

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS

VOL
35

Recursos Hídricos

Projeto Potiribu

Atualização 1989 - 1998

Dados Básicos de Fluviometria e Pluviometria

NILZA MARIA CASTRO

PIERRE CHEVALLIER

JOEL GOLDENFUM



Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS
Av. Bento Gonçalves, 9.500
Caixa Postal 15029
CEP 91501-970 Porto Alegre, RS Brasil

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Reitora

Wrana Maria Panizzi

Vice-Reitor

Nilton Rodrigues Paim

Pró-Reitor de Graduação

José Carlos Ferraz Hennemann

Pró-Reitor de Pós-Graduação

Franz Rainer Semmelmann

Pró-Reitora de Pesquisa

Maria da Graça Krieger

Pró-Reitor de Extensão

Luiz Fernando Coelho de Souza

Pró-Reitora de Planejamento

Maria Alice Lahorgue

Pró-Reitora de Recursos Humanos

Maria Beatriz Araújo Brito Galarraga

Superintendente de Assuntos da Comunidade Universitária

Sílvio Roberto Ramos Corrêa

Superintendente de Serviços Administrativos

Luís Roberto da Silva Macedo

Superintendente de Espaço Físico

Christoph Bernasiuk

Instituto de Pesquisas Hidráulicas

Diretor: Helio F. Saraiva

Vice-Diretor

Luiz Fernando de A. Cybis

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento

A. E. L. Lanna

C. E. M. Tucci

D. M. L. Motta Marques

E. B. C. Schettini

J. A. Goldenfum

Recursos Hídricos

Projeto Potiribu

Atualização 1989-1998

Dados Básicos de Fluviometria e Pluviometria

NILZA MARIA CASTRO

PIERRE CHEVALLIER

JOEL GOLDENFUM

Janeiro de 2000

Sumário

1 - Introdução	5
2 - Características gerais das bacias	5
3 - Avaliação física e química do solo	8
3.1 Ensaio de densidade aparente	8
3.2 Ensaio de granulometria e química do solo	9
3.3 Ensaio de condutividade hidráulica saturada	10
3.4 Curva de retenção	10
4 - Postos Fluviométricos	11
4.1 - Generalidades	11
4.1.1 Características técnicas dos linígrafos	11
4.1.2 Processamento dos dados	12
4.1.3 Dados disponíveis	12
4.1.4 Lacunas	14
4.2 - Posto fluviométrico Anfiteatro	15
4.2.1 Histórico	15
4.2.2 Calibração	17
4.3 - Posto fluviométrico Donato	19
4.3.1 Histórico	19
4.3.2 Calibração	21
a) antes da obra (até 09-03-1991)	21
b) depois da obra (após dia 10-03-1991)	22
4.4 - Posto fluviométrico Turcato	26
4.4.1 Histórico	26
4.4.2 Calibração	28
a) calibração de 1990 a dezembro de 1995	28
b) calibração a partir de agosto de 1998	31
4.5 - Posto fluviométrico Rincão	34
4.5.1 Histórico	34
4.5.2 Calibragem	35
4.6 - Posto fluviométrico Taboão	36
4.6.1 Histórico	36
4.6.2 Calibração	38
4.7 - Posto fluviométrico Andorinhas (Potiribu)	38
4.7.1 Histórico	38
4.7.2 Calibração	39
5 - Postos pluviométricos e pluviográficos	41
5.1 Generalidades	41
5.1.1 Características técnicas dos aparelhos	41
5.1.2 Processamento dos dados	42
5.1.3 Dados disponíveis	43
5.2 Histórico dos postos	46
6 - Análise do Comportamento hidrológico da bacia	47
6.1 Pluviometria	47
6.1.1 Pluviometria média mensal	47
6.1.2 Pluviometria diária	48
6.2 Vazão	49
6.2.1 Eventos selecionados	49
6.1.2 Vazão média mensal	55
6.1.3 Vazão média anual	57
6.1.3 Curva de permanência	59
7. Conclusões	59
Agradecimentos	60
Referências bibliográficas	61

PROJETO POTIRIBU - Atualização: 1989-1998

Dados Básicos de Fluviometria e Pluviometria

Nilza Maria Castro¹, Pierre Chevallier², Joel Goldenfum³

Resumo

O Projeto Potiribu vem sendo desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul em convênio com algumas Instituições de Pesquisa e de apoio à Pesquisa (ORSTOM/IRD, CNPq, FAPERGS, FINEP). Este projeto, que iniciou em 1989, teve como objetivo inicial avaliar os processos hidrossedimentológicos para o dimensionamento de pequenas barragens no planalto basáltico riograndense. Para isso, a bacia do Rio Potiribu (563 km²), com várias sub-bacias embutidas, foi identificada como bacia representativa deste planalto. Trata-se de uma área intensamente agrícola (soja e milho no verão, aveia e trigo no inverno) e mecanizada. O monitoramento intensivo desta bacia vem sendo feito através da instalação de linígrafos, pluviógrafos, pluviômetros, análise de solo, coleta de material em suspensão nos rios, medição de vazão, simulação de chuvas, levantamento topográfico, acompanhamento da erosão em sulcos e em vossorocas e outras atividades.

Esta publicação tem como objetivo divulgar os dados fluvio e pluviométricos obtidos na bacia do Rio Potiribu de 1989 a 1998. Para isso foi feita a atualização do primeiro relatório (Chevallier, 1993). Para a confecção desta publicação, todos os dados obtidos no campo foram processados e criticados. Esses dados estão disponíveis em formato GEDAC (Pedrollo, 1997) em disquetes e CD e encontram-se na biblioteca e setor de Hidrometria do IPH, bem como o programa GEDAC.

Abstract

The Potiribu Project is being developed by the Institute of Hydraulic Research (IPH) of the Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS) in contribution with Brazilian and international research and financial support agencies (ORSTOM, CNPq, FAPERGS, FINEP). The Project started in 1989 with the initial goal of hydrosedimentological processes evaluation for the design of small dams in the Sulriograndense Basaltic Plateau, Southern Brazil. The Potiribu River Basin (563 km²) was identified as a representative basin of this plateau, with a series of nested catchments, in an agricultural area with intense occupation (soya beans and maize during summer and oats and wheat during winter) and mechanisation. A comprehensive gauging of this basin is being taken by the installation of limnigraphs, pluviographs and pluviometers, soil properties analysis, river suspended load measuring, river flow measuring, rainfall simulations, topographic surveys, rill and gully erosion evaluation, etc.

The main objective of this report is to present the river flow and rainfall data gathered in the Potiribu Basin from 1989 to 1998, by an update of the first report (Chevallier, 1993). All field data was digitally processed and criticised in order to produce the present paper. Both GEDAC (Pedrollo, 1997) program and data, in GEDAC-type files, are available in floppy disks at the IPH Library and also at the IPH Hydrometry Sector. The data is also available in CD format.

1 IPH-UFRGS com bolsa pesquisador visitante CNPq (dezembro 96 a dezembro 98) e FAPERGS (dezembro 97 a dezembro 98)

2 Instituto de Pesquisa para o Desenvolvimento (ORSTOM/IRD)

*3 Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) - UFRGS - Coordenador do projeto desde abril 98
Apoio do CNPq e FINEP- Projeto Recope/Rehidro Sub-rede 1*

1 - Introdução

Em 1989, o Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul iniciou uma pesquisa em parceria com o ORSTOM/IRD (Instituto Francês de Pesquisa para o Desenvolvimento), através do acordo bilateral CNPq/ORSTOM/IRD. A fase da cooperação com a ORSTOM/IRD encerrou-se em dezembro de 1993. O aparato experimental foi mantido graças aos esforços da comunidade local (sobretudo UFRGS e FAPERGS), e verbas de projeto de pesquisa CNPq. Diversos professores, pesquisadores e alunos de pós-graduação (mestrado e doutorado) do IPH e outras instituições continuaram suas ações. As colaborações com os parceiros locais também foram mantidas. Em outubro de 97 a pesquisa teve um reforço em suas atividades e novos equipamentos foram adquiridos através do programa RECOPE /REHIDRO - sub-rede 1 (financiamento FINEP/CNPq). Essa pesquisa almeja conhecer os impactos sobre o comportamento hidrossedimentológico dos solos e dos rios do planalto basáltico do sul do Brasil e, especificamente, os efeitos dos cultivos de verão (soja/milho) e de inverno (trigo/aveia) sobre os recursos hídricos da região noroeste do Rio Grande do Sul. Diversas ferramentas estão sendo usadas na abordagem do problema, tais como: simulação de chuva, cartografia por sensoriamento remoto a partir de satélites, análise geomorfológica através de modelos numéricos de terreno e modelação matemática chuva-vazão-descarga sólida.

Este estudo, conhecido como *Projeto Potiribu*, abrange toda a região do planalto basáltico e está sendo desenvolvido em uma bacia hidrográfica considerada representativa (bacia do Rio Potiribu a montante da PCH Andorinhas) cuja identificação resultou da análise sistemática da erosão potencial no derrame de basalto (Borges e Bordas, 1988).

Diversos trabalhos foram feitos durante o desenvolvimento deste projeto. Este trabalho complementa a publicação Recursos hídricos número 26 (Chevallier, 1993), onde foram apresentados os dados básicos de fluviometria e pluviometria entre agosto de 1989 e dezembro de 1992, sendo agora apresentados e criticados entre 1989 e 1998.

No presente trabalho, são apresentados e comentados os dados flúvio e pluviométricos obtidos na bacia do rio Potiribu de 1989 a 1998, incluindo descrição detalhada dos principais incidentes que influenciaram a obtenção destes dados, tais como eventos excepcionais, troca de aparelhos, perda de estações e outros. Pretende-se com isto fornecer uma visão geral do estado atual dos dados disponíveis, possibilitando uma melhor interpretação dos mesmos.

A rede hidrográfica foi especialmente implantada e operada pelo Projeto Potiribu apresentando hoje um total de 9 anos de dados.

Todos os dados são arquivados em suportes magnéticos e são acessíveis:

- de maneira direta, usando os programas HYDROM (Cochonneau, 1991) e PLUVIOM (Boyer et al., 1992), ou de maneira indireta, extraindo os dados com a ajuda dos mesmos programas sob um formato texto compatível com qualquer ferramenta informática apropriada.

- também de maneira direta usando o programa GEDAC, desenvolvido especialmente para este projeto pelo professor Olavo Pedrollo (Pedrollo, 1997) e através do programa Microsoft Excel® onde os dados estão armazenados já criticados.

Os dados deste relatório retratam o que está armazenado nos arquivos do banco de dados; eles são apresentados de modo a informar o usuário sobre o que ele pode encontrar nesses arquivos, e como esse material pode ser utilizado.

O maior cuidado foi tomado na elaboração dos dados definitivos do banco, mas incoerências ou erros podem ocorrer. Eles são resultantes das condições extremamente difíceis que prevaleceram quase que permanentemente durante a execução da pesquisa: falta de verba para operar adequadamente a rede de monitoramento e falta de pessoal. Cuidados especiais devem ser tomados na sincronização dos eventos de 93 a 98, pois nem sempre foi possível a devida correção.

2 - Características gerais das bacias

A região estudada localiza-se ao noroeste do Estado do Rio Grande do Sul na posição central do derrame basáltico sul-americano (Figura 2.1). O Rio Potiribu é um contribuinte da margem

esquerda do Rio Ijuí, este último sendo afluente de margem esquerda do Rio Uruguai. Assim ele faz parte da bacia hidrográfica do Rio da Prata.

No exutório da bacia existe uma microcentral hidrelétrica, PCH das Andorinhas, sob administração da Companhia Estadual de Energia Elétrica, que aproveita uma queda do rio de aproximadamente quinze metros. A usina fica quatro quilômetros a montante da ponte da rodovia federal BR-285 e seis quilômetros a leste da cidade de Ijuí. A bacia estende-se para leste e sudeste, onde a cidade de Cruz Alta marca seu limite extremo (Figura 2.2).

A bacia do Potiribu tem uma área total de 563 km², e é formada por várias sub-bacias embutidas, que foram monitoradas pelo Projeto Potiribu. A Tabela 2.1 apresenta as características físico-morfológicas dessas bacias; elas podem ser localizadas na Figura 2.2 usando os dois últimos algarismos do código atribuído a cada uma. A bacia do Anfiteatro (07) fica embutida na bacia do Donato (01).

Observações:

1. As características das bacias correspondem aos parâmetros geralmente adotados. Os métodos de cálculo podem ser encontrados em Roche (1963).

2. Os mapas oficiais usados procedem da Diretoria de Serviço Geográfico do Ministério do Exército - Departamento de Engenharia e Comunicações. A região estudada é coberta pelos seguintes mapas:

- 1/250 000: folha Cruz Alta
- 1/100 000: folhas Cruz Alta, Ijuí, Ibirubá, Santa Bárbara do Sul
- 1/50 000: folhas Cruz Alta, Ijuí, Lagoão, Panambi, Panambi E.

6

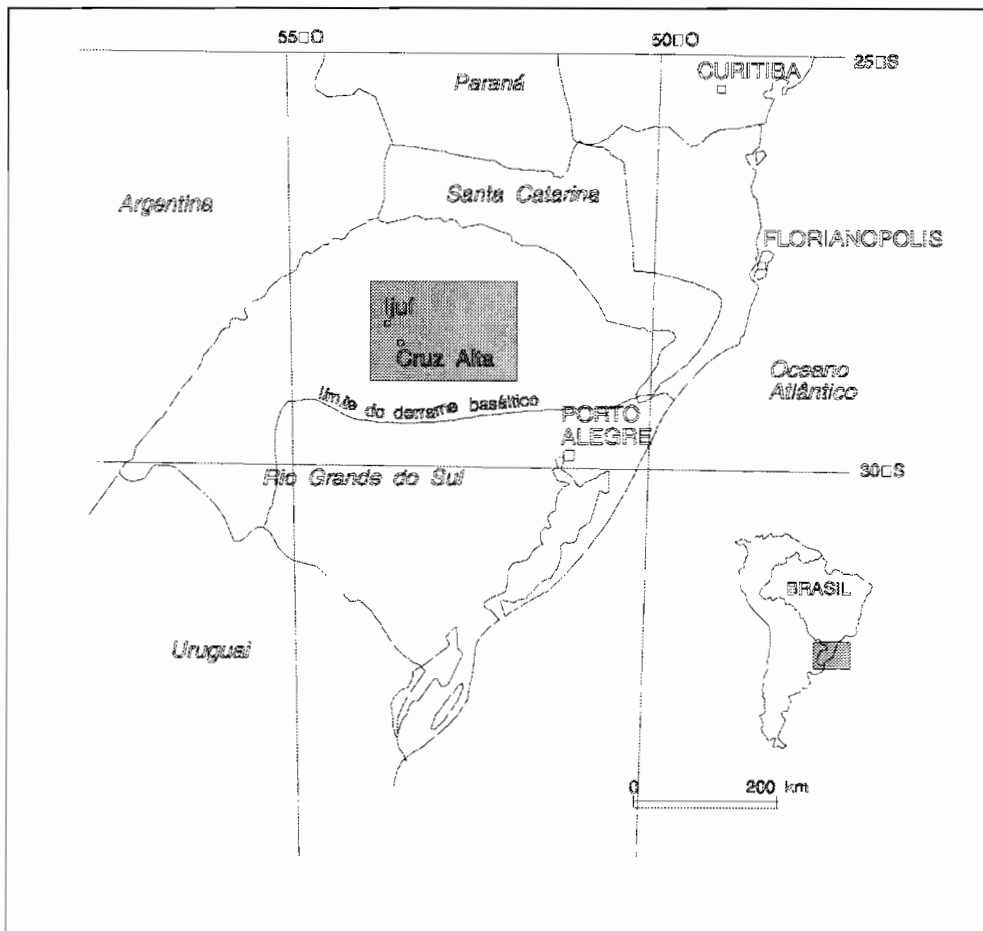


Figura 2.1 - Localização da bacia do Rio Potiribu

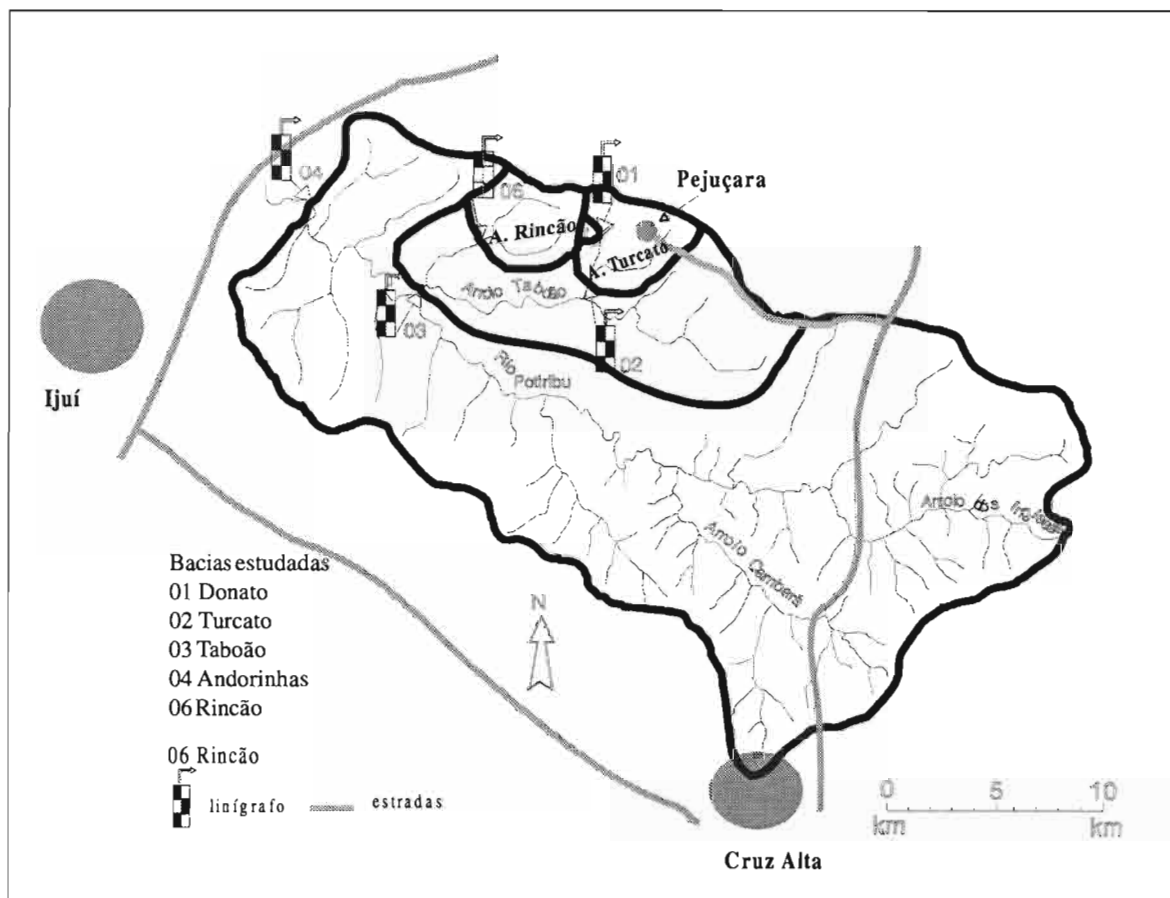


Figura 2.2 - Bacia do Rio Potiribu

Tabela 2.1 - Características físico-morfológicas das bacias

Código	25975919 07	25975919 01	25975919 02	25975919 06	25975919 03	25975919 04
Nome	Anfiteatro	Donato	Turcato	Rincão	Taboão	Potiribu
Latitude exutório	28°25'00" S	28°25'24" S	28°26'19" S	28°25'05" S	28°26'11" S	28°24'25" S
Longitude exutório	53°41'15" O	53°40'33" O	53°40'57" O	53°43'44" O	53°45'25" O	53°48'33" O
Altitude máx (m)	468,7	468,7	485	485	485	485
Altitude zero régua (m)	430,7	386,8	365,5	369,5	330,7	279,7
Área (km ²)	0,125	1,10	19,5	16,8	105	563
Perímetro (km)	1,42	4,54	17,9	17,4	47,5	115
Índice de compacidade	1,13	1,22	1,14	1,20	1,31	1,37
Comprimento do retângulo equivalente (km)	0,411	1,60	5,42	5,93	18,1	45,6
Desnível (m)	38,0	81,9	119,5	115,5	154,3	205,3
Índice declividade global (m/km)	92,3	51,2	22,1	19,5	8,5	4,5
Referência	Levantamento especial	Levantamento especial	Mapa oficial 1/50 000 corrigido	Mapa oficial 1/50 000	Mapa oficial 1/100 000	Mapa oficial 1/250 000

3. Diferenças significativas foram observadas nos mapas oficiais entre as escalas de 1/50 000 e 1/100 000. Após uma fiscalização *in situ* do próprio Serviço Geográfico, concluiu-se que existiam erros significativos nas curvas de nível e nos pontos cotados do mapa com escala 1/50 000. As altitudes usadas no quadro do projeto foram então corrigidas a partir de três referências de nível (R.N.) interligadas entre si, são elas:

- R.N. cruzamento da BR Cruz Alta-Panambi com a estrada asfaltada de acesso a Pejuçara (490,503m)
- R.N. Igreja Matriz de Cruz Alta (472,754m)
- R.N. Prefeitura de Ijuí (324,473m).

4. A cartografia das bacias dos Arroios Turcato e Rincão foi estabelecida a partir do mapa na escala de 1/50 000, e as correções mais evidentes de cota e do traçado das curvas de nível foram feitas através de observação da equipe de pesquisa no terreno. Para a bacia do Donato, incluindo a bacia do Anfiteatro, um levantamento detalhado foi realizado por esta equipe. No caso das bacias maiores do Tabão e do Potiribu a precisão da escala 1/100 000 foi considerada suficientemente confiável.

3 – Avaliação física e química do solo

Para a bacia do Donato, incluindo bacia do Anfiteatro, diversos ensaios foram realizados com a finalidade de caracterizar melhor estes solos. Os principais resultados são apresentados a seguir.

3.1 Ensaio de densidade aparente

Amostras para análise de densidade aparente do solo foram retiradas do local das simulações de chuva (cf. item 3.2), nas bacias Anfiteatro e Donato. Os resultados são apresentados na Tabela 3.1. Observa-se que a densidade aparente do solo tem uma grande variação ao longo do tempo e em função do trabalho de solo. Quando este é recentemente trabalhado com pé de pato (01/06/91) a densidade superficial é da ordem de 1,29 g/cm³, entretanto estes valores podem aumentar até 1,7 g/cm³ quando o solo está mais compactado, ou seja, três meses após o preparo do solo (30/03/92) ou no caso do plantio direto (18/05 e 04/09/93) onde o solo não é preparado.

Tabela 3.1 - Densidade aparente do solo a várias profundidades na bacia do Donato.

profundidade (cm)	Densidade aparente (g/cm ³)			
	01/06/91	30/03/92	18/05/93	04/09/93
0 - 10	1.29	1.78	1.79	1.87
10 - 20		1.73	1.87	1.73
20 - 30	1.40	1.64	1.72	1.59
30 - 40		1.66	1.55	1.52
40 - 50	1.39	1.63	1.61	1.55
50 - 60		1.56	1.65	1.52
60 - 70	1.25	1.53	1.58	1.54
70 - 80		1.57	1.61	1.55
80 - 90	1.23	1.60	1.40	1.51
90 - 100		1.58	1.48	1.59

3.2 Ensaios de granulometria e química do solo

Três locais foram utilizados para as coletas de materiais na bacia do Turcato. O primeiro local foi na bacia do Donato, próximo à casa do agricultor Antoninho Zambra, onde foram realizadas duas simulações de chuva, (Castro, 1996). O segundo ponto foi na bacia do Anfiteatro, também no local onde foram realizadas quatro simulações de chuva. Nestes dois locais são cultivados soja no verão e aveia e trigo no inverno, sendo que no primeiro local é utilizado o plantio direto desde 1992 e no segundo desde 1994. Anteriormente, em ambos locais, era utilizado o plantio convencional, com lavração do solo e gradeação. O terceiro local de coleta de amostras situa-se dentro da cidade de Pejuçara, onde a agricultura não é praticada. Os resultados de granulometria na Tabela 3.2 mostram a textura muito argilosa deste solo. Nesta tabela também são apresentados os resultados de química do solo. As coletas foram realizadas no dia 20/05/1993.

Tabela 3.2 - Análises granulométricas e químicas de três locais na bacia do Donato (20/05/93)

	Granulometria					Química													
	Areia grossa em % (2 a 0,2 mm)	Areia fina em % (2 a 0,05 mm)	Silte em % (0,05 a 0,002 mm)	Argila em % (< 0,002 mm)	Total	pH	P (ppm)	K (ppm)	Matéria Org. (%)	Al (me/dl)	Ca (me/dl)	Mg (me/dl)	S (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	B (ppm)	Mn (ppm)	Fe (%)	
	0-10	14	11	21	54	100	6.7	14	262	3.0	0.0	7.8	3.1	10.1	2.6	4.2	0.8	3	0.11
	10-20	12	10	18	60	100	5.8	12	48	2.0	0.0	5.6	1.8	14.8	2.7	10.7	0.4	30	0.12
	20-30	10	9	18	63	100	5.6	3	28	1.6	0.2	4.5	1.6	13.3	2.2	11.6	0.4	45	0.11
Antoninho	30-40	8	7	14	71	100	5.5	1	20	0.7	0.1	3.5	1.1	25.0	0.5	8.2	0.4	30	0.09
	50-60	7	6	9	78	100	5.1	1	12	0.6	0.7	3.0	0.8	45.3	0.5	7.6	0.5	23	0.26
	70-80	6	4	10	80	100	5.1	1	16	0.6	1.2	1.9	0.6	42.2	0.3	6.8	0.3	18	0.24
	90-100	5	4	10	81	100	5.2	2	12	0.4	1.2	1.6	0.6	40.6	0.4	6.2	0.5	23	0.13
	0-5	24	15	5	56	100	5.4	5	71	2.4	0.0	3.1	1.4	6.2	0.7	8.0	0.2	15	0.16
	10-18	19	13	8	60	100	5.5	4	68	2.4	0.0	2.8	1.4	6.0	0.3	6.3	0.1	15	0.18
Anfiteatro	18-25	15	11	6	68	100	4.8	1	21	1.8	0.7	0.8	0.5	24.3	0.1	5.2	0.1	34	0.18
	30-35	14	9	7	70	100	4.7	1	12	1.5	0.8	0.3	0.3	9.0	0.1	5.0	0.1	47	0.19
	50-55	15	9	6	70	100	4.8	1	15	1.3	0.7	0.4	0.2	8.6	0.1	4.6	0.1	47	0.18
	80-90	11	9	6	74	100	5.0	1	11	0.9	0.7	0.1	0.1	10.4	0.1	4.6	0.1	46	0.24
	0-20	10	10	10	70	100	4.5	4	49	2.8	4.0	0.5	0.3	13.9	0.8	6.1	0.2	33	0.20
	20-40	10	10	3	77	100	4.6	2	38	2.5	3.3	0.6	0.3	16.0	0.1	5.1	0.1	4	0.16
	40-60	8	9	3	80	100	4.6	1	24	2.0	3.2	0.5	0.3	23.6	0.1	5.1	0.3	2	0.16
	60-80	6	7	3	84	100	4.6	2	16	1.4	3.0	0.4	0.2	3.5	0.1	4.3	0.3	2	0.17
Pejuçara	80-100	6	7	1	86	100	4.6	1	16	1.0	2.5	0.4	0.2	2.1	0.1	3.8	0.2	4	0.15
	100-120	7	7	1	85	100	4.8	2	16	0.8	2.4	0.4	0.3	2.1	0.1	3.2	0.1	1	0.20
	120-140	6	8	4	82	100	4.8	2	16	0.7	2.0	0.1	0.1	2.1	0.1	2.8	0.2	1	0.20
	140-160	7	8	5	80	100	4.7	2	18	0.6	2.0	0.3	0.2	4.2	0.2	2.8	0.2	4	0.17
	160-180	6	8	6	80	100	4.9	2	15	0.5	1.7	0.1	0.1	1.4	0.1	2.6	0.2	2	0.18
	180-200	7	7	7	79	100	4.8	2	15	0.4	1.5	0.1	0.1	4.2	0.1	2.5	0.1	1	0.20

3.3 Ensaio de condutividade hidráulica saturada

a) ensaio com duplo anel (cilindros concêntricos)

No local das simulações de chuva (bacia do Anfiteatro e Donato) foi realizado o ensaio do duplo anel (Cauduro e Dorfman, 1986) para determinar a condutividade hidráulica saturada a várias profundidades do solo. Dois métodos de cálculo foram utilizados: método de Horton e método de Kostiakov (Prevedello, 1996). Os resultados são apresentados a seguir na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Condutividade hidráulica saturada pelo método do duplo anel

Bacia	profundidade	Condutividade hidráulica(mm/h)	
		Horton	Kostiakov
Anfiteatro	Superficial	4,4	4,2
	Superficial	7,6	5,7
	20 cm	43,8	51,4
	20 cm	66,5	66,5
	55 cm	55,7	60,6
	55 cm	76,0	72,3
Antoninho	Superficial	5,7	7,4
	20 cm	41,4	51,4
	20 cm	14,5	15,5

b) ensaio com o permeâmetro constante

O resultado deste parâmetro, obtido através de análise em laboratório pelo método do permeâmetro constante (Cauduro e Dorfman, 1986), a partir de amostras de solo retiradas na superfície utilizando cilindros indeformáveis, é entre 4 e 5 mm/h. Estes valores são da mesma ordem de grandeza daqueles encontrados através do método do duplo anel.

c) ensaio com simulação de chuvas

Já os valores de condutividade hidráulica saturada da superfície do solo obtidos através de simulações de chuva ao longo do ciclo da soja e da aveia, em solo preparado convencionalmente e com o plantio direto, utilizando para o cálculo a equação de Green e Ampt (Musy e Soutter, 1994) variam muito em função do tipo de preparo do solo e das datas de preparação do solo. Esses valores situam-se entre 13 mm/h para o solo com selo superficial, causado pelas chuvas simuladas, trabalhado recentemente com arado e grade e no caso do plantio direto. No caso do solo trabalhado recentemente com pé-de-pato a uma profundidade maior de 30 cm, sem selo superficial, a condutividade foi de 56 mm/h (Castro et al., 1997).

3.4 Curva de retenção

A curva de retenção d'água deste solo foi determinada a partir de amostras indeformadas retiradas através de cilindros, pelo método das painéis de pressão (Cauduro e Dorfman, 1986). As amostras foram retiradas a várias profundidades desde a superfície até 1 metro. Elas são apresentadas na Figura 3.1.

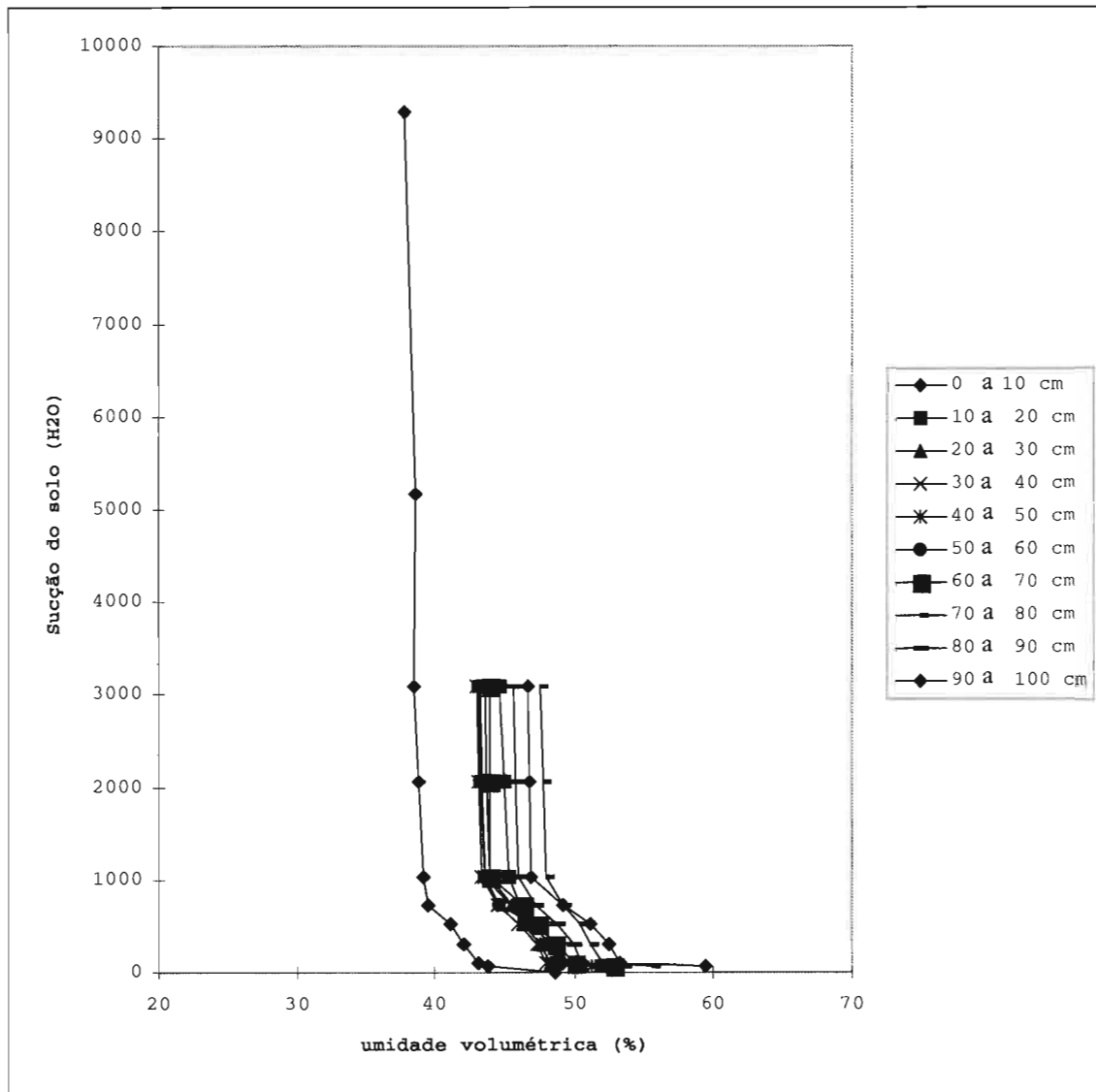


Figura 3.1 - Curva de retenção da bacia do Anfiteatro

4 - Postos Fluviométricos

4.1 Generalidades

4.1.1 Características técnicas dos linígrafos

A Tabela 4.1 apresenta os tipos de linígrafos instalados em cada posto fluviométrico com as respectivas datas de funcionamento. A 5ª coluna desta tabela apresenta a porcentagem de funcionamento de cada linígrafo do início de sua instalação até dezembro de 1998. Os únicos postos que continuam funcionando até o momento são o Donato, o Anfiteatro e o Turcato, sendo que o Turcato foi interrompido entre 12/95 e 07/98. A Tabela 4.2 apresenta as características técnicas desses equipamentos.

Tabela 4.1 - Equipamentos dos postos hidrométricos

Código	Nome	Data início	Data fim	% funcionamento até dez/98	marca	Aparelho tipo	redução
01	Donato	11/11/89		83.0	IH	LNG7	1/10
02	Turcato	11/11/89	10/10/95	73.9	IH	LNG7	1/10
		22/07/98		96.3	IH	LNG7	1/10
03	Taboão	20/12/90	05/12/91		OTT	R20	1/10
		05/12/91	29/10/91		OTT	R20	1/5
04	Andorinhas	10/11/89	30/10/91		OTT	10	1/10
		30/10/91	25/05/92		OTT	R20	1/10
06	Rincão	09/01/91	06/04/92		IH	LNG7	1/10
07	Anfiteatro	23/07/92		78.2	IH	LNG7	1/5

Tabela 4.2 - Características técnicas dos linígrafos usados

Aparelho	Tipo de sensor	Suporte de gravação	Periodicidade	Velocidade (mm/h)	Valor da redução
IHLNG7	bóia	transportador de carta mecânico	mensal	10	1/5 ou 1/10
OTTR20	bóia	transportador de carta mecânico	mensal	4	1/5 ou 1/10
OTT 10	bóia	tambor	semanal	2	1/10

4.1.2 Processamento dos dados

Os linígrafos registram os níveis da água ao longo do tempo em rolos de papel. O processamento dos diagramas, bem como todas as tarefas de armazenamento e gestão dos dados estão sendo feitos num microcomputador com auxílio do programa HYDROM até 04/05/1995 e com auxílio do programa GEDAC a partir desta data. Graças ao programa GED2H3 criado por Gerard Cochonneau, especialmente para o projeto Potiribu, é possível importar os dados do banco de dados GEDAC para o HYDROM. O processamento dos dados é feito de acordo com a seguinte seqüência:

- Exame visual do diagrama, com marcação dos pontos a serem levantados e dos pontos característicos (início, fim, retornos, lacunas, etc.);
- Aquisição das coordenadas desses pontos por meio de uma mesa digitalizadora e crítica automática dessa aquisição;
- Correção dos pontos julgados errados ou duvidosos;
- Nova crítica e nova correção até obter valores corretos;
- Transformação das coordenadas (x, y) em duplas: tempo (ano, mês, dia, hora, minuto) / cota (cm);
- Representação gráfica para períodos mensais do hidrograma obtido;
- Se for necessário, voltar à fase anterior de correção e crítica;
- Comparação dos hidrogramas do mesmo período para os diversos aparelhos e verificação da sincronização dos eventos;
- Se for necessário, voltar à fase anterior de correção e crítica;
- Após ter arquivado a curva-chave estabelecida a partir das medições de vazão, transformar as cotas em descargas através do programa Hydrom ou de planilhas do programa Excel.

4.1.3 Dados disponíveis

Por motivo de falta de verba e de pessoal não foi possível estabelecer curvas-chave completas para os postos do Taboão e do Rincão. Para ambos postos, somente dados de cota podem ser utilizados até 1992. Em maio de 1992 perderam-se os linígrafos destes dois postos devido a uma cheia de quase 400 mm em 26 horas (Chevallier e Dhein, 1993). Por motivo de falta de verbas não

foi possível reinstalar os aparelhos e decidiu-se concentrar esforços nas bacias menores até novos recursos serem disponíveis. Também não foi possível calcular as descargas no posto do Donato entre novembro de 1989 e março de 1991 devido a problemas de desestabilização do fundo do rio (a Tabela 4.3 apresenta os meses com cotas instantâneas disponíveis para estes postos). Os dados disponíveis do Arroio Turcato referem-se ao período de 1989 a 1995, quando suas margens começaram a desestabilizar e o linígrafo parou de funcionar. Esse posto foi reativado em julho de 1998. Os dados da vertente do Anfiteatro são disponíveis a partir de sua instalação em julho de 1992.

Os dados finais de descargas são disponíveis sob uma forma instantânea, ou seja, informação básica constituída por um par de valor, tempo (ano, mês, dia, hora, minuto) e descarga (em m³/s ou l/s). A Tabela 4.4 apresenta os períodos em que os dados instantâneos são disponíveis para cada posto.

Tabela 4.3 - Inventário mensal dos dados instantâneos de cota disponíveis

posto		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Donato	1989											+	+
	1990	+	+	c	c	c	+	+	c	+	+	+	+
	1991	+	c	+									
Taboão	1990												+
	1991	+	c	c	c	c	+	+	c	+	+		
Rincão	1991		+	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
	1992	c	c	+	+								

campo em branco: mês ausente +: mês incompleto c: mês completo

Tabela 4.4 - Inventário mensal dos dados instantâneos de cota e de descarga disponíveis.

posto		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Donato	1991			+	c	c	+	+	c	c	+	c	+
	1992	+	c	c	c	c	c	c	c	c	c	+	+
	1993	c	c	c	+	c	c	c	+	c	c	c	+
	1994	+	c	+	c	c	c	c	c	+	c	c	C
	1995	c	+	+	c	+	c			c	c	+	+
	1996	c	c	c	c	c	+	c	c	+	c	+	c
	1997	c	c	c	+	+	+	c	+	c	c	c	c
	1998	c	c	+	+	+	+	c	+	c	c	c	c
Turcato	1989											+	+
	1990	+	+	+	c	+			+	c	+	c	+
	1991		+	c	c	c	c	+	+	+	c	c	+
	1992	+	+	+	c	+		+	c	c	c	+	c
	1993	c	c	c	c	c	c	c	+	c	c	+	+
	1994	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	C
	1995	c	+	+	c	+	c	c	c	+	c	c	+
1996													
1997													
1998							+	c	c	+	c	c	
Andorinhas	1989											+	+
	1990	+		+	+	c	c	c	c	c	c	c	+
	1991	c	c	c	+	+	c	c	c	c	c	c	+
	1992	+	+	+	+	+							
Anfiteatro	1992							+	c	c	+	c	+
	1993	c	c	c	+	+	c	c	+	c	c	c	+
	1994	c	c	+	c	c	c	c	+	+	c	c	+
	1995	c	+	+	+	+	+	c	c	+	c	+	+
	1996	c	c	c	c	+	+	c	+	+	c	+	C
	1997	+	+	+	+	+	+	+	+	c	c	+	c
	1998	+	c	c	+	+	+	+	+	c	+	c	

campo em branco: mês ausente +: mês incompleto c: mês completo

4.1.4 Lacunas

Os principais motivos das lacunas nos postos são os seguintes:

1. problema de excesso de umidade no papel faz com que este o papel não desenrole normalmente e tranque no linígrafo. Esse problema só é detectado nas visitas mensais de rotina;
2. falta de corda no linígrafo por atraso nas visitas de rotina, geralmente por falta de verba ou pessoal. Os aparelhos são antigos e não têm autonomia de 30 dias como quando novos. A partir de maio de 99 os aparelhos foram substituídos por novos que têm autonomia de 45 dias,
3. problema de entupimento do cano de tomada d'água do linígrafo causando registro errado do escoamento,
4. problemas de atraso ou adiantamento do relógio do linígrafo. Esses problemas deveriam ser corrigidos no momento da crítica dos dados comparando os registros de outros linígrafos e de pluviógrafos.

As Tabelas 4.5 e 4.6 apresentam o período de lacunas dos postos do Anfiteatro, Donato e Turcato, e as lacunas correspondentes a cada ano de funcionamento dos linígrafos. A seguir são dadas as principais características de cada posto fluviométrico.

Tabela 4.5 - Período de lacunas dos postos Anfiteatro, Donato e Turcato (até 31/12/98)

Anfiteatro (23/07/92 a 31/12/98)			Donato (de 11/11/89 a 31/12/98)			Turcato (11/11/89 a 31/12/98)		
de	a	número de dias	de	a	número de dias	de	a	número de dias
01/04/93	27/04/93	26	31/12/89	11/01/90	11	08/12/89	13/12/89	5
21/05/93	06/06/93	16	12/02/90	22/02/90	10	31/12/89	11/01/90	11
22/08/93	02/09/93	11	18/03/90	01/04/90	14	04/02/90	20/02/90	16
25/10/93	16/11/93	23	05/06/90	18/06/90	13	20/03/90	27/03/90	7
07/12/93	21/12/93	15	20/06/90	30/07/90	40	22/05/90	01/08/90	71
06/01/94	15/01/94	9	21/09/90	29/10/90	38	09/10/90	23/10/90	14
18/02/94	10/03/94	20	05/11/90	21/11/90	16	20/12/90	06/02/91	48
09/05/94	17/05/94	8	01/03/91	27/03/91	26	06/02/91	12/02/91	6
06/06/94	16/06/94	10	20/06/91	01/07/91	11	02/04/91	07/04/91	6
07/07/94	12/07/94	6	18/11/91	28/11/91	10	03/07/91	26/07/91	23
12/08/94	18/08/94	6	04/12/91	08/01/92	35	01/08/91	15/08/91	14
21/08/94	30/08/94	9	07/11/92	12/11/92	6	19/11/91	29/11/91	10
17/09/94	23/09/94	6	31/12/92	07/01/93	7	20/12/91	07/01/92	19
05/11/94	23/11/94	18	07/12/93	21/12/93	14	24/01/92	04/02/92	11
20/12/94	11/01/95	22	10/03/94	14/04/94	35	17/02/92	09/03/92	21
26/02/95	08/03/95	10	27/04/94	17/05/94	21	24/03/92	01/04/92	8
02/06/95	04/07/95	32	31/05/94	15/06/94	14	12/04/92	04/05/92	22
04/09/95	11/10/95	36	23/06/94	13/07/94	20	21/05/92	09/07/92	49
29/01/97	06/03/97	36	10/08/94	02/09/94	23	01/01/93	08/01/93	7
01/04/97	13/04/97	11	04/09/94	23/09/94	19	21/02/93	02/03/93	9
07/05/97	02/07/97	56	19/01/95	25/01/95	7	01/08/93	31/08/93	31
28/07/97	11/08/97	14	26/02/95	09/03/95	11	05/12/93	15/01/94	41
08/09/97	13/10/97	36	13/04/95	05/05/95	22	18/08/94	30/08/94	12
06/11/97	19/11/97	13	04/07/95	05/09/95	63	03/11/94	08/11/94	5
12/01/98	22/01/98	10	01/10/95	11/10/95	10	18/01/95	25/01/95	7
14/04/98	05/05/98	21	15/08/96	21/08/96	6	20/02/95	06/03/95	14
22/06/98	30/06/98	8	08/09/96	18/09/96	10	18/03/95	04/04/95	18
20/07/98	24/07/98	4	24/04/97	02/07/97	68	09/04/95	29/04/95	21
16/08/98	26/08/98	10	02/08/97	11/08/97	9	12/05/95	02/06/95	21
09/10/98	19/10/98	10	03/03/98	31/03/98	27	30/08/95	05/09/95	6
			28/04/98	08/05/98	10	10/09/95	23/09/95	13
			22/06/98	30/06/98	8	10/10/95	22/07/98	1016
			10/08/98	26/08/98	16	13/10/98	19/10/98	6
							até	a partir
							10/10/95	22/07/98
total de lacunas (dias)		512			482		566	6
período* (dias)		2352			2836		2159	162
lacunas (%)		22			17		26	4
* período de funcionamento do linígrafo								Turcato funcionou até 10/10/95 e reativado em 22/07/98.

Tabela 4.6 - Porcentagem de lacunas para cada ano nos postos Anfiteatro, Donato e Turcato

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Anfiteatro	-	-	-	0	25	31	22	0	46	22
Donato	0	39	13	11	6	36	31	4	21	22
Turcato	0	43	21	30	24	5	35	-	-	4

4.2 Posto fluviométrico Anfiteatro

4.2.1 Histórico

A bacia do Anfiteatro (12,5 ha - Figura 4.1) é a menor das bacias monitoradas pelo Projeto Potiribu. Com uma área de 12,5ha, ela corresponde a parte de uma gleba maior pertencente a um único produtor. Esta parcela fica dentro da bacia do Donato. Os escoamentos superficiais são coletados pela valeta na margem noroeste da estrada de terra que atravessa a bacia do Donato e dá acesso a algumas casas isoladas e às lavouras. No ponto mais baixo desta valeta, um bueiro permite o escoamento sob a estrada (Figura 4.2). Este bueiro, inicialmente com um diâmetro de 60cm, foi trocado por um de 100 cm pela Prefeitura de Pejuçara a pedido do Projeto, o que permitiu evitar o alagamento da estrada no momento das cheias fortes e a concentração do escoamento. Uma obra de concreto a montante do bueiro coleta as vazões vindo diretamente da bacia e das valetas. A jusante da estrada, há outra obra, constituída de um pequeno canal retangular de fundo triangular com dois metros de comprimento, que possibilita medir as descargas com molinete.

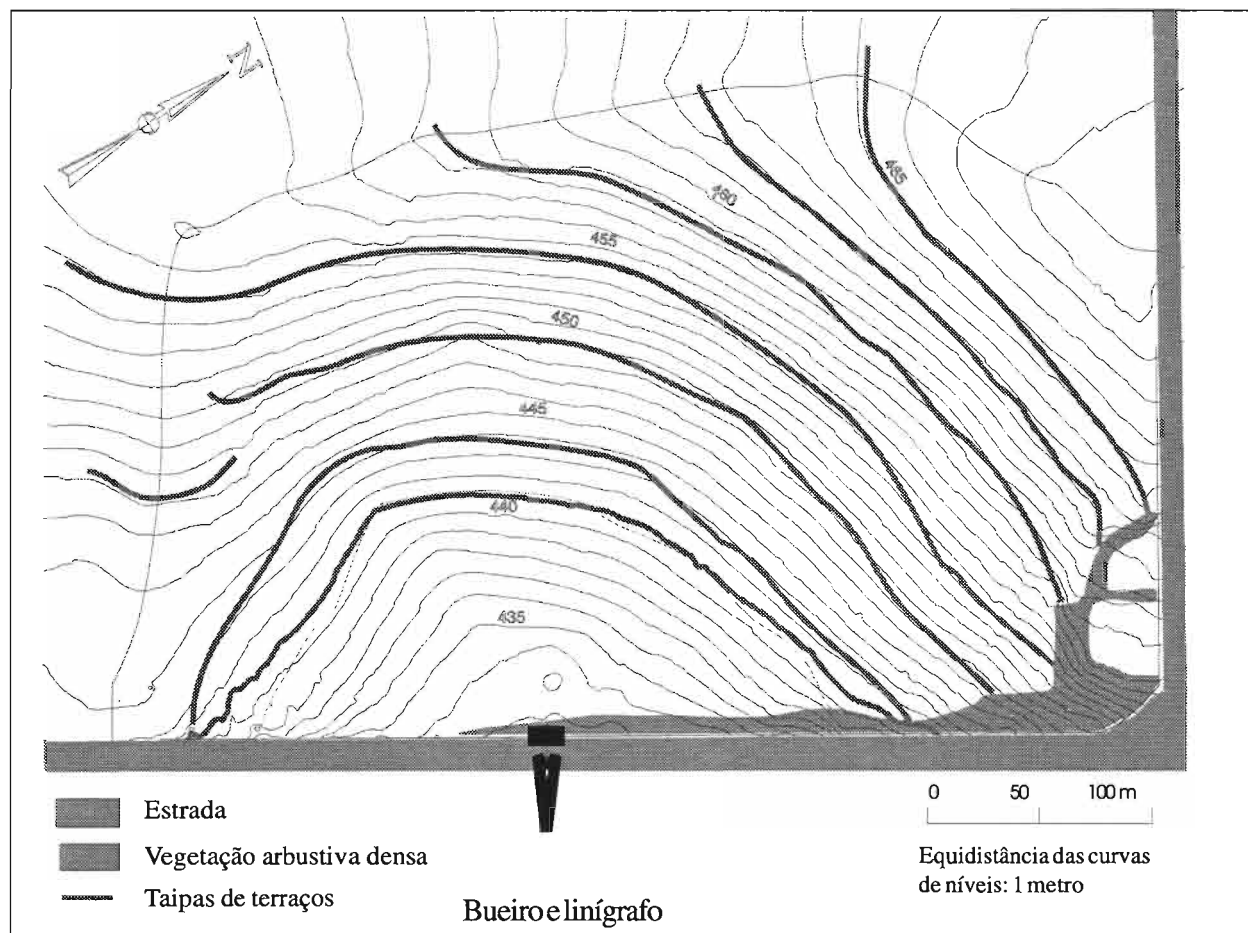


Figura 4.1 - Bacia do Anfiteatro

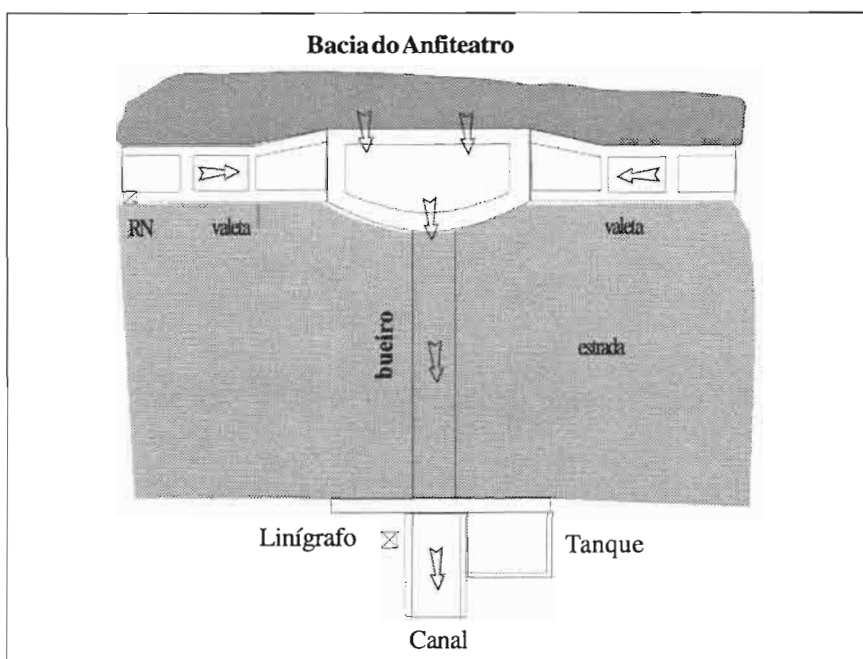


Figura 4.2 - Posto hidrográfico do Anfiteatro

O linígrafo foi instalado do lado direito deste canal ao qual é ligado por um tubo de PVC. Outro tubo normalmente tampado permite a limpeza do poço do linígrafo.

16 Do lado esquerdo do canal foi construída uma fossa que contém um tanque de 1m³ no qual é recolhida uma fração do escoamento do bueiro através de um tubo flexível de 8mm de diâmetro. Depois de cada escoamento, a água coletada é homogeneizada no tanque e várias amostras são tomadas de modo a obter a concentração média da carga sólida em suspensão nesse escoamento. Algumas medições foram feitas em 1992 quando foi realizada uma campanha intensiva, mas logo depois este dispositivo foi desativado por falta de observador permanente.

As valetas a montante da estrada foram aprofundadas e pedras foram colocadas no fundo com o objetivo de diminuir a energia cinética. As duas entradas da obra foram equipadas com degraus para facilitar a eventual coleta de sedimentos depositados. O perfil transversal da estrada foi modificado para evitar que os escoamentos da própria estrada fossem coletados pelas valetas da bacia. Porém, a manutenção necessita ser constantemente realizada acarretando em custos e necessidade de pessoal, por isso ela foi raramente refeita.

A instalação do posto aconteceu no decorrer do ano 1991, mas não foi possível colocar este posto em funcionamento normal devido à ausência de um técnico permanente nas proximidades. Após um período de teste, o linígrafo foi desativado. Em julho de 1992 foram realizadas algumas modificações na instalação e o posto começou a funcionar normalmente.

No dia 08 de maio de 1998 o cano do linígrafo foi trocado por um novo, com um tampão de plástico no fundo para evitar problemas de infiltração que este posto apresentava. Como o fundo não era impermeabilizado, a água acumulada no fundo do cano, correspondente ao calado da bóia, infiltrava-se e o linígrafo registrava esta infiltração como uma diminuição do nível, sendo assim registrados níveis negativos. No momento que ocorria o escoamento era necessário primeiro preencher o volume do calado da bóia para atingir o zero, e depois começava o registro de níveis positivos. Isso acarretava em uma perda de registro do volume inicial escoado além do tempo necessário para as correções no momento do processamento. A casinha do linígrafo, que era de madeira e já estava deteriorando-se, foi substituída por uma de ferro. No dia 19/05/99 o linígrafo mecânico foi substituído por um eletrônico com sensor de pressão, programado para registrar níveis a cada 10 minutos.

A altitude do zero da régua é 430,731m; a RN fixada na beira da estrada corresponde a 432,792m.

4.2.2 Calibração

Foram realizadas 24 medições de vazão na saída do bueiro do Anfiteatro com alturas d'água entre 3 e 7cm (Tabela 4.7). Estas medições não são precisas devido à pequena espessura da lâmina d' água escoada. Não é fácil usar o micro-molinete nessas condições e pode-se realizar somente de uma a três medições de velocidade numa seção (Figura 4.3). A cota máxima registrada foi de 28cm no dia 24 de outubro de 1992 as 13h33.

Tabela 4.7 - Relação das medições de descarga no bueiro do Anfiteatro

	data	início	fim	cota início (cm)	cota fim (cm)
1	08/08/92	05:34	05:40	5,0	5,0
2	08/08/92	05:43	05:47	5,0	5,0
3	08/08/92	05:50	05:53	5,0	5,0
4	10/08/92	08:40	08:46	3,5	3,5
5	10/08/92	08:45	08:46	3,0	3,0
6	10/08/92	09:05	09:10	4,0	4,0
7	10/08/92	09:10	09:15	4,0	4,0
8	10/08/92	09:15	09:20	5,0	5,0
9	10/08/92	09:55	09:58	5,5	5,5
10	10/08/92	09:58	10:00	5,5	5,5
11	10/08/92	10:01	10:03	5,0	5,0
12	10/08/92	10:50	10:53	5,0	5,0
13	01/09/92	09:07	09:12	4,5	4,5
14	01/09/92	09:12	09:14	5,5	5,5
15	01/09/92	09:14	09:21	6,5	6,5
16	01/09/92	09:22	09:24	6,5	6,5
17	01/09/92	09:24	09:27	6,5	6,5
18	01/09/92	09:27	09:29	6,3	6,3
19	01/09/92	10:10	10:14	6,5	6,5
20	01/09/92	10:14	10:25	6,5	6,5
21	01/09/92	10:25	10:26	7,0	7,0
22	01/09/92	10:28	10:32	7,0	7,0
23	01/09/92	10:32	10:36	7,0	7,0
24	01/09/92	11:01	11:11	7,0	7,0

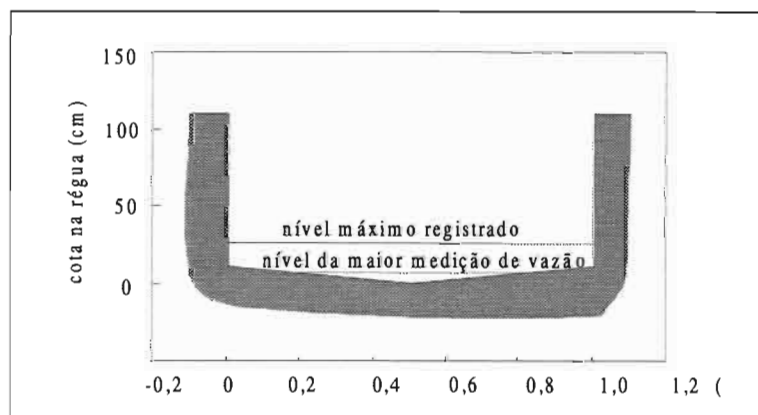


Figura 4.3 - Seção de medição na saída do Anfiteatro

Como o escoamento se faz num canal de seção triangular truncada e de declive constante ($i = 0,01$) é razoável aplicar a fórmula clássica de Manning, calibrada a partir das medições existentes:

$$Q = K_s \cdot S \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

onde: K_s , coeficiente de Manning dependendo da rugosidade do canal,
 S , seção molhada do canal
 R , raio hidráulico
 i , declive do canal

As medições resultaram no valor médio de 65 para o coeficiente K_s . Segundo Lancatre (1972) isso corresponde a paredes de concreto regular, o que corresponde à realidade. A Figura 4.4 apresenta a curva-chave medida e a Figura 4.5 apresenta a curva-chave extrapolada através da fórmula de Manning - até a cota de 30 cm. A calibração (em cm) é dada pela Tabela 4.8.

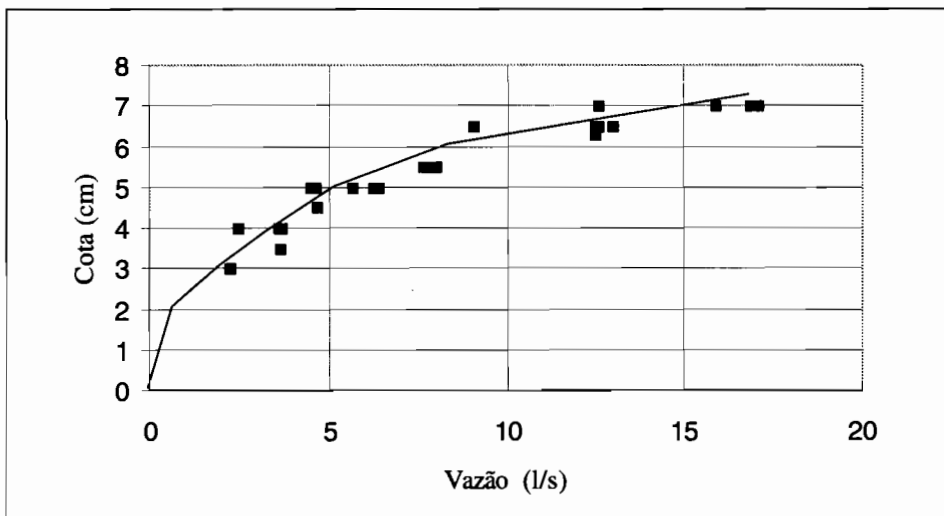


Figura 4.4 - Curva chave da saída do bueiro do Anfiteatro (parte medida)

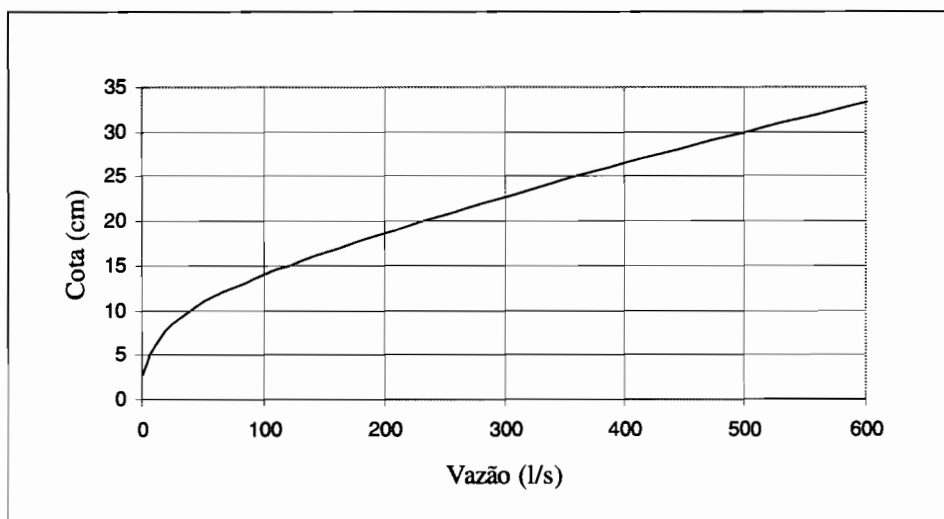


Figura 4.5 - Curva chave da saída do bueiro do Anfiteatro (parte extrapolada)

Tabela 4.8 - Calibragem da curva-chave no bueiro do Anfiteatro

cm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	cm
0	0	0,1	0,5	1,6	3,5	6,3	10,2	15,4	21,9	30,0	0
10	39,7	51,2	66,8	83,8	102	121	141	163	185	208	20
20	231	256	281	307	333	360	387	415	443	472	20
30	501	530	560	590	621	652	683	714	746	778	30

4.3.1 Histórico

A sub-bacia do Donato (1,1 km²) pertence à bacia do Turcato (Figuras 2.2 e 4.6) e inclui a bacia do Anfiteatro. O posto hidrométrico foi instalado em novembro de 1989 num trecho reto a jusante da confluência dos três cursos permanentes de água que constituem a rede hidrográfica da bacia a aproximadamente 200m a montante da confluência com o arroio Turcato. A estrada de acesso foi aberta pela Prefeitura de Pejuçara especialmente para o Projeto.

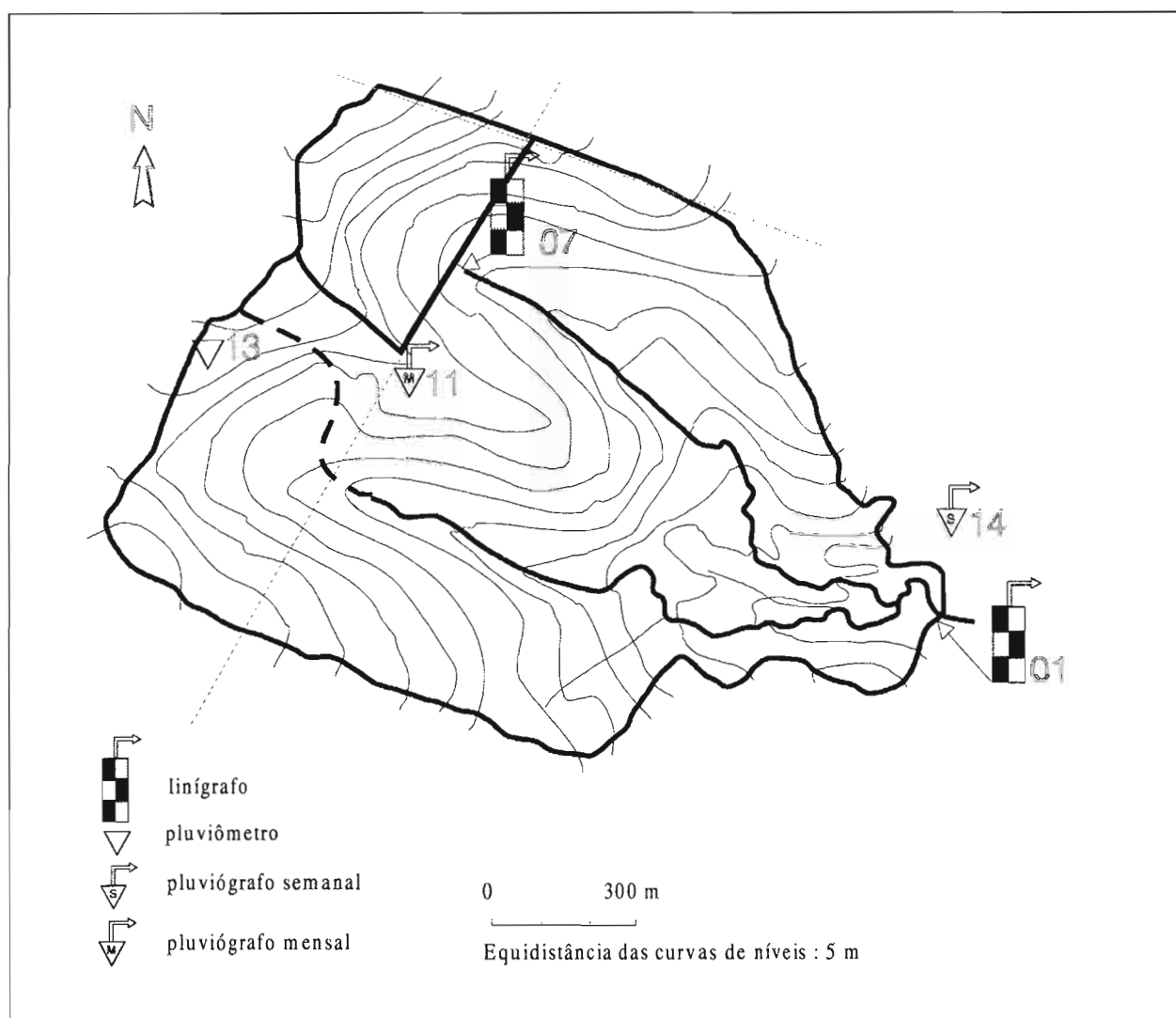


Figura 4.6 - Bacia do Donato, incluindo a bacia do Anfiteatro

Inicialmente foram instalados um linígrafo e uma pequena ponte de madeira para as medições de vazão, dez metros a montante do aparelho. No decorrer do primeiro ano de monitoramento a seção de medição revelou ser muito instável. A Figura 4.7 apresenta três perfis longitudinais levantados em três datas diferentes que mostram variações significativas do fundo. Procurou-se então estabilizar a seção.

Isso foi efetivado em março de 1991 com a construção de uma soleira de concreto e a retificação do leito. A obra realizada é apresentada na Figura 4.8.

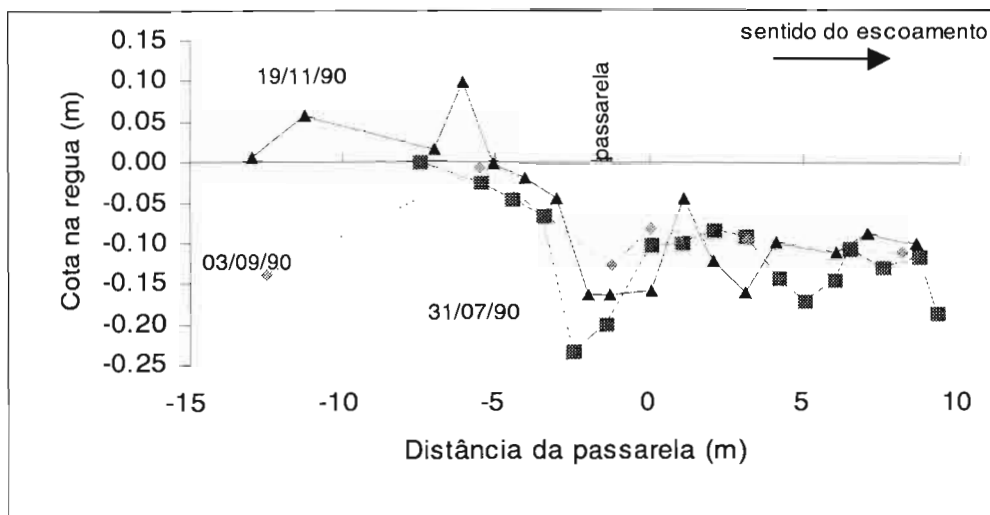


Figura 4.7 - Perfil longitudinal do leito do curso d'água no posto do Donato

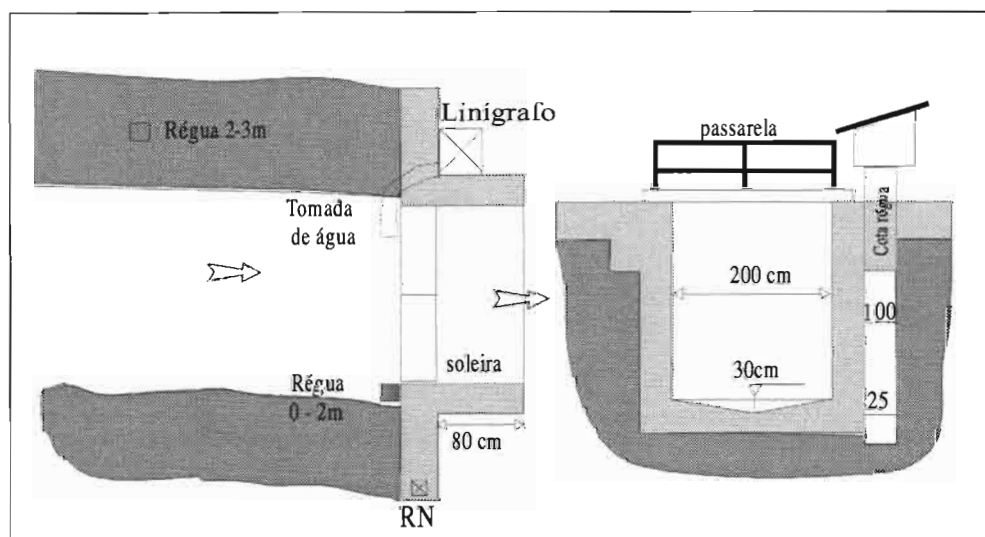


Figura 4.8 - Seção de controle e posto fluviométrico do Donato

Após um período de dois meses o leito estabilizou-se. A instalação de uma passarela sobre a soleira facilitou as operações de medição. No final de maio de 1992, uma cheia excepcional abriu uma brecha no barranco de terra a direita do apoio da margem direita da construção. Em julho, a estação foi recuperada e as margens foram consolidadas com pedras, proteções de madeira e telas de ferro.

As enchentes causadas pelo fenômeno conhecido como El Niño, que manifestou-se no final de setembro, outubro e novembro de 97, e fevereiro e abril de 98, foram registradas pelo linígrafo e não ultrapassaram a cota máxima causada pelo El Niño de 1992 de 321 cm.

No dia 08 de maio de 1998 foi construída uma parede de sacos de solo, de 5m de largura por 3 m de altura, na margem direita para sanar problemas de erosão. Nesse mesmo dia a tomada d'água do linígrafo foi prolongada até o meio do vertedor, local onde a velocidade d'água é maior e acumulam-se menos sedimentos, tentando diminuir os freqüentes entupimentos no linígrafo e problemas no registro.

No dia 19/05/99 esse linígrafo mecânico com bóia foi substituído por um eletrônico com sensor de pressão, programado para registrar os níveis a cada 10 minutos.

A altitude do zero da régua é 386,806m; a RN fixada na parede direita de concreto da soleira corresponde a 389,636m.

4.3.2 Calibração

Devido à alteração importante da estação, devem-se considerar duas épocas, antes e depois da obra de construção da soleira.

a) antes da obra (até 09-03-1991)

Foram realizadas 17 medições de vazão durante este período (Tabela 4.9). A partir da representação gráfica dos pontos (Figura 4.9) podem-se destacar cinco grupos de medições, cada um provavelmente ligado a um certo estado da seção de medição, isto é, a um dado nível do fundo do leito, já que o perfil transversal superior da seção não se alterou (Figura 4.10). Esta observação poderia ajudar a estabelecer as curvas-chave correspondentes, se o número de observações fosse maior e melhor distribuído. Infelizmente, depois de uma análise detalhada dos linigramas, notou-se várias alterações entre novembro de 1989 e outubro de 1990, período com poucas medições, todas em estiagem. Renunciou-se então a calibrar a estação do Donato neste período.

No futuro, os valores de cotas poderão ser aproveitadas para validar valores de descargas simuladas por um modelo hidrológico calibrado com os valores observados do período posterior.

Tabela 4.9 - Medições de vazão realizadas na estação fluviométrica do Donato (do início até 09/03/91)

	data	início	fim	cota início (cm)	cota fim (cm)	descarga (l/s)
1	13/12/89	10:50	11:20	10,0	10,0	20,8
2	20/02/90	16:07		9,0	9,0	20,6
3	22/02/90	10:08		10,0	10,0	18,3
4	23/05/90	15:00	15:25	11,0	11,0	30,5
5	26/06/90	13:30	13:57	7,0	7,0	63,5
6	31/07/90	15:40	15:56	5,0	5,0	43,5
7	03/09/90	12:28	12:42	-1,0	-1,0	25,6
8	21/11/90	15:30	16:00	11,0	11,0	51,5
9	22/11/90	10:42	11:05	11,0	11,0	52,9
10	05/12/90	16:32	16:40	24,0	18,0	150
11	05/12/90	16:40	16:45	18,0	15,0	130
12	05/12/90	16:45	16:51	150,0	135,0	140
13	05/12/90	16:51	16:55	135,0	120,0	124
14	05/12/90	16:55	17:00	12,0	10,0	88,5
15	05/12/90	17:00	17:05	100,0	95,0	93,1
16	09/01/91	08:15	08:30	20,0	20,0	32,5
17	06/02/91	10:50	11:08	18,0	18,0	38

21

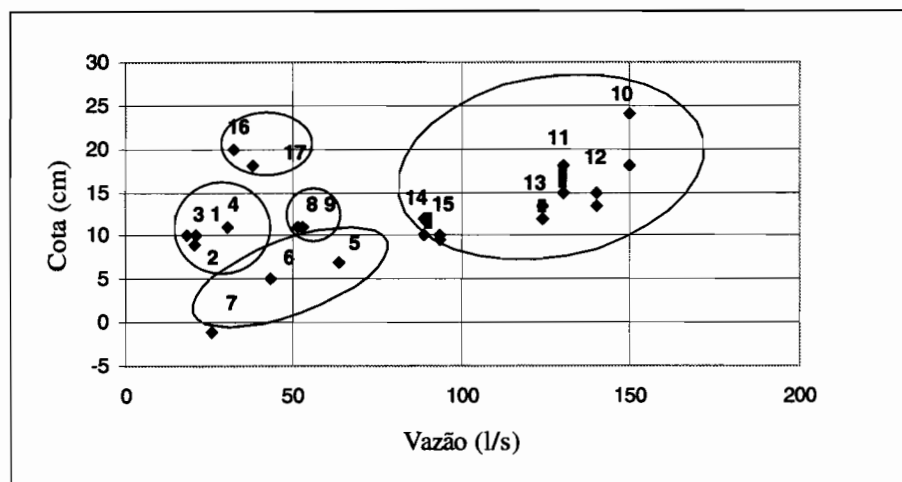


Figura 4.9 - Grupos de medições de vazão do primeiro período (do início até 09/03/99)

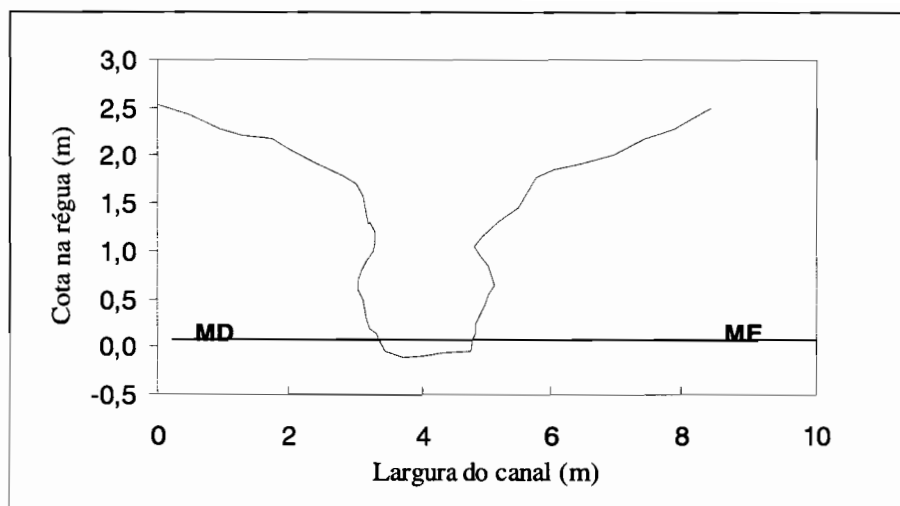


Figura 4.10 - Seção transversal de estação do Donato antes da construção da soleira (do início até 09/03/1991)

b) depois da obra (após dia 10-03-1991)

Foram realizadas 26 medições de vazão na estação do Donato depois da construção da soleira entre 28 e 120cm (Tabela 4.10). Estas medições apresentam uma grande dispersão devido aos seguintes problemas :

Tabela 4.10 - Medições de vazão realizada na estação fluviométrica de Donato (a partir de 10/03/91)

	data	início	fim	cota início (cm)	cota fim (cm)	descarga (l/s)
19	17/04/91	17:10	17:30	31,0	31,0	4,93
21	17/06/91	13:58	14:08	35,0	32,0	17,3
22	18/06/91	23:07	23:13	70,0	65,0	1060
23	18/06/91	23:13	23:19	65,0	60,0	806
24	18/06/91	23:20	23:26	59,0	56,0	691
25	18/06/91	23:35	23:41	56,0	55,0	678
26	18/06/91	23:50	23:58	54,0	53,0	541
27	19/06/91	00:20	00:28	50,0	50,0	445
28	19/06/91	01:08	01:18	58,0	56,0	664
29	19/06/91	03:08	03:16	46,0	44,0	132
30	19/06/91	03:42	03:50	41,0	40,0	93,5
31	27/06/91	15:59	16:36	120,0	71,0	2510
32	27/06/91	16:37	16:45	70,0	58,0	630
33	27/06/91	16:54	17:08	48,0	46,0	116
35	11/03/92	07:44	07:50	29,0	29,0	16,9
36	11/03/92	07:55	08:00	29,0	29,0	17
37	01/04/92	16:10	16:20	28,5	28,0	13,3
38	01/04/92	16:20	16:25	28,0	28,0	12,1
39	03/06/92	10:40	10:50	45,0	45,0	131
40	03/06/92	10:50	11:00	45,0	45,0	124
41	18/07/92	09:30	09:31	33,0	33,0	25,8
42	24/07/92	16:20	16:36	32,0	32,0	32,4
43	15/08/92	08:18	08:35	31,0	31,0	32,5
44	20/08/92	14:46	15:08	30,0	30,0	31,7
45	01/09/92	13:18	13:25	32,0	32,0	33,9
46	01/09/92	13:32	13:43	31,5	31,5	37,3

- A variação rápida do nível da água durante as cheias dificulta as operações, resultando numa péssima precisão.

- O micro-molinetete usado para águas baixas apresentou problemas. Provavelmente sua aferição não é totalmente confiável, especialmente para altas velocidades de rotação como acontece nas medições realizadas sobre a soleira. Além disso, devido a pequena espessura da lâmina de água, o número de pontos na seção de medição é bastante reduzido.

- O volume de sedimentos acumulados a montante da soleira sempre varia, causando prováveis mudanças no funcionamento hidráulico da soleira, considerada de base larga.

Conseqüentemente foi considerado de melhor alvitre tentar calibrar uma fórmula teórica, usando os valores existentes, para estabelecer a curva-chave da soleira. Em primeira aproximação (Henderson, 1966; French, 1985), a vazão calcula-se segundo:

No perfil triangular: $Q = \alpha \cdot h_1^{2,5}$

No perfil retangular: $Q = \alpha \cdot (h_1^{2,5} - (h_1 - H_b)^{2,5})$

onde:

α , parâmetro hidráulico, dependendo em primeira aproximação somente das características geométricas da soleira.

h_1 , altura d'água acima da soleira; no caso, se h for a leitura na régua, $h_1 = h - 0,25$ (em m).

H_b , altura máxima do V do perfil triangular; no caso $H_b = 0,30$ m.

Foi obtido um valor médio igual a 8 para o coeficiente α (Figura 4.11) que deu a calibragem de cm em cm (B1) detalhada na Tabela 4.11 para a amplitude total da soleira (de 25 a 270 cm na régua).

Exceto no período de 26 de maio de 1992 a 10 de julho de 1992, o escoamento sempre ficou entre as paredes da soleira ($h < 280$ cm) e atingiu o nível máximo de 241cm no dia 5 de dezembro de 1993 às 6h. A Tabela 4.12 indica os maiores níveis registrados.

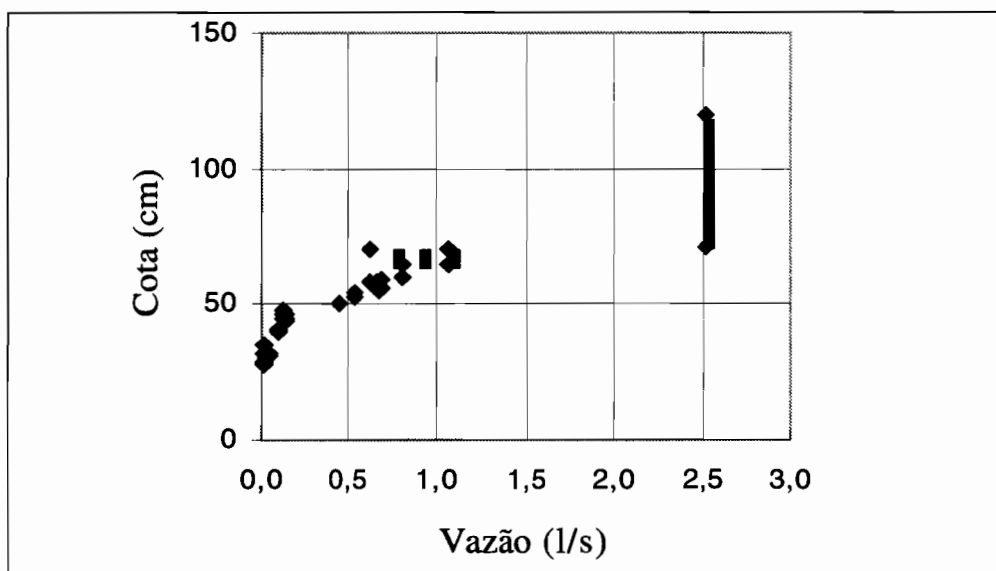


Figura 4.11 - Calibragem da soleira da estação do Donato (após 10/03/1991)

Tabela 4.11 - Calibragem da soleira da estação do Donato (1/s)

cm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	cm
20						0	0,9	1,8	2,7	3,6	20
30	4,5	8,66	12,8	17	21,1	25,3	34,2	43,1	51,9	60,8	30
40	69,7	84,4	99	114	128	143	164	186	207	229	40
50	250	279	308	336	365	394	430	466	503	539	50
60	575	620	664	709	753	798	842	887	931	976	60
70	1020	1070	1120	1180	1230	1280	1330	1380	1440	1490	70
80	1540	1600	1660	1720	1780	1850	1910	1970	2030	2090	80
90	2150	2220	2280	2350	2410	2480	2550	2610	2680	2740	90
100	2810	2890	2960	3040	3110	3190	3260	3340	3410	3490	100
110	3560	3640	3710	3790	3860	3940	4010	4090	4160	4240	110
120	4310	4400	4480	4570	4650	4740	4820	4910	4990	5080	120
130	5170	5250	5340	5420	5510	5590	5680	5760	5850	5940	130
140	6020	6110	6210	6300	6400	6490	6580	6680	6770	6870	140
150	6960	7050	7150	7240	7340	7430	7520	7620	7710	7810	150
160	7900	8000	8110	8210	8310	8410	8520	8620	8720	8820	160
170	8930	9030	9130	9230	9340	9440	9540	9640	9750	9850	170
180	9950	10100	10200	10300	10400	10500	10600	10700	10900	11000	180
190	11100	11200	11300	11400	11500	11600	11800	11900	12000	12100	190
200	12200	12300	12400	12600	12700	12800	12900	13000	13100	13200	200
210	13400	13500	13600	13700	13800	13900	14000	14200	14300	14400	210
220	14500	14600	14800	14900	15000	15100	15300	15400	15500	15600	220
230	15800	15900	16000	16100	16300	16400	16500	16600	16800	16900	230
240	17000	17100	17300	17400	17500	17700	17800	17900	18000	18200	240
250	18300	18400	18600	18700	18800	19000	19100	19200	19300	19500	250
260	19600	19700	19900	20000	20100	20300	20400	20600	20700	20800	260
270	21000	21100	21200	21400	21500	21600	21800	21900	22000	22200	270

No momento das cheias causadas pelas chuvas excepcionais dos dias 26 e 27 de maio de 1992 (Chevallier e Dhein, 1993), aconteceram dois fatos importantes:

- O nível d'água passou sobre a obra, atingindo a cota de 321cm no dia 27 de maio às 12h06; mesmo assim o linígrafo funcionou normalmente e registrou todo o evento;

- Uma parte da margem direita da estação foi derrubada e a água abriu uma passagem pelo lado externo do pilar direito da soleira (Figura 4.12). Esta abertura só foi fechada no início do mês de julho de 1992.

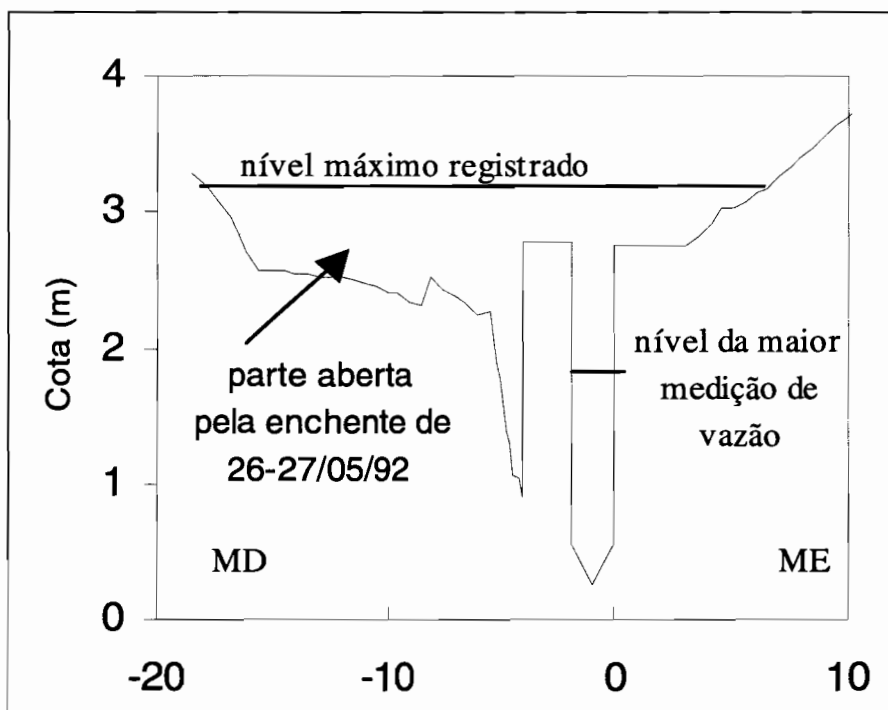


Figura 4.12 - Perfil transversal da estação do Donato após a cheia do dia 27/05/1992

Tabela 4.12 - Níveis máximos registrados na bacia do Donato

Data e hora	nível registrado em cm
27/05/1992 12:06*	321
05/12/1993 06:00	241
26/04/1994 00:30	193
08/06/1992 20:39*	193
05/11/1997 16:03*	192
25/02/1998 17:02*	174
07/02/1998 03:02*	152

* Fenômeno el Niño

Para avaliar as descargas deste evento e do período seguinte, é necessário completar o volume da água que passou entre as paredes da soleira, o chamado *canal principal*, com o volume de água que passou pelo lado direito (*canal direito*) e pelo lado esquerdo (*canal esquerdo*). Para avaliar estes volumes duas hipóteses foram feitas:

- A margem foi derrubada na subida do terceiro pico do evento; isto é dia 27 de maio após 11h15.

- A vazão do escoamento nos dois *canais* laterais é independente da vazão do *canal principal*. Esta última continua a seguir a relação estabelecida para a soleira, enquanto a vazão dos canais laterais segue a fórmula de Manning. Para calcular esta fórmula adota-se o valor de 20 para o coeficiente de Manning e um valor de 0,0045 para a declividade.

Conseqüentemente, uma nova curva-chave (B2) foi estabelecida, válida do dia 27 de maio de 1992 às 11h20 até o dia 9 de julho de 1992 às 23h59, cuja Tabela 4.13 dá a calibragem cm por cm para as cotas superiores a 100cm; abaixo desta cota as vazões são idênticas às da Tabela 4.10. Após 9 de julho a primeira curva-chave volta a ser válida (B3). As duas curvas chaves são representadas na Figura 4.13.

Tabela 4.13 - Calibragem da estação do Donato entre 27 de maio de 1992 e 9 de julho de 1992

cm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	cm
100	2810	2890	2960	3040	3110	3190	3270	3340	3420	3490	100
110	3570	3650	3720	3800	3870	3950	4030	4100	4180	4250	110
120	4330	4420	4510	4590	4680	4770	4860	4940	5030	5120	120
130	5210	5290	5380	5470	5560	5640	5730	5820	5910	5990	130
140	6080	6180	6280	6380	6470	6570	6670	6770	6870	6970	140
150	7070	7160	7260	7360	7460	7560	7660	7760	7850	7950	150
160	8050	8160	8270	8370	8480	8590	8700	8800	8910	9020	160
170	9130	9230	9340	9450	9560	9660	9770	9880	9990	10100	170
180	10200	10300	10400	10500	10600	10700	10800	10900	11000	11200	180
190	11300	11400	11500	11600	11700	11800	11900	12000	12100	12200	190
200	12300	12400	12600	12700	12900	13000	13100	13300	13400	13600	200
210	13700	13800	14000	14100	14300	14400	14500	14700	14800	15000	210
220	15100	15200	15400	15500	15600	15800	15900	16100	16200	16300	220
230	16500	16600	16700	16900	17000	17100	17300	17400	17500	17700	230
240	17800	18000	18100	18300	18500	18600	18800	19000	19100	19300	240
250	19500	19600	19800	20000	20100	20300	20400	20600	20800	20900	250
260	21100	21400	21600	21900	22100	22400	22600	22900	23100	23400	260
270	23600	23900	24100	24400	24600	24900	25100	25400	25600	25900	270
280	26100	26400	26700	27100	27400	27700	28000	28300	28600	28900	280
290	29300	29600	29900	30200	30500	30800	31100	31500	31800	32100	290
300	32400	32800	33200	33500	33900	34300	34700	35000	35400	35800	300
310	36200	36500	36900	37300	37700	38000	38400	38800	39200	39600	310
320	39900	40300									

25

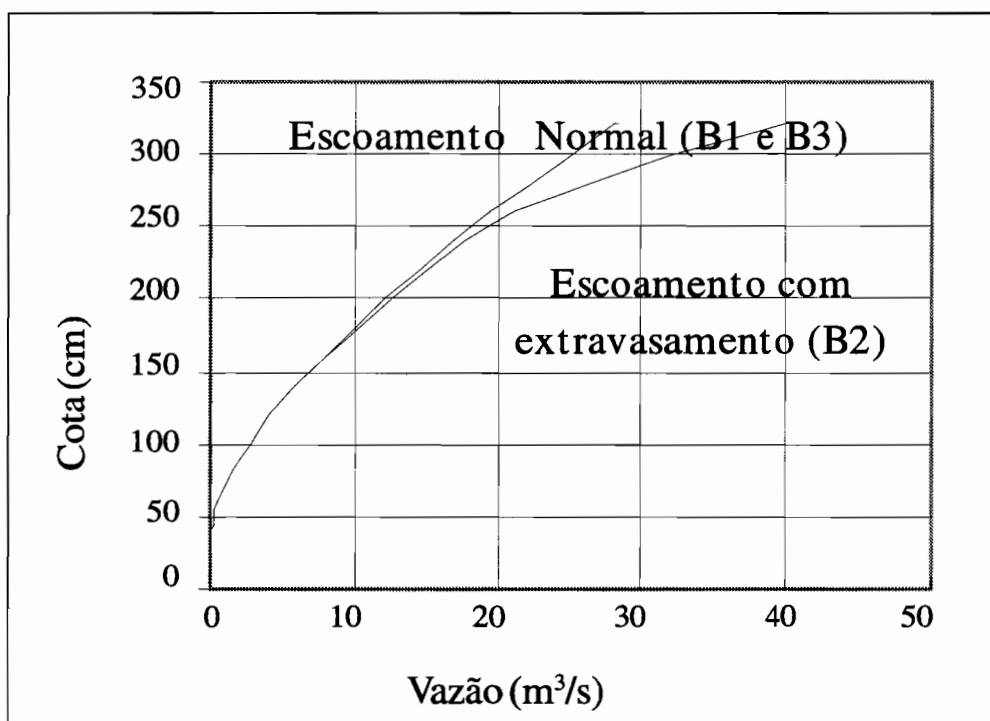


Figura 4.13 - Curvas-chave da estação do Donato após construção da soleira

4.4.1 Histórico

A bacia do Arroio Turcato (19,5 km²) é uma sub-bacia do Rio Taboão (Figuras 2.2 e 4.14). O posto foi instalado em novembro de 1989 num trecho reto e bem encaixado a jusante de uma pequena zona de inundação. A prolongação de uma estrada de lavoura foi necessária para ter acesso à estação. Esta estrada sempre ficou em estado precário e nela os atolamentos são freqüentes. Uma reorganização das lavouras vizinhas em julho de 1992 obrigou a mudar o traçado inicial, o que teve por efeito piorar ainda mais o acesso e concentrar a água da estrada diretamente para a seção de medição, causando sérios danos na margem esquerda.

26

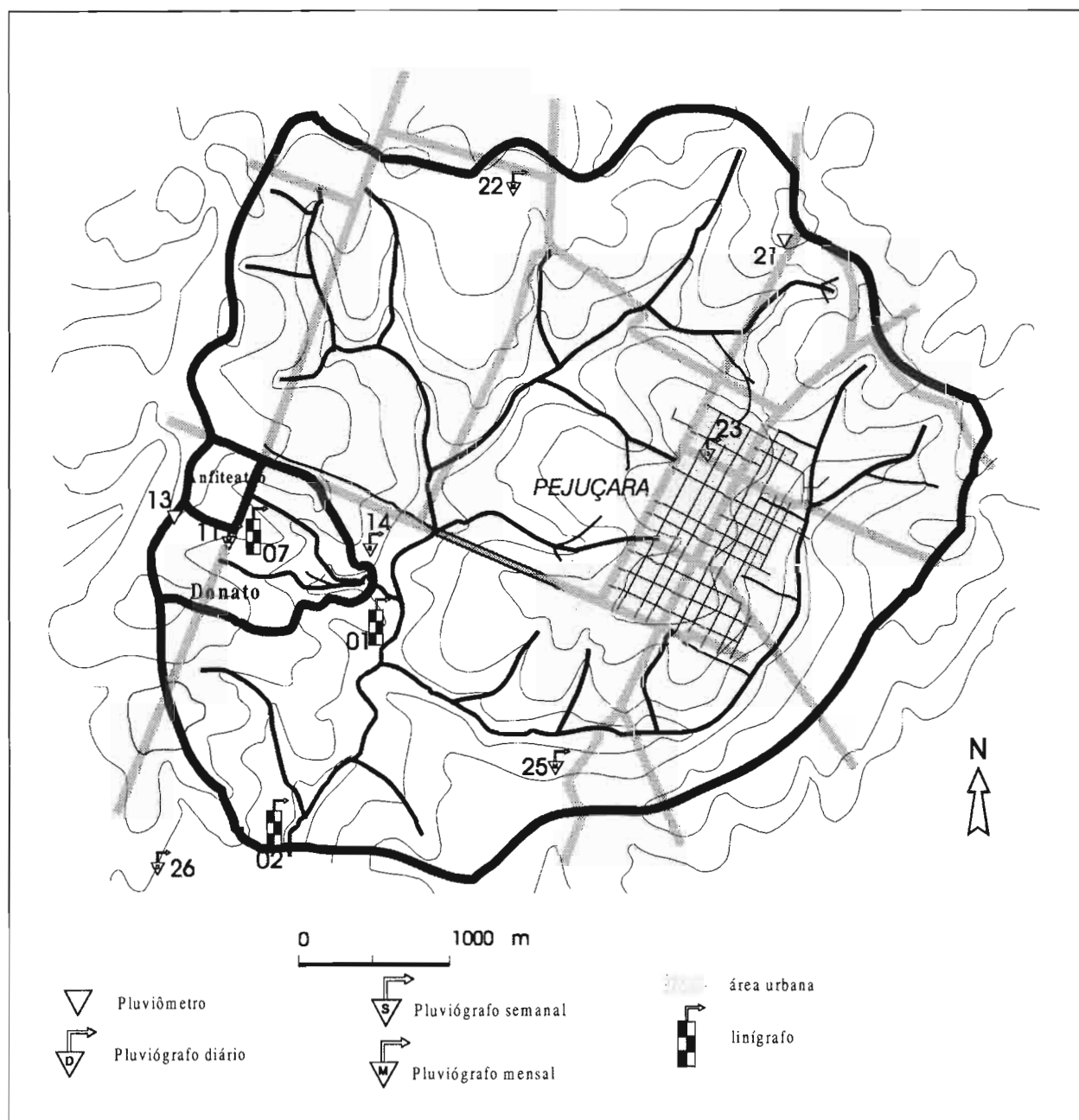


Figura 4.14 - Bacia do Arroio Turcato incluindo bacias do Anfitheatro e Donato

Além do linígrafo e da régua linimétrica, a estação foi equipada de uma instalação de medição de vazão por teleférico (Figura 4.15). Este teleférico é usado para operar o molinete fixado a ponta de um lastro de 50kg. É possível também usá-lo para coletar amostras de sedimentos em suspensão.

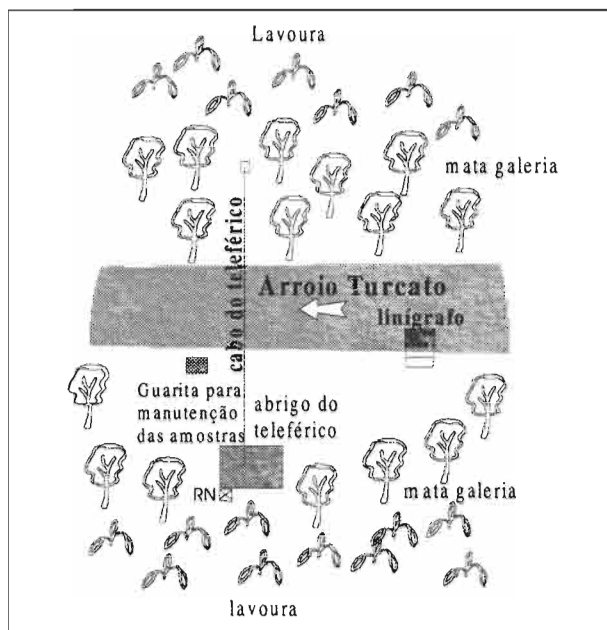


Figura 4.15 - estação fluviométrica do Arroio Turcato

O conjunto da estação ficou submerso em 26 e 27 de maio de 1992, quando o nível da água atingiu 680cm, ou seja, uma altura superior ao nível do próprio linígrafo. No entanto, poucos danos foram constatados e, depois de uma limpeza, o linígrafo voltou a funcionar no início de julho de 1992.

Depois das enchentes do final de maio de 1990 (precipitação média mensal de 250 mm) a margem esquerda próxima ao local da seção de medição começou a desmoronar. Com a enchente de maio de 1992 (precipitação média mensal de 537 mm) as condições pioraram e foi então colocado um escoramento de tela nesta margem. Em janeiro de 1995 ocorreram outras cheias (precipitação média mensal de 269 mm) que causaram o desmoronamento da margem esquerda juntamente com o escoramento feito. No dia 12/12/95 o linígrafo desta bacia foi retirado por problemas de funcionamento.

A partir de 04/04/1995 coletas de material em suspensão estão sendo feitas com periodicidade mensal.

Com um financiamento do Projeto pela FINEP foi possível restaurar o posto. No final de janeiro de 1998 a margem esquerda foi estabilizada com a construção de uma parede de sacos de argila. Infelizmente houve um desabamento dessa parede devido a duas enchentes causadas por duas chuvas nos dias 05 e 25 de fevereiro de 98 de 100 mm e de 140 mm respectivamente. A obra foi refeita dessa vez com estacas de madeira de 1,5 m cravadas em cada 5 fileiras de sacos e com 8 estacas de ferro de 1,5 m cravadas no fundo do rio. O escoamento superficial que vinha da estrada e desaguava exatamente na seção de medição foi desviado com a ajuda de pranchas de madeira. O cano do linígrafo e a escada de acesso foram instalados. Um linígrafo mecânico foi colocado dia 24/07/98. No dia 19/05/99 esse linígrafo mecânico com bóia foi substituído por um eletrônico com sensor de pressão, programado para registrar níveis a cada 10 minutos.

A cota da RN (ao lado do abrigo do teleférico) é de 368,831m. A altitude do zero da régua a partir de 24/07/98 é de 364,367 m.

a) calibração de 1990 a dezembro de 1995

Foram realizadas 62 medições de vazão na estação fluviométrica do Arroio Turcato entre as cotas 30cm e 201cm (tabela 4.14). A seção de medição (figura 4.16) era razoavelmente estável no momento da elaboração da curva-chave, podendo acontecer depósitos de partículas finas no fundo do leito após as enchentes, mas este material era removido logo depois e provavelmente interferia pouco na curva-chave. Além disso, foram observadas pequenas variações no perfil da parte baixa da seção, mas não foi possível avaliar o impacto dessas alterações na forma da curva-chave construída a partir das observações (figura 4.17). As cotas mínima e máxima registradas foram 26cm dia 2 de abril de 1990 às 12h01 e 292cm dia 12 de novembro de 1990 às 12h46. O nível da enchente dos dias 26 e 27 de maio de 1992 avaliado a partir das marcas deixadas foi estimado em 680cm.

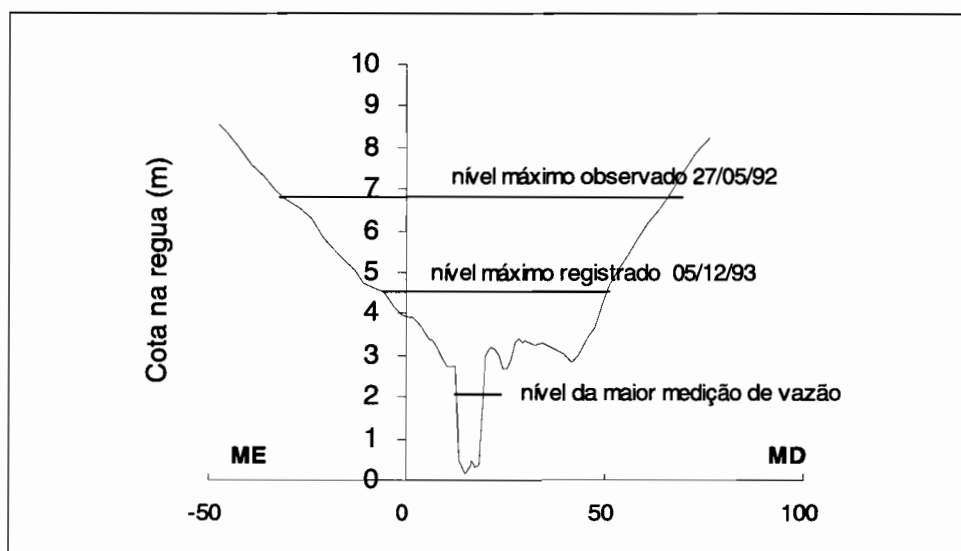


Figura 4.16 - Curva-Chave da estação do Arroio Turcato (parte medida)

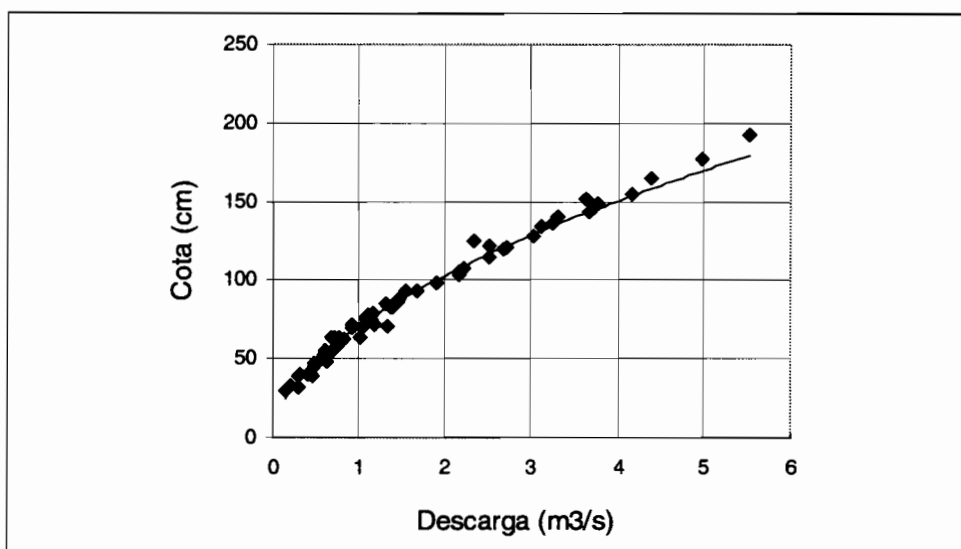


Figura 4.17 - Curva-Chave da estação do Arroio Turcato (parte medida)

Tabela 4.14 - Relação das medições de descarga do Arroio Turcato em Pejuçara até 12/95

	data	início	fim	cota início (cm)	cota fim (cm)	descarga (m³/s)
1	14/12/89	11:58	12:21	40,0	40,0	0,402
2	20/02/90	14:00	00:00	32,0	32,0	0,293
3	22/05/90	13:45	14:30	39,0	39,0	0,461
4	27/06/90	14:35	15:13	64,0	64,0	1,03
5	01/08/90	15:28	15:54	57,0	57,0	0,737
6	03/09/90	14:30	15:05	45,0	45,0	0,483
7	22/11/90	14:40	15:10	60,0	59,0	0,762
8	20/12/90	09:36	10:04	48,5	48,5	0,627
9	09/01/91	16:26	16:39	47,0	47,0	0,489
10	06/02/91	15:54	16:31	40,0	40,0	0,319
11	07/03/91	16:25	16:40	33,0	33,0	0,204
12	12/03/91	07:50	08:20	32,0	32,0	0,187
13	17/04/91	16:20	16:40	30,0	30,0	0,146
14	23/04/91	15:37	15:45	43,0	52,0	0,493
15	23/04/91	15:47	15:59	52,0	57,0	0,696
16	23/04/91	16:00	16:13	57,0	60,0	0,756
17	23/04/91	16:15	16:27	60,0	64,0	0,845
18	23/04/91	16:45	17:10	69,0	72,0	1,35
19	23/04/91	17:10	17:24	72,0	71,0	1,2
20	23/04/91	17:26	17:45	71,0	70,0	1,06
21	05/06/91	08:35	08:58	201,0	184,0	5,54
22	05/06/91	08:58	09:17	184,0	170,0	4,98
23	05/06/91	09:17	09:37	170,0	159,0	4,38
24	05/06/91	09:37	09:55	159,0	151,0	4,16
25	05/06/91	09:55	10:14	151,0	146,0	3,76
26	05/06/91	10:24	10:42	145,0	142,0	3,68
27	05/06/91	10:42	10:59	142,0	139,0	3,32
28	05/06/91	11:05	11:23	137,0	131,0	3,13
29	05/06/91	11:25	11:40	131,0	125,0	3,04
30	05/06/91	11:48	12:08	124,0	117,0	2,72
31	05/06/91	12:08	12:23	117,0	112,0	2,52
32	05/06/91	12:35	12:52	110,0	105,0	2,21
33	05/06/91	12:52	13:06	105,0	102,0	2,16
34	05/06/91	13:16	13:32	100,0	97,0	1,9
35	05/06/91	13:47	14:01	94,0	92,0	1,67
36	05/06/91	14:11	14:27	90,0	87,0	1,47
37	05/06/91	14:37	14:50	84,0	82,0	1,38
38	05/06/91	15:03	15:14	80,0	78,0	1,17
39	05/06/91	15:38	15:49	77,0	75,0	1,09
40	05/06/91	15:49	16:01	75,0	74,0	1,15
41	01/04/92	15:05	15:30	39,0	38,0	0,302
42	03/06/92	12:10	12:50	122,0	118,0	2,69
43	09/07/92	09:30	10:20	70,0	70,0	0,934
44	14/07/92	18:10	18:25	82,0	84,0	1,4
45	14/07/92	18:56	19:14	87,0	86,0	1,45
46	14/07/92	19:17	19:34	86,0	85,0	1,33
47	18/07/92	10:25	10:59	71,0	72,0	0,939
48	19/07/92	09:32	10:34	64,0	64,0	0,725
49	19/07/92	10:37	11:00	64,0	64,0	0,774
50	24/07/92	10:45	11:18	64,0	64,0	0,694
51	02/08/92	14:50	15:20	55,0	55,0	0,619
52	08/08/92	07:20	08:23	159,0	145,0	3,63
53	08/08/92	08:23	08:54	145,0	128,0	3,27
54	08/08/92	09:18	09:49	125,0	124,0	2,33
55	08/08/92	09:52	10:18	124,0	120,0	2,52
56	08/08/92	11:05	11:33	112,0	100,0	2,16
57	08/08/92	11:35	12:00	99,0	88,0	1,54
58	08/08/92	12:20	12:40	80,0	76,0	1,11
59	08/08/92	13:00	13:15	73,0	70,0	1,09
60	13/08/92	14:45	15:15	55,0	54,0	0,609
61	15/08/92	09:15	09:45	52,0	52,0	0,597
62	20/08/92	16:00	16:50	50,0	50,0	0,578

Foi então necessário extrapolar a curva-chave, e o método de Stevens (Jacon e Cudo, 1989) foi utilizado. A regressão entre o coeficiente de Stevens e a descarga foi ajustada de maneira a respeitar a coerência da velocidade média do escoamento.

Finalmente a figura 4.18 mostra a curva-chave obtida extrapolada até a cota de 300cm. A calibragem cm por cm é dada pela tabela 4.15. A extrapolação foi prolongada para avaliar a descarga atingida no topo da cheia do dia 27 de maio de 1992. Para uma cota de 680cm, a vazão do Arroio Turcato ficou em aproximadamente 200m³/s, isto é 10,3 m³/s.km²

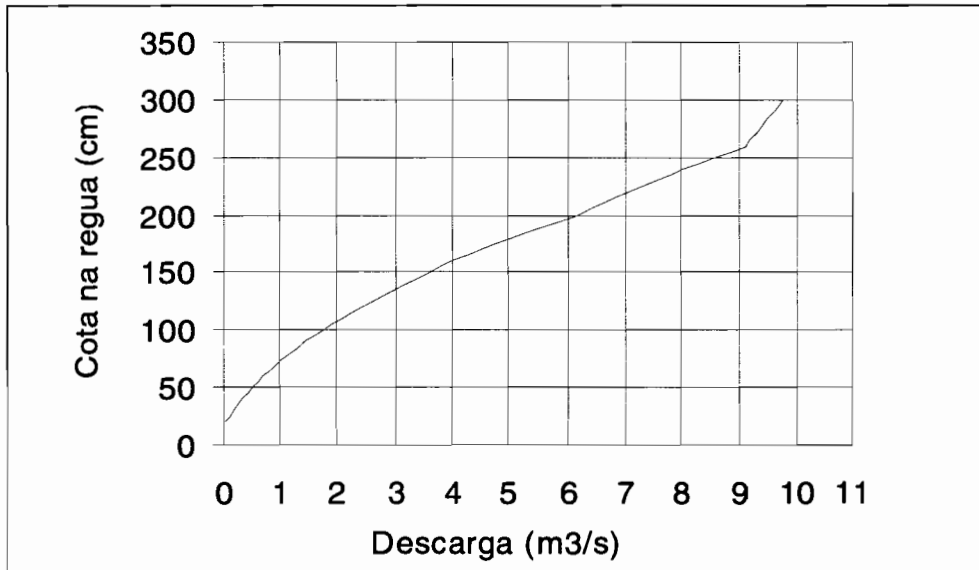


Figura 4.18 - Curva-Chave do Arroio Turcato em Pejuçara (parte extrapolada)

Tabela 4.15 - Calibragem do Arroio Turcato em Pejuçara

cm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	cm
10										0	10
20	0,015	0,03	0,045	0,06	0,075	0,091	0,106	0,121	0,136	0,151	20
30	0,167	0,182	0,198	0,213	0,229	0,245	0,26	0,276	0,291	0,307	30
40	0,323	0,341	0,359	0,378	0,396	0,415	0,433	0,452	0,47	0,489	40
50	0,507	0,525	0,544	0,562	0,581	0,599	0,618	0,636	0,655	0,673	50
60	0,692	0,715	0,739	0,763	0,787	0,811	0,835	0,859	0,883	0,907	60
70	0,931	0,954	0,978	1	1,03	1,05	1,07	1,1	1,12	1,15	70
80	1,17	1,2	1,23	1,26	1,29	1,32	1,35	1,38	1,41	1,44	80
90	1,47	1,5	1,53	1,56	1,59	1,62	1,65	1,68	1,71	1,74	90
100	1,77	1,8	1,84	1,87	1,9	1,93	1,97	2	2,03	2,06	100
110	2,1	2,13	2,16	2,19	2,23	2,26	2,29	2,32	2,36	2,39	110
120	2,42	2,46	2,49	2,53	2,57	2,6	2,64	2,68	2,71	2,75	120
130	2,79	2,82	2,86	2,89	2,93	2,97	3	3,04	3,08	3,11	130
140	3,15	3,19	3,24	3,28	3,32	3,36	3,41	3,45	3,49	3,53	140
150	3,58	3,62	3,66	3,7	3,75	3,79	3,83	3,87	3,92	3,96	150
160	4	4,05	4,1	4,16	4,21	4,26	4,31	4,36	4,42	4,47	160
170	4,52	4,57	4,62	4,68	4,73	4,78	4,83	4,88	4,94	4,99	170
180	5,04	5,1	5,15	5,21	5,26	5,32	5,38	5,43	5,49	5,54	180
190	5,6	5,66	5,71	5,77	5,82	5,88	5,94	5,99	6,05	6,1	190
200	6,16	6,21	6,25	6,3	6,34	6,39	6,44	6,48	6,53	6,57	200
210	6,62	6,67	6,71	6,76	6,8	6,85	6,9	6,94	6,99	7,03	210
220	7,08	7,13	7,18	7,23	7,28	7,33	7,37	7,42	7,47	7,52	220
230	7,57	7,62	7,67	7,72	7,77	7,82	7,86	7,91	7,96	8,01	230
240	8,06	8,11	8,17	8,22	8,27	8,32	8,38	8,43	8,48	8,53	240
250	8,59	8,64	8,69	8,74	8,80	8,85	8,90	8,95	9,01	9,06	250
260	9,11	9,13	9,14	9,16	9,18	9,19	9,21	9,23	9,24	9,26	260
270	9,28	9,29	9,31	9,32	9,34	9,36	9,37	9,39	9,41	9,42	270
280	9,44	9,46	9,47	9,49	9,51	9,52	9,54	9,56	9,57	9,59	280
290	9,61	9,62	9,64	9,65	9,67	9,69	9,7	9,72	9,74	9,75	290
300	9,77										300

b) calibração a partir de agosto de 1998

Entre agosto e dezembro de 1998 foram realizadas 30 medições de vazão na estação fluviométrica do Arroio Turcato entre as cotas 40 e 312 cm (tabela 4.16). Quase todas as medições foram realizadas em uma campanha intensiva entre 24/08 e 20/09/98. Quatro eventos completos foram monitorados, com realização das medições de vazão na subida e descida do hidrograma. Embora a margem esquerda tenha sido refeita, a seção de medição permaneceu exatamente no mesmo local onde foi instalada em 1989. O perfil transversal praticamente não modificou-se nas margens dentro da calha, somente aprofundou, em relação ao perfil médio adotado anteriormente. Fora da calha a seção transversal permaneceu a mesma. A cota máxima observada na segunda fase foi de 319 cm no dia 18/09/98 às 03h09. Felizmente, no momento da cota máxima observada foram realizadas medições de vazão. A cota mínima observada nesse curto período (de agosto a dezembro de 98) foi de 40 cm em 02/12/98. Através das medições de vazão, a curva chave pode ser construída até a calha, sem extrapolação. Somente quando o nível do rio extravasa a calha, foi necessário extrapolar, utilizando para isso o método de Stevens (Jacon e Cudo, 1989). A extrapolação da curva $Q(h)$ é feita considerando a relação entre a vazão observada e as características geométricas da seção (área molhada e raio hidráulico), ambas obtidas para determinada cota observada.

Tabela 4.16 - Medições de vazão em 1998

	data	início	fim	cota início (cm)	cota fim (cm)	descarga (m³/s)
1	24/07/98	9:35	10:10	56	56	0.613
2	03/09/98	14:05	15:15	97	92	2.187
3	03/09/98	16:10	17:00	85	76	1.598
4	06/09/98	11:25	12:05	61	61	0.778
5	07/09/98	1:35	2:30	83	90	1.919
6	07/09/98	3:25	4:05	104	104	2.578
7	07/09/98	4:45	5:20	121	138	3.745
8	07/09/98	5:25	6:05	139	134	3.991
9	07/09/98	6:35	7:08	119	112	3.241
10	07/09/98	9:25	9:55	106	109	2.767
11	07/09/98	14:20	15:45	102	106	2.655
12	12/09/98	13:29	14:36	83	83	1.89
13	12/09/98	19:15	19:40	98	90	2.458
14	12/09/98	19:51	20:27	118	236	6.065
15	12/09/98	20:40	21:22	260	250	9.056
16	12/09/98	21:38	22:14	217	176	6.253
17	12/09/98	22:33	23:04	162	150	4.465
18	12/09/98	23:20	23:57	142	120	3.583
19	17/09/98	22:43	23:22	103	96	2.459
20	17/09/98	23:32	23:49	175	220	6.279
21	17/09/98	23:57	0:19	238	253	8.094
22	18/09/98	1:09	1:29	230	222	7.391
23	18/09/98	1:55	2:16	266	294	10.96
24	18/09/98	2:34	2:59	306	320	12.16
25	18/09/98	3:25	3:47	312	294	12.36
26	18/09/98	4:35	4:54	254	238	9.176
27	18/09/98	5:35	5:49	200	187	4.754
28	18/09/98	6:12	6:30	170	160	3.784
29	19/10/98	18:42	19:16	54	54	0.573
30	01/12/98	17:41	18:07	40	40	0.448

Observou-se que, para cotas >100 cm, a velocidade média adquire um valor mais ou menos constante, tendendo a estabilizar ou até a decrescer. Isso ocorre devido provavelmente à maior ocorrência de raízes e galhos de árvores expostos nas margens nessa altitude, que provocam maior rugosidade sobre o fluxo. Por isso, foram considerados apenas os valores de cota maiores ou iguais a 100 cm para a extrapolação da curva-chave. Esse método seria mais preciso para seção transversal regular. Neste caso, a seção transversal é encaixada até a cota de 315 cm e a partir daí começa a planície de inundação, com uma vegetação mais densa junto as margens. Então deve-se estar ciente das limitações do método.

Para as cotas baixas, inferiores a 60 cm, foi realizada uma outra curva-chave utilizando a reta que mais se aproxima dos pontos observados. Isso foi feito para evitar valores de vazão negativa, devido a erros de extrapolação para essas cotas inferiores.

Curva chave dentro da calha (até 60 cm) – utilizando a reta que melhor se aproxima dos pontos observados:

$$Q = 0,0192 \times h - 0,3892$$

Curva chave dentro da calha (de 60 a 315 cm) – sem extrapolação utilizando o polinômio de 3º grau que mais se aproxima dos pontos observados (Figura 4.19):

$$Q = 3 \times 10^{-7} x h^3 - 9 \times 10^{-5} x h^2 + 0,0446 \times h - 1,448$$

onde:

Q = vazão (m³/s)

h = cota (cm)

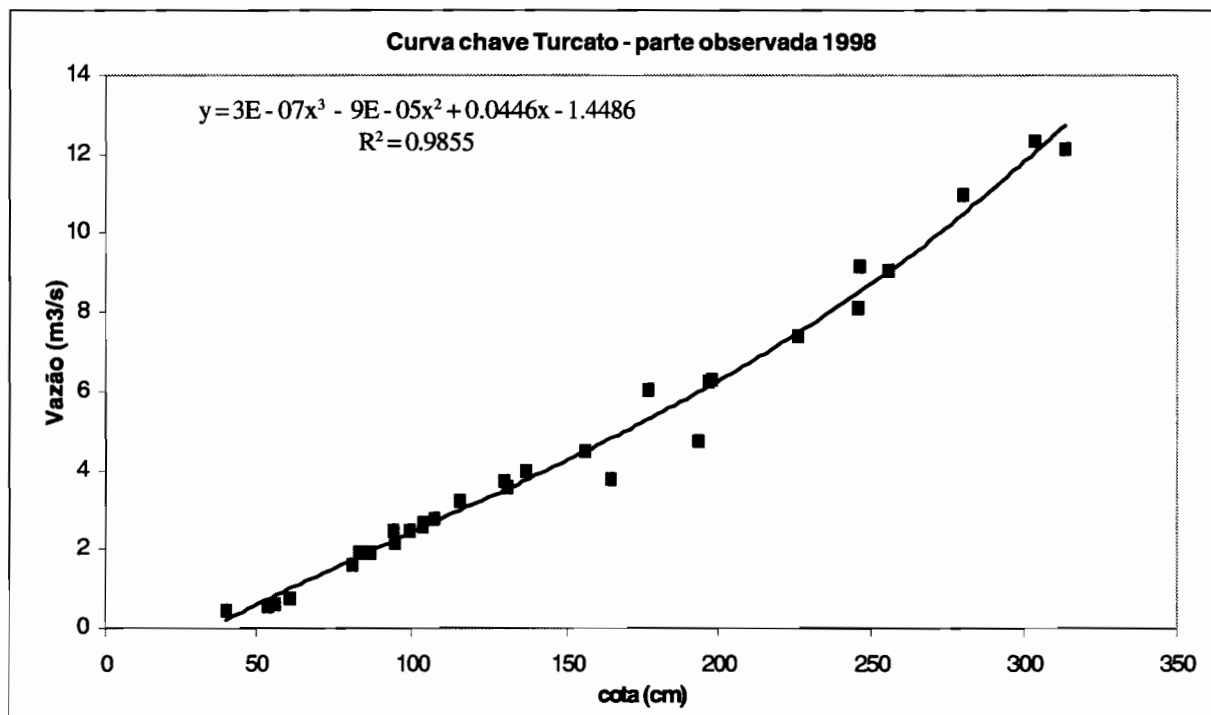


Figura 4.19 - Curva chave observada (a partir de agosto de 1998) - < 315 cm

Curva chave extrapolada (fora da calha $h > 315$ cm, Figura 4.20) :

$$Q = aA(h)\sqrt{R(h)} + b$$

onde:

Q = vazão

A(h) = área molhada

R(h) = Raio hidráulico

a, b = coeficientes obtidos por regressão linear

Utilizando então as medições com cotas superiores a 100 cm, foram obtidos como coeficientes os valores $a=0,645$ e $b=0,8579$. Para automatizar a transformação de níveis em vazão, foi utilizado o programa Microsoft Excel®, onde encontram-se os dados de data e hora em uma coluna, níveis em outra e uma terceira coluna com a vazão, calculada pelas equações da curva-chave. O raio hidráulico e perímetro molhado foram calculados para cada cota em que houve mudança significativa no perfil transversal (327 cm, 347, 367, 387, 427, 447, 467, 487, 547 e 600 cm). Foram obtidas assim as vazões calculadas pela equação acima para as cotas entre 315 e 600 cm. As cotas intermediárias foram interpoladas. Todos os pontos cota-vazão foram plotados e uma curva que melhor se ajustou a esses pontos foi construída, com um coeficiente de determinação (r^2) de 0,9985. Essa curva é um polinômio de segundo grau:

$$Q = 0,001 \times h^2 - 0,3858 \times h + 30,036.$$

Então para valores de cota entre 60 e 315 cm, essa é a equação utilizada.

As figuras 4.19 e 4.20 apresentam as curvas chave observada e extrapolada.

33

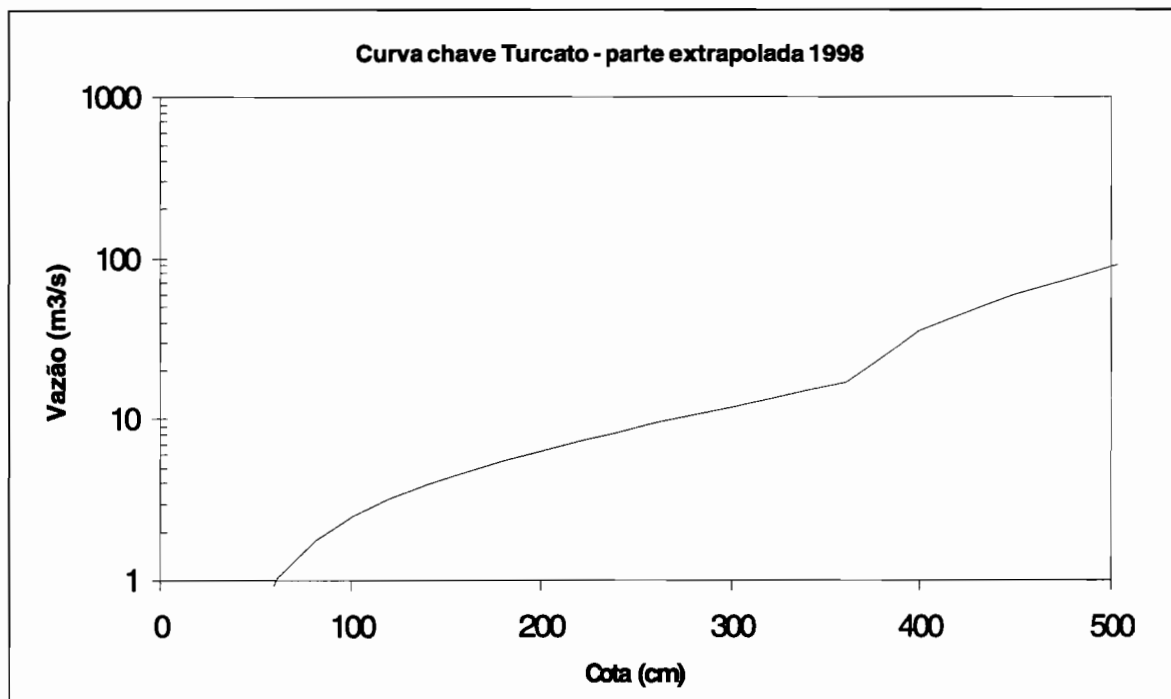


Figura 4.20 - Curva chave extrapolada (a partir de agosto de 1998) - >315 cm

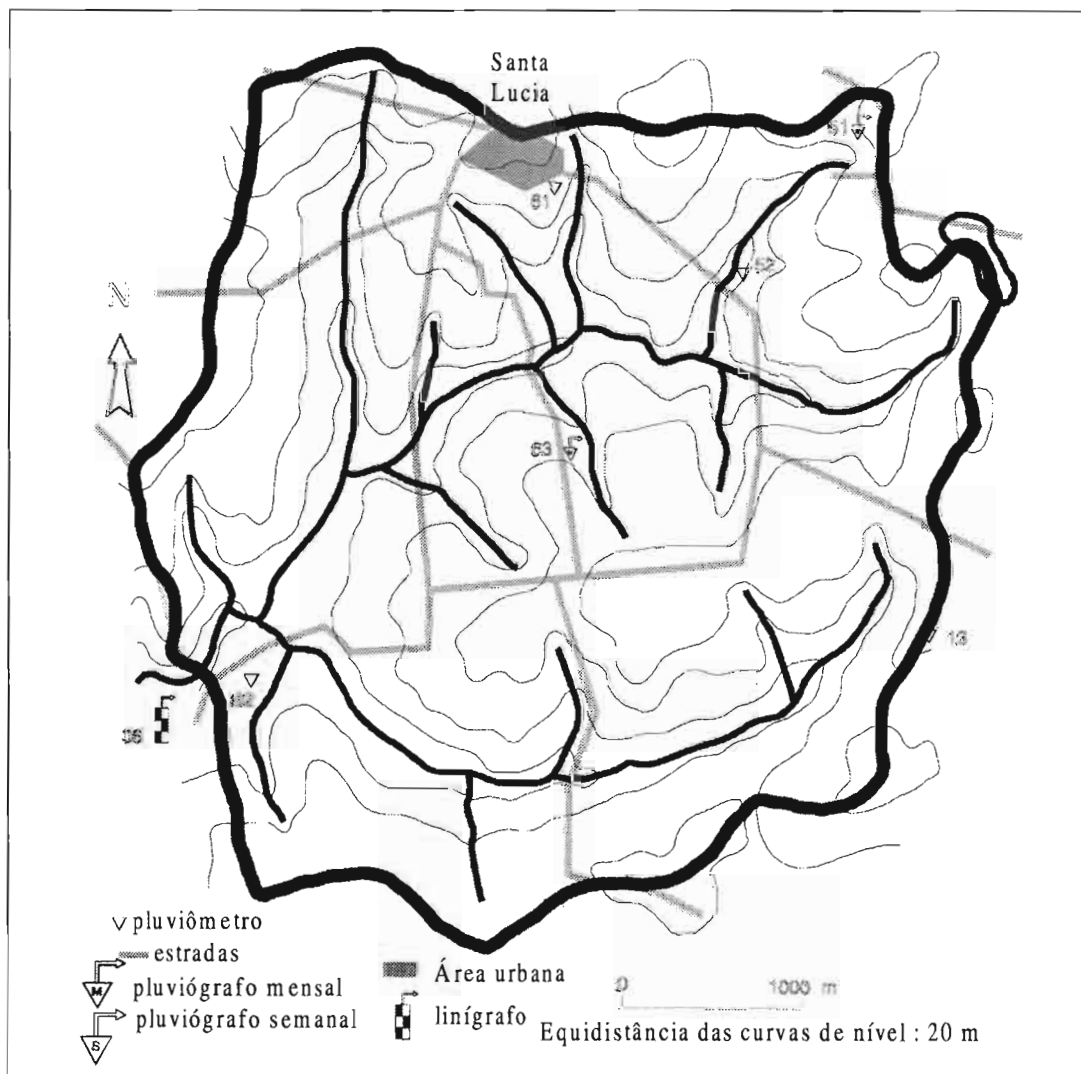
4.5.1 Histórico

A bacia do arroio Rincão (16,8 km²) é uma sub-bacia do Rio Taboão (Figuras 2.2 e 4.21). O posto foi instalado em dezembro de 1990 na ponte da estrada entre Pejuçara e Dr. Bozano a proximidade da Granja Santa Catarina. Isto permite um acesso fácil em qualquer época do ano.

Como no Turcato, a estação foi equipada com uma instalação de teleférico (Figura 4.22).

Durante a cheia de 26 e 27 de maio de 1992, a estação foi totalmente destruída em consequência da queda da ponte provocada pelo desabamento do apoio da margem direita. O linígrafo foi perdido e uma parte dos equipamentos do teleférico desapareceu. Infelizmente até agora não foi possível reativar este posto por falta de recursos.

A altitude do zero da régua é 369,497m e a cota da RN (à beira da estrada na margem esquerda do rio) 375,809m.



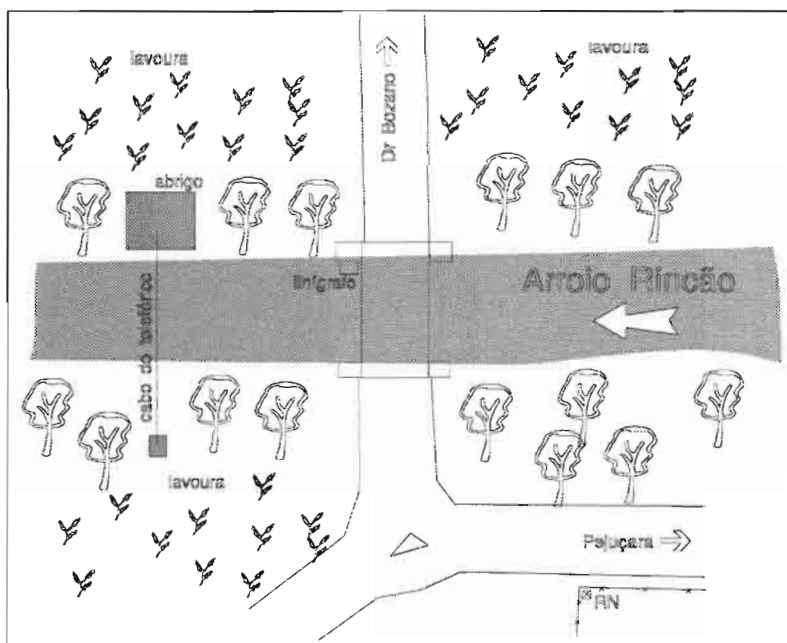


Figura 4.22 - Estação fluviométrica do Arroio Rincão

4.5.2 Calibragem

Foram realizadas 16 medições de vazão na estação fluviométrica do arroio Rincão (Tabela 4.17).

Embora esta estação seja bem estável, o intervalo de cotas coberto pelas medições é muito reduzido e não foi considerado razoável estabelecer uma curva chave. A Figura 4.23 apresenta o perfil transversal da seção de medição. A cota máxima registrada foi de 91cm (dia 27 de junho de 1991 às 18h25). O nível da água atingiu 380cm no decorrer do dia 27 de maio de 1992 de acordo com as marcas deixadas nas margens.

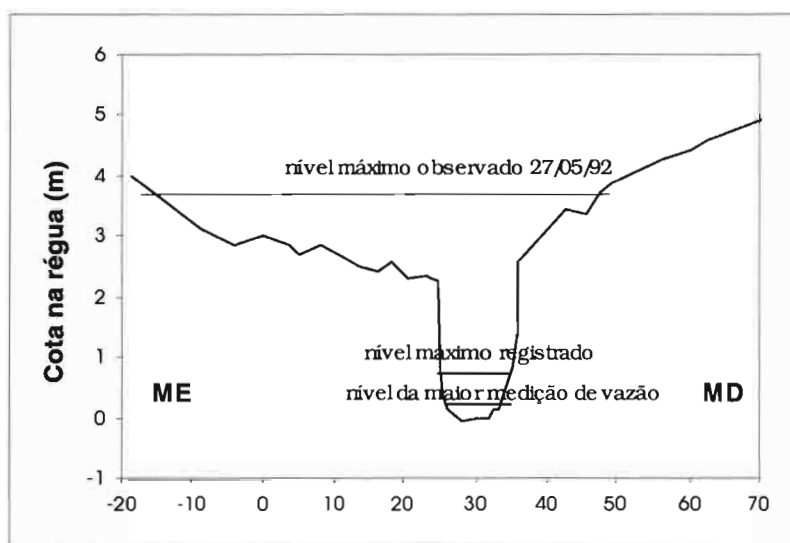


Figura 4.23 - Perfil transversal da seção de medição do Arroio Rincão

Tabela 4.17 - Relação das medições de descarga do Arroio Rincão

	data	início	fim	cota início (cm)	cota fim (cm)	descarga (m ³ /s)
2	06/02/91	09:03	09:40	20,0	20,0	0,278
3	12/03/91	15:20	15:50	15,0	15,0	0,203
4	18/04/91	11:10	11:40	19,0	19,0	0,171
5	10/07/91	10:30	10:38	30,0	30,0	0,891
6	10/07/91	10:42	10:52	30,0	29,0	0,708
7	10/07/91	11:05	11:15	28,0	28,0	0,584
8	10/07/91	11:15	11:24	28,0	27,0	0,543
9	10/07/91	11:31	11:39	27,0	27,0	0,468
10	10/07/91	11:39	11:46	27,0	25,0	0,451
11	10/07/91	11:55	12:03	25,0	25,0	0,415
12	10/07/91	12:03	12:10	25,0	24,0	0,396
13	10/07/91	14:46	15:02	23,0	22,0	0,36
14	10/07/91	15:02	15:17	22,0	22,0	0,362
15	10/03/92	08:40	08:58	23,0	23,0	0,264
16	02/04/92	12:19	12:30	22,0	22,0	0,242

4.6 Posto fluviométrico Taboão

4.6.1 Histórico

A bacia do Taboão (105 km² - Figuras 2.2 e 4.24) é a maior sub-bacia do Rio Potiribu programada para ser estudada. O projeto previa instalar uma bacia com área intermediária entre a do Turcato ou do Rincão (cerca de 20km²) e a da bacia do Rio Potiribu (maior que 500km²). A falta de acesso razoável obrigou a escolha do posto num lugar situado no meio do trecho reto de aproximadamente 400m entre a confluência do Arroio do Rincão e a foz do Rio Potiribu.

A altitude do zero da régua é 330,721 m e da R.N. 337,008 m. Um linígrafo e um cabo provisório de teleférico foram instalados em dezembro de 1990.

No início de junho de 1991, uma cheia destruiu parcialmente as instalações. O linígrafo foi recolocado logo depois, 200m a montante da confluência do Arroio do Rincão, uma régua sendo mantida no primeiro lugar.

A constatação que existiam problemas insolúveis de remansos, devido à proximidade de vários rios com regimes de enchentes não simultâneos e com pouca declividade levou a desativar a estação, após ter sido identificado um local hidraulicamente mais propício 2km a montante (Figura 4.25), de acesso ainda razoável embora muito mais problemático. As condições financeiras do Projeto não permitiram até agora a implantação desta nova estação.

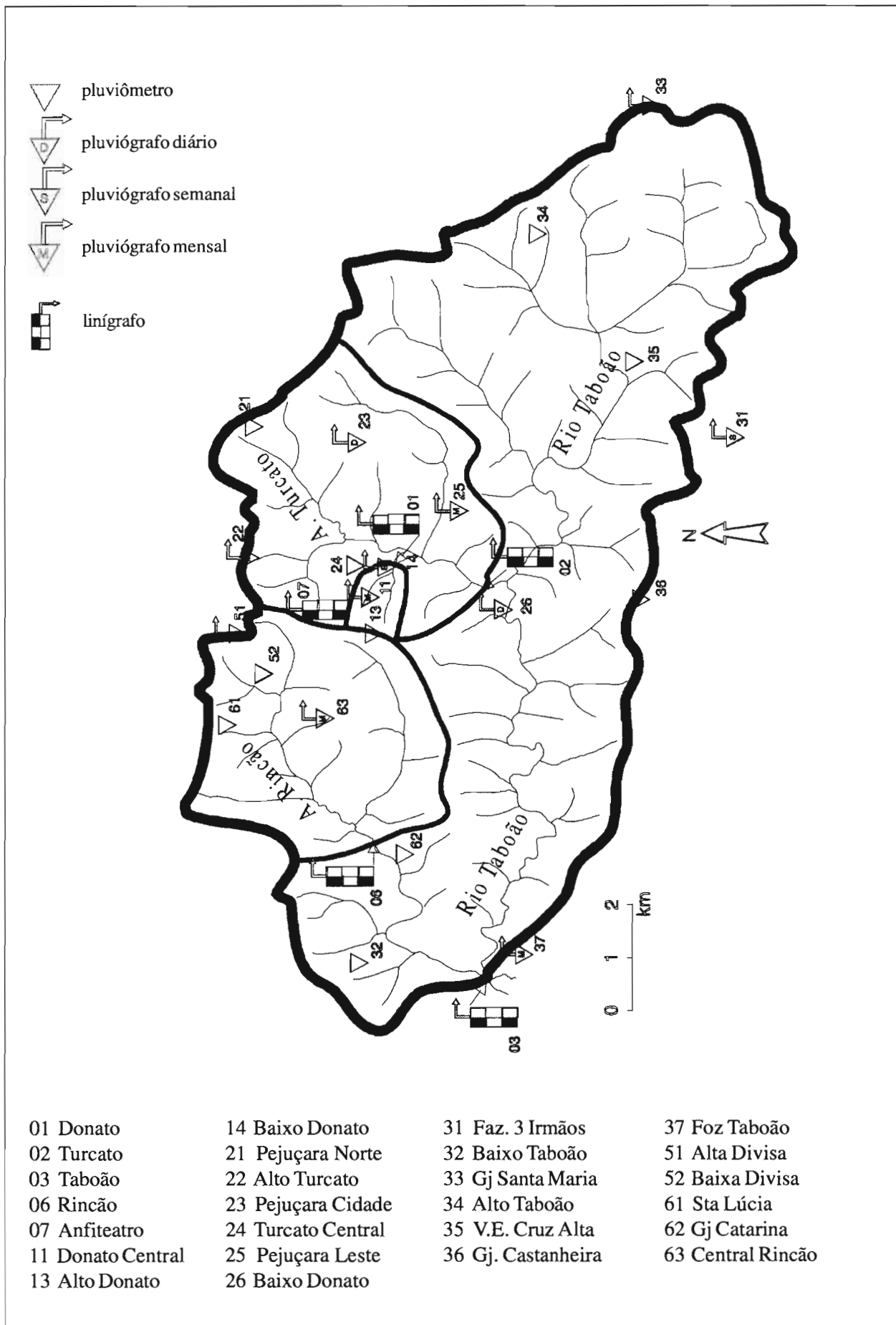


Figura 4.24 - Bacia do Rio Taboão incluindo as sub-bacias do Donato, Turcato e Rincão e os postos pluviométricos

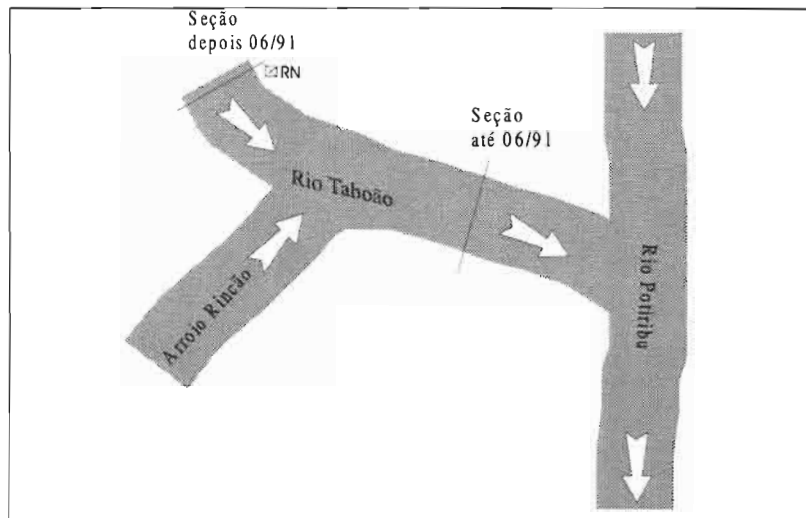


Figura 4.25 - Estação fluviométrica do Rio Taboão

4.6.2 Calibração

Foram realizadas 9 medições de vazão na estação fluviométrica do Rio Taboão (Tabela 4.18). Devido à falta de estabilidade e de controle de jusante, além do número reduzido de pontos, não foi considerado razoável estabelecer uma curva-chave.

Tabela 4.18 - Relação das medições de descarga do Rio Taboão

	data	início	fim	cota início (cm)	cota fim (cm)	descarga (m ³ /s)
2	20/12/90	11:15	12:05	89,0	89,0	2,96
3	09/01/91	14:12	14:42	50,0	49,0	2,25
4	06/02/91	18:24	19:10	32,0	32,0	1,34
5	26/02/91	15:32	15:58	15,0	15,0	1,09
6	07/03/91	14:55	15:10	11,0	11,0	0,968
7	13/03/91	09:30	09:50	18,0	18,0	1,11
8	17/04/91	15:05	15:37	5,0	5,0	0,668
9	03/07/91	14:00	14:45	42,0	42,0	1,72

4.7 Posto fluviométrico Andorinhas (Potiribu)

4.7.1 Histórico

A estação do Rio Potiribu que controla a área completa do nosso estudo (Figura 2.2) foi instalada em novembro de 1989 a jusante do canal de fuga da usina hidrelétrica das Andorinhas (Figura 4.26).

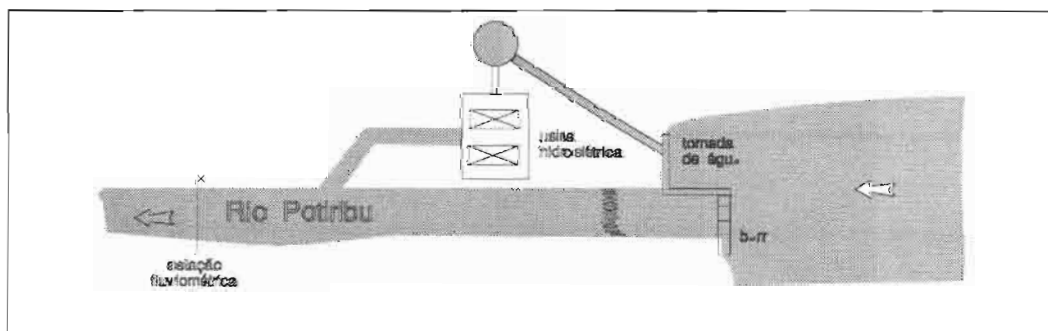


Figura 4.26 - Seção de medição do Rio Potiribu

Foram colocados um linígrafo com sua régua e um teleférico. Em abril de 1991 o linígrafo foi deslocado 20m a jusante do seu lugar inicial por não atingir o nível da água durante os períodos secos. A régua ficou no lugar inicial, mas uma diferença de 8cm de altitude da linha de água entre o ponto inicial e o ponto final teve de ser tomada em conta.

Durante a cheia de 26 e 27 de maio de 1992 o equipamento foi submerso, a cota máxima atingida foi em torno de 530cm. A estação ficou danificada, mas foi possível recuperar o linígrafo que foi encontrado preso entre raízes de árvores 30m a jusante das instalações. A falta de recursos não permitiu reiniciar o monitoramento após este evento.

A altitude do zero da régua é 279,725m e da R.N. 280,692m.

4.7.2 Calibração

Foram realizadas 35 medições de vazão na estação fluviométrica de Andorinhas entre as cotas -13cm e 56cm (Tabela 4.19). A seção de medição é rochosa com um controle de jusante estável (Figura 4.27). Isso permitiu construir uma curva chave representada na Figura 4.28.

A cota máxima registrada foi de 137cm no dia 1 de junho de 1990 às 9h21; a cota máxima avaliada no decorrer da cheia do dia 26 de maio de 1992 atingiu 530cm, sendo então necessário extrapolar a curva estabelecida a partir dos valores medidos.

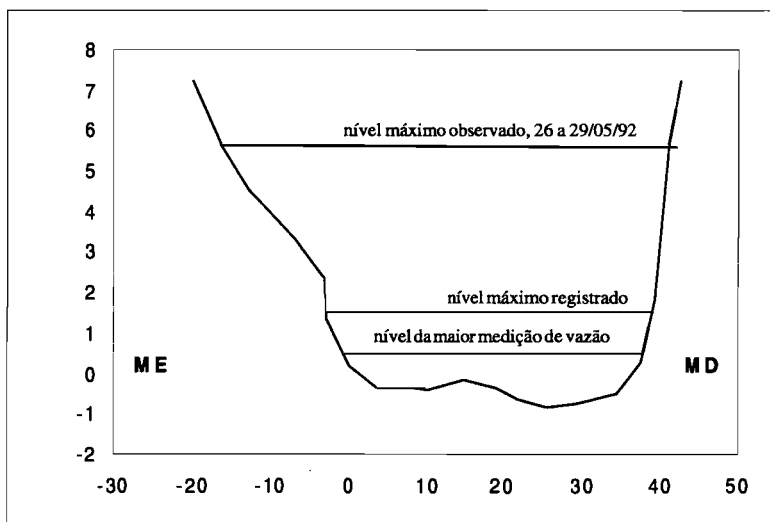


Figura 4.27 - Seção de medição do Rio Potiribu

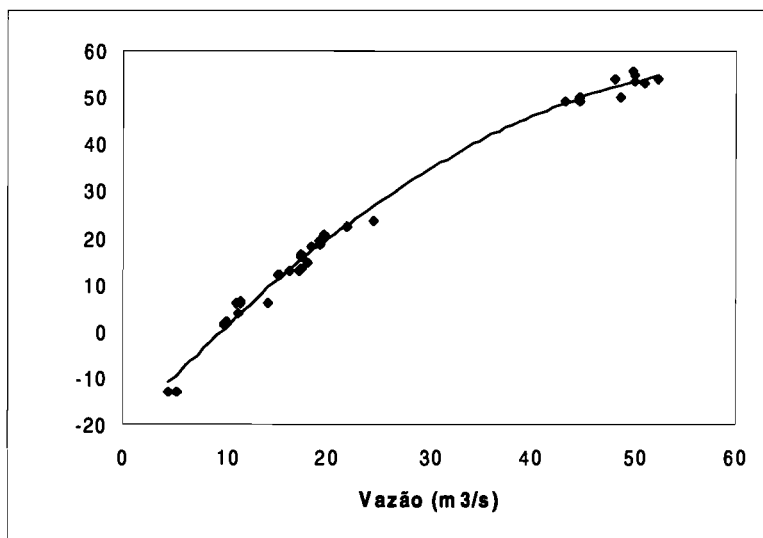


Figura 4.28 - Curva-chave do Rio Potiribu (parte medida)

Tabela 4.19 - Relação das medições de descarga em Andorinhas

	data	início	fim	cota início (cm)	cota fim (cm)	descarga (m ³ /s)
1	07/03/91	10:12	10:35	-13,0	-13,0	4,45
2	07/03/91	10:35	10:55	-13,0	-13,0	5,18
3	06/06/91	09:37	10:15	56,0	55,0	49,7
4	06/06/91	10:15	10:47	55,0	55,0	49,9
5	06/06/91	13:00	13:36	54,0	54,0	47,9
6	06/06/91	14:00	14:38	54,0	54,0	52,3
7	06/06/91	15:30	16:08	53,5	53,5	49,9
8	06/06/91	16:26	16:57	53,0	53,0	50,8
9	07/06/91	08:00	08:33	50,0	50,0	44,5
10	07/06/91	09:04	09:30	50,0	50,0	48,6
11	07/06/91	15:16	15:50	49,0	49,0	44,4
12	07/06/91	15:50	16:20	49,0	49,0	43,1
13	08/06/91	07:56	08:29	24,0	23,0	24,3
14	08/06/91	08:29	08:58	23,0	22,0	21,8
15	08/06/91	09:33	10:13	21,0	20,0	19,7
16	08/06/91	10:13	10:40	20,0	19,0	19,3
17	08/06/91	10:45	11:18	19,0	18,0	19,3
18	08/06/91	11:25	11:50	18,0	18,0	18,5
19	08/06/91	12:18	12:47	17,0	16,0	17,7
20	08/06/91	13:08	13:33	16,0	16,0	17,4
21	08/06/91	14:18	14:45	15,0	14,0	18,1
22	08/06/91	15:02	15:27	14,0	13,0	17,4
23	08/06/91	15:32	16:00	13,0	13,0	16,2
24	08/06/91	16:00	16:21	13,0	13,0	17,2
25	08/06/91	17:00	17:26	12,0	12,0	15,2
26	08/06/91	17:26	17:47	12,0	12,0	15
27	09/06/91	08:05	08:33	7,0	6,0	11,3
28	09/06/91	08:33	08:53	6,0	6,0	10,9
29	10/06/91	08:17	08:42	2,0	2,0	9,9
30	10/06/91	08:42	09:01	2,0	1,0	9,71
31	10/06/91	15:05	15:31	1,0	1,0	9,68
32	10/06/91	15:31	15:52	1,0	1,0	9,7
33	10/03/92	11:30	12:05	6,0	6,0	11,3
34	10/03/92	12:10	12:46	6,0	6,0	14,1
35	02/04/92	15:00	16:00	4,0	4,0	11,1

Para esta extrapolação foi utilizado o método de Stevens cujo princípio é detalhado por Jaccon e Cudo (1989). Isso se justifica devido à grande estabilidade dos perfis transversal e longitudinal e à grande homogeneidade das margens. Foi também necessário extrapolar a curva-chave das águas baixas com níveis abaixo de -13cm. A Figura 4.29 mostra a curva-chave extrapolada até uma cota de 150cm. A mesma extrapolação foi prolongada para avaliar a descarga atingida no topo da cheia dos dias 26 e 27 de maio de 1992. Para uma cota de 530cm, a vazão do Rio Potiribu ficou em aproximadamente 720m³/s, isto é, 1,28m³/s.km².

A tabela 4.20 corresponde à calibração da curva nível-vazão da estação de Andorinhas cm por cm. Para levar em consideração o deslocamento da régua foi usada antes do dia 10 de abril de 1991 uma tabela idêntica com cotas reduzidas em 8cm.

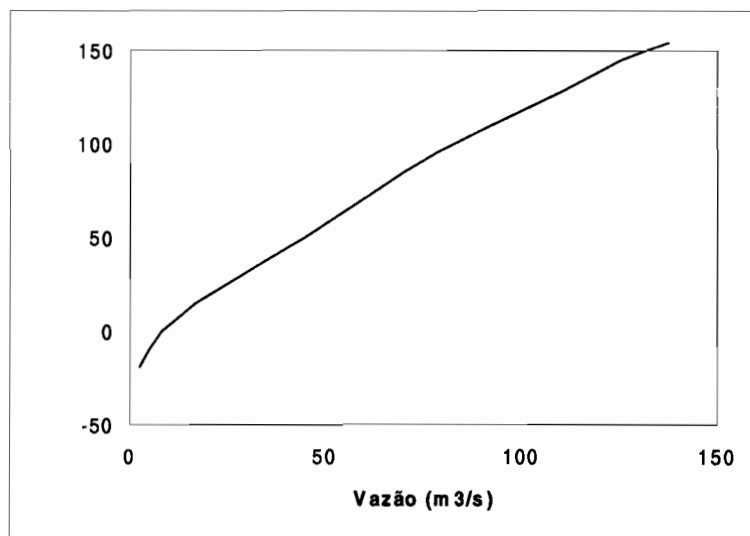


Figura 4.29 - Curva-chave do Rio Potiribu (parte extrapolada)

Tabela 4.20 - Calibragem do Rio Potiribu em Andorinhas

cm	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	cm
-20	1,82	1,93	2,05	2,16	2,28	2,39	2,54	2,69	2,84	2,99	-20
-10	3,14	3,37	3,59	3,82	4,05	4,28	4,5	4,73	4,96	5,18	-10
0	5,41	5,77	6,13	6,49	6,85	7,22	7,58	7,94	8,3	8,66	0
cm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	cm
0	9,02	9,5	9,98	10,5	10,9	11,4	11,9	12,4	12,8	13,3	0
10	13,8	14,4	15	15,6	16,2	16,8	17,4	18	18,6	19,2	10
20	19,8	20,5	21,2	21,9	22,6	23,4	24,1	24,8	25,5	26,2	20
30	26,9	27,8	28,6	29,5	30,3	31,2	32,1	32,9	33,8	34,6	30
40	35,5	36,5	37,5	38,4	39,4	40,4	41,4	42,4	43,3	44,3	40
50	45,3	46,1	46,8	47,6	48,4	49,2	49,9	50,7	51,5	52,2	50
60	53	53,8	54,6	55,3	56,1	56,9	57,6	58,4	59,2	60	60
70	60,7	61,5	62,3	63	63,8	64,6	65,4	66,1	66,9	67,7	70
80	68,4	69,2	70	70,8	71,5	72,3	73,1	73,8	74,6	75,4	80
90	76,2	76,9	77,7	78,7	79,7	80,7	81,7	82,7	83,7	84,7	90
100	85,8	86,8	87,8	88,8	89,8	90,8	91,8	92,8	93,8	94,8	100
110	95,8	96,8	97,8	98,8	99,8	101	102	103	104	105	110
120	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	120
130	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	130
140	126	127	128	129	130	132	133	134	135	136	140
150	137	138	140	141	142	143	144	145	147	148	150

5 - Postos Pluviométricos e Pluviográficos

5.1 Generalidades

5.1.1 Características técnicas dos aparelhos

Os aparelhos instalados são basicamente de dois tipos:

- pluviômetros, todos da marca japonesa Tamaya, com anel de 20 cm de diâmetro, seja $\pi \times 100\text{cm}^2$ de área de interceptação, colocado a uma altura de 1,50m. Os observadores, todos voluntários, fazem a leitura do volume de água acumulado no aparelho diariamente em princípio às 8 horas da manhã. Conforme as normas internacionais, este valor é sempre datado do dia anterior; isto é, a chuva caída entre 0hora e 8horas do dia D ficará acumulada com a chuva caída entre 8horas e 24horas do dia D-1 e aparecerá com a data D-1. A Tabela 5.1 apresenta a relação dos pluviômetros, com coordenadas e períodos de funcionamento. Para a localização dos mesmos, basta consultar a Figura 4.24.

Tabela 5.1 - Relação dos pluviômetros

Código	Nome	Longitude Oeste	Latitude Sul	Data início	Data fim	% funcionamento até 12/98
13	Alto Donato	53°41'14"	28°25'06"	27/06/90		98.8%
21	Pejuçara Norte	53°38'57"	28°24'11"	06/09/89	31/04/96	98.1%
24	Turcato Central	53°40'17"	28°24'55"	08/11/89	10/05/90	84.5%
32	Rincão do Jesus	53°44'34"	28°24'52"	12/12/90		97.4%
34	Alto Taboão	53°36'12"	28°27'21"	17/12/90		98.6%
		53°27'10"	28°26'53"	15/04/97**		
35	Velha Estrada Cruz Alta	53°38'19"	28°27'46"	17/12/90		93.8%
36	Granja das Castanheiras	53°41'06"	28°27'49"	01/01/91		94.4%
52	Baixa Divisa	53°41'55"	28°24'08"	07/11/89		98.0%
61	Santa Lúcia	53°42'35"	28°23'39"	11/11/89		99.7%
		53°37'13"	28°26'55"	02/09/98**		
62	Granja Santa Catarina	53°43'37"	28°25'04"	23/10/90	08/06/92	95.4%

A última coluna dá a percentagem da duração total das observações aproveitáveis em relação à duração total, desde a instalação dos aparelhos.

** : troca de local e de observador

- pluviógrafos de vários tipos e marcas conforme a Tabela 5.2. Os aparelhos diários e semanais estão sob a responsabilidade de observadores voluntários que trocam os gráficos quando necessário. Os aparelhos mensais são operados pelo pessoal técnico do IPH. A Tabela 5.3 apresenta a relação dos pluviógrafos, com coordenadas e períodos de funcionamento. Para a localização dos mesmos, basta consultar a Figura 4.24.

Tabela 5.2 - Características dos pluviógrafos usados

Aparelho	Área de interceptação (cm ²)	tipo de sensor	suporte de gravação	periodicidade	velocidade (mm/h)
Lambrecht (alemã)	200	sifão simples	transportador de carta mecânico	mensal	10,0
IH Hidromec3 (brasileiro)	1000	duas cubas basculantes	transportador de carta elétrico	mensal	10,0
IH PLG 7S (brasileiro)	200	sifão basculante	tambor	semanal	2,3
IH PLG 4 (brasileiro)	200	sifão basculante	tambor	diária	12,7
Jules Richard (francês)	400	cuba basculante	tambor	semanal	1,7
SIAP (italiano)	1000	duas cubas basculantes	transportador de carta mecânico	mensal	8,9

Tabela 5.3 - Relação dos pluviógrafos

Código	Nome	Longitude Oeste	Latitude Sul	Aparelho	Data início	Data fim	% funcionamento até 12/98
11	Donato Central	53°41'13"	28°25'15"	Lambrecht	29/11/89	25/04/91	80,8%
12	Baixo Donato	53°40'35"	28°25'35"	IH Hidromec3	25/04/91	17/01/96	
14	Baixo Donato	53°40'12"	28°25'18"	IH PLG 7S	07/11/89	14/12/90	94,4%
		53°40'31"	28°25'09"	IH PLG 7S	14/12/90		85,6%
					23/07/98**		
22	Alto Turcato	53°39'53"	28°24'02"	Lambrecht	10/11/89	30/09/95	53,6%
23	Pejuçara Cidade	53°39'14"	28°25'05"	IH PLG 7S	21/08/89	06/11/89	80,9%
				IH PLG 4	06/11/89*		
		53°39'34"	28°25'10"		09/05/98**		
25	Pejuçara Leste	53°39'41"	28°26'00"	Lambrecht	22/05/90	05/11/92	44,8%
				IH Hidromec3	05/11/92	10/02/96	
26	Baixo Turcato	53°41'39"	28°26'29"	IH PLG 4	08/11/89	31/12/95	76,8%
31	Fazenda Três Irmãos	53°40'18"	28°28'24"	IH PLG 7S	28/08/89	12/05/94	85,6%
33	Granja Santa Maria	53°35'00"	28°27'32"	Jules Richard	19/12/90	27/09/91	84,5%
37	Foz do Taboão	53°45'17"	28°26'14"	SIAP	09/01/91	09/04/94	66,1%
38					22/05/94	30/04/95	93,1%
51	Alta Divisa	53°41'28"	28°23'36"	IH PLG 7S	28/08/89		96,5%

* mesmo local, troca de aparelho e observador

** troca de local, mesmo aparelho e mesmo observador

5.1.2 Processamento dos dados

Os dados de pluviometria e pluviografia foram processados através do programa PLUVIOM (Boyer et al., 1991) até 04/05/1995 e a partir desta data através do programa GEDAC. Este último programa armazena os dados em sua totalidade, incluindo aqueles processados com o PLUVIOM. Tanto os dados de pluviometria como os de pluviografia são tratados separadamente na primeira fase e juntos numa segunda fase:

Primeira fase para a pluviometria:

- Exame das fichas dos observadores; tradução em 1/10 mm das medições feitas com provetas graduadas em ml.

- Aquisição dos valores .

Primeira fase para a pluviografia:

- Exame visual do diagrama, marcando os pontos a serem adquiridos e os pontos característicos (início, fim, lacunas, etc.);
- Aquisição das coordenadas desses pontos por meio de mesa digitalizadora e crítica automática dessa aquisição;
- Correção dos pontos julgados errados ou duvidosos;
- Nova crítica e nova correção até obter valores perfeitos;
- Cálculo das chuvas diárias acumulando as precipitações de 8h a 8h.

Segunda fase:

- Estabelecimento de uma planilha apresentando para cada dia a pluviometria de cada posto. Comparação de todos os valores e novas correções e críticas voltando para a primeira fase.
- Comparação dos eventos chuvosos individualizados com as enchentes registradas nos postos pluviométricos. Novas correções e críticas...

Erros:

Os erros encontrados na análise dos dados devem-se em grande parte ao fato destes passarem por muitas pessoas (observadores, técnicos, estagiários) até o momento de obter-se os dados criticados. Os erros mais freqüentes são cometidos por :

1. erros por parte do observador no campo: erro de registro (freqüentemente os observadores erram colocando um zero a mais ou a menos), erro de defasagem (freqüentemente os observadores registram com um ou dois dias de atraso, as vezes até uma semana) ;

2. erros por parte do pessoal que processa os dados: erro de defasagem, erro de troca de valores, erro de vírgula, erro de troca de valores do mês inteiro (quando um aparelho é registrado no lugar de outro), erro de falta de dados a serem processados (pode-se tomar como um dia que a precipitação foi nula e na verdade foi uma falha de processamento);

Todos estes erros seriam diminuídos se os dados fossem revisados e comparados já no momento da coleta. Assim, possíveis dúvidas poderiam ser esclarecidas com os observadores. Se os dados fossem classificados, processados e criticados em seguida as dúvidas poderiam ser facilmente verificadas. Os erros ainda seriam menores se a mesma pessoa, treinada corretamente, processasse os dados. O que geralmente acontece é que os dados são processados por estagiários ou bolsistas de iniciação científica que têm duração limitada de contrato e que seguidamente são substituídos por outros. Nestas constantes trocas, perde-se o ritmo de trabalho e leva-se um certo tempo até o novo estagiário adaptar-se. Na fase de adaptação podem ocorrer os mais graves erros. Cabe à pessoa que critica os dados verificar a consistência total destes. Por isso, quanto mais cedo for feita a crítica, mais rápido os erros serão detectados e corrigidos.

5.1.3 Dados disponíveis

As Tabelas 5.4 e 5.5 apresentam mensalmente os valores disponíveis para os pluviômetros e os pluviógrafos. Os registros originais classificados segundo o número do aparelho e as datas encontram-se no pavilhão marítimo, setor de hidrometria, do IPH-UFRGS, mesmo local onde é feito o processamento dos dados.

Tabela 5.4 - Inventário mensal dos dados de pluviometria disponíveis

posto		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
13. Alto Donato	1990						+	+	c	c	+	c	+
	1991	+	c	c	+	c	c	c	c	+	c	+	c
	1992	c	+	c	+	c	c	c	c	c	c	c	c
	1993	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
	1994	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
	1995	c	c	c	c	c	c	c	c	+	c	c	c
	1996	c	c	c	c	c	c	c	c	+	+	c	c
	1997	c	c	c	c	c	c	c	+	c	c	c	c
	1998	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
21. Pejuçara Norte	1989									+	c	+	c
	1990	c	+	c	c	c	c	c	c	c	c	+	+
	1991	c	c	c	+	c	c	c	c	c	c	c	+
	1992	c	+	c	c	c	c	+	c	c	c	c	c
	1993	+	c	c	c	c	+	c	c	c	c	c	c
	1994	c	c	c	c	c	+	c	c	c	c	c	c
	1995	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
1996	c	c	c	c									
24. Turcato Central	1989											+	+
	1990	+	+	+	+	+							
32. Baixo Taboão	1990												+
	1991	+	+	c	c	+	+	c	c	c	c	c	c
	1992	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
	1993	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
	1994	+	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
	1995		+	c	c	+	c	c	c	c	c	+	c
	1996	c	+	+	c	+	c	c	c	c	c	c	c
	1997	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
	1998	c	+	c	c	+	c	c	c	c	c	c	c
34. Alto Taboão	1990												+
	1991	+	+	c	+	c	c	c	c	c	c	c	c
	1992	+	c	c	c	c	c	c	+	+	c	c	c
	1993	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
	1994	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
	1995	c	c	c	+	c	c	c	c	c	c	c	+
	1996	c	c	c	c	c	c	+	c	c	c	c	c
	1997	c	c	c	c	c	c	+	c	c	c	c	c
	1998	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
35. Velha Estrada Cruz Alta	1990												+
	1991	c	+	c	c	+	+	c	c	c	c	c	c
	1992	c	+	c	+	+	+	+	c	c	+		
	1993	c	c	c	c	c	c	c	c	+	c	c	c
	1994	c	+	c	c	c	c	c	+			+	c
	1995	+		+	+	+	c	c	c	c	c	c	c
	1996	c	+	c	c	+	c	+	c	c	+	c	c
	1997	c	c	c	c	c	c	+	c	c	c	c	c
	1998	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	+	c
36. Granja das Castanheiras	1991	+	+	c	+	+	+	+	+	c	+	c	c
	1992	c	c	+		c	c	c	c	c	c	c	c
	1993	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
	1994	+	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
	1995		+	c	+	+	c	c	c	c	+	+	c
	1996	c	c	c	c	+	c	c	c	c	c	c	c
	1997	c	c	c	c	c	c	c	c	+	c	+	c
	1998	c	+	c	c	c	c	c	c	c	c	+	c
	52. Baixa Divisa	1989											+
1990		c	+	c	c	c	c	c	c	c			+
1991		c	c	c	c	c	c	c	c	c	+	c	c
1992		c	c	c	c	c	c	c	+	c	c	c	c
1993		c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
1994		c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
1995		c	c	c	+	c	c	c	c	c	c	c	c
1996		c	c	c	c	+	c	c	c	c	c	c	c
1997		c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
1998	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	
61. Santa Lúcia	1989											+	+
	1990	c	+	c	c	c	+	c	c	c	c	c	c
	1991	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	+	c
	1992	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
	1993	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
	1994	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
	1995	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
	1996	c	c	+	c	c	c	c	c	c	c	c	c
	1997	c	c	c	c	c	c	+	c	+	c	c	+
1998	c	c	c	c	c	c	c	+	c	c	c	c	
62. Granja Santa Catarina	1990												+
	1991	+	c	+	+	c	c	c	c	+	+	c	
	1992	+	+	c	+	+	+						

Tabela 5.5 - Inventário mensal dos dados de pluviografia disponíveis

posto		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
11. Donato Central	1989											+	c
	1990	c	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	1991	+	+		+	c	c	c	c	c	+	+	c
	1992	+	+	c	c	+	+	c	c	c	+	+	c
	1993	c	c	c	c	c	c	c	c	c	+	+	+
	1994	c	c	+	c	c	+	+	+	+	+	+	+
	1995	+	c	+	c	+	+						+
1996	+												
12. Baixa Donato	1989												
	1990	c	c	+	+	c	c	c	c	c	c	c	+
14. Baixa Donato	1990												+
	1991	c	+	c	+	+	+	c	+	+	c	c	c
	1992	+	+	+	+	c	c	+	+	+	+	+	+
	1993	+	c	c	+	c	+	+	+	+	+	+	+
	1994		+		+	+	c	c	c	c	c	c	+
	1995	c	c	c	+	c	c	c	c	c	c	c	c
	1996	c	c	+	c	c	c	c	c	c	c	c	c
	1997	c	c	c	+	c	+	c	c	+	c	c	+
	1998	c	c	c	c	c	c	+	c	c	c	c	c
22. Alto Turcato	1989											+	c
	1990	c	c	+	c	+	+	+	+	+	+	+	+
	1991	+		+	+	c	+	c	c	c	c	c	+
	1992	+	+	+	c	c	c	c	+	+	+	+	+
	1993	+		+	c	+							
	1994	+	+		+	+	c	+			c	c	
	1995					+	c		c	c			
1996	+												
23. Pejuçara Cidade	1989								+	c	c	c	+
	1990	c	c	c	c	c	c	c	+	c	c	c	+
	1991	+	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
	1992	c	c	c	c	c	c	c	c	c	+	+	
	1993	+	+	c	c	c	c	c	c	c	c	+	+
	1994		+	+	c	c	c	c	c	c	c	c	+
	1995	+	+	c		c	c	c	c	c	c	c	+
	1996	c	+	+	c	c	+	c	+	c	c	c	+
	1997	c	c		+	c	+	+					+
1998					c	c	+		+	+	+	+	
25. Pejuçara Leste	1990					+	+	+	+	c	+	+	+
	1991	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	1992							+	+	+	+	+	+
	1993					+	c	c	c	c	+	+	
	1994				+	+	c	c	+	c	+	+	+
	1995						c	+	+	+	+	c	+
1996	c	+											
26. Baixo Turcato	1989											+	+
	1990	c	c	c	c	+	+	c	c	c	c	c	+
	1991	+	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
	1992	c	c	+	c	+	c	c	c	c	+	+	+
	1993	c	c	c	c	c	c	c	c	c	+	+	+
	1994					+	+	c	c	+	+	+	+
1995						c		c	+	c	c	+	
31. Fazenda Três Irmãos	1989								+	+	+	+	
	1990	+	c	c	c	c	c	c	c	c	c	+	+
	1991	+	+	c	+	c	c	c	+	c	+	c	c
	1992	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	+	
	1993	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	+	+
1994	c	c			+								
33. Granja Santa Maria	1990												+
	1991	+	c	c	+	+	c	c	+	+			
37. Foz do Taboão	1991	+	c	c	c	c	c	c	c	c	+	+	+
	1992			+	+		+	c	+	+			
	1992	+		+	c		+	+	c	c	c	+	+
	1993	+		+	+								
51. Alta Divisa	1989								+	c	c	c	c
	1990	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	+
	1991	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
	1992	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	+	
	1993	+	c	c	c	c	c	c	c	c	c	+	+
	1994	c	c	c	c	c	c	+	+	c	c	c	c
	1995	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
	1996	c	+	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
	1997	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
1998	c	c	c	c	c	c	c	c	+	c	c	+	
63. Central Rincão	1991	+	c	c	+		+	c	c	c	c	c	+
	1992						+	c	c	+		+	+
	1993	+	+	c	c	c	c	c		c	c	+	+
	1994	c	c	c	+								

campo em branco: mês ausente

+: mês incompleto

c: mês completo

5.2 Histórico dos postos

A rede foi instalada em três etapas:

- de setembro a novembro de 1989, foram colocados os postos 11, 12, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 31, 51, 52 e 61.

- em junho de 1990, foi colocado o posto 13.

- em dezembro de 1990 e janeiro de 1991, foram colocados os postos 32, 33, 34, 35, 36, 37, 62 e 63.

Depois da instalação várias alterações foram realizadas:

- posto 11: o pluviógrafo Lambrecht que apresentava sérios defeitos de funcionamento foi trocado em abril de 1991 por um IH Hidromec3. O aparelho começou a apresentar falhas crônicas a partir de junho de 1994 e foi definitivamente desativado no dia 17/01/96.

- posto 12: o aparelho foi deslocado de aproximadamente 500m para melhorar o seu acesso em dezembro de 1990. Devido a essa mudança de local, o código passou a ser 14.

- posto 13: ao lado do pluviômetro 13, foi instalada uma estação meteorológica eletrônica no dia 20/05/1999, incluindo registros de chuva, vento, umidade e temperatura.

- posto 14: No dia 23/07/98 o posto foi trocado de lugar a pedido do dono das terras, que ofereceu outro lugar próximo ao antigo (novas coordenadas 28°25'09" e 53°40'31"). O posto continua a ser operado pelo mesmo observador.

- posto 21: devido à falta de interesse do observador e à ausência de outro voluntário nos arredores o posto foi desativado em 31/04/96.

- posto 22: o aparelho instalado em 10/11/89 foi desativado em 30/09/95 devido a defeitos crônicos.

- posto 23: o aparelho semanal inicialmente instalado foi substituído por um aparelho diário em novembro de 1989. Em 1996, o observador, que era um funcionário da cooperativa de Cruz Alta aposentou-se e passou as observações para outro funcionário. Desde então, os registros apresentaram problemas por falta de corda ou colocação errada da data. Em 1997, mais uma tentativa foi feita, trocando-se novamente o observador, mas também não funcionou. Em 1998, o proprietário das terras onde o pluviógrafo estava instalado pediu a retirada do aparelho. No dia 10/05/1998 foi então retirado o pluviógrafo e colocado a aproximadamente 400m do antigo local (novas coordenadas 28°25'10" e 53°39'34"), nas terras de outro observador voluntário. O posto continuou com o mesmo código de identificação. Apesar do observador ser cuidadoso, o aparelho apresentou falhas. Foi instalado um outro pluviógrafo eletrônico a aproximadamente 100 m deste no dia 20/05/1999 e este antigo foi desativado.

- posto 24: devido à falta de interesse do observador e à ausência de outro voluntário nos arredores o posto foi desativado em maio de 1990.

- posto 25: o observador do pluviômetro inicialmente colocado nunca conseguiu fazer observações que pudessem ser utilizadas; portanto um primeiro pluviógrafo semanal foi instalado em maio de 1990. Infelizmente este aparelho nunca funcionou corretamente e ele foi substituído pelo pluviógrafo Lambrecht retirado do posto 11 em abril de 1991. Mas este último continuou com problemas de relógio. Além disso, devido a um remanejamento das lavouras o acesso ao posto foi fechado. Finalmente em novembro de 1992, um novo pluviógrafo do tipo IH Hidromec3 foi colocado a aproximadamente 150m do lugar inicial. Não foi julgado necessária a troca de código. Em 10/02/96 o aparelho foi retirado devido a defeitos crônicos.

- posto 26: O aparelho instalado em 08/11/89 foi retirado em 31/12/95 devido a apresentar defeitos crônicos .

- posto 31: O aparelho instalado em 28/08/89 foi retirado em 12/05/94 devido a apresentação de defeitos crônicos.

- posto 33: devido a uma falta de interesse do observador e a ausência de outro voluntário nos arredores o posto foi desativado em setembro de 1991.

- posto 34: O posto foi trocado de lugar pois o observador mudou-se e a casa próxima ao posto foi abandonada. O pluviômetro foi reinstalado em 15/04/97 em um local há 200 m aproximadamente do local antigo (novas coordenadas 28°26'53" e 53°27'10"). O posto continuou com o

mesmo código de identificação. Ao lado deste aparelho, foi instalado um pluviógrafo eletrônico no dia 20/05/1999. Ele tem a identificação também de número 34, diferenciando-se por ser pluviógrafo e não pluviômetro.

- posto 37: O posto instalado em 09/01/91 foi desativado em 09/04/94.

- posto 38: O posto instalado em 22/05/94 foi desativado em 30/04/95. Foi reinstalado em 20/05/1999, utilizando um pluviógrafo eletrônico.

- posto 61: O posto foi transferido de local, para aproximadamente 100 m do antigo local (novas coordenadas 28°26'55" e 53°37'13") por motivo de mudança do observador.

- posto 62: devido à falta de interesse do observador e a ausência de outro voluntário nos arredores o posto foi desativado em junho de 1992.

- posto 63: O posto instalado em 09/01/91 foi desativado em 09/04/94.

Atualmente, o projeto conta apenas com 7 postos de pluviometria (aparelhos 13, 32, 34, 35, 36, 52 e 61) e 3 de pluviografia (14, 23 e 51). Os postos de pluviometria que têm os registros mais confiáveis, graças ao excelente desempenho dos observadores são os de número 13 e 52 e o de pluviografia são os de número 14 e 51.

6 – Análise do comportamento hidrológico da bacia

6.1 Pluviometria

6.1.1 Pluviometria média mensal

A fim de avaliar o regime de precipitação durante o período de estudo, um primeiro cálculo de pluviometria média mensal foi realizado na base da média aritmética dos totais mensais dos meses completos. Isto justifica-se devido ao alto número de falhas, estas sendo muito mal distribuídas no espaço e no tempo. Portanto, os valores obtidos têm somente uma importância relativa e não podem ser usados sem cuidado num estudo de balanço hídrico. A Figura 6.1 e a Tabela 6.1 apresentam os resultados e também permitem uma comparação com a média interanual avaliada no posto de Cruz Alta (Chevallier, 1991).

Tabela 6.1 – Precipitação média mensal calculada através da média aritmética de todos os aparelhos da bacia do Potiribu de 1990 a 1998 e média histórica do posto de Cruz Alta de 1945 à 1985. Valores em mm.

Meses	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	Média de 90 à 98	Média de 45 à 85
janeiro	183	75	173	279	130	269	296	113	206	190	124,3
fevereiro	61	23	243	64	291	60	145	101	394	123	119,1
março	176	32	130	237	77	92	117	11	133	109	131,5
abril	268	124	120	81	208	64	157	63	291	137	109,8
maio	250	37	537	179	213	43	61	110	131	178	122,8
junho	181	310	190	99	161	115	130	190	134	172	143,1
julho	127	116	109	224	164	128	117	100	214	137	112,7
agosto	75	32	120	16	66	50	189	162	225	90	132,9
setembro	279	80	186	115	137	125	64	148	195	143	156,6
outubro	211	133	183	178	308	177	211	569	172	242	162,6
novembro	235	40	110	292	125	30	67	301	30	151	116,6
dezembro	158	213	48	216	154	114	166	268	127	165	132,7
total	2205	1216	2148	1979	2033	1267	1719	2136	2252	1839	1565

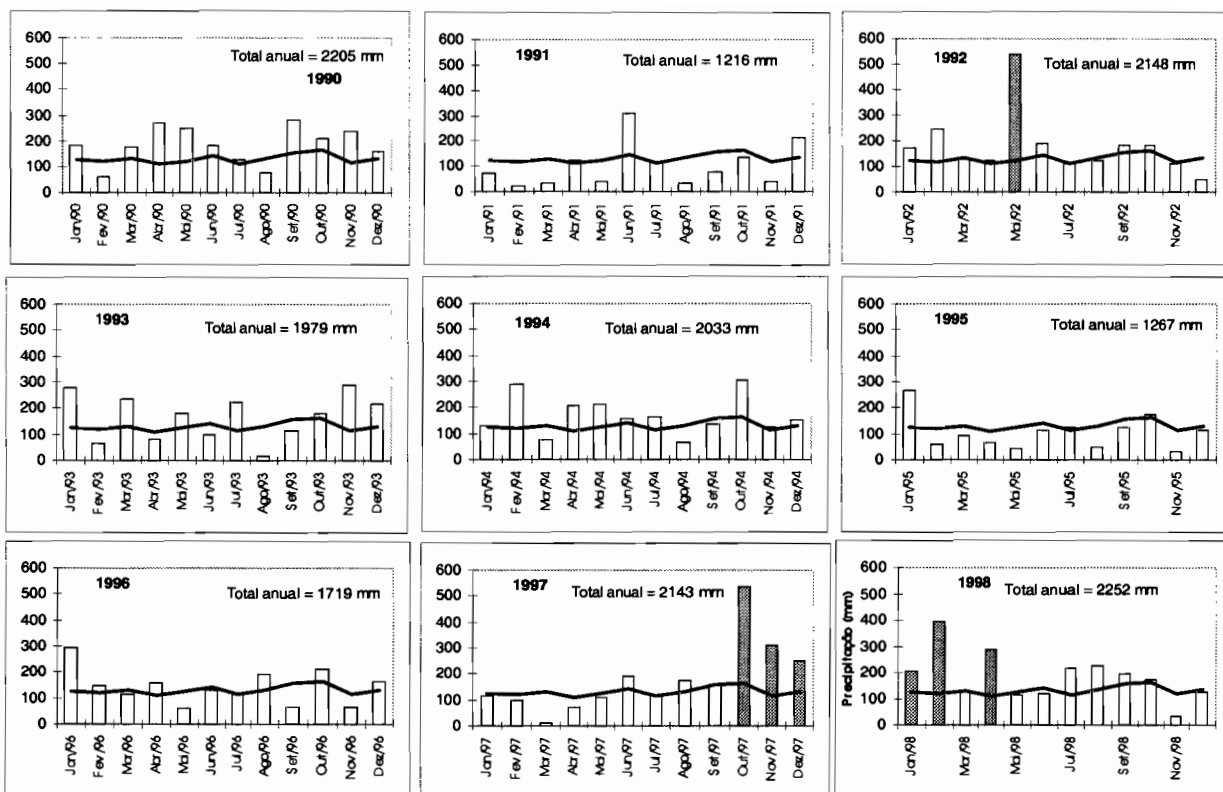


Figura 6.1 - Precipitação média mensal dos postos na bacia do Rio Potiribu (563 km²), monitorados pelo IPH-UFRGS

- precipitação média mensal (mm) série histórica (1945-1985) - posto de Cruz Alta
- ▭ precipitação média mensal observada (mm) entre 1990 e
- ▨ precipitação média mensal observada (mm) durante o El Niño.

Observa-se nesta figura que a média mensal histórica (de 1945 a 1985, posto de Cruz Alta) é bastante homogênea ao longo do ano, apresentando valores entre 100 e 160 mm mensais. Entretanto, se analisarmos as distribuições anuais para o período estudado (de 1990 a 1998) a precipitação média mensal varia muito ao longo do ano, apresentando meses bastante secos (fevereiro, março, maio, agosto e novembro de 91; agosto de 93; novembro de 95) com precipitações mensais inferiores a 40mm, e meses bastante úmidos (abril, maio e setembro de 90; junho de 91; maio de 92; janeiro e novembro de 93, fevereiro e outubro de 94; janeiro de 95; e janeiro de 96, outubro e novembro de 97) com precipitações mensais superiores a 250mm.

A distribuição interanual também é bastante variável apresentando para este período anos considerados secos (1991 e 1995) com uma precipitação média anual inferior a 1300mm e anos úmidos (1990, 1992 e 1994) com uma precipitação média anual superior a 2000 mm, quando a média da série histórica é de 1700mm.

6.1.2 Pluviometria diária

Um volume de anexos é disponível na biblioteca do IPH contendo valores diários de precipitação registrados por todos os aparelhos (pluviógrafos e pluviômetros) instalados na bacia do Potiribu. Cada folha corresponde a um mês de um determinado ano, começando por agosto de 1989 até dezembro de 1998. Na primeira linha estão dispostos cada posto pluviométrico e na primeira coluna os dias dos meses. Para localizar cada posto basta consultar a figura 4.24. Não esquecendo-se de que as leituras dos pluviômetros são feitas diariamente às 08 horas, então o valor precipitado até as 08 horas de um dia é computado no dia anterior. Já os registros de pluviógrafos são referentes de 0 às 24 horas.

Os valores de precipitação diária neste período de 1989 a 1998 podem variar muito podendo atingir até 280 mm como aconteceu no dia 27 de maio de 1992.

6.2 Vazão

6.2.1 Eventos selecionados

Através dos níveis registrados pelos linígrafos instalados nos postos fluviométricos e através da curva-chave de cada seção de medição, os valores de níveis são convertidos em vazões instantâneas.

A fim de ilustrar a distribuição das vazões simultâneas das bacias do Anfiteatro, Donato e Turcato e precipitações que as geraram, ao longo dos anos, foram selecionados alguns eventos a partir de 1992, data em que a bacia do Anfiteatro começou a ser monitorada. Esses eventos são apresentados nas Figuras 6.2, 6.3, até 6.19. Deve-se tomar cuidado ao analisar-se os gráficos pois as escalas das ordenadas (vazões) e abscissas (tempo) são diferentes, não sendo possível adotar as mesmas escalas devido à grande variação. As vazões são apresentadas em l/s e a precipitação em intensidade (mm/h). A vazão da bacia do Anfiteatro é multiplicada por 10 e a vazão da bacia do Turcato é dividida por 10, para melhor representação gráfica.

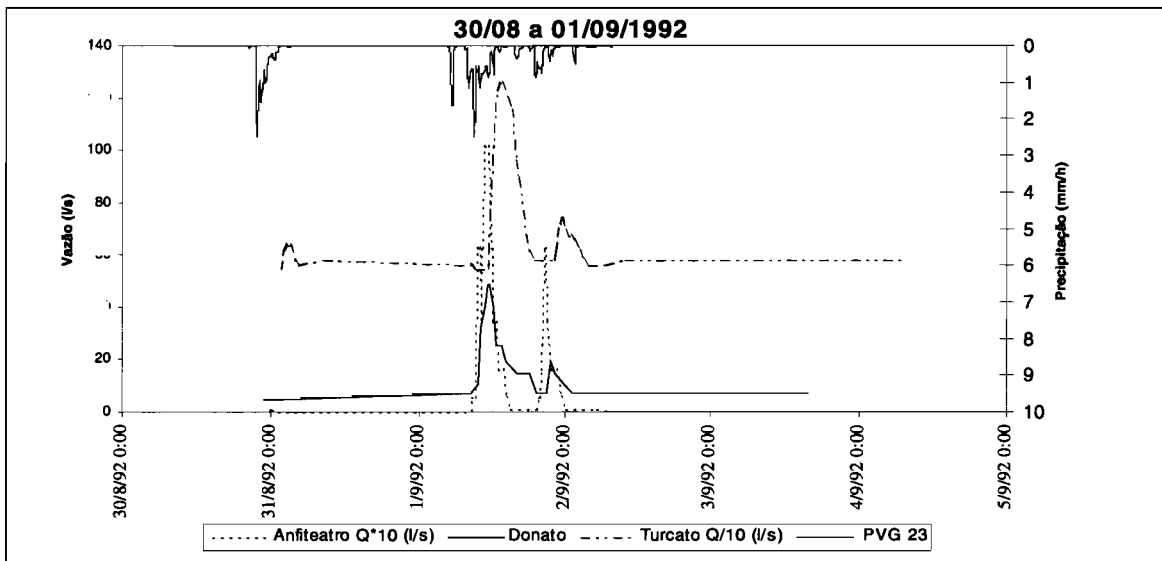


Figura 6.2 - Evento de 30/08 a 01/09/92

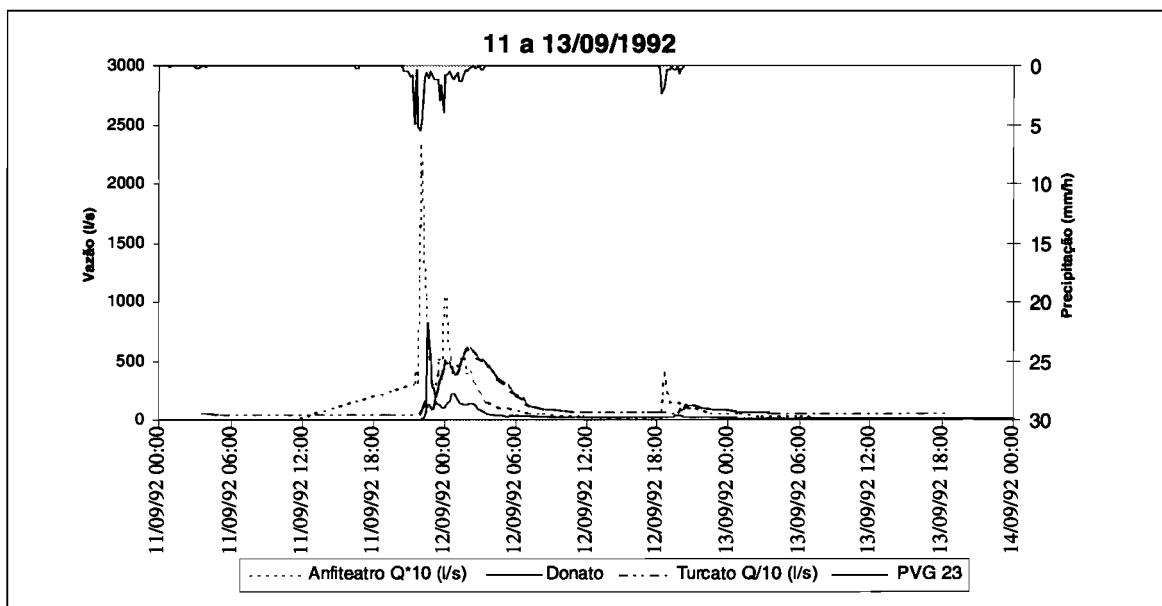


Figura 6.3 - Evento de 18 a 19/09/92

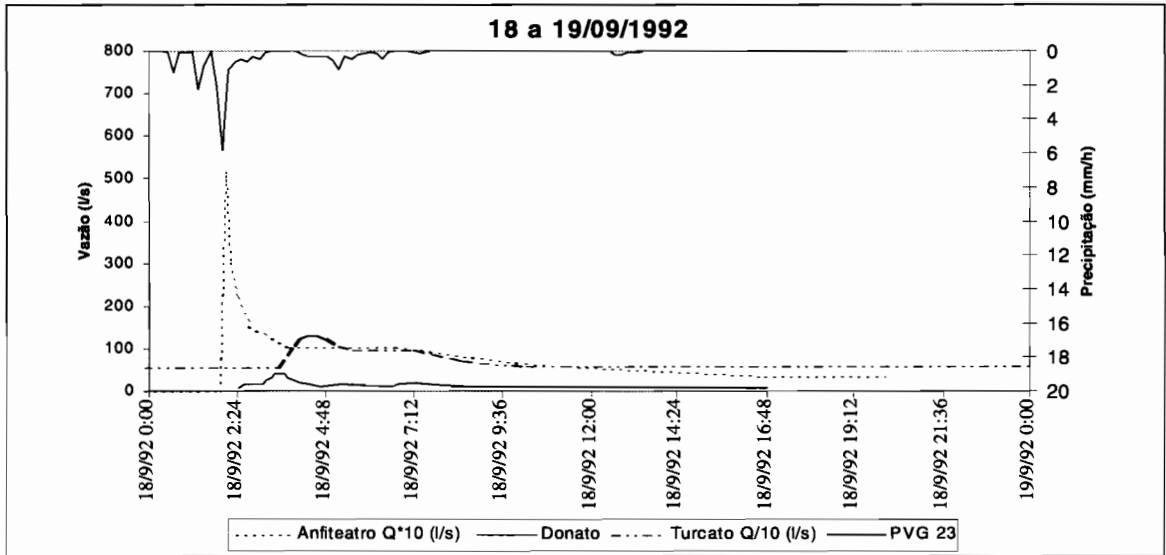


Figura 6.4 - Evento de 18 a 19/09/92

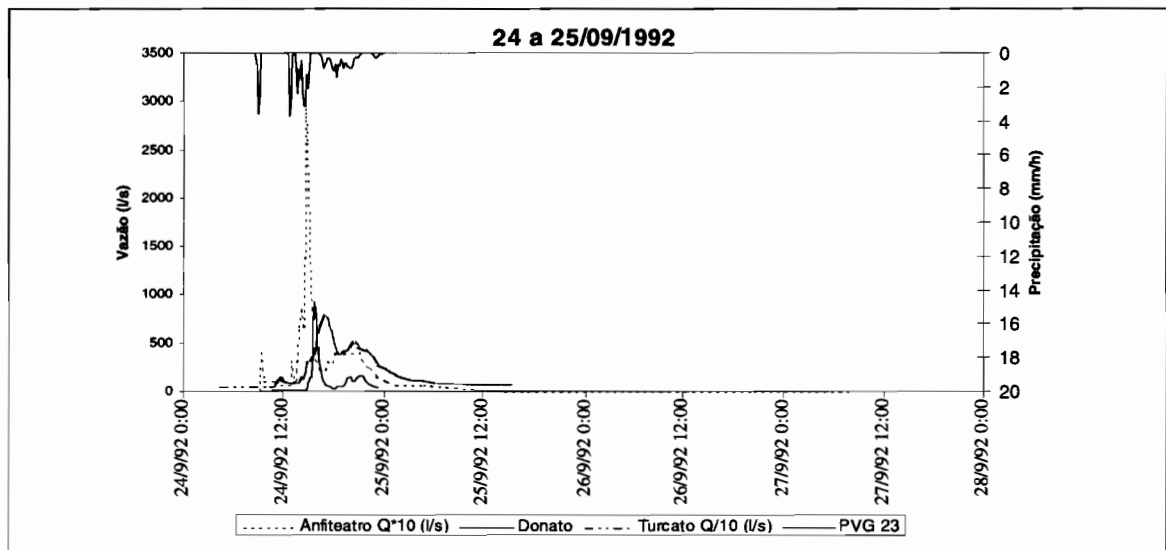


Figura 6.5 - Evento de 24 a 25/09/92

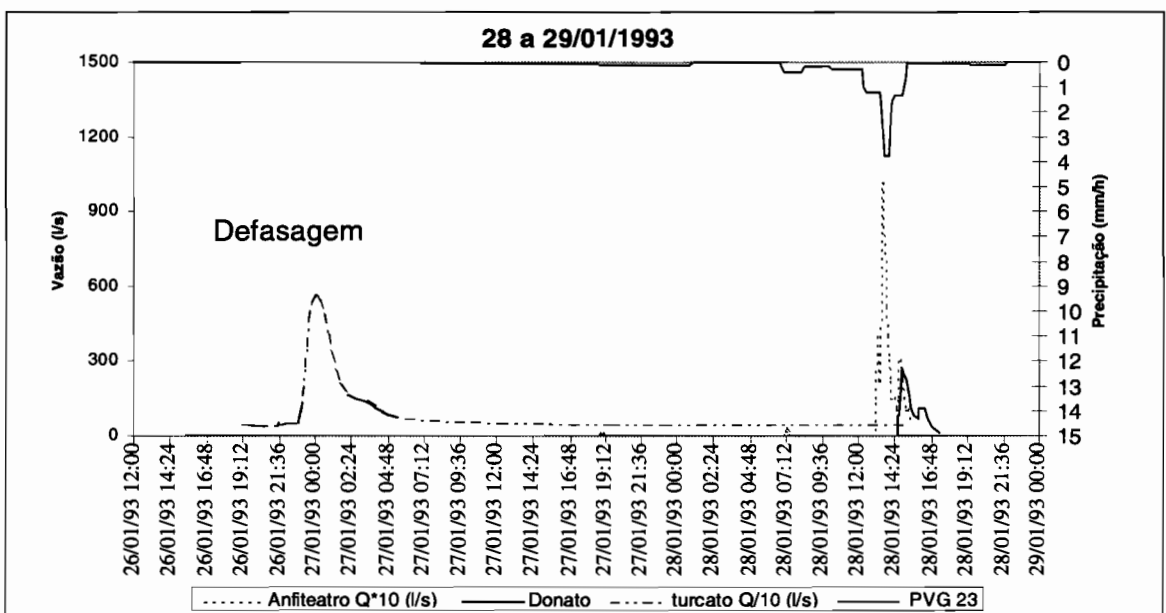


Figura 6.6 - Evento de 28 a 29/01/93

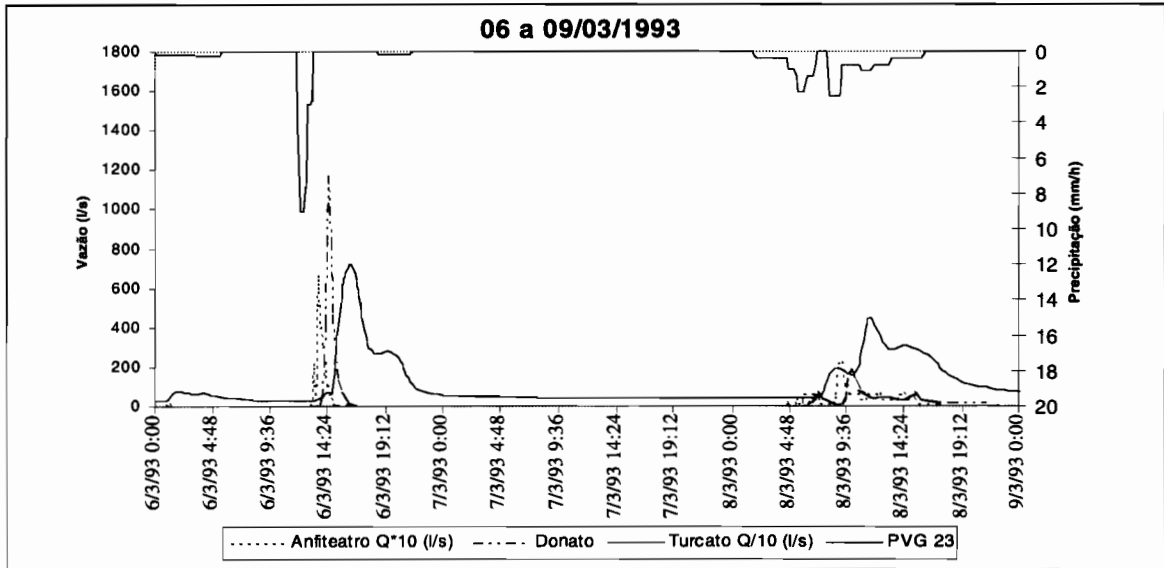


Figura 6.7 - Evento de 06 a 09/03/93

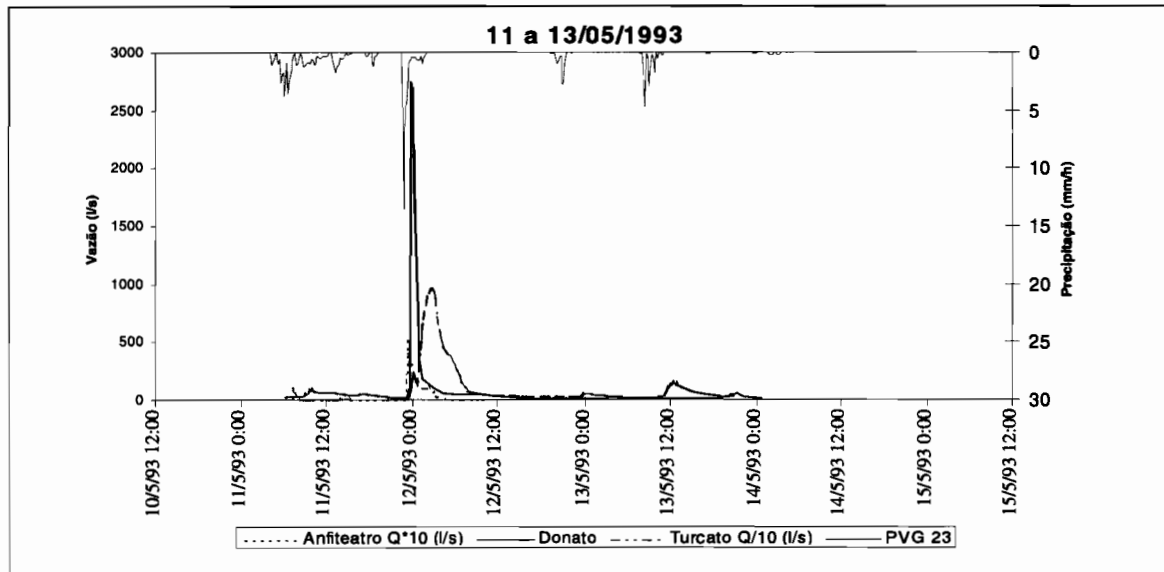


Figura 6.8 - Evento de 11 a 13/05/93

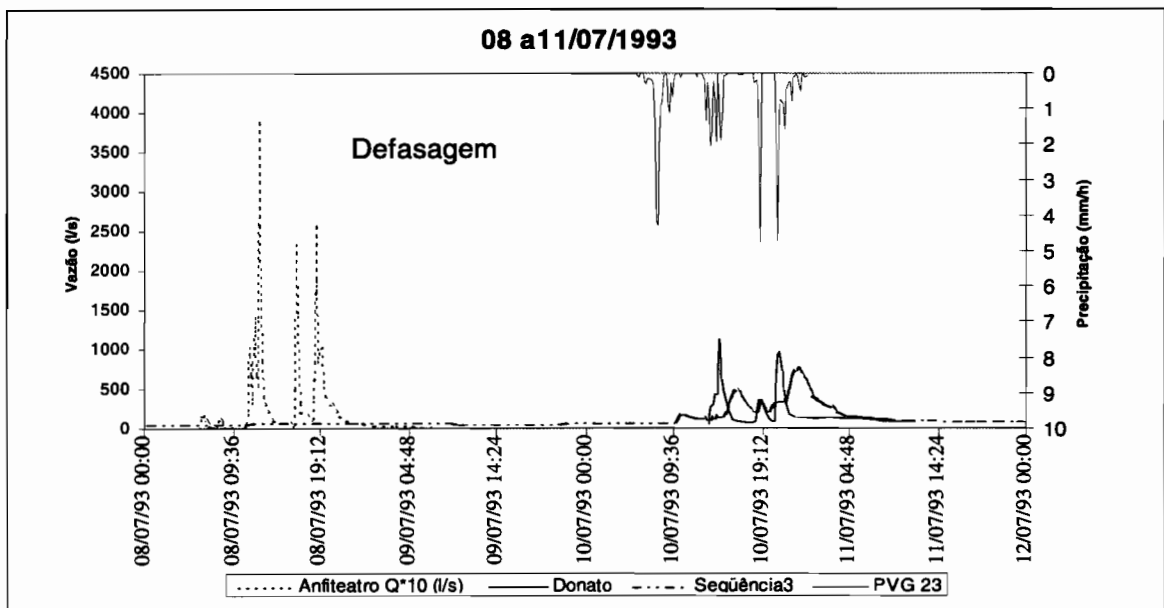


Figura 6.9 - Evento de 08 a 07/07/93

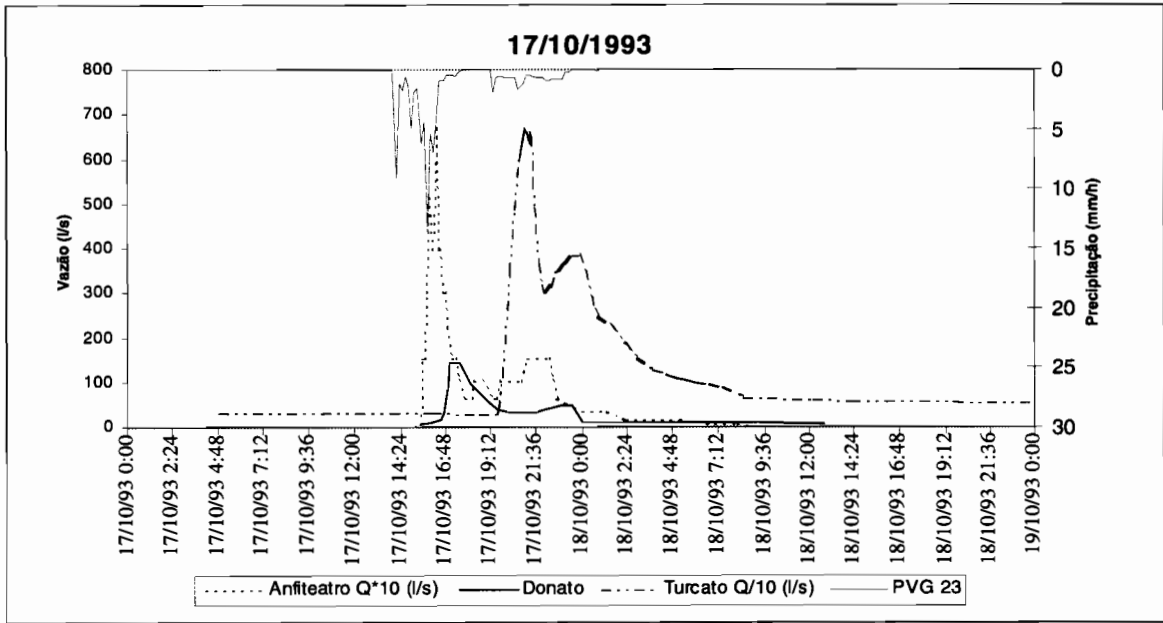


Figura 6.10 - Evento de 17/10/93

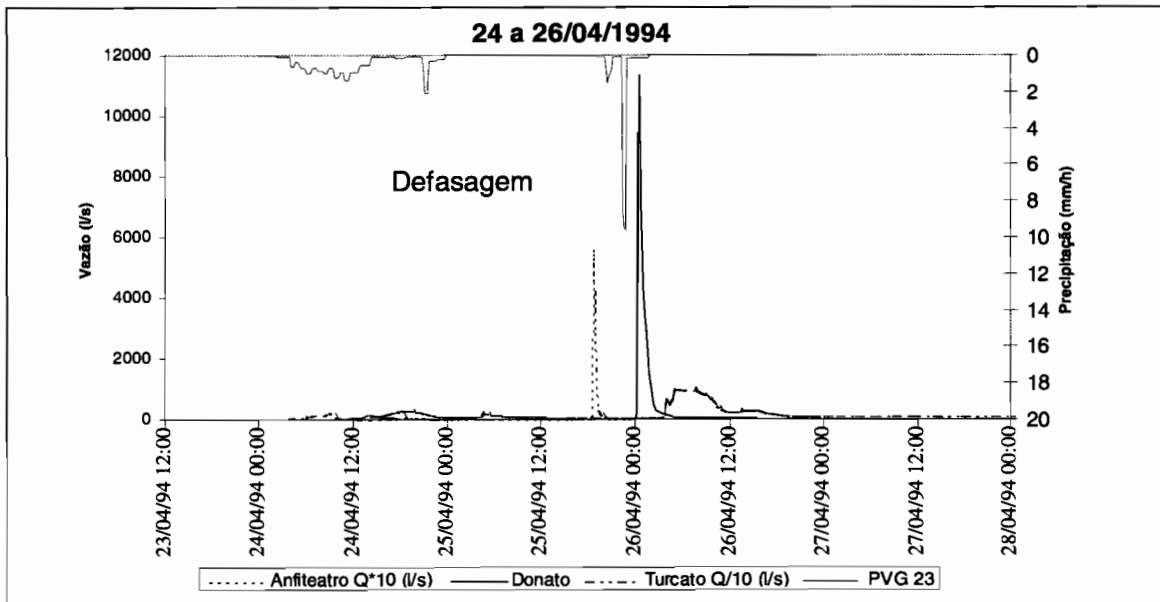


Figura 6.11 - Evento de 24 a26/04/94

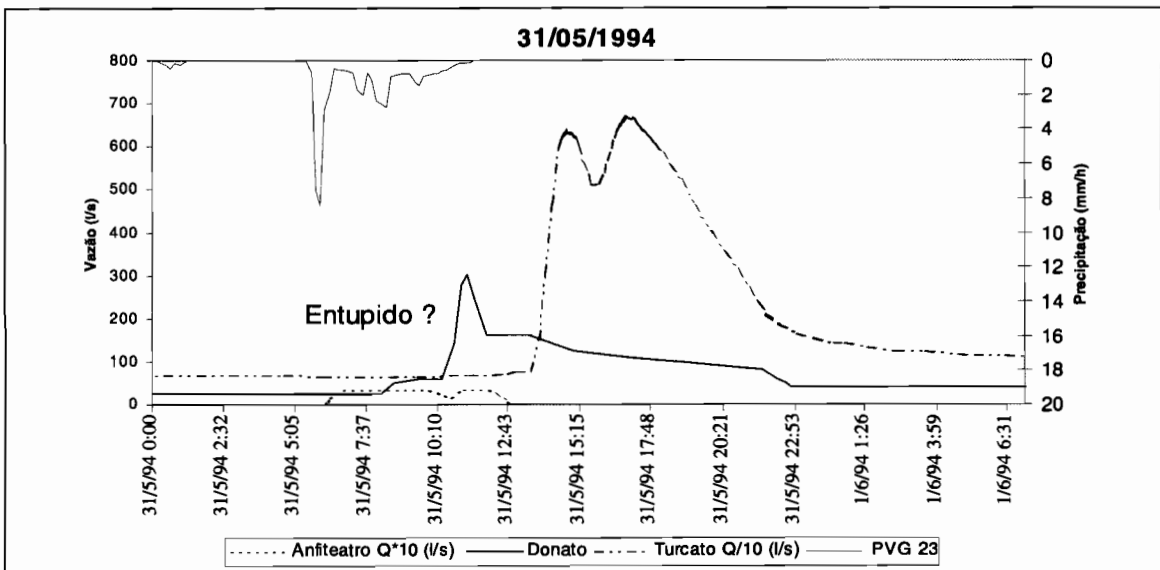


Figura 6.12 - Evento de 31/05/94

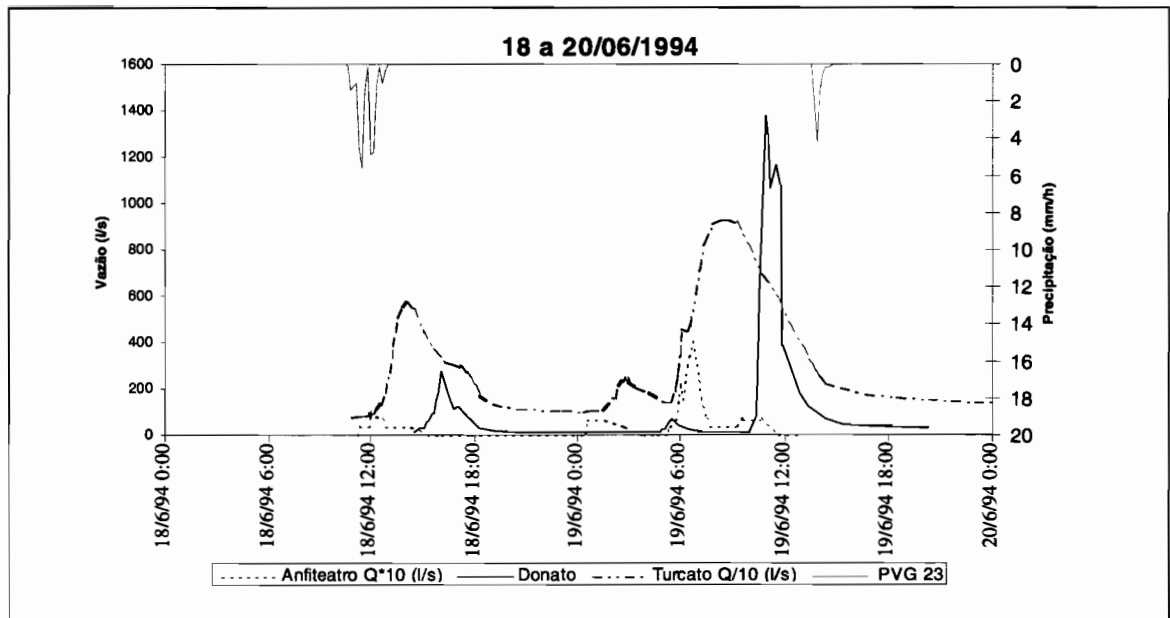


Figura 6.13 - Evento de 18 a 20/06/94

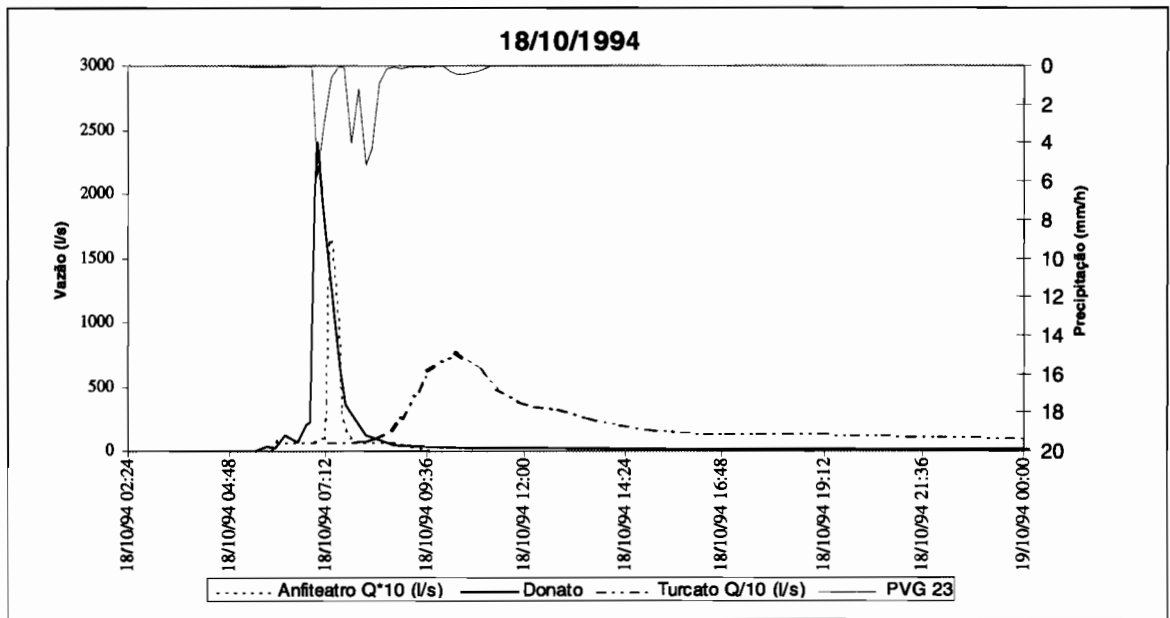


Figura 6.14 - Evento de 18/10/94

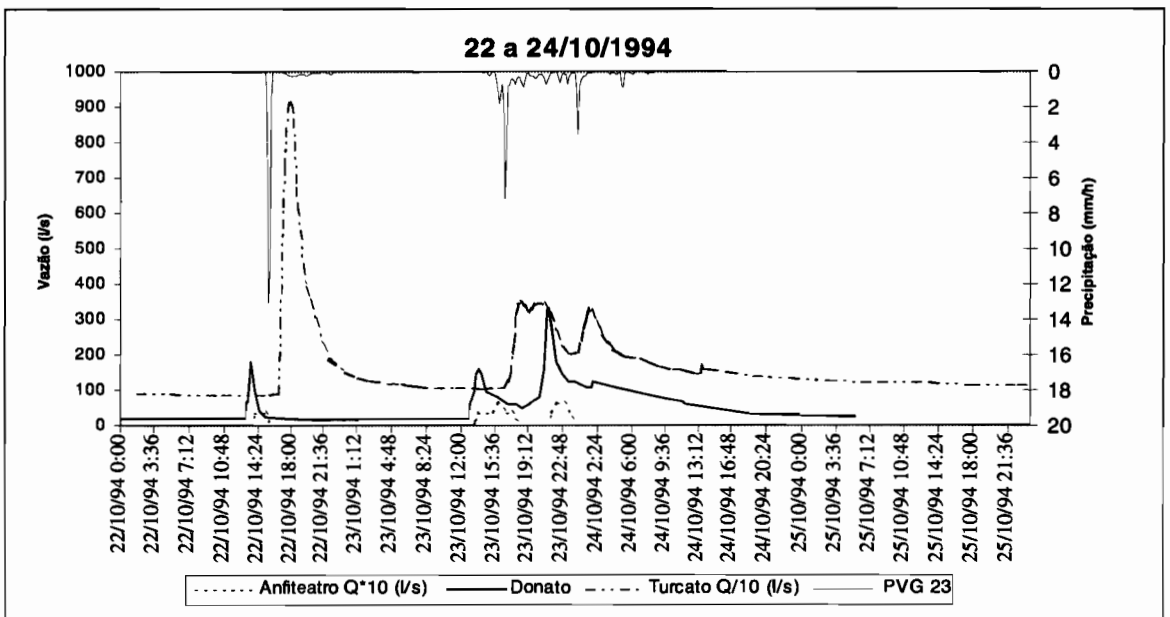


Figura 6.15 - Evento de 22 a 24/10/94

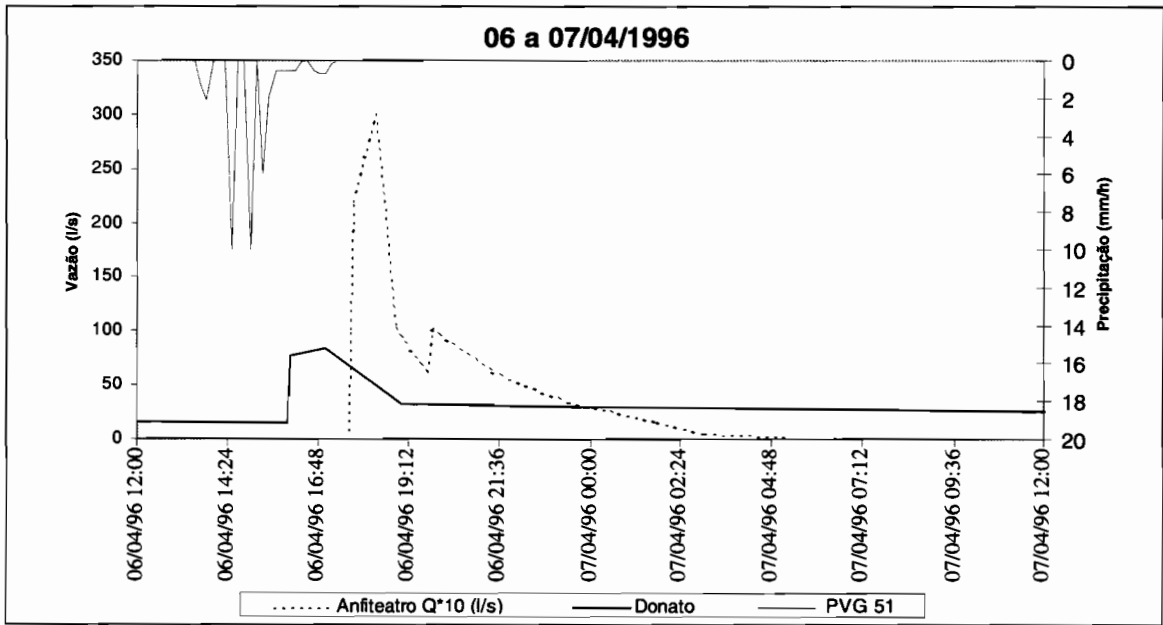


Figura 6.16 - Evento de 06 a 07 /04/96

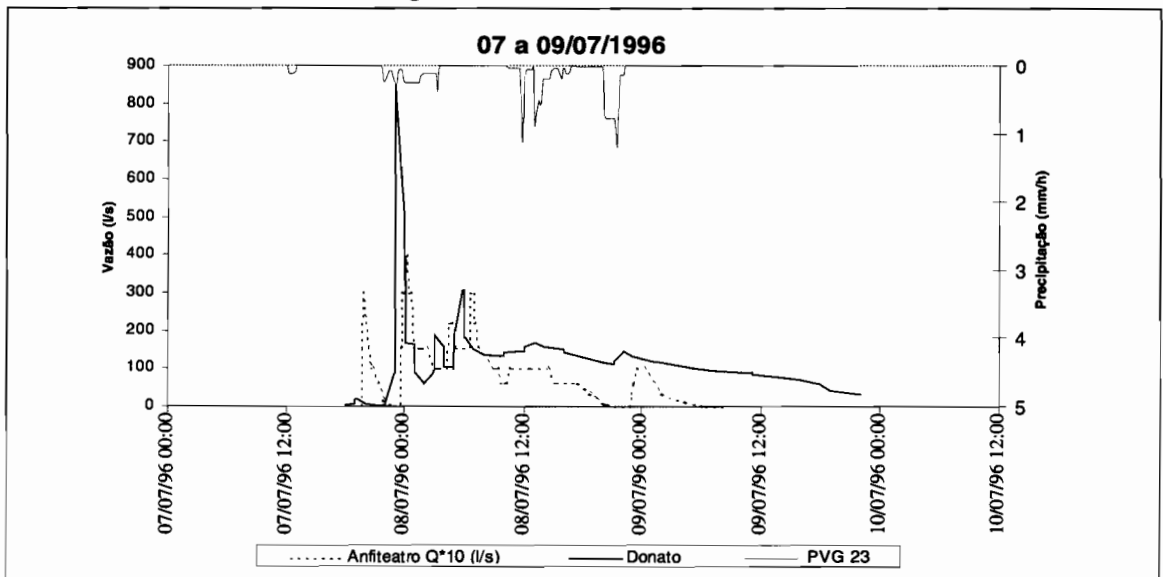


Figura 6.17 - Eventos de 07 a 09 /07/96

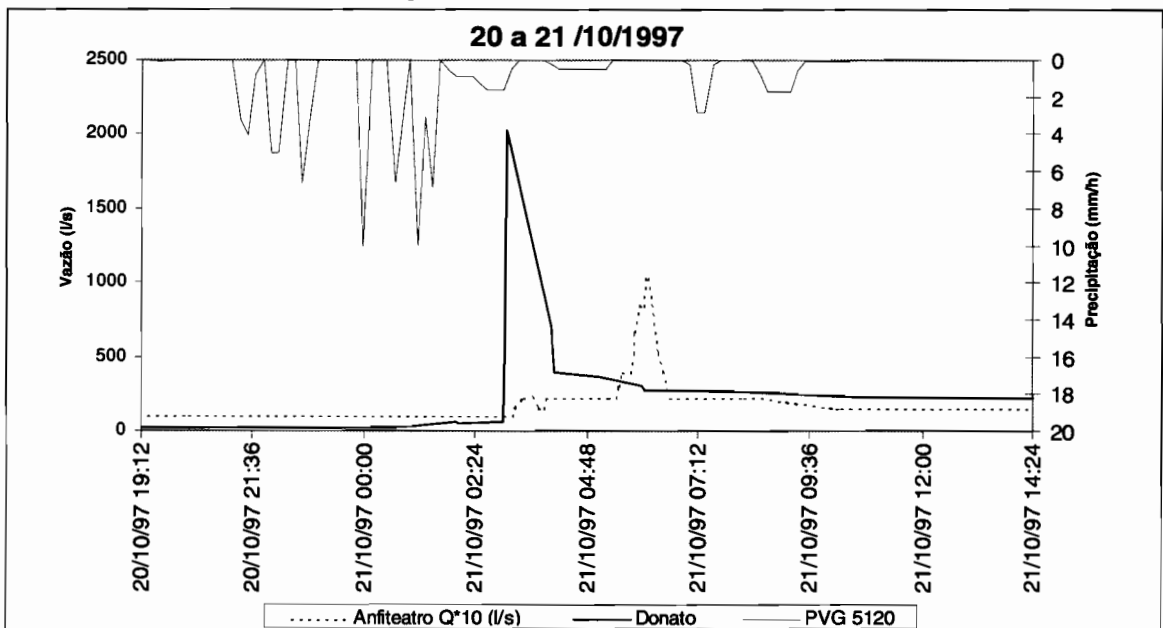


Figura 6.18 - Eventos de 20 a 21 /10/97

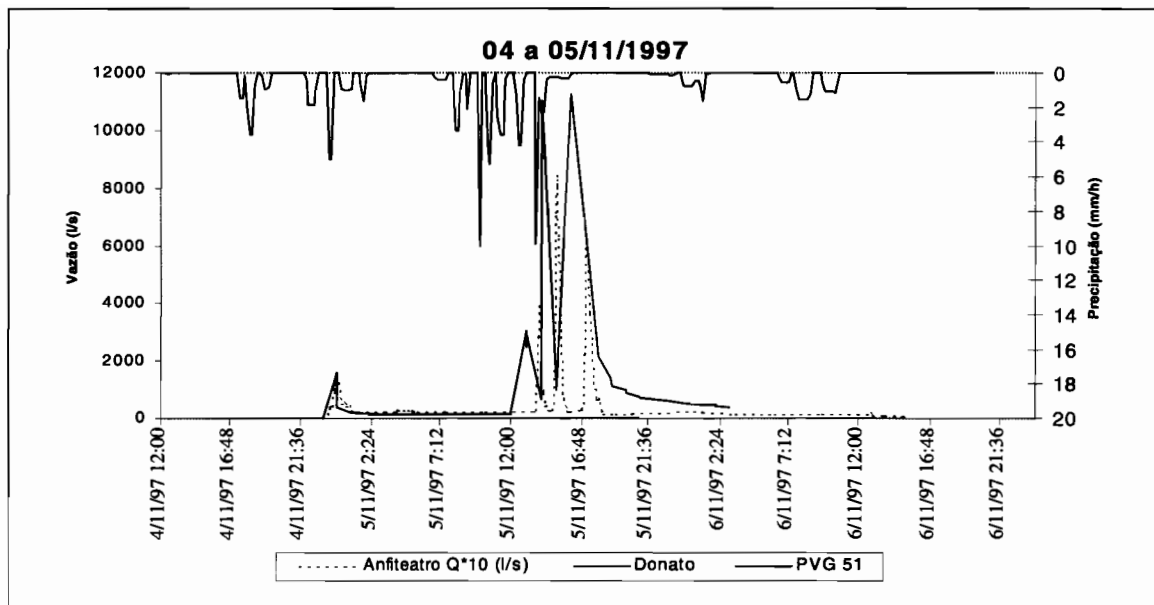


Figura 6.19 - Evento de 04 a 05 /11/97

Alguns eventos que apresentam problema de defasagem horária (Figura 6.6, 6.9, 6.11) foram propositalmente selecionados para ilustrar que esse tipo de problema é comum e deve ser interpretado com cuidado. Esse tipo de erro é causado pelo atraso ou adiantamento do relógio do linígrafo, ou erro no momento da colocação do gráfico, quando o observador coloca o horário ou dia errado. Já na figura 6.13 é o registro da chuva que está atrasado, o hidrograma das três bacias parece coerente, sendo o erro do registro do pluviógrafo. A figura 6.12 apresenta um exemplo também típico de provável entupimento do linígrafo do Anfiteatro, não registrando o pico.

Para as bacias do Rincão e Taboão as vazões não foram calculadas pois não foi possível obter-se a curva-chave.

No volume de anexos, são apresentadas tabelas que contém os mesmos eventos das figuras 6.2 até 6.19, mas de forma discretizada a cada 10 minutos, para facilitar ao usuário que deseja aplicar os dados em modelos hidrológicos.

6.2.2 Vazão média mensal

São apresentados valores médios, máximos e mínimos mensais para as vazões das bacias Anfiteatro, Donato e Turcato, na figuras 6.20. Para o cálculo dessas variáveis foram considerados todos os valores disponíveis. Mesmo quando houve lacuna em um mês, a média, máximo e mínimo foram calculados com base nos valores registrados.

A bacia do Turcato apresenta valores médios mensais de vazão entre 0,35 no mês de abril e 0,77 m³/s no mês de julho. A vazão mensal mínima registrada foi de 0,21 m³/s em abril de 1991 e a máxima mensal de 1,38 m³/s em julho de 1994. Essa vazão máxima é decorrente do fenômeno El Niño de 1992, que se manifestou nos dias 24 e 25 de maio, mas não foi registrado pelo linígrafo, tendo sido este arrastado pela cheia. Em junho reinstalou-se este aparelho e os dados registrados em junho e julho de 1992, ainda são uma resposta à esta cheia. Esses valores influenciaram o cálculo da média mensal, resultando em valores bastante altos para os meses de junho e julho (figura 6.20). Os eventos ocorridos durante o fenômeno El Niño em 1997 e 1998 também não foram registrados pelo linígrafo do Turcato.

A bacia do Donato apresenta valores médios mensais de vazão entre 13,05 l/s no mês de setembro e de 40,85 l/s no mês de junho. A vazão mensal mínima registrada foi de 0,06 l/s em março de 1997 durante um período de seca e de 237,0 l/s no mês de maio de 1992 durante o fenômeno El Niño. Esse fenômeno influenciou o cálculo das vazões médias para os meses de maio e junho, resultando em valores bem altos: 38,6 e 48,8 l/s respectivamente, quando a média dos outros meses é geralmente menor que 20 l/s.

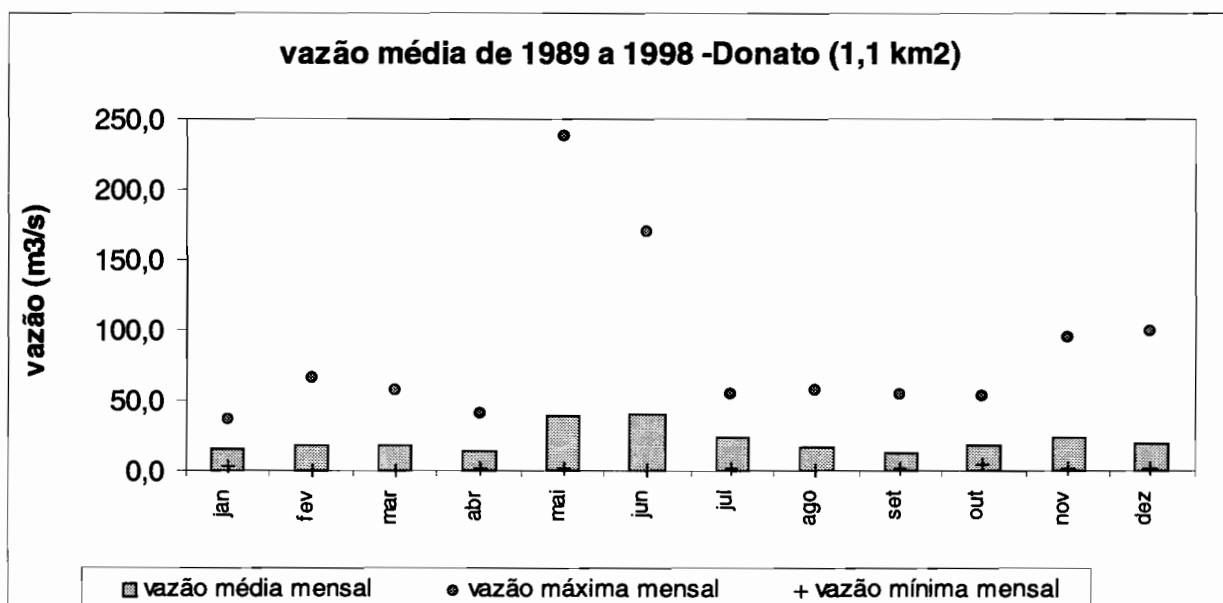
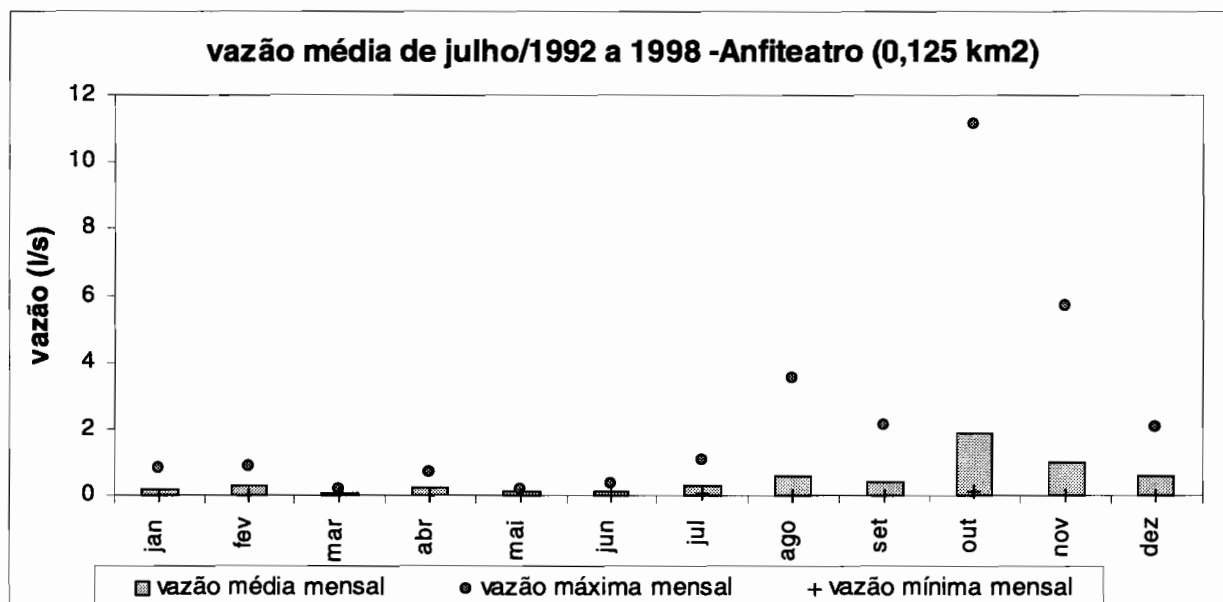
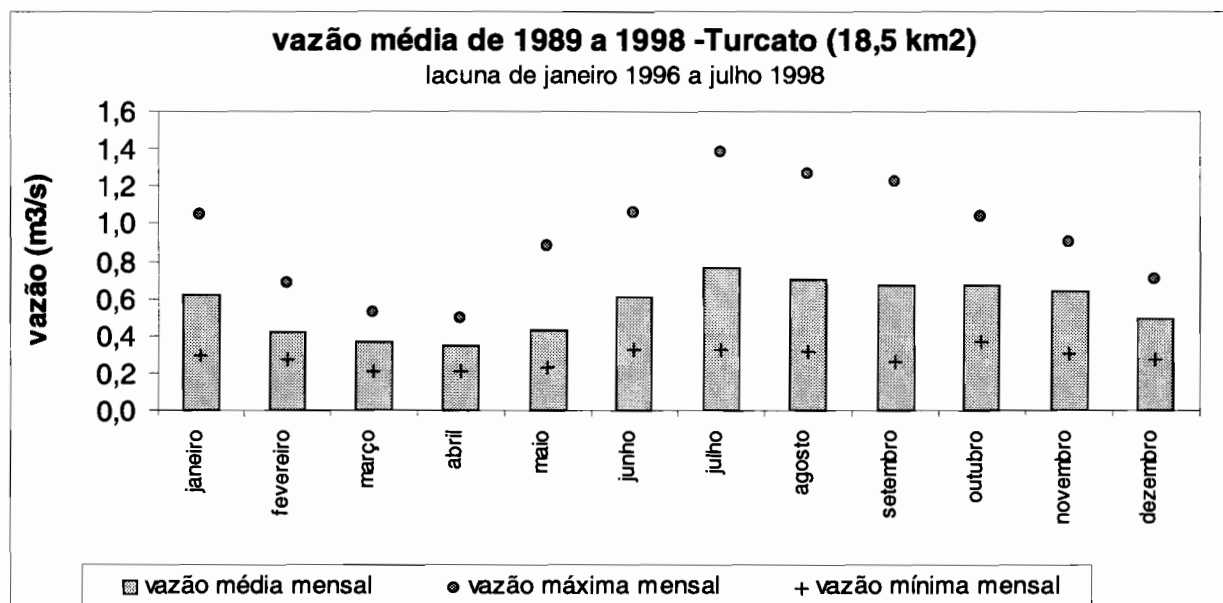


Figura 6.20 - Vazões médias mensais, mín. e máx. mensais das bacias Anfiteatro, Donato e Turcato

A bacia do Anfiteatro apresenta valores médios mensais entre 0,05l/s para o mês de março e de 1,85 l/s para o mês de outubro. Como o Anfiteatro não possui um rio perene, somente há escoamento quando ocorre um evento. As vazões mínimas são zero e a vazão máxima é de 11,1 l/s para o mês de outubro de 1998, enquanto os outros meses apresentam vazão média mensal com menos de 1 l/s. Esses valores são bastante baixos pois, quando não há escoamento, os valores de vazão são nulos, baixando significativamente a vazão média mensal.

Os valores de vazões e precipitações mensais foram utilizados para cálculo dos coeficientes de escoamento totais mensais (relação entre lâminas escoada e precipitada). Os valores médios anuais para estes coeficientes são apresentados na Tabela 6.2.

Tabela 6.2 - Coeficientes de escoamento totais

Ano	Anfiteatro	Donato	Turcato
1990	-	0,61	0,44
1991	-	0,52	0,77
1992	0,21	0,55	0,51
1993	0,05	0,27	0,44
1994	0,03	0,30	0,78
1995	0,01	0,12	0,73
1996	0,06	0,16	-
1997	0,14	0,13	-
1998	0,03	0,39	-
Média	0,07	0,34	0,61

Os baixos valores observados na bacia do Anfiteatro podem ser explicados pela existência de vazões nulas, conforme explicado anteriormente. Além disto, boa parte dos volumes são escoados subsuperficialmente, não sendo registrados na seção de medição, contribuindo para pontos mais a jusante, principalmente após a mudança no preparo e manejo do solo (implantação do plantio direto, em 1994). A bacia do Turcato, devido às suas maiores dimensões, apresenta efeito contrário, com acréscimo na vazão de base, devido à maior contribuição subsuperficial. A bacia do Donato, apresenta valores intermediários, com comportamento mais similar ao do Anfiteatro. Deve-se ainda ressaltar que os coeficientes obtidos são afetados pela presença de anos excepcionalmente úmidos ou secos, conforme comentado anteriormente.

6.2.3 Vazão média anual

A figura 6.21 apresenta as vazões médias anuais para os períodos registrados nas bacias Turcato, Donato e Anfiteatro de 1989 a 1998.

As vazões médias anuais para a bacia do Turcato variam entre 0,34 m³/s para o ano de 1991 e 0,91 m³/s para o ano de 1998. Não foram registrados os eventos provocados pelo fenômeno El Niño 92 nem 97/98.

As vazões médias anuais para a bacia do Donato variam entre 5,34 l/s para o ano de 1995 e 49,33 l/s para o ano de 1992, devido ao fenômeno El Niño que foi totalmente registrado pelo linígrafo dessa bacia. Os registros durante o fenômeno El Niño 97 foram registrado pelo linígrafo, mas a média anual deste ano não foi alta pois no início deste ano de 1997 houve uma seca e os valores foram compensados. Mesmo assim, os valores foram superiores àqueles obtidos nos anos de 1995 e 1996.

As vazões médias anuais para a bacia do Anfiteatro variam entre 0,03 l/s para o ano de 1995 e de 1,70 para o ano de 1997. Esse valor alto refere-se ao fenômeno El Niño que ocorreu em 97. Como ocorreram lacunas no início desse ano, os valores de vazão, que foram baixos devido à seca, não foram considerados no cálculo da média anual, por isso o ano de 1997 foi tão alto para a bacia do Anfiteatro, considerando os últimos meses do ano, já influenciados pelo fenômeno El Niño.

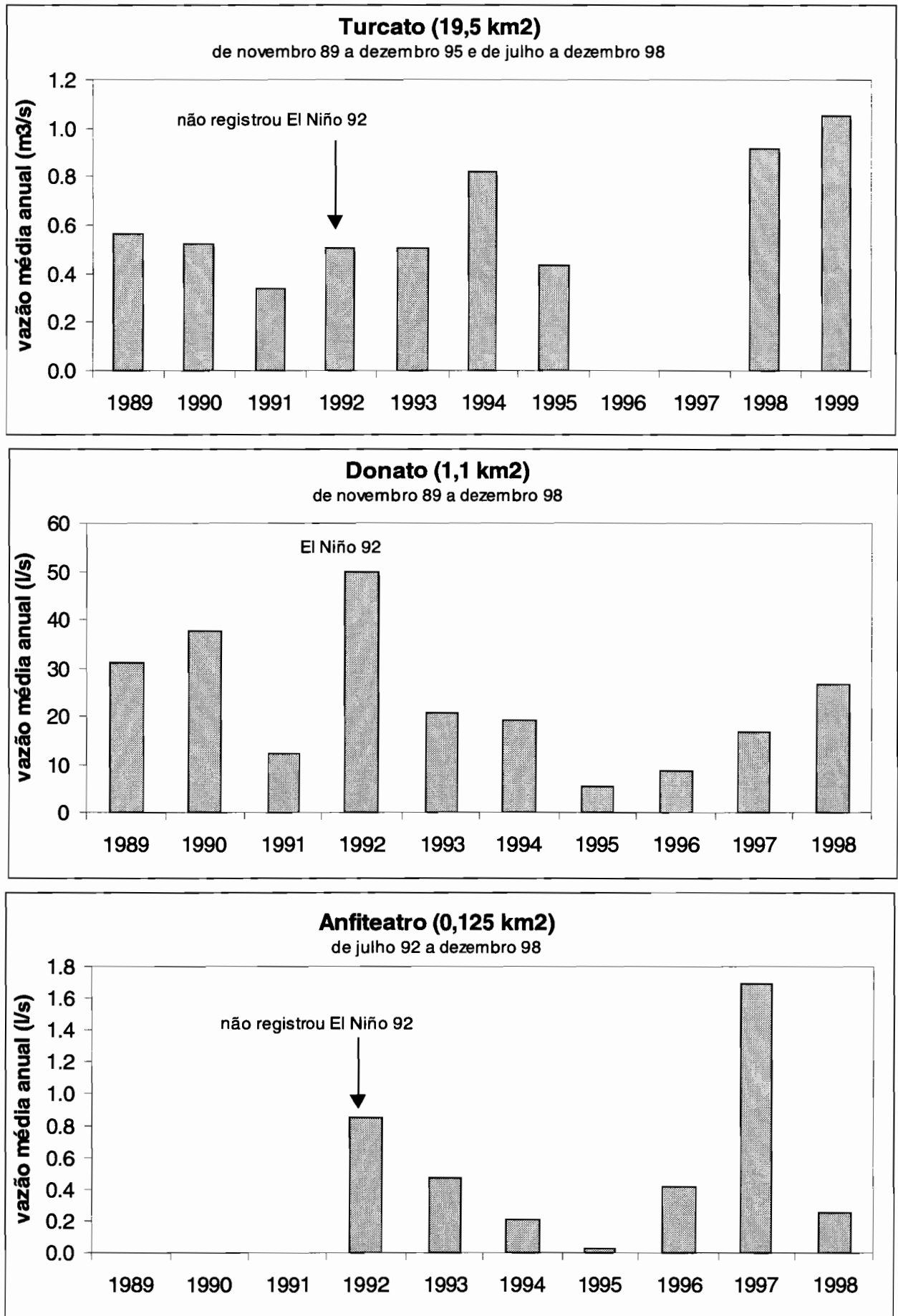


Figura 6.21 - Distribuição das vazões médias anuais das bacias Anfiteatro, Donato e Turcato

6.2.4 Curva de permanência

A figura 6.22 apresenta as curvas de permanência para as bacias Anfiteatro, Donato e Turcato. As curvas foram construídas com valores adimensionais nas ordenadas (vazão média diária/média das vazões médias diárias da série). A escala logarítmica foi escolhida para representar mais claramente as três bacias conjuntamente.

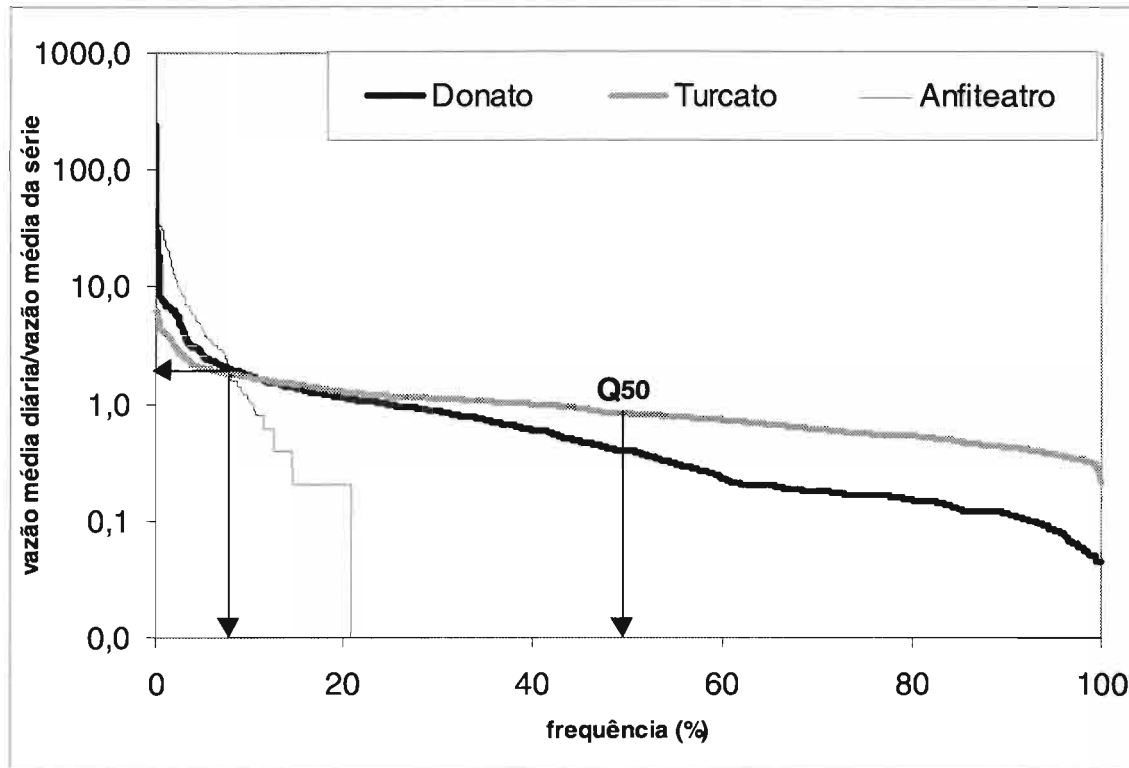


Figura 6.22 – Curva de permanência das bacias Anfiteatro, Donato e Turcato

As curvas têm o comportamento esperado e o efeito escala das três bacias é bem evidente. A maior bacia, o Turcato (19,5 km²) mantém as vazões menores com uma maior frequência devido a seu efeito de regularização. Já os eventos extremos são mais evidentes nas bacias menores, nelas há uma inversão, as vazões mais frequentes são as maiores.

Constatamos neste gráfico um ponto de inflexão comum entre as três curvas. Para valores de $Q/Q_{média}$ de 2,0 e frequência de 8%, temos o mesmo ponto. Isso quer dizer que para este valor exato a curva de permanência independe da escala e fica valendo a proporcionalidade. Essa observação merece maior estudo posterior.

7 - Conclusões

Esta publicação apresenta e comenta os dados fluvio e pluviométricos obtidos na bacia do rio Potiribu de 1989 a 1998. Neste período foram operados 10 pluviômetros, 12 pluviógrafos e 6 linígrafos.

Atualmente, o projeto tem quase 10 anos de dados hidrológicos, sedimentológicos, características do solo, observações, etc. Apesar das lacunas existentes (em torno de 20% durante o período de funcionamento dos linígrafos) e da diminuição do número de pluviógrafos e linígrafos que houve desde o início do projeto, os dados coletados, processados, criticados e armazenados, são confiáveis. Dados dessa natureza são muito difíceis de serem encontrados no Brasil e têm valor inestimável.

O fato das bacias serem embutidas permite o estudo do efeito escala dos processos hidrossedimentológicos. O fato de no início do projeto o solo da bacia ter sido preparado utilizan-

do o preparo convencional e, a partir de maio de 94, utilizando o plantio direto permite uma análise detalhada da influência do plantio direto nesses processos. Estudos dessa natureza, com esses dados, vêm sendo feitos e publicados em revistas especializadas e congressos científicos. Dois boletins informativos, preparados de maneira simplificada, foram elaborados e distribuídos para a comunidade interessada de Pejuçara, localizada dentro da bacia estudada.

Esse tipo de estudo é muito caro pois exige: acompanhamento periódico, com visitas mensais de uma equipe de técnicos e pesquisadores especializados, despesas de viagem (400 km entre Porto Alegre e Pejuçara), manutenção constante dos equipamentos, gráficos novos, análises de laboratório, etc. Além disso, as campanhas intensivas para coleta de dados e elaboração da curva-chave são ainda mais dispendiosas. Com a pequena quantidade de recursos financeiros obtida durante esses 10 anos de projeto, podemos dizer que a continuação desse projeto só foi possível graças ao esforço de várias pessoas (técnicos, pesquisadores, professores, alunos, observadores voluntários) e entidades (CNPq, CAPES, FAPERGS, FINEP, Prefeitura de Pejuçara).

De uma forma geral, pode-se dizer que os solos dessa bacia, latossolo roxo e terra roxa estruturada na sua maior parte, são muito bem drenados, apesar de sua textura muito argilosa (+ 60%). Isso deve-se ao fato dele possuir microagregados, formando macroporos que facilitam a infiltração. Esses solos são conhecidos como falsas areias, devido a sua alta drenagem. Apesar da sua grande infiltração, como essa região é bastante úmida, quando o solo encontra-se parcialmente saturado e ocorre um evento chuvoso, logo ocorre um escoamento superficial, principalmente quando ele não está coberto por vegetação. O mesmo ocorria no intervalo entre a colheita e o plantio, quando essa bacia era preparada com o plantio convencional. Agora, com o plantio direto, esse escoamento superficial tem diminuído e o escoamento sub-superficial aumentado e os rios estão menos carregados de sedimentos.

O tempo entre o pico da chuva e o pico do hidrograma das bacias varia em função da umidade antecedente do solo, da intensidade da chuva, da cobertura vegetal e outros fatores. Mas em geral, só ocorre aumento do nível dos rios para eventos chuvosos superiores a 30 mm.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer aos *ex-coordenadores do Projeto*, professores Marc Pierre Bordas e Raul Dorfman (in memoriam), e professor Carlos Tucci. Agradecemos também a colaboração e dedicação dos *hidrotécnicos do IPH*, tanto pelo trabalho de campo (instalação de equipamentos, manutenção da rede, levantamentos topográficos, medições de vazão, coleta e análise de sedimentos, campanhas intensivas de simulação de chuvas e medição de vazão e inúmeras outras atividades essenciais para a realização deste trabalho) como de laboratório e escritório: Cesar Dias Gonçalves, Luis Gregório Raupp, Bruno Rocha, José Carlos Nunes, Agustin Sanches, Pedro Varni, Cleonei da Silva. O *aluno de Doutorado* Mário Mendiondo colaborou através de suas atividades de trabalho de campo e constantes discussões sobre o funcionamento hidrossedimentológico da bacia, além de colaborar na elaboração da curva-chave (1998) do Turcato. Agradecemos aos *bolsistas* Domingos Lopes, Adelmira Sena, Carlos e Hélio Ricardo, que processaram os dados coletados no campo, tornando-os de fácil acesso. Nossos sinceros agradecimentos aos *observadores* atuais do projeto, pois sem eles não seria possível o monitoramento dos dados pluviométricos: Edi Wilsemann, Eliane Moraes, Euzébio Zambão, Fátima Zambra, Janete Rodrigues, Luíza Pico, Mari Zanetti, Maurício Zambão, Telmo Maroso, Zelonir Botega. A todos aqueles que já foram observadores do projeto e aos *proprietários de terras* que gentilmente nos permitem a instalação de aparelhos e experimentos em suas terras (Antoninho Zambra, Chico Turcato, Costa Beber). Agradecemos igualmente à *Prefeitura de Pejuçara* que sempre apoiou e colaborou com o Projeto, cedendo máquinas e pessoal qualificado para obras, sala na Prefeitura para instalação de laboratório, participando de reuniões com a comunidade e a equipe do Projeto e tantas outras colaborações.

Agradecemos também ao apoio financeiro para o projeto e bolsas de pesquisa das entidades: CNPq, CAPES, FAPERGS, FINEP, e ao apoio operacional: IPH, Prefeitura de Pejuçara, UNIJUÍ.

Referências bibliográficas

- BORGES A. L. DE O., BORDAS M.P. - 1988. **Choix de bassins représentatifs et expérimentaux pour l'étude de l'érosion sur le plateau basaltique sudaméricain. Sediment Budgets (proceedings of the Porto Alegre Symposium)**. IAHS Publ. 174, 161-169.
- BOYER J.F., CRESPIY A., DIEULIN C., GUISCAFRE J., RAOUS P. - 1991. **PLUVIOM, Software de gestão de dados pluviométricos. Manual de uso**. ORSTOM, Montpellier.
- CASTRO, N.M.R. - 1996. **Ruissellement et érosion sur des bassins versants de grande culture du plateau basaltique du sud d u Brésil (Rio Grande do Sul)**. Thèse doctorat Univ. L. Pasteur, Strasbourg, 224p.
- CASTRO N.M.R., AUZET A.V., BORDAS M. P., CHEVALLIER P., LEPRUN J.-C., MIETTON M. - 1997. **Ecoulement et transfert de sédiments dans les bassins versants de grande culture sur basalte du Rio Grande do Sul (Brésil)**. In: International Association of Hydrological Sciences 5th Scientific Assembly, S6-Human Impact on erosion and sedimentation, editado por D.E. Walling e J.-L. Probst, Rabat (Marroc), pp. 65-73.
- CHEVALLIER P. - 1993. **Projeto Potiribu-Dados básicos de fluviometria e pluviometria**, Recursos Hídricos n. 26, Porto Alegre, 49 p.
- CHEVALLIER P. - 1991. **As precipitações na região de Cruz Alta e Ijuí - RS - Brasil**. IPH-UFRGS, Recursos Hídricos Publ. 24.
- CAUDURO F.A., DORFMAN R. - 1986. **Manual de ensaios de laboratório e de campo para irrigação e drenagem**. Proni, IPH-UFRGS, Gráfica e editora Pallotti, 216 p.
- CHEVALLIER P., DHEIN R.A - 1993. **Les précipitations exceptionnelles des 26 et 27 mai 1992 dans la région d'Ijuí (Rio Grande do Sul, Brésil)**. *Cruces est sécheresses*, no. 3, vol 4, p. 159-164.
- COCHONNEAU G. - 1991. **HYDROM, Sistema de banco de dados hidrométricos. Manual do usuário**. ORSTOM, Montpellier.
- FRENCH R.H. - 1985. **Open-channel Hydraulics**. Mac Graw Hill Book-Co, Singapore, 706 p.
- HENDERSON F.M. - 1966. **Open channel flow**. Mac Millan Company, New York, 522 p.
- JACCON G., CUDO K.J. - 1989. **Curva-chave: análise e traçado**. Brasília, DNAEE, 273 p.
- LANCASTRE A. - 1972. **Manual de hidráulica geral**. Edgard Blücher, Ed. da Universidade de São Paulo, São Paulo, 412 p.
- MUSY A., SOUTTER M. - 1991. **Physique du sol**. Lausanne, Presses Polytechniques et universitaires romandes, 335 p.,
- PEDROLLO, O C. - 1997. **Gerenciamento de Dados Contínuos: Manual do Usuário: Versão 1.0**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. 58p.
- PREVEDELLO C.L. - 1996. **Física do Solo com problemas resolvidos**. Curitiba, Sociedade atônoma em estudos avançados em física do solo, 446 p.
- ROCHE M. 1963. **Hydrologie de surface**. Gauthier-Villars, ORSTOM, Paris, 430 p.



Editoração e Impressão: Gráfica UFRGS
Rua Ramiro Barcelos, 2705 - 1º andar
Fone: 316 5088 Fax: 316 5083 - Porto Alegre - RS
E-mail: grafica@vortex.ufrgs.br

Programação Visual e Editoração: Aline Barreto Ilha

Recursos Hídricos - Publicação

1. A. E. Lanna (1981): Optimal weekly releases from multireservoir system.
2. S. J. de Luca (1981): Removal of organic compounds by oxidation-coagulation with potassium ferrate.
3. C. E. Tucci, J. Sanchez e M. Simões Lopes (1982): Modelo matemático precipitação-vazão IPH II.
4. A. E. Lanna (1982): Operação estratégica de reservatórios para suprimento hídrico e controle de cheias.
5. G. L. da Silveira, A. L. Lanna e A. F. Maurer (1983): Sistema de processamento de dados em microcomputador para estudos de regionalização.
6. J. C. Motta Jr. e C. E. Tucci (1983): Avaliação do efeito da urbanização no escoamento através de modelo hidrológico.
7. N. Luna Caicedo (1983): Identification of aquifer parameters using transient observation and the discrete Kernel approach.
8. J. Sanchez e M.S. (1984): Regionalização de hidrogramas unitários para bacias urbanas do sul do Brasil.
9. L. E. de Almeida (1984): L'action de la houle sur les sables dans la zona du déferlement: exemple pour la côte aquitaine.
10. M. P. Bordas e A. E. Lanna (1984): Problemas de utilização e controle dos recursos hídricos do Brasil.
11. H. X. Corseuil e S. J. de Luca (1985): Cartão ativado: Uma nova tecnologia no tratamento da drenagem ácida de minas de carvão.
12. A. B. Casalas (1985): Modelo matemático de correntologia do estuário do Rio Guaíba.
13. J. C. Strauch e N. Luna Caicedo (1985): Modelo Numérico da onda cinemática para a fase de avanço da irrigação superficial em uma faixa de terra inclinada.
14. C. E. Tucci e R. L. da Silveira (1985): Análise de consistência de dados fluviométricos.
15. J. A. Louzada, N. Luna Caicedo e F. A. Cauduro (1986): Modelos matemáticos aplicados à drenagem subsuperficial das várzeas do Rio Grande do Sul.
16. R. Dorfman (1986): Planning of irrigation systems under conditions of scarce data.
17. A. E. Lanna (1987): Técnicas recursivas dos mínimos quadrados: aplicação a previsões hidrológicas.
18. C. E. Tucci e A. S. J. Krebs (1987): Zoneamento de áreas inundáveis.
19. A. M. Awruch (1988): As equações de dinâmica dos fluidos em coordenadas curvilíneas generalizadas.
20. C. E. Tucci, E. Zamanillo e H. D. Pasinato (1989): Sistema de simulação precipitação-vazão IPHSI.
21. A. E. Lanna e M. Schwarzbach (1989): MODHAC - Modelo hidrológico auto-calibrável.
22. M. A. Stringuini (1989): Contribution methodologique a la stratégie decisionelle pour les etudes d'impact sur l'environnement: a propos du cas des bassins hydrographiques du Brésil.
23. A. M. Oestreich (1990): Uma avaliação da eficiência de lagoas de estabilização implantadas no estado do Rio Grande do Sul.
24. P. Chevallier (1991): As precipitações na região de Cruz Alta e Ijuí - RS - Brasil.
25. Analysis of potential climate changes in the Uruguay river basin (1991).
26. P. Chevallier, M. P. Bordas, A. L. da Silveira, A. M. Sanchez Y Vacas, C. D. Gonçalves, L. G. Raupp, N. Castro, D. A. Lopes e A. Sena (1993): Projeto Potiribu: Dados básicos de fluviometria e pluviometria.
27. N. O. Luna Caicedo e J. S. Ramseyer (1993): Sistema para dimensionamento de micro-drenagem urbana: IPHU 1
28. Resumo das dissertações de 1969-1992.
29. A. E. Lanna (1993): Gerenciamento de bacia hidrográfica: Conceitos, princípios e aplicações ao Brasil.
30. J. A. Louzada e L. F. Beltrame (1994): Equações para drenagem subsuperficial de áreas agrícolas: Sistema Drensub
31. L.F. Beltrame, J. A. Louzada, A. E. Lanna, F. A. Cauduro, S. M. da Rosa e T. L. de Miranda (1994): Evapotranspiração potencial no Rio Grande do Sul.
32. L. F. Beltrame e J. A. Louzada (1996): Caracterização físico-hídrica dos solos formadores da várzea arrozeira do Rio Grande do Sul.
33. A. Borche Casalas (1996): IPH-A Aplicativo para modelação de estuários e lagoas: manual de utilização do sistema.
34. O. C. Pedrollo (1997): GEDAC: Gerenciamento de dados contínuos.