

# INSTALAÇÃO E AVALIAÇÃO DE UM LISÍMETRO VOLUMÉTRICO UTILIZADO NO BALANÇO HÍDRICO EM UMA BACIA EXPERIMENTAL NO SUL DO BRASIL

*Rafael Matias Feltrin<sup>1</sup> & João Batista Dias de Paiva<sup>2</sup>*

**RESUMO** --- O presente trabalho apresenta os procedimentos de instalação e reparos de um lisímetro volumétrico, além da avaliação do funcionamento do mesmo na determinação do balanço hídrico, sob as condições climáticas da depressão central do estado do Rio Grande do Sul. As variáveis controladas junto ao lisímetro foram a precipitação, o escoamento superficial, a infiltração e o armazenamento de água no solo. A avaliação do balanço hídrico através de medidas lisimétricas considerou diferentes escalas temporais, sendo a evapotranspiração obtida em intervalos diários, de 5 e de 10 dias, no período compreendido entre janeiro e abril de 2009. Resultados preliminares demonstram que o balanço hídrico elaborado com o uso do equipamento referido neste estudo, não apresenta bons resultados para a escala diária, principalmente nos períodos em que ocorrem precipitações elevadas, superestimando ou subestimando a evapotranspiração, enquanto que para períodos de tempo maiores, ou seja, escalas de cinco e dez dias, tais resultados são satisfatórios.

**ABSTRACT** --- This paper presents the procedures for installation and repair of a volumetric lysimeter, besides its evaluation for determining the water balance under the weather conditions of south of the Brazil. The controlled variables were precipitation, runoff, infiltration and soil moisture along the time. The assessment of water balance through lysimetric measures considered different temporal scales, and the evapotranspiration was obtained for daily, five and ten days, on the period from January to April of 2009. Preliminary results showed that the water balance produced using the studied equipment, gave no good results for the daily scale, especially in periods in which occurred heavy rain, over - estimating or under - estimating the evapotranspiration, while for time scales of five and ten days these results were satisfactory.

**PALAVRAS-CHAVE:** balanço hídrico, lisímetros, evapotranspiração.

---

<sup>1</sup> Aluno de mestrado do PPGEC da UFSM, Av. Roraima, 97105-900, Santa Maria. E-mail: [agrofeltrin@gmail.com](mailto:agrofeltrin@gmail.com)

<sup>2</sup> Professor Titular. PQ-CNPQ. Departamento de Hidráulica e Saneamento. Centro de Tecnologia. Universidade Federal de Santa Maria. Av. Roraima 1000, CEP 97105-900, Santa Maria. E-mail: [paiva@ct.ufsm.br](mailto:paiva@ct.ufsm.br) e [jbdpaiva@gmail.com](mailto:jbdpaiva@gmail.com).

## 1 - INTRODUÇÃO

De acordo com a UNESCO (1982), os balanços hídricos de uma bacia hidrográfica constituem-se em valiosos instrumentos, tanto do ponto de vista teórico como prático, para uma correta avaliação da disponibilidade dos recursos hídricos de uma região e a caracterização de sua variabilidade espacial e temporal. Sob o ponto de vista agrícola, Aguilar *et al.* (1986) afirma que os resultados de um balanço hídrico podem ser utilizados para o zoneamento agroclimático regional, demanda potencial de água das culturas irrigadas, definição de prioridades no planejamento de pesquisas ou, ainda auxiliar no conhecimento do regime hídrico local. Desta forma, os estudos sobre o balanço hídrico são úteis para caracterizar o clima de uma região ou área e tornam-se fundamentais na etapa de planejamento e definição de prioridades agrícolas e na formulação de projetos de pesquisa, conforme FAO (1990).

### 1.1 - Lisímetros

De acordo com Aboukhaled *et al.* (1982) os lisímetros vêm sendo utilizados há cerca de 300 anos e, sem dúvida alguma, continuam sendo considerados a principal ferramenta para estudos de evapotranspiração e do balanço hídrico. O primeiro relato do uso de lisímetros ocorreu na França em 1688, onde La Hire utilizou recipientes de chumbo preenchidos com solo, observando a perda de água dos lisímetros sob duas condições de cobertura do solo (cobertos com grama e sem cobertura).

Pereira *et al.* (1997) definem os lisímetros como sendo equipamentos que consistem de uma caixa impermeável, contendo um volume de solo representativo e que permite conhecer com detalhes alguns termos do balanço hídrico do volume amostrado. Allen *et al.* (1991) apresentam extensa revisão sobre diversos tipos de lisímetros, destacando os de pesagem como os mais precisos. Neste caso a determinação da evapotranspiração se dá pela variação da massa de um volume de solo vegetado e confinado por paredes impermeáveis durante um intervalo de tempo. Já os lisímetros de drenagem ou volumétricos são os mais baratos e funcionam adequadamente apenas em períodos longos de observação (7 a 10 dias), devendo ser conduzidas irrigações periódicas para manter a variação do armazenamento nula e provocar alguma drenagem. Atenção especial deve ser dada à lixiviação de nutrientes causada pela percolação, o que pode resultar em crescimento desigual da vegetação dentro e fora do lisímetro.

Certos cuidados básicos na instalação e manejo de lisímetros devem ser tomados, sendo estes determinantes na qualidade e representatividade das medidas. Camargo (1962) e Allen *et al.* (1991) comentam que as condições dentro e fora do lisímetro devem ser mantidas idênticas para evitar os efeitos de oásis, comum em áreas úmidas circuladas por áreas secas e ainda a ocorrência do efeito de buquê, resultante de plantas maiores dentro do lisímetro. Sedyama (1996) afirma que esta

diferença em crescimento das culturas no interior dos lisímetros em relação à área externa (efeito de buquê) provoca uma perturbação maior no movimento horizontal do ar e aumenta o grau de turbulência do calor sensível do ar sobre a cultura, aumentando assim a transpiração da vegetação e a interceptação da radiação solar incidente.

## 2 - MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 - Área de estudo

A sub-bacia Rancho do Amaral localiza-se na região central do estado do Rio Grande do Sul entre os municípios de Santa Maria e Itaára (coordenadas geográficas 53° 48' 39,8" longitude Oeste e 29° 37' 49,7" latitude Sul). Esta região compreende a cabeceira do Rio Vacacaí Mirim, importante afluente do Arroio Vacacaí Mirim e contribuinte ao reservatório do DNOS, reservatório este responsável por 40 % do abastecimento público de água da cidade de Santa Maria (figura 1).

A sub-bacia abrange uma área aproximada de 4,45 Km<sup>2</sup>, onde predominam de áreas de mata nativa característica do bioma Mata Atlântica, além de áreas de campo nativo, pastagens, agricultura e plantios de eucalipto. O clima da região, conforme o sistema de classificação de Koppen é do tipo subtropical Cfa, caracterizado pela ocorrência de precipitações durante todos os meses do ano, sem grande diferença quantitativa entre o mês mais chuvoso e o mais seco. Conforme Moreno (1961) a precipitação média anual varia de 1.700 a 1.800 mm anuais, com uma frequência de 113 dias.

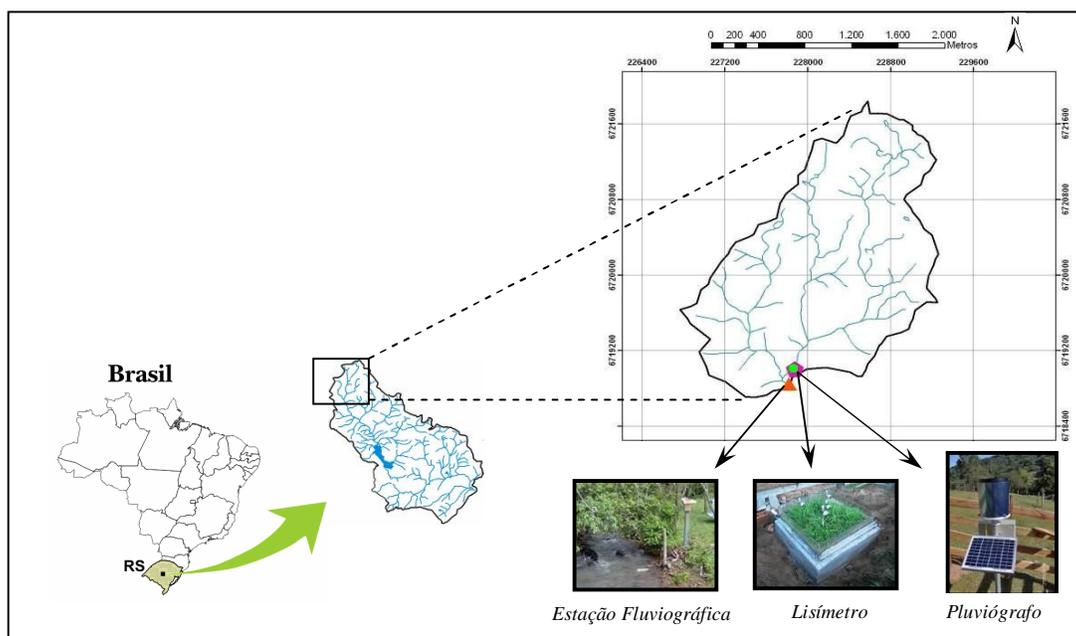


Figura 1 – Localização da sub-bacia Rancho do Amaral e respectivos equipamentos instalados.

### 2.2 - Instalação do lisímetro

No presente estudo utilizou-se um lisímetro do tipo volumétrico, confeccionado pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH-UFRGS). O equipamento foi confeccionado com placas de acrílico de espessura igual a  $\frac{1}{2}$ ", coladas e parafusadas, formando uma caixa vazada utilizada para a coleta da amostra do solo (Caixa C-1) e uma caixa que serve de base para o lisímetro (Caixa C-2) conforme figura 2. Tal equipamento pode conter em seu interior uma amostra representativa de solo não deformado com volume de até  $1 \text{ m}^3$  e área superficial igual a  $1 \text{ m}^2$ .

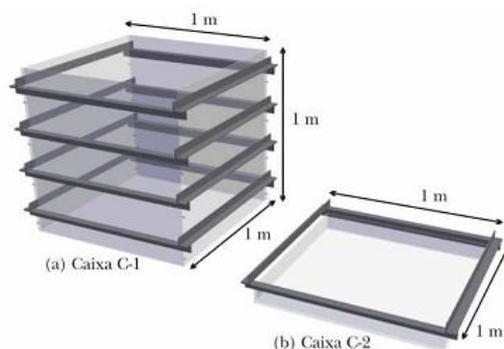


Figura 2 – Lisímetro do tipo volumétrico. Fonte: Oliveira (2006).

A instalação do lisímetro ocorreu entre os dias 06 e 11 de novembro de 2007. Tal operação foi realizada através da escavação manual de uma trincheira ao redor da Caixa C-1 (figuras 3A e 3B). Após a penetração da Caixa C-1 até aproximadamente 1 m de profundidade, foram introduzidas lâminas metálicas sob a sua base, efetuando o corte do volume de solo amostrado e servindo de sustentação para o bloco de solo coletado no interior da Caixa C-1 (figuras 3C e 3D). Posteriormente, realizou-se a instalação de um tripé metálico sobre a Caixa C-1, sendo o perfil de solo contido no interior da mesma suspenso com o auxílio de uma talha e de correntes (figuras 3E e 3F). Com a Caixa C-1 suspensa, procedeu-se o nivelamento do solo sob a mesma para colocação da Caixa C-2 (base do lisímetro) e o preenchimento desta com uma camada de brita envolta por uma manta sintética (bidim) de modo a evitar o entupimento e propiciar um melhor funcionamento do sistema de drenagem (figura 3G). Após, a Caixa C-1 foi unida a Caixa C-2 com uso de silicone entre suas junções. No interior do lisímetro foram instalados tensiômetros do tipo vacuômetro nas profundidades de 10, 30 e 70 cm. (figura 3H). Na parte frontal do lisímetro foram feitos dois orifícios, um na superfície do terreno, onde foi colocada a tubulação para coleta do escoamento superficial; e outro próximo do fundo do lisímetro, para coleta da drenagem profunda (infiltração). Tais tubulações foram construídas com tubos de PVC com 50 mm de diâmetro, conectando o lisímetro aos respectivos reservatórios de coleta do escoamento superficial e da infiltração (figura 3I).

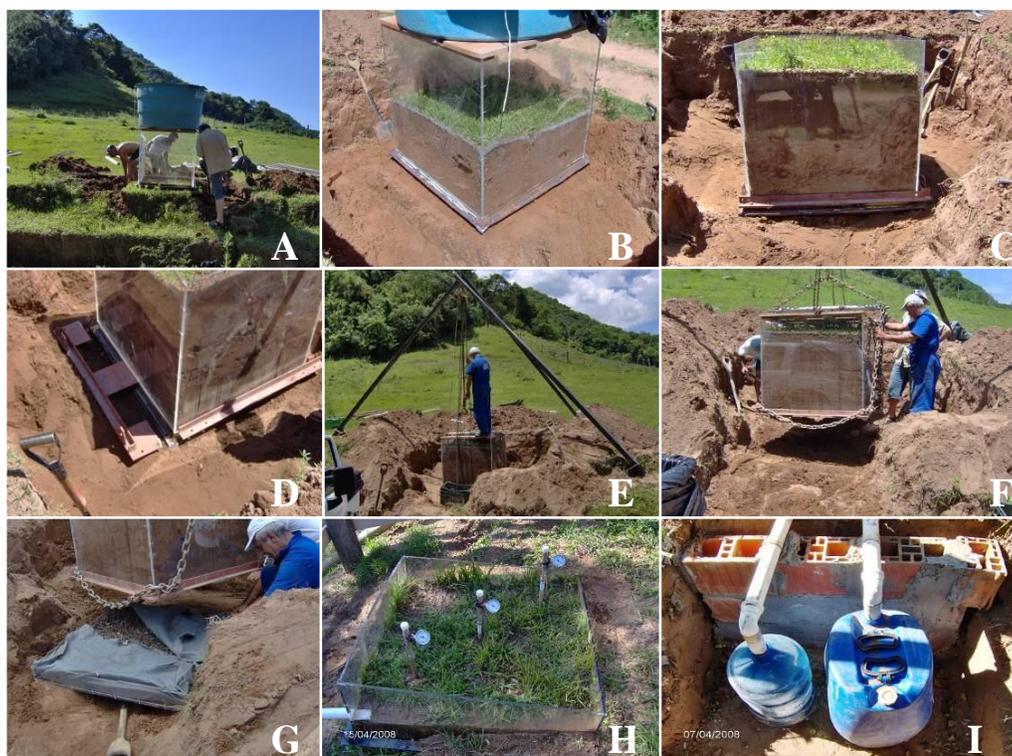


Figura 3 – Instalação do lisímetro para o monitoramento do balanço hídrico na sub-bacia Rancho do Amaral.

### 2.3 - Constatação e correção de problemas no lisímetro

Os reparos necessários no lisímetro foram realizados entre os meses de dezembro de 2008 e janeiro de 2009. Após a obtenção de resultados incondizentes com a realidade local, foi levantada a hipótese de o lisímetro estar com algum tipo de vazamento, causando a saída de água para o seu exterior. Após escavação no entorno do lisímetro, e saturação do mesmo com água, constatou-se que esta água estava vazando pelas junções laterais bem como pela junção entre a base do lisímetro e a caixa formada por suas paredes laterais. Constatou-se ainda que devido o peso interno do lisímetro, o terreno sob o mesmo acabou cedendo causando a rachadura das paredes de sua base, bem como a formação de fendas nas junções entre sua base e suas paredes (figuras 4A e 4B). A saída da água do interior do lisímetro por estas fendas acabou acarretando uma erosão interna, com a formação de vazios (bolsões de ar) entre o solo contido em seu interior e as paredes do mesmo (figura 4C).

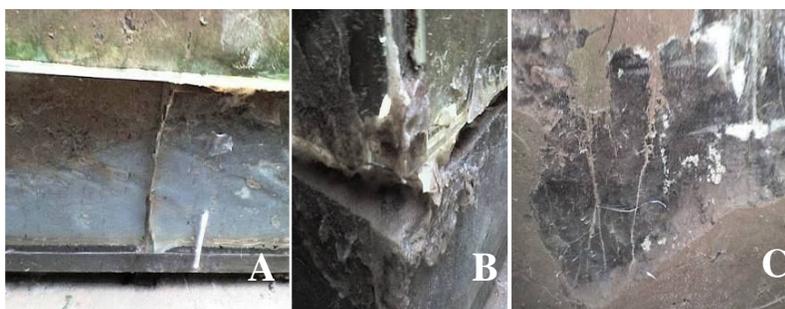


Figura 4 – Problemas constatados no lisímetro instalado na sub-bacia Rancho do Amaral.

Imediatamente após detectados os problemas mencionados procedeu-se o conserto do lisímetro. O primeiro passo foi escavar o entorno do lisímetro para posteriormente suspender o lisímetro (figura 5A). Após tal procedimento, introduziram-se barras de aço sob a sua base, as quais serviram de suporte para um conjunto de correntes utilizados na elevação do mesmo (figura 5B). Com o auxílio de uma talha presa a uma estrutura de sustentação o lisímetro foi suspenso (figura 5C). Com o lisímetro suspenso, procedeu-se a retirada de uma camada de solo abaixo do mesmo, seguida pela construção de uma base de concreto armado de 17 cm de espessura, sobre a qual o lisímetro foi solto (figuras 5D e 5E).

O segundo passo foi preencher os vazios internos e vedar a superfície de contato solo/parede do lisímetro, com o objetivo de impermeabilizar e impedir a infiltração de água junto às paredes do mesmo. Para tanto, internamente as paredes do lisímetro, escavou-se uma trincheira de dois centímetros de largura por 45 cm de profundidade, a qual foi preenchida com camadas de bentonita, intercaladas com camadas de solo. Os vazios (bolsões de ar) formados pela erosão interna do lisímetro também foram preenchidos por solo misturado a bentonita (figuras 5F e 5G). Na última etapa do trabalho de conserto do lisímetro, procedeu-se a concretagem de todo o entorno das paredes do mesmo, formando uma espécie de tanque envolvendo o mesmo e impedindo a ocorrência de qualquer fuga de água do seu interior (figura 5H). Por ocasião do conserto do lisímetro, substituiu-se o sistema de coleta do escoamento superficial e infiltração que até então era realizado por meio de recipientes, por pluviógrafos do tipo cubas basculantes (figura 5I).



Figura 5 – Conserto do lisímetro instalado na sub-bacia Rancho do Amaral.

#### 2.4 - Monitoramento das variáveis envolvidas no balanço hídrico

Inicialmente o monitoramento do escoamento superficial e da infiltração no interior do lisímetro foi realizado de forma volumétrica, utilizando-se galões de 20 e 60 litros respectivamente, conectados ao lisímetro por meio de tubulação de PVC. Após conserto do lisímetro, tais medições passaram a ser realizadas por meio de pluviógrafos do tipo cubas basculantes, propiciando uma melhor avaliação destes processos. Já a precipitação foi monitorada por meio de uma estação pluviográfica, dotada de um pluviógrafo eletrônico do tipo cubas basculantes, da marca HIDROMEC®, com área de captação de 400cm<sup>2</sup>.

O monitoramento do armazenamento de água no solo no interior do lisímetro foi realizado por meio de tensiômetros do tipo vacuômetro instalados nas profundidades de 10, 30 e 70 cm. Tal monitoramento consistiu de medições diárias de tensão de água no solo, cujos dados foram computados e relacionados com a curva de retenção de água para este solo, possibilitando a obtenção dos valores de umidade no solo correspondentes a cada um dos valores de tensão. O armazenamento acumulado de água no solo foi calculado pela regra do trapézio, conforme Libardi (1995). Assim, a variação no armazenamento de água no perfil de solo foi determinada pela diferença dos valores do conteúdo de água do solo obtidos do perfil, nos tempos inicial e final de cada período considerado (período diário), utilizando-se a seguinte equação:

$$\Delta A = A_{(f)} - A_{(i)} \quad (1)$$

Sendo:  $\Delta A$  = variação no armazenamento de água do solo (mm);  $A_{(f)}$  = armazenamento final de água no solo (mm);  $A_{(i)}$  = armazenamento inicial de água no solo (mm).

A avaliação do balanço hídrico através de medidas lisimétricas considerou diferentes escalas espaciais e temporais, sendo a evapotranspiração obtida para períodos diários, períodos de 5 dias (quinquidial) e 10 dias (decendial), compreendidos entre janeiro de 2009 e abril de 2009. Segundo Tucci (1993) o balanço hídrico junto ao lisímetro pode ser dado pela equação da continuidade:

$$ET = P - I - ES \pm \Delta A \quad (2)$$

Sendo: ET = Evapotranspiração; P = Precipitação; I = Infiltração; ES = Escoamento superficial;  $\Delta A$  = Variação no armazenamento entre o início e o fim do intervalo de tempo considerado.

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 6 apresenta a evapotranspiração diária obtida a partir do cálculo do balanço hídrico diário realizado por meio de medidas lisimétricas, na sub-bacia Rancho do Amaral, no período compreendido entre janeiro de 2009 e abril de 2009.

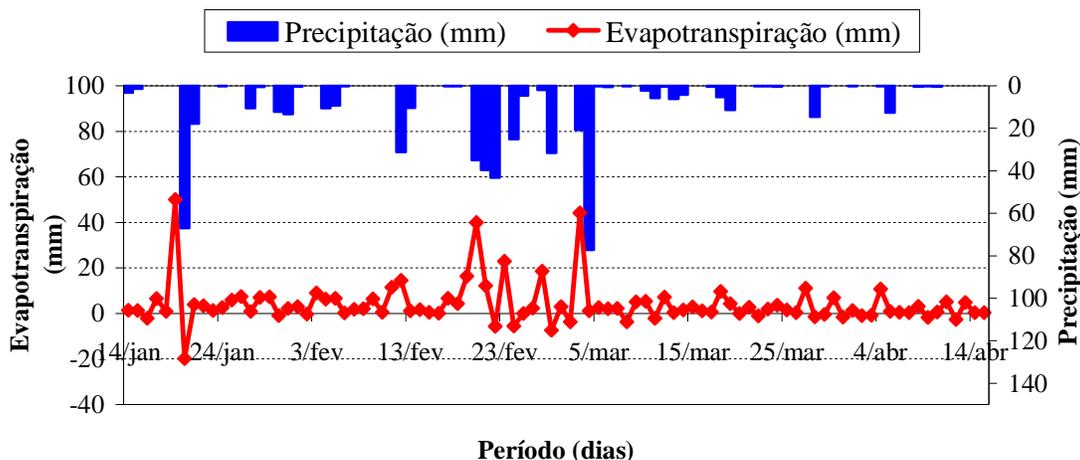


Figura 6 – Evapotranspiração diária obtida a partir de medidas lisimétricas na sub-bacia Rancho do Amaral, no período compreendido entre janeiro de 2009 e abril de 2009.

Observa-se que os resultados de evapotranspiração obtidos a partir de medidas lisimétricas na sub-bacia Rancho do Amaral, para a escala diária, apresentaram variações que vão desde valores negativos (-19,79 mm/dia) até valores muito elevados (50,10 mm/dia). Percebe-se que tais resultados tornam-se mais acentuados em períodos de maior precipitação, enquanto que para períodos secos os valores obtidos encontram-se dentro da faixa esperada para a região. Resultados

semelhantes foram obtidos por Oliveira (2006), trabalhando com o mesmo tipo de lisímetro na bacia hidrográfica do Rio Potiribu, sob diferentes condições de manejo do solo.

As figuras 6 e 7 apresentam a evapotranspiração média para períodos de 5 e 10 dias, obtida a partir do cálculo do balanço hídrico realizado por meio de medidas lisimétricas, na sub-bacia Rancho do Amaral, entre janeiro de 2009 e abril de 2009.

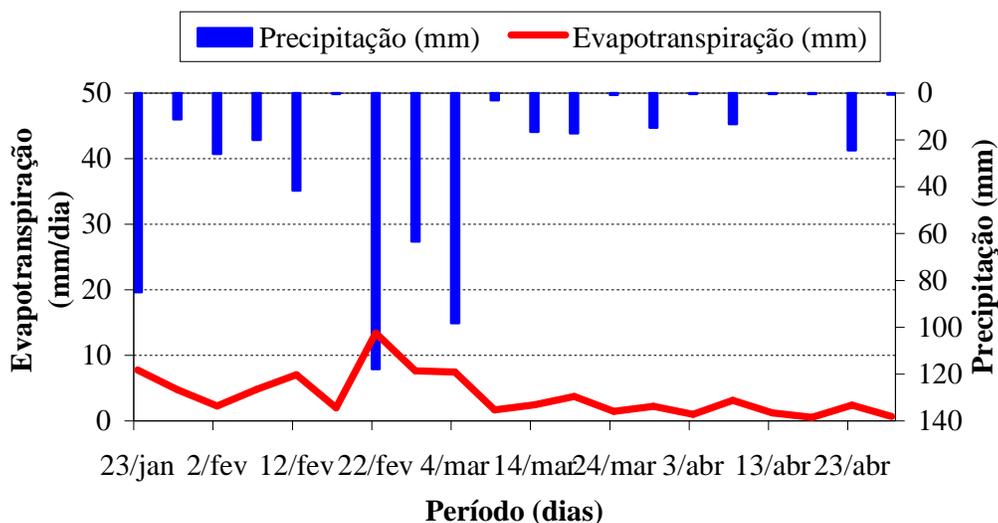


Figura 6 – Evapotranspiração média para períodos de 5 dias, obtida a partir de medidas lisimétricas na sub-bacia Rancho do Amaral, entre janeiro de 2009 e abril de 2009.

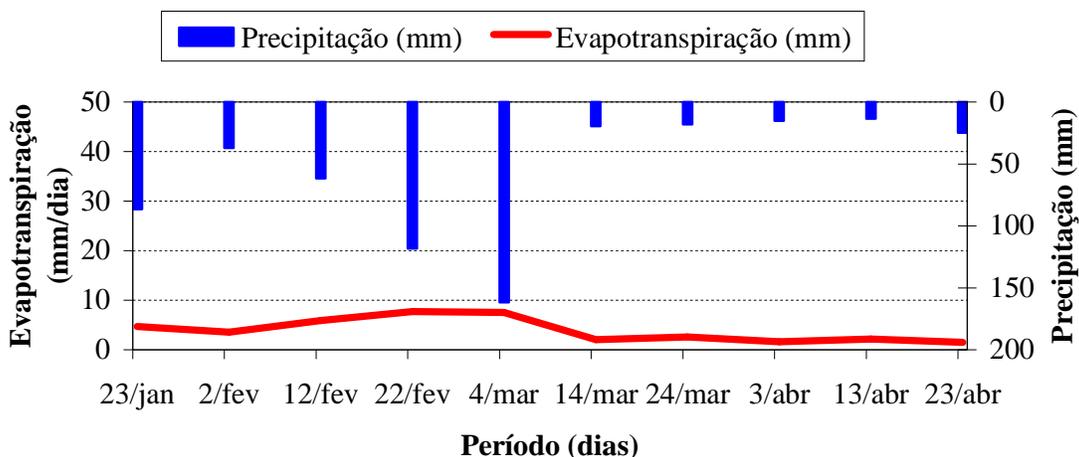


Figura 7 – Evapotranspiração média para o período de 10 dias, obtida a partir de medidas lisimétricas na sub-bacia Rancho do Amaral, entre janeiro de 2009 e abril de 2009.

Pela análise das figuras 6 e 7 observa-se que os resultados de evapotranspiração obtidos a partir de medidas lisimétricas na sub-bacia Rancho do Amaral, para os períodos de 5 e 10 dias, apresentam melhores resultados quando comparados à escala diária. Isto se deve a atenuação dos

possíveis erros de leitura ocorridos na escala diária, das variáveis envolvidas no cálculo do balanço hídrico.

#### **4 - CONCLUSÃO**

O balanço hídrico elaborado com o uso do equipamento referido neste estudo, não apresentou bons resultados na escala diária, principalmente nos períodos em que ocorreram precipitações elevadas, superestimando ou subestimando a evapotranspiração. Já para períodos maiores, ou seja, escalas de 5 e 10 dias, tais resultados são satisfatórios devido à minimização do efeito da defasagem nas respostas de escoamento superficial, infiltração e armazenamento da água no solo, após a ocorrência de precipitações.

#### **BIBLIOGRAFIA**

ABOUKHALED, A.; ALFARO, A.; SMITH, M. (1982). “*Lysimeters*”. FAO Irrigation and Drainage Paper 39. Rome: 68p.

AGUILAR, D.J. et al. (1986) “*Determinação da evapotranspiração potencial e balanço hídrico de região da Grande Dourados*”. EMBRAPA – UEPAE. Dourados – MS. 150p.

ALLEN, R.G. et al. (1991). “*Lysimeters for avapotranspiration and environmental measurements*”. American Society of Civil Engineers – New York. 444p.

CAMARGO, A.P. (1962). “*Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo*”. Bragantina, v.21, p.163-213.

FAO (1990). “*Expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requeriments*”. Roma: FAO, (Irrigation and Drainage).

LIBARDI, P. L. (1995). *Dinâmica da água no sistema solo-planta-atmosfera*. Piracicaba – SP. 497p.

MORENO, J. A. (1961). *Clima do Rio Grande do Sul*. Secretaria da Agricultura. Porto Alegre. 42p.

OLIVEIRA, N.T. (2006) "*Influência da palha no balanço hídrico em lisímetros*". Dissertação. (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 88p.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. (1997). *Evapo(transpi)ração*. Piracicaba: FEALQ. 183p.

SEDIYAMA, G.C. (1996). "*Estimativa da evapotranspiração: histórico, evolução e análise crítica*". Revista Brasileira de Agrometeorologia. Santa Maria. v.4, n.1.

TUCCI, C.E.M. (1993). *Hidrologia Ciência e Aplicação*. 2 ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH. 943p.

UNESCO (1982). *Guía Metodológica para la Elaboración del Balance Hídrico de América del Sur*. Montevideo, Uruguay.130p.