrido acúmulo significativo de pó nas faces internas da tampa inferior.



**Foto 4:** Miniabrigo Meteorológico Aspirado (MMA) instalado na Estação Meteorológica da Água Funda, IAG, julho de 2000.

A necessidade de alimentação elétrica contínua reduz a versatilidade no MMA. Uma outra solução autônoma baseada em ventilador de 12 V com bateria automotiva se mostrou, a princípio, inviável. O custo de uma bateria e manutenção de sua carga é maior que o de todo o conjunto apresentado anteriormente. Por outro lado, além do peso elevado que dificulta o transporte, estimou-se que uma bateria automotiva com plena carga forneceria ao MMA uma autonomia de apenas alguns dias, muito curta

em relação ao custo. Além disso, seria necessário o monitoramento constante com amperímetro ou projetar um sistema de bloqueio eletrônico antes do esgotamento da carga para que a bateria não seja inutilizada. Ou, com custo mais elevado ainda, poderia ser adotado um pequeno painel solar instalado sobre a tampa superior com uma bateria menor.

Como o MMA foi idealizado, a princípio, para investigação da atmosfera urbana, quase sempre haverá pontos muito próximos onde ligar o instrumento. O consumo do ventilador é muito pequeno, da ordem de 15 watts por hora, o que resulta num custo de menos de R\$1,00 por mês. Não é difícil encontrar consumidores de energia elétrica dispostos a arcar com esse custo, ou mesmo pagar para ter acesso. O baixo consumo permite a ligação em paralelo de dezenas de MMA num único cabo de alimentação, mesmo com fios relativamente finos, simplificando, por exemplo, a locação de "transec-

ção" em locais onde o acesso a fontes de alimentação seja mais restrito. Por outro lado, pode ser instalado em postes de entrada residencial de luz, perto de guaritas de segurança, pátios de delegacia, postos de controle de tráfego, ou quaisquer outros locais onde haja a possibilidade de contar com a colaboração de pessoas que possam simplesmente zelar pelos instrumentos.

#### 4. Agradecimentos

Ao Laboratório de Climatologia e Biogeografia do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo, pela cessão dos minirregistradores digitais. Ao Instituto Astronômico e Geofísico pelos dados meteorológicos da Estação Meteorológica da Água Funda e por abrigar e zelar pelos instrumentos do LCB durante os testes. À FAPESP pelos recursos necessários à aquisição dos minirregistradores digitais.

#### Bibliografia

- AZEVEDO, Tarik Rezende de. *Derivação antrópica do clima na Região Metropolitana de São Paulo abordada como função do ritmo semanal das atividades humanas*. Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, desenvolvida no Laboratório de Climatologia e Biogeografia sob orientação do Prof. Dr. José Roberto TARIFA, 2001.
- AZEVEDO, Tarik Rezende de; FUNARI, Frederico Luiz. Desempenho de registradores digitais de temperatura e umidade do ar em abrigo meteorológico padronizado - estudo comparativo preliminar visando uso em trabalhos de campo, 2001 (inédito).
- AZEVEDO, Tarik Rezende de; TARIFA, José Roberto. Estudo comparativo do desempenho de minirregistradores digitais de temperatura e umidade do ar em abrigo meteorológico padrão e no miniabrigo meteorológico aspirado, 2001 (inédito).
- ONSET. *StowAway XTI User's Manual*. ONSET Computer Corporation, Bourne, Massachusetts, 1996.
- TARIFA, José Roberto. Sobre um programa de 'climatologia experimental' na Região Metropolitana de São Paulo. In: *Boletim Paulista de Geografia*, n.52, Associação dos Geógrafos Brasileiros, São Paulo, 1976.
- TARIFA, José Roberto. O clima do (no) Campo. In: *Revista Geosp*, n.6, Universidade de São Paulo, 1999, p.104-114.

