

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRAULICAS

ESTUDO DO POTENCIAL HIDROENERGÉTICO NA BACIA HIDROGRAFICA DO RIO
PARDINHO - RS, PARA VIABILIZAR INSTALAÇÕES HIDROELÉTRICAS DE
PEQUENO PORTE ATENDENDO RESIDÊNCIAS RURAIS ISOLADAS.

LUIZ SILVIO SCARTAZZINI

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia
de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção
do título de Mestre em Engenharia.

Porto Alegre, Maio de 1993

APRESENTAÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido no programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob a orientação do Prof. Dr. Antonio Eduardo Leão Lanna da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Em reconhecimento ao auxílio, apoio e orientação recebidos durante o período de tempo dedicado a este trabalho, desejo expressar meus sinceros agradecimentos aos seguintes órgãos, instituições e pessoas:

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Programa de Capacitação Docente - CAPES PICD, pela concessão da bolsa de pesquisa;

A Fundação de Amparo à Pesquisa no Rio Grande do Sul - FAPERGS e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq - pelas bolsas de Iniciação Científica concedidas ao projeto "Estudo do Potencial Hidroenergético na Bacia do Rio Pardo-RS", sem as quais o levantamento expedito não teria sido levado a efeito.

A Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC - minha escola de origem, pela força moral e financeira concedida durante o período de afastamento;

A Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS - em especial ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas - IPH - nas pessoas dos professores e funcionários, pela seriedade e dedicação profissional ali encontrados;

Ao Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica e Companhia Estadual de Energia Elétrica, pelo fornecimento de informações e literaturas necessárias ao desenvolvimento do trabalho;

Ao professor orientador, Prof. Antonio Eduardo Lanna e também ao Prof. Dr. Anildo Bristoti do Programa de Pós-Graduação da Engenharia Mecânica desta UFRGS, pelo tempo que ambos dedicaram à assistência deste trabalho;

A Equipe de Pesquisas Limnológicas da UNISC, os monitores Márcio, Naiara, Valmor, Alvaro, Sarita, Luis Alberto e Claudio, pelo auxílio e determinação no levantamento dos dados de campo;

A turma do Sensoriamento Remoto da UFRGS, na pessoa do Prof. Dr. Vitor Haertal e dos funcionários José Carlos, Laurindo, Alfonso e Régis, pela oportunidade oferecida e pelo acompanhamento proporcionado na orientação do trabalho;

A minha esposa Sarita e aos meus filhos Cristiano e Renata em reconhecimento pela compreensão dos dias em que precisei estar ausente.

A todos, o meu reconhecimento e gratidão.

RESUMO

O presente estudo, realizado na bacia do Rio Pardinho, analisa a viabilidade de suprimento de energia elétrica à residências isoladas, através de geração em Micro-centrais Hidroelétricas a fio d'água. Através de levantamento de campo foram inventariadas 204 quedas de água com capacidade de gerar 70,8 Mwh ao mês de energia, nesta mesma bacia hidrográfica onde foram localizadas 171 residências desabastecidas de eletricidade.

Também é demonstrada uma técnica empregando o Sistema Geográfico de Informações para localizar sítios com potencial gerador de energia elétrica na micro-bacia do Arroio São João, onde estes resultados são comparados com os que foram obtidos em campo.

Leis orgânicas que norteiam aproveitamentos racionais dos recursos hídricos, compatibilizando com a preservação ambiental, são sugeridas.

ABSTRACT

This study, carried out in the River Pardinho Basin, analyses the feasibility of supplying electricity to isolated houses, by generating hidropower in small run-of-the-river plants. A field survey did an inventory of 204 water falls with a capacity of generating 70.8 Mwh energy /month, in the same river basin where 171 homes were found which were not connected to any power grid.

A technique was also developed to locate potencial hidropower generation sites using GIS - Geographic Information System - in the Arroio São João microbasin. The results are compared whit those obtained in the field.

Organic laws are suggested to guide rational development of water resources, making it compatible with environmental conservation.

SUMARIO

1 - INTRODUÇÃO	01
2 - OBJETIVOS	05
3 - REVISÃO BIBLIOGRAFICA	06
3.1 - A fome de energia na sociedade de consumo	06
3.2 - Geração de energia e meio ambiente	07
3.3 - As pequenas centrais hidroelétricas	11
3.4 - A função social da eletricidade	18
3.5 - A bacia hidrográfica do Rio Pardinho (BRP)	20
3.6 - O SGI (Sistema Geográfico de Informações)	32
4 - METODOLOGIA	36
4.1 - Cartografia	36
4.2 - Codificação numérica dos canais	37
4.3 - Expedições ao campo	39
4.4 - SGI aplicado na localização de pontos de potencial hidroenergéticos na Bacia Hidrográfica do Arroio São João	54
4.5 - Regionalização de vazões	63
5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	66

5.1 - Parte I: Nascente	66
5.2 - Parte II: Bacia do Rio Pequeno	70
5.3 - Parte III: Região Média do Rio Pardinho	73
5.4 - Parte IV: Região da Foz do Rio Pardinho	77
5.5 - Resultados do SGI	78
6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	85
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92

SUMÁRIO DOS ANEXOS

ANEXO A1 - Região da Nascente do Rio Pardinho	1
ANEXO A2 - Região Formada pela Sub-bacia do Rio Pequeno	9
ANEXO A3 - Região Média da Bacia do Rio Pardinho	16
ANEXO A4 - Região da Foz do Rio Pardinho	23

LISTA DE FIGURAS

Fig. 3.1 - Localização do Rio Pardinho no Estado do Rio Grande do Sul	21
Fig. 3.2 - Perfil longitudinal do Rio Pardinho	22
Fig. 3.3 - Rede hidrográfica da bacia do Rio Pardinho	24
Fig. 3.4 - Localização do posto fluviométrico na estação de captação da CORSAN (escalas, RN, secção de medição e observador)	26
Fig. 3.5 - Linigrama das médias mensais do Rio Pardinho no período de 1940 a 1979	27
Fig. 3.6 - Histograma das médias anuais das cotas do Rio Pardinho no período de 1940 a 1979	28
Fig. 3.7 - Hidrograma do Rio Pardinho no período de 1940 a 1979	29
Fig. 3.8 - Localização da bacia do Rio Pardinho no mapa político da região	31
Fig. 4.1 - Localização geral do posto em Alto Rio Pardinho ...	41
Fig. 4.2 - Localização do posto fluviométrico em Alto Rio Pardinho (escalas, RN, secção de medição e observador)	42

Fig. 4.3 - Perfil transversal da secção de medição do posto fluviométrico em Alto Rio Pardinho	43
Fig. 4.4 - Localização geral do posto em Sinimbu	44
Fig. 4.5 - Localização do posto fluviométrico em Sinimbu (escalas, RN, secção de medição e observador)	45
Fig. 4.6 - Perfil transversal da secção de medição do posto fluviométrico em Sinimbu	46
Fig. 4.7 - Localização geral do posto na captação da CORSAN ..	48
Fig. 4.8 - Perfil transversal da secção de medição do posto fluviométrico de Santa Cruz - Captação da CORSAN	49
Fig. 4.9 - Localização geral do posto da foz - Vera Cruz	50
Fig 4.10 - Localização do posto fluviométrico em Vila Progresso - Vera Cruz (escalas, RN, secção de medição e observador)	51
Fig 4.11 - Perfil transversal da secção de medição do posto fluviométrico em Vila Progresso - Vera Cruz	52
Fig 4.12 - Bacia hidrográfica do Arroio São João com a numeração de seus canais	55
Fig 4.13 - Localização das quedas de água encontradas através de expedições realizadas à bacia do Arroio São João	56
Fig 4.14 - Localização dos moradores cujas residências não possuem energia elétrica	57
Fig 4.15-a - Localização pelo S.G.I. dos sítios com potencial hidroenergéticos	61

Fig 4.15-b - Associação dos sítios identificados com a rede hidrográfica	61
Fig. 5.1 - Localização das quedas de água na nascente do Rio Pardinho	68
Fig. 5.2 - Localização das residências sem eletricidade situados na nascente do Rio Pardinho	69
Fig. 5.3 - Localização das quedas de água na bacia do Rio Pequeno	71
Fig. 5.4 - Localização das residências sem eletricidade situados bacia do Rio Pequeno	72
Fig. 5.5 - Localização das quedas de água na situadas na parte média da bacia do Rio Pardinho	74
Fig. 5.6 - Localização das residências sem eletricidade situados na parte média da bacia do Rio Pardinho	76
Fig. 6.1 - Esquema de uma minicentral hidroelétrica proposto no presente trabalho	89

FIGURAS DOS ANEXOS

Fig A1.1 - Canais da nascente do Rio Pardinho numerados ordenadamente	2
Fig A2.1 - Canais da bacia do Rio Pequeno numerados ordenadamente	10
Fig A3.1 - Canais da parte média da bacia do Rio Pardinho numerados ordenadamente	16
Fig A3.2 - Mapa topográfico e batimétrico do reservatório nº 1 da Gruta, contribuinte do arroio	

Lageado	22
Fig A3.3 - Mapa topográfico e batimétrico do reservatório nº 2 da Gruta, contribuinte do arroio Lageado	23
Fig A4.1 - Canais da região da foz da bacia do Rio Pardinho numerados ordenadamente	25

LISTA DAS TABELAS

Tab. 3.1 - Fontes primárias de energia	8
Tab. 3.2 - Consumo de energia primária no Brasil (%)	9
Tab. 3.3 - Classificação das centrais hidroelétricas	11
Tab. 3.4 - Hierarquização dos canais da bacia do Rio Pardinho	23
Tab. 3.5 - Relação entre a área da BRP e a área dos Municípios	30
Tab. 4.1 - Classes do fatiamento do plano das decli- vidades	59
Tab. 4.2 - Classes dos fatiamentos do plano mnt sua- vizado	62
Tab. 5.1 - Quedas de água da nascente do Rio Pardinho.....	67
Tab. 5.2 - Quedas de água da bacia do Rio Pequeno	73
Tab. 5.3 - Quedas de água da região média do Rio Pardinho	75
Tab. 5.4 - Resultados obtidos e estimados à campo para a Bacia do Rio Pardinho	78
Tab. 5.5 - Distribuição, por potência, das quedas de água na bacia do Arroio São João	79

Tab. 5.6 - Areas, vazões e potências de geração nos pontos localizados pelos cruzamentos dos planos do SGI	79
Tab. 5.7 - Comparação entre o potencial levantado em campo e o localizado pelo SGI	83

TABELAS DOS ANEXOS

Tab. A1.1- Classificação dos canais da nascente, por hierarquia, segundo Strahler (1975)	3
Tab. A1.2- Distribuição, por alturas, das quedas de água agrupadas em seus respectivos canais	6
Tab. A1.3- Distribuição, por potência, das quedas de água da nascente, agrupadas por micro-bacias	7
Tab. A2.1- Classificação dos canais da sub-bacia do Rio Pequeno, hierarquizadas de acordo com Strahler (1975)	11
Tab. A2.2- Distribuição, por alturas, das quedas de água agrupadas em seus respectivos canais	13
Tab. A2.3- Distribuição, por potência, das quedas de água do Rio Pequeno, agrupadas por micro-bacias	14
Tab. A3.1- Classificação dos canais da região média do Rio Pardinho, hierarquizados de acordo com Strahler (1975)	17
Tab. A3.2- Distribuição, por alturas, das quedas de água agrupadas em seus respectivos canais	18

Tab. A3.3- Distribuição, por potência, das quedas de água da parte média, agrupadas por micro- bacias	19
Tab. A3.4- Distribuição de áreas e volumes, por iso- batas, do reservatório nº 1 do Arroio da Gruta	20
Tab. A3.5- Distribuição de áreas e volumes, por iso- batas, do reservatório nº 2 do Arroio da Gruta	21
Tab. A4.1- Classificação dos canais da região da foz do Rio Pardinho, hierarquizados segundo Strahler (1975)	26

1 - INTRODUÇÃO

No Estado do Rio Grande do Sul, em 1969, havia uma população de 7.082.340 de habitantes dos quais 55,7% residiam na área rural e 44,3% nas áreas urbanas e sub-urbanas. Já em 1991, dos 9.054.875 de habitantes gaúchos, apenas 29,9% residiam na área rural. A migração em massa da população do campo para os grandes centros, o êxodo rural, um fenômeno característico nos países de terceiro mundo, desestrutura o plano de crescimento de qualquer centro urbano pondo em risco a sua economia a ponto de deixá-la ingovernável.

As políticas públicas praticadas em nosso país privilegiam de forma desigual a estrutura fundiária existente, permitindo a entrada do capitalismo no campo à medida que o pequeno produtor não consegue acompanhar as novas tecnologias destinadas às produções extensivas.

Os principais motivos que originam o êxodo rural podem ser resumidos em dois itens: a falta de energia elétrica nas residências e a improdutividade da terra.

Ambos os motivos registram o descaso com que as políticas

públicas vem tratando do problema do pequeno produtor rural que, sentindo-se marginalizado por ver sua produtividade minguando ano a ano e o valor de seu trabalho recebendo preços irrisórios, vem engrossar o número de desesperados que cercam os grandes centros urbanos. Para tentar minimizar o problema social que nasce com o surgimento de uma aglomeração formada pelos contingentes de famílias que migram do campo, o executivo municipal precisa investir em redes de água, de luz, postos de saúde, escolas e casas populares. Cada família que abandona o campo nestas condições, custa para os cofres públicos cerca de 30.000,00 dólares nos itens educação, saúde e habitação. Se acrescentarmos a este valor mais o custo da não-productividade, por estarem os indivíduos desta família engrossando o número dos desempregados, veremos que cada família produtiva que abandona o campo representa de forma direta um ônus social de 50.000,00 dólares à nação. Este valor passa a números alarmantes se computarmos o custo adicional indireto que o surgimento de uma favela provoca na população e no poder público, obrigando-os a investirem em segurança, edificando muros e grades, aumentando o contingente policial para reprimir a busca, não convencional, da população carente pela sobrevivência.

Dados da Federação das Cooperativas de Eletrificação Rural do RS - FECOERGS, apontam a existência de 150.000 famílias rurais do Rio Grande do Sul que ainda não possuem a energia elétrica em suas residências. Estas famílias de pequenos produtores representam um grupo potencial e incontrolável de migrantes se esta necessidade básica não for suprida. A exemplo de outros

países como o México e a Espanha, onde o governo fornece gratuitamente o sistema de geração elétrica para fixar e manter a família produtiva no campo, seria uma forma inteligente e oportuna de ação dos líderes políticos se, ao invés de investirem em soluções paliativas para minimizar o desconforto do agricultor-cidadino, oferecessem a solução para a falta de energia lá no local onde este cidadão é produtivo. Estas famílias poderiam gerar eletricidade em suas residências de forma não convencional e descentralizada, aproveitando a energia solar, a energia dos ventos e principalmente a energia das águas, formas de gerações de eletricidade que representariam um custo próximo a 1.000,00 dólares por família.

O custo de transformar uma favela em um bairro habitável é imensamente superior ao de fornecer as condições necessárias de conforto, bem-estar e aumento de produtividade para a população rural descontente. Considerando-se a necessidade de fornecer emprego aos moradores dessa favela, pode-se concluir que, em se mantendo o atual modelo econômico, não há perspectiva de que parte considerável dos retirantes rurais encontre a satisfação profissional esperada nas cidades. Radicar o agricultor no campo, fornecendo-lhe em seu próprio ambiente o conforto e bem-estar que ele busca na cidade, além de ser uma solução inteligente por resolver o problema antes de seu agravamento, é bem mais econômico, permitindo a sobra de recursos para resolver o segundo motivo que gera o êxodo rural: a pobreza da terra. Programas de planejamentos agrícolas se fazem necessários para que o produtor seja instruído a realizar o melhor aproveitamento de sua área,

aumentando a produtividade e conseqüentemente o seu ganho. Melhor uso e conservação do solo deve ser a meta de programas do governo de um estado que por tradição depende da terra, fonte básica e primária de seu sustento.

2 - OBJETIVOS

a) Objetivo geral:

Estudar a viabilidade de suprimento energético a pequenos consumidores rurais isolados, satisfazendo suas necessidades energéticas essenciais através de geração em micro-centrais hidroelétricas de baixo custo, aproveitando pequenas quedas de água.

b) Objetivos específicos:

- Desenvolver uma técnica que permita localizar pontos com possível potencial hidroenergético em pequenas quedas de água através do uso do Sistema Geográfico de Informações - SGI.

- Oferecer sugestões às leis orgânicas Municipais, de forma a possibilitar o aproveitamento racional dos recursos hídricos para geração de energia elétrica.

3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1- A fome de energia na sociedade de consumo.

Há um milhão de anos atrás o homem primitivo sobrevivia consumindo cerca de 2.000.000 de calorias por dia, usadas exclusivamente para sua alimentação. Com a descoberta do fogo, passou a utilizar energia para o aquecimento, através de fogueiras coletivas, elevando o seu consumo para 2.500.000 cal/dia. O homem nômade acrescentou à sua existência a energia do transporte, atingindo o consumo de 5.000.000 cal/dia. Com a agricultura avançada, que utilizava a tração animal, o homem da renascença consumia 26.000.000 cal/dia. A produção de manufaturas e a Revolução Industrial que ocasionaram as conglomerações urbanas quase no final do século XIX, induziram ao homem urbano o uso de 77.000.000 cal/dia para sua sobrevivência. Hoje em dia, o homem motorizado das grandes cidades gasta 230.000.000 de cal/dia em alimentação, transporte, lazer e bem-estar. (Corrêa, 1987)

A concentração populacional em grandes centros urbanos faz com que a energia agregada aos alimentos, os investimentos em

saúde, saneamento básico, habitação e lazer aumentem consideravelmente o consumo de energia por habitante urbano.

Em nome de melhor qualidade de vida o homem moderno consome 115 vezes mais energia/dia do que seus primitivos ancestrais.

A cifra de 230.000.000 cal equivale a energia de 25 litros de petróleo. Este valor corresponde à média "per cápita" diária de um habitante dos Estados Unidos. Já no Brasil, o consumo por habitante dia não chega a 20.000.000 cal, ou seja, o equivalente a dois litros de petróleo.

O grande contraste existente no modelo econômico vigente em nosso País referente a distribuição de renda e capacidade de consumo é e será tema para muitos discursos. No presente contexto, apresentamos a citação de dois autores que se referem a forma como a energia é distribuída na sociedade Brasileira.

"É evidente que poucos são os brasileiros que se beneficiam com uma cota energética cifrada em estatísticas consumistas; na realidade temos um pequeno percentual de habitantes consumindo acima da média enquanto que a grande maioria sobrevive com o mínimo indispensável." (Goldemberg, 1981)

"A disparidade existente na sociedade onde pequenos grupos consomem enormes quantidades de energia enquanto a grande maioria deve se satisfazer com pequenas porções é o motivo básico que gera as grande viradas sociais, geralmente conseguidas através de revoluções." (Netto, 1991)

A realidade existente no interior de nosso país mostra que muitas famílias rurais sobrevivem com precárias cifras energéticas, ocasionando um descontentamento que é manifestado

através do abandono do campo, seu habitat natural, na busca de locais com maior concentração de energia, ignorando que a desqualificação para o trabalho urbano dos elementos que compõem esta família irá lançá-la em uma realidade na qual dificilmente alcançarão a satisfação desejada.

3.2 - Geração de energia e meio ambiente

No passado, a utilização dos recursos naturais pelo homem foi realizada com pouco planejamento, tendo como objetivos o mínimo custo e o máximo benefício pelo usuário, sem maior preocupação com o meio ambiente. (Tucci, 1990)

Por seu lado, os modelos de desenvolvimento em vigor, o crescimento populacional e a elevação dos padrões de vida, cobram da natureza uma crescente oferta de energia e energéticos.

Com isto, a necessidade de planejar a forma de realizar o aproveitamento de um recurso disponível na natureza de forma mais racional possível, compatibilizando benefícios-custos com a conservação ambiental, é um aspecto que vem preocupando várias facções da sociedade.

A energia utilizada pelo homem está disponível na natureza, porém, as fontes primárias precisam ser captadas, convertidas e transportadas até o consumidor.

Até meados do século passado o abastecimento energético era extraído exclusivamente das fontes naturais renováveis - água, vento e madeira. Estas fontes são descentralizadas, oportunizando a sua aplicação com reduzido custo de extração e transmissão.

Com base em Goldemberg (1979) as fontes primárias de energia podem ser classificadas conforme tabela abaixo:

TABELA 3.1: FONTES PRIMARIAS DE ENERGIA

SOLARES	RENOVAVEIS	Hidráulica Biomassa Eólica Solar direta Calor de oceanos e lagos
	NÃO RENOVAVEIS	Gás natural Petróleo Xisto e areias betuminosas Série lignocelulósica: - Turfa - Carvão mineral - Antracito
NÃO SOLARES	RENOVAVEIS	Gravitacional Geotérmica
	NÃO RENOVAVEIS	Nuclear

No Brasil, até 1940, a biomassa fornecia 75% da energia primária consumida. (Bristoti, 1988).

Com o ingresso do Brasil na produção industrial em larga escala na década de 40, a matriz energética passou a ser suprida pelo petróleo, entrando o nosso país na era industrial desconhecendo o período do carvão mineral, processo pelo qual passaram todos os países industrializados da Europa e América ainda no século XIX.

Historicamente o nosso País entrou com atraso na corrida do aproveitamento dos energéticos não renováveis e, no ocaso da existência destes, terá que depender exclusivamente de suas poucas reservas para manter o sistema convencional existente, até

que se processe a troca da matriz energética.

A tabela 3.2 apresenta a evolução do consumo de energia primária no Brasil, em %, usando como base de relação o TEP (tonelada equivalente petróleo) para estabelecer uma comparação entre os diferentes rendimentos que cada fonte apresenta para produzir um Mwh de energia elétrica. (Rosa, 1986; Goldemberg, 1979)

TABELA 3.2: CONSUMO DE ENERGIA PRIMARIA NO BRASIL (%)

FONTE \ ANO	1952*	1973	1979	1984
petróleo	28,0	42,8	41,6	32,9
lenha	49,9	27,0	20,4	19,4
hidro	11,2	19,0	25,0	28,8
cana	2,1	8,0	8,4	12,2
carvão	6,1	2,8	3,7	4,8
gás natural	0,0	0,3	0,7	1,6
outros	2,7	0,1	0,2	0,3

Fonte: Balanço Energético Nacional; * Wilberg, 1974

A Revolução Industrial, iniciada em meados do século passado, deu origem ao consumo em massa de um energético não renovável, o carvão mineral, superado pelo petróleo apenas a 50 anos atrás, com a invenção do motor de explosão interna e a descoberta das grandes jazidas petrolíferas do Oriente Médio. De 1950 até 1972 houve um crescimento de 400% no uso de petróleo como fonte de energia, graças a sua abundância e a seu preço baixo. As consequências do crescimento descontrolado de consumo foram o desperdício, a dependência e o agravamento do desenvolvimento desigual das nações. (Toffler, 1980)

O crescimento da sociedade industrializada exigiu uma elevada produtividade, com um consumo maciço de energia e

capital. Ao setor produtivo não importa se sua atividade é ou não predatória dos recursos naturais e poluidora do ambiente, a não ser que comprometa a continuidade de produção. No contexto atual da produção-consumo, "mais energia está significando menor qualidade de vida." (Brito, 1981)

A afirmação apresentada por Brito, está baseada na constatação de que mais de 50% da energia consumida a nível mundial, tem sua origem em combustíveis fósseis, cuja natureza é não renovável, constituindo altos produtores de gases tóxicos que são liberados para o ar.

A "crise do petróleo" em 1973 devolveu aos países dependentes a consciência de que este recurso, como também o carvão mineral, são fontes de energia em exaustão. Porém, a mudança nos hábitos de consumo é morosa em uma sociedade regida pelo lucro, notoriamente quando a razão entra em conflito com os interesses do capital. Desta forma, o século XX ficará conhecido no futuro como um curto período em que a humanidade conseguiu solapar de forma mesquinha e tão pouco inteligente um recurso que a natureza levou milhões de anos para formar. Dentro de poucos anos o petróleo terá desaparecido como energético e o que restar dele será destinado para causas mais nobres, particularmente como alimento.

No ocaso dos combustíveis fósseis, o atual sistema de sociedade está definindo sucedâneos energéticos, de forma a que possa manter este poder centralizado. A tendência inegável é de que, tão inconsequente e míope, a humanidade se volte para a exploração da energia nuclear, outra poderosa fonte não

renovável, de consequências trágicas no que se refere às ineficientes técnicas utilizadas e ao destino de seus efluentes.

3.3 - As pequenas centrais hidroelétricas

A classificação das centrais hidroelétricas é baseada em sua potência instalada, sendo apresentada de forma diversa pelo manual da OLADE (Organização Latino Americana de Energia) e pelo manual da ELETROBRAS (Centrais Elétricas Brasileiras S.A.). Na tabela 3.3 é apresentada a classificação das centrais hidroelétricas de acordo com a OLADE e a ELETROBRAS.

TABELA 3.3: CLASSIFICAÇÃO DAS CENTRAIS HIDROELÉTRICAS

DENOMINAÇÃO	POTÊNCIA	POTÊNCIA	QUEDA (m)		
	INSTALADA (OLADE)	INSTALADA (ELETROBRAS)	BAIXA	MÉDIA	ALTA
Micro-centrais hidroelétricas	até 50 Kw	até 100 Kw	15	15-50	>50
Mini-centrais hidroelétricas	50-500 Kw	100-1000 Kw	20	20-100	>100
Midi-centrais hidroelétricas	500-5000 Kw	1000-10000Kw	25	25-130	>130
Centrais hidroelétricas	>5000 Kw	>10000 Kw	30	30-150	>150

Pela classificação de ELETROBRAS (1975), o termo "Pequenas Centrais Hidroelétricas" (PCH), designa genericamente qualquer aproveitamento hidroenergético cuja potência instalada for inferior a 10000 Kw. Na classificação de OLADE, PCH é o

aproveitamento hídrico cuja potência instalada equivale à da midi-central. Para o presente texto, PCH terá o enfoque fornecido pela definição da ELETROBRAS.

Das fontes primárias de energia, a hídrica, a eólica e a solar constituem as fontes energéticas limpas, pois não poluem o meio ambiente ao serem utilizadas como meios de geração.

Porém a água, devido ao uso variado a que tem servido, especialmente a partir da Revolução Industrial, já não pode mais ser considerada como um recurso renovável, pois os metais pesados, as chuvas ácidas e diversos tipos de poluentes lançados nos mananciais hídricos contribuem para que esta fonte de energia chegue adulterada ao ponto de utilização. (Drago, 1984).

Segundo Esteves (1988), a necessidade de utilização racional do recurso água torna-se mais evidente quando se leva em consideração que, de toda a água da terra, menos de 3% é água doce. Na opinião do mesmo autor, corroborada por muitos outros cientistas e planejadores, o maior problema para o futuro não será a escassez energética nem a falta de alimentos; o maior problema será o "déficit" de água doce.

É desejo corrente que, de um recurso hídrico se maximizem os benefícios, se minimizem os custos e se mantenha ou melhore a qualidade do ecossistema envolvido. Para isto o planejamento é essencial.

No setor de geração hidroenergética, a constatação de uma crescente demanda enquanto a oferta estagna na incapacidade das descapitalizadas concessionárias, forçou o DNAEE - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - órgão gerenciador destes

recursos, através da portaria número 246/88 a liberar a exploração da geração de energia elétrica à produtores particulares. Esta medida se tornará preocupante quando a geração de eletricidade se tornar rentável. A partir deste instante, o gerenciamento dos recursos naturais deverá estar amparado em vigorosas e praticáveis leis.

A gradativa escassez de energia elétrica com o crescente aumento do consumo faz crer que, em poucos anos, a população do nosso Estado irá conviver com períodos de racionamento e/ou falta deste energético, acompanhados dos trágicos efeitos que lhes serão inerentes, caso medidas urgentes não sejam tomadas.

Complementando este cenário, a retirada do subsídio do diesel e do GLP (gás liquefeito de petróleo) forçará o preço da eletricidade a atingir, no mínimo, 120 dólares por Megawatt-hora, o que representa um aumento médio de 50% em relação ao preço de hoje. Recuperada a defasagem existente entre preço de custo do Kw-h gerado e o preço do Kw-h comercializado ocasionado pela política dos subsídios, havendo uma vantagem econômica em favor da geração, é previsível que ocorra uma corrida em busca de locais cuja geração represente investimentos rentáveis.

As quedas de água oferecem uma fonte energética econômica, imediata e de grande potencial gerador. Elas estarão na mira dos investidores. No entanto, o aproveitamento indiscriminado destes recursos poderá ocasionar problemas sociais e ambientais irreversíveis.

As executivas municipais caberá a administração de seus recursos naturais pois serão elas quem herdarão as eventuais

consequências. Para tanto, se faz imprescindível que o executivo e o legislativo de cada município disponham do inventário de seus recursos naturais e estabeleçam leis que normatizem a sua exploração, prevenindo-se contra abusos e atentados à economia social e ecológica, pactuando a necessidade de geração com a também necessária preservação ambiental.

Viabilizar gerações hidroenergéticas de pequeno porte, especialmente a geração a fio d'água, além de contribuir para o crescimento do ecossistema, tem grandes e profundas funções sociais e econômicas: mantém o indivíduo produtivo no campo, evitando o êxodo rural, ao mesmo tempo em que restringe a formação e ampliação do sub-emprego que cerca as cidades.

Porém, para qualquer projeção que se queira realizar, a quantificação da disponibilidade hídrica serve de base para projetos que envolvam este recurso natural de maneira que o planejamento surja alicerçado em bases reais, suprindo a demanda sem ofender a natureza, buscando a solução dos problemas sociais inerentes, para que não continue a natureza servindo ao benefício de alguns, pago pelo ônus social de muitos.

Os sistemas de geração de energia hídrica deverão priorizar projetos que não necessitem de grandes represamentos, pois estes lagos artificiais trazem enormes prejuízos ecológicos, sociais e econômicos (Esteves, 1988).

Ao se levar em conta o dimensionamento da obra para a produção de hidroeletricidade, as pequenas centrais passam a não agredir o meio ambiente também no que se refere aos demais aspectos de impacto ambiental.

Também é fato histórico de que a nossa Nação viveu um período de megalomania e deslumbramento quando nossos dirigentes investiram o capital público, além do necessário, na edificação do "maior" estádio, da "mais bela" capital, da "maior" central hidroenergética... A população recebeu estes "presentes" num período de euforia Nacional, os quais vieram embalados em propaganda que falava de "progresso" e "tecnologia".

Porém, uma nação demonstra seu progresso tecnológico, não através de onerosas obras megalômanas, mas ao mostrar que sabe gerir de forma equilibrada e harmônica os seus recursos naturais. (Drago, 1984).

Quando a imprensa e os intelectuais do País puderam se manifestar, mostrando a realidade sob outra óptica, resgatando a consciência de muitos cidadãos do paraíso utópico criado pelo período da euforia Nacional, a Economia Brasileira estava mergulhada no caos, indicando a dependência em que se encontrava o nosso sistema de desenvolvimento da economia do Imperialismo Capitalista. (Hunt & Sherman, 1985).

No panorama atual, mercê do modelo econômico vigente, as estruturas de produção se concentram em parques industriais exigindo grandes quantias de fornecimento de energia elétrica e, a se manter o modelo centralizador, o uso de formas e fontes de energia altamente concentradas. Aliando a este panorama a falta de recursos para execução de obras hidroenergéticas, se delineia, no horizonte gaúcho, o risco do racionamento.

Ao se atingir esta realidade, os primeiros prejudicados com cortes no suprimento de energia serão os pequenos consumidores:

residenciais, pequenas vilas e produtores rurais. Grupos cuja influência econômica não põem em risco o modelo em vigor. (Haas, 1984)

A implantação de PCHs não irá alterar substancialmente o quadro da crescente demanda de energia elétrica, porém irá oportunizar a independência energética de pequenos núcleos isolados, de forma descentralizada, com impacto ambiental praticamente nulo e menos desembolso por Kw gerado.

As PCHs podem representar para o Estado uma possibilidade viável de energia alternativa, considerados os seguintes fatores: (Haas, 1984).

- a) rapidez de realização desde o projeto até o término da obra, uma média de 6 meses a 2 anos;
- b) possibilidade de financiamento independente de organismos internacionais, com rápido retorno e consequente financiamento de outras unidades;
- c) proximidade ao centro de consumo pelo aproveitamento de pontos de potencial próximos às comunidades, evitando extensas redes de transmissão;
- d) obras de engenharia simples com aproveitamento de material e mão de obra locais;
- e) operação das unidades podendo ser feitas por técnicos recrutados e treinados dentro da própria comunidade;
- f) funcionamento a fio d'água, não produzindo grandes reservatórios, evitando problemas com desapropriações e alagamento de terras agricultáveis;
- g) a padronização de turbinas para pequenas potências reduziria

os custos e os prazos de entrega;

h) a implantação de PCHs em locais supridos por geradores a diesel oportunizará a redução do consumo e importação deste produto, obtendo-se na troca da fonte geradora um benefício para o meio ambiente;

i) complementação da infra-estrutura básica para a expansão de fronteiras agrícolas, criando condições para o maior beneficiamento de produtos e conseqüente economia nos transportes pela diminuição de carga "in natura" promovendo melhoria de qualidade de vida local, geração de empregos e diminuição na migração interna para os grandes centros;

j) alternativa para a energização rural nos casos em que se apresente mais competitiva que a extensão da rede convencional ou a instalação de unidades termoelétricas;

k) suprimento à indústrias de tecnologias que utilizam intensamente a eletricidade em regiões dotadas de matéria prima onde, quer seja pelas escalas quer seja pelas grandes distâncias, não justifiquem a instalação de linhas de transmissão;

l) suprimento à indústria que deseja ampliar seu quadro de produção, com aumento de consumo de eletricidade, podendo a mesma gerar em um local distante de seu parque, injetar na rede convencional e receber no local de consumo;

m) integração das comunidades isoladas no interior do estado, através dos meios de comunicações, bem como outros benefícios que a energia pode trazer a estas comunidades, advindos da disponibilidade deste energético;

n) por se tratar de uma pequena obra, uma PCH geralmente pertence

a um ou dois donos, sendo fácil estabelecer usos variados para o investimento, tais como: irrigação, piscicultura, lazer,...

3.4 - A função social da eletricidade.

A preocupação maior do presente trabalho é dar ênfase a localização de pontos de potencial gerador para instalação de Micro Centrais Hidroelétricas (MCH), atendendo às necessidades de famílias isoladas e distantes dos abastecimentos convencionais.

As MCHs, para os planejadores e executores do atual sistema, não representam um investimento econômico atrativo, visto ser uma produção de pequena escala, sendo desconsideradas pelos mesmos.

Mas, ao avaliarmos a função social de uma MCH, atendendo a demanda de uma família desprovida, de um morador rural que é produtivo em seu habitat e que poderá vir a ser um ônus social na periferia de uma grande cidade caso não lhe seja oportunizada esta melhoria na qualidade de vida, o balanço tomado sob a óptica puramente econômica do benefício/custo, deixa de ser um parâmetro válido. Para esta família rural, a energia elétrica pode representar o marco entre a permanência em uma atividade da qual ela domina ou a busca ilusória da melhoria de vida causada pelas luzes dos grandes centros.

Juntamente com o balanço entre benefícios/custos para a implantação de uma MCH deve se levar em conta a função social da mesma. Também é fundamental a consideração sobre o aumento de produtividade e melhoria na qualidade de vida que o acesso à

cultura e à informação poderá trazer a esta família.

A geração hidroenergética de pequena escala, produzida de forma isolada para atender a demanda residencial de um único ponto, passa a ter um custo elevado dentro das condições atuais de mercado. Porém, conglomerados os interesses das muitas famílias desprovidas de energia e sensibilizada a opinião de um líder que se disponha a representá-los, será fácil direcionar o mercado para a produção em série, de aparatos de geração de pequeno porte, diminuindo consideravelmente os custos finais.

Além do modelo produzido pelo mercado, o sistema turbina e painel mecânico de controle, é possível resgatar antigos sistemas alternativos de baixo custo, fácil manejo e controle, com construção doméstica, como o sistema de roda de água associada a um dínamo que fornece carga a um banco de baterias.

Papel importante neste contexto têm as Instituições de Ensino Superior - IES, no sentido de resgatar e aprimorar através da pesquisa, a cultura de geração através de rodas de água, cata-água, turbinas Bamke e outros sistemas de custo reduzido para atender este segmento da população marginalizado pela sociedade de produção em grande escala.

É notório que, paralelamente aos fantásticos avanços tecnológicos e científicos, 50% da população mundial não tem possibilidade de satisfazer metade de suas necessidades energéticas básicas; consomem menos de 2.000.000 de cal/dia. Na maioria dos casos, a carência da energia ou a incapacidade para utilizar fontes energéticas não são necessariamente as causas da miséria, mas o resultado da exploração da ignorância. São a

ignorância e a falta de políticas públicas as maiores causas dos grandes contingentes de população rural que abandonam seu espaço primitivo. A ilusão de vida melhor na cidade vai sendo substituída pelo arrependimento causado com a satisfação frustrada, agravada pela incapacidade de retornar à origem. Enquanto a população vive cada vez mais insatisfeita e insegura, executivos municipais envidam esforços para se livrar dos contingentes humanos que a cada dia aportam em suas cidades. O investimento na realização das necessidades de energia desta facção de desabonados evitaria um agravamento dos problemas sociais que são combatidos de forma paliativa pelos executivos com aumento de policiamento, gastos com saúde e saneamento básico.

3.5 - A Bacia hidrografica do Rio Pardinho (BRP)

A bacia do Rio Pardinho está localizada nas coordenadas $52^{\circ}21'30''$ a $52^{\circ}40'30''$ de longitude e $29^{\circ}14'30''$ a $29^{\circ}52'30''$ de latitude sul ocupando uma superfície plana de $1.075,25 \text{ Km}^2$. A localização desta bacia, no Estado do Rio Grande do Sul, é mostrada na figura 3.1. O canal principal se forma no alto da Serra Geral e se estende até a Depressão Central, por uma extensão de 105 Km. O ponto mais alto da bacia se situa em sua cabeceira, com 718 m e o ponto mais baixo, na foz, tem 17 m. O perfil longitudinal do canal principal da bacia, o Rio Pardinho, é apresentado na figura 3.2. As principais características

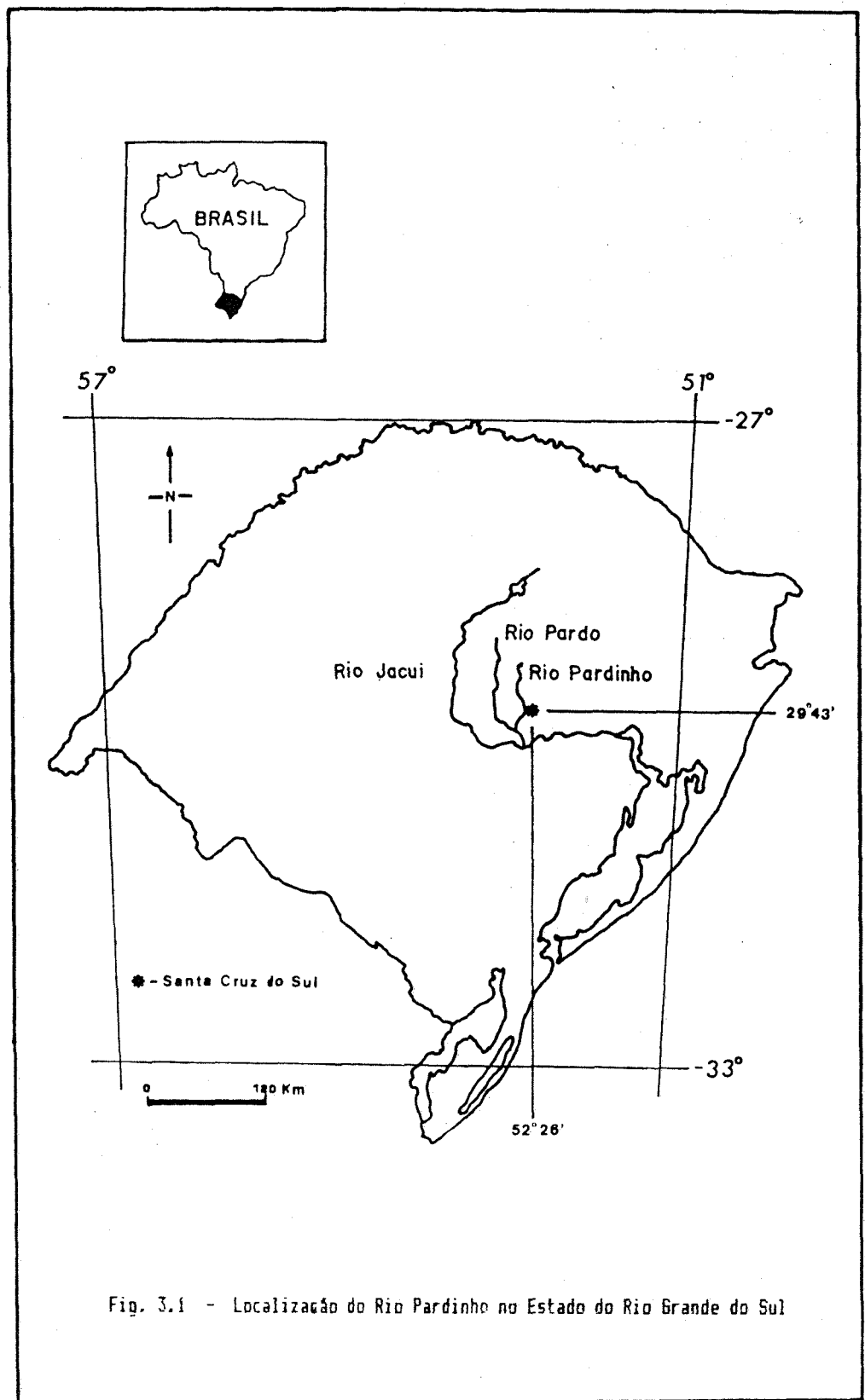


Fig. 3.1 - Localização do Rio Pardinho no Estado do Rio Grande do Sul

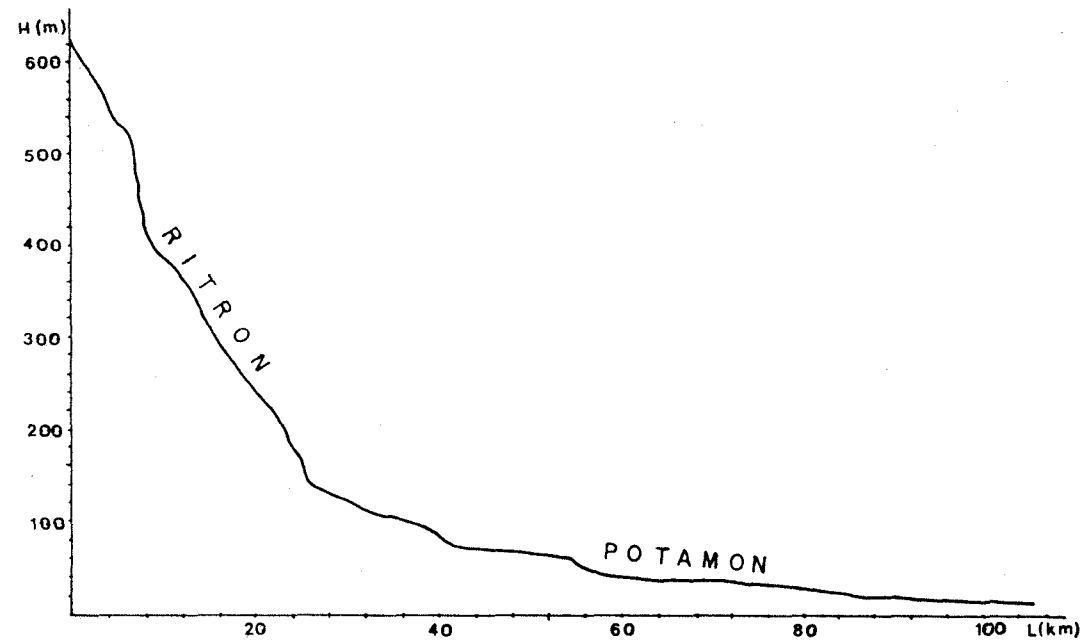


Fig. 3.2 - Perfil longitudinal do Rio Pardinho

da bacia são:

Area: 1.075,25 Km².

Densidade de drenagem: 1,157 Km/Km².

Declividade: 0,00713 m/m

A malha hidrográfica da bacia do Rio Pardinho foi hierarquizada segundo a metodologia de Strahler (1975) e apresentada por Scartazzini e Martins (1988). O resultado da hierarquização dos canais é apresentado na tabela 3.4, a seguir:

TABELA 3.4 - HIERARQUIZAÇÃO DOS CANAIS DA BACIA DO RIO PARDINHO

ORDEM	Nº DE CANAIS	COMPRIMENTO
1	511	759 Km
2	109	196 Km
3	26	166 Km
4	3	68 Km
5	1	55 Km

A rede hidrográfica da bacia do Rio Pardinho é apresentada na figura 3.3, com destaque para a micro bacia do Arroio São João, na qual se desenvolveu a aplicação do Sistema Geográfico de Informações para a localização de sítios com potencial hidroenergético representativo.

Devido às condições topográficas, o município de Santa Cruz do Sul, por se situar próximo ao divisor de águas que é a Serra Geral, não tem grandes e volumosos rios; seus rios são relativamente jovens. A declividade das encostas e a grande quantidade de arroios conferem à paisagem um grande número de cascatas e quedas de água, como o Salto do Rio Pardinho, com 15 m

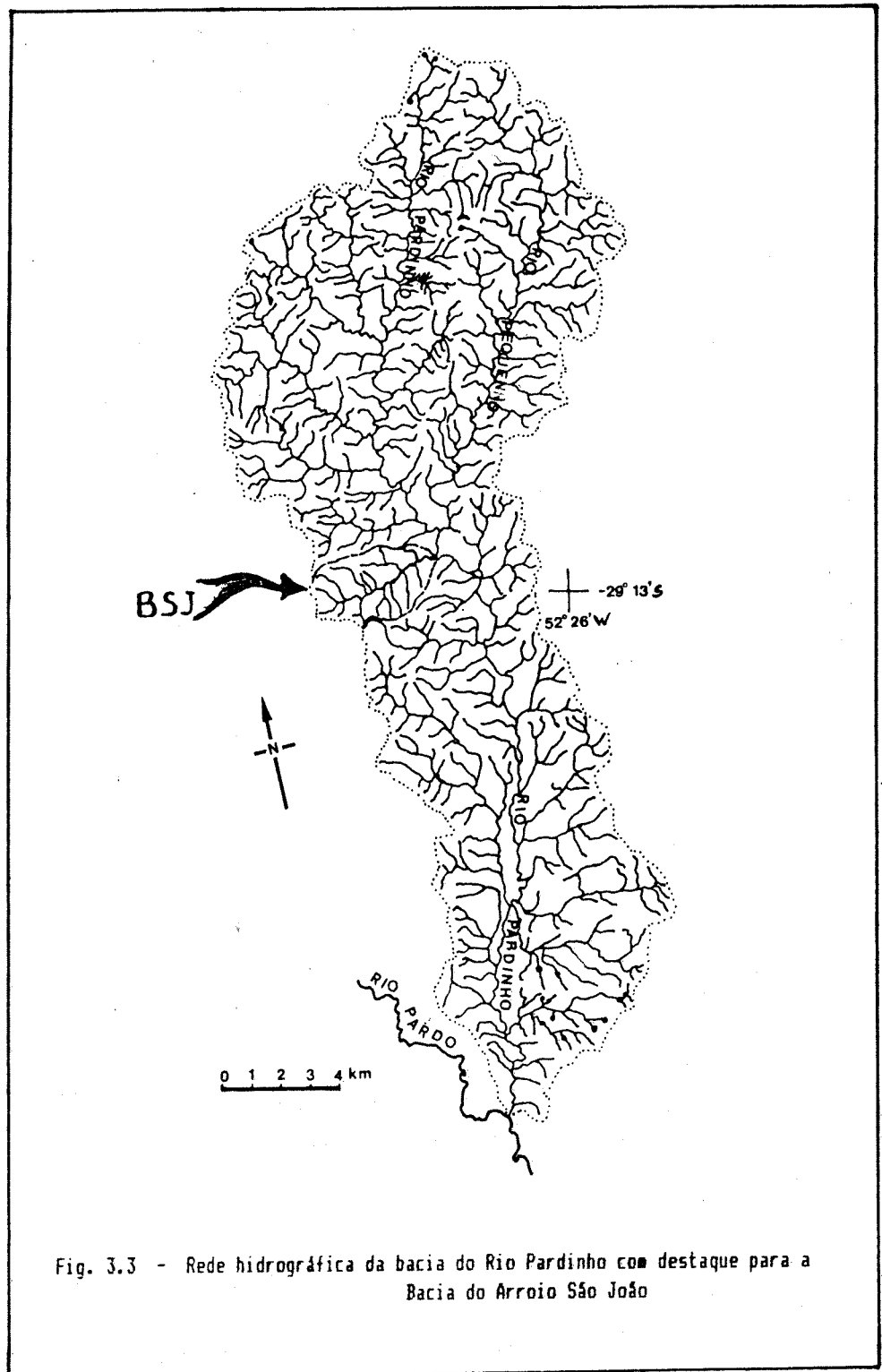


Fig. 3.3 - Rede hidrográfica da bacia do Rio Pardo com destaque para a Bacia do Arroio São João

de altura. (Leifheit, 1978).

Este fator eleger a região da bacia do Rio Pardinho como sendo ideal para um estudo sobre a potencialidade energética com fins de instalação de MCHs. A área rural da bacia é ocupada por minifundiários que desenvolvem como cultura base o plantio do fumo, em propriedades cuja média está em torno de 8 Ha/família. A cultura alemã predomina na área rural, arraigadas nas tradições imigradas junto com seus ancestrais. Muitas famílias não são beneficiadas com energia elétrica.

No trabalho apresentado por Scartazzini e Martins (1988) foi mostrado o resultado sobre o tratamento dos dados do posto fluviométrico mantido pelo DNAEE no Rio Pardinho, localizado na tomada de água da CORSAN, instalado em 1940 e desativado em 1979.

A localização do posto fluviométrico da CORSAN é mostrado na figura 3.4.

Durante os quarenta anos de funcionamento do posto foram anotados os registros diários de nível da água e realizadas algumas medições de vazão. No gráfico da figura 3.5 é mostrado o linigrama das médias mensais registradas durante estes quarenta anos. Na figura 3.6 é mostrado o histograma das variações médias anuais, desprezados os anos em que as séries estavam incompletas. O histograma das médias anuais mostra que o regime do fluxo de água no canal principal sofre variações anuais de acordo com o volume de precipitação, podendo ser constatado os anos de seca e atipicidade que ocorreram na região.

Na figura 3.7 é apresentado o hidrograma das vazões médias anuais, mostrando o regime preferencial do Rio Pardinho para os

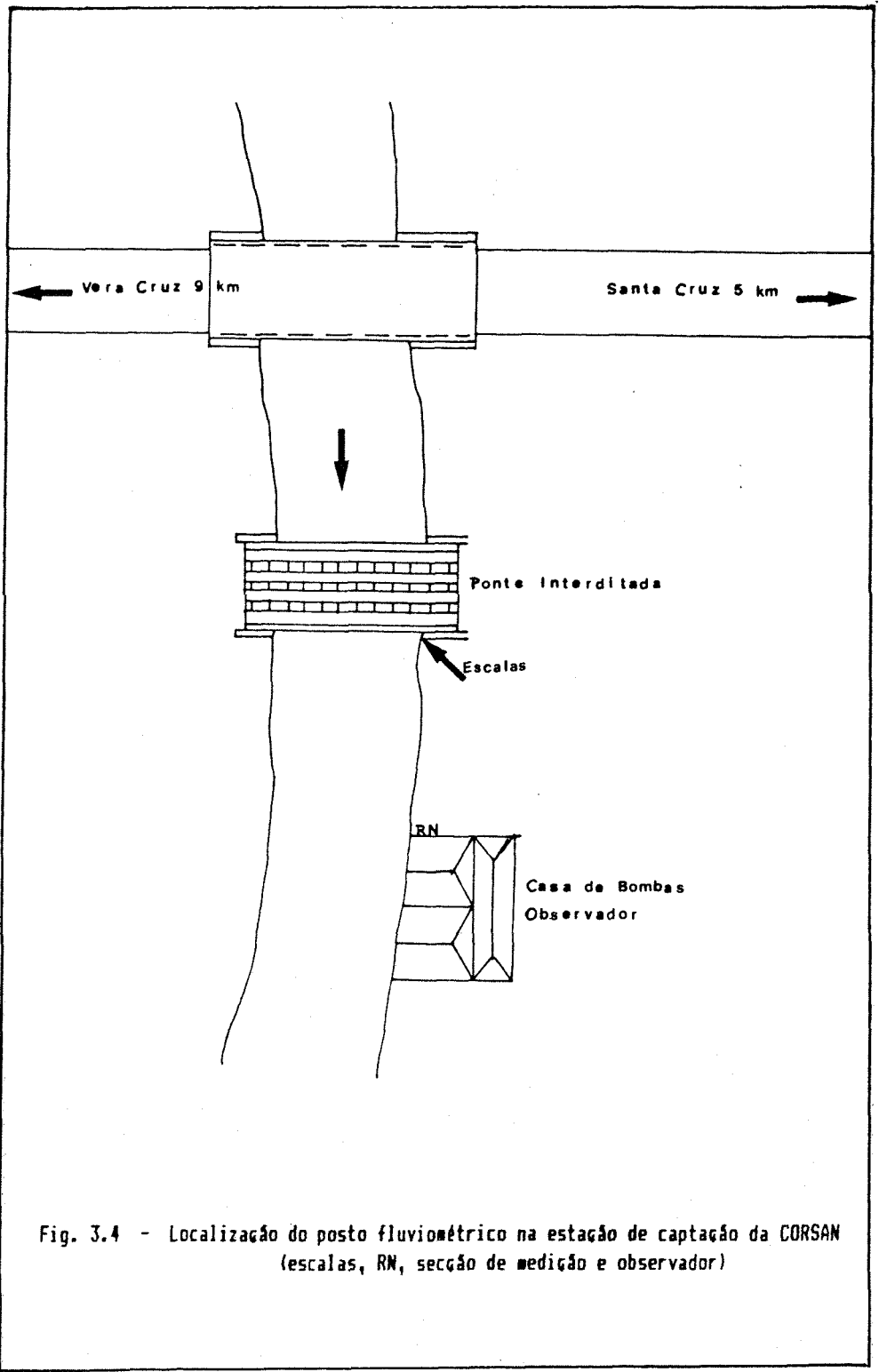


Fig. 3.4 - Localização do posto fluviométrico na estação de captação da CORSAN (escalas, RN, secção de medição e observador)

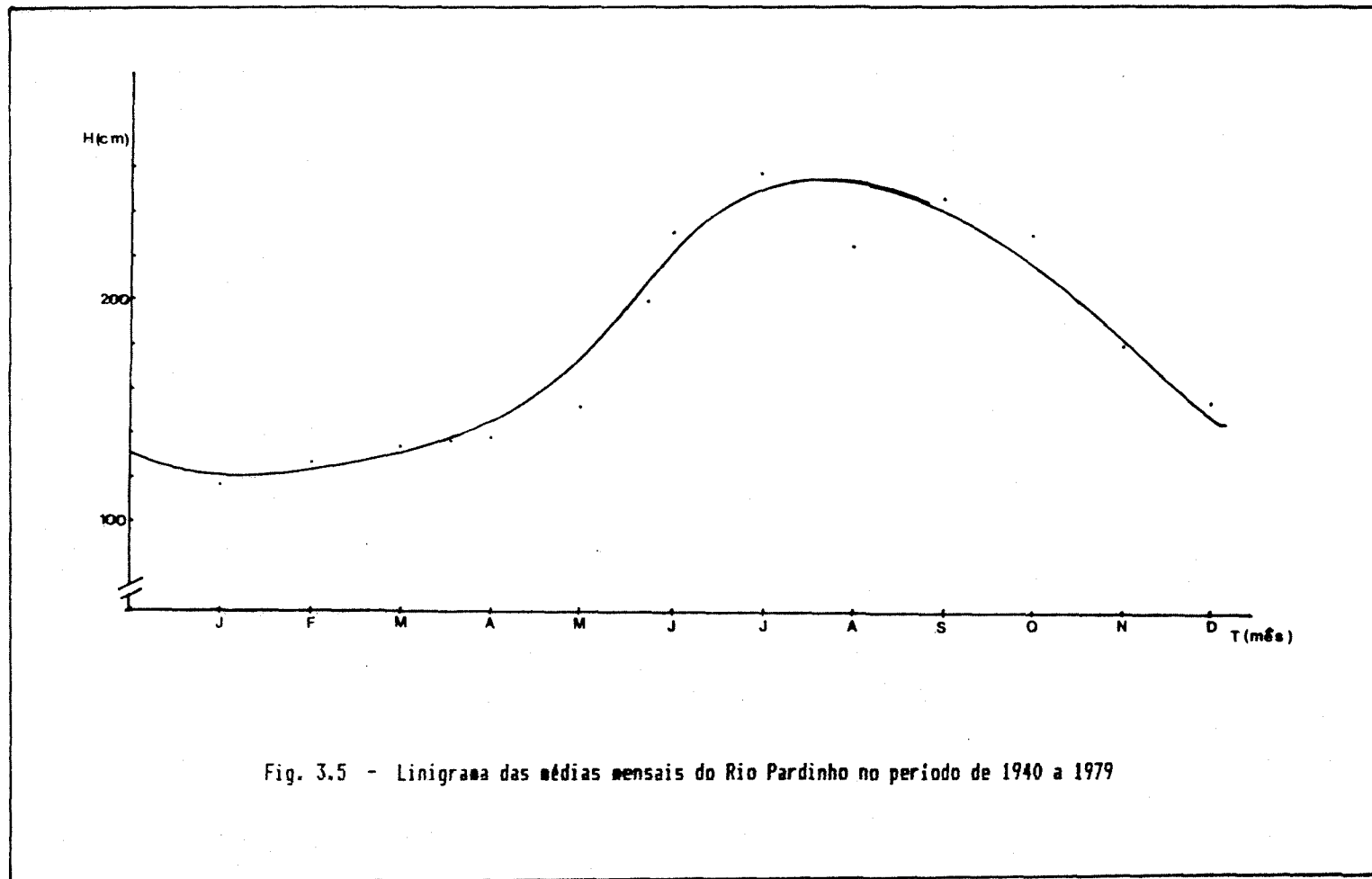


Fig. 3.5 - Linigraa das médias mensais do Rio Pardo no periodo de 1940 a 1979

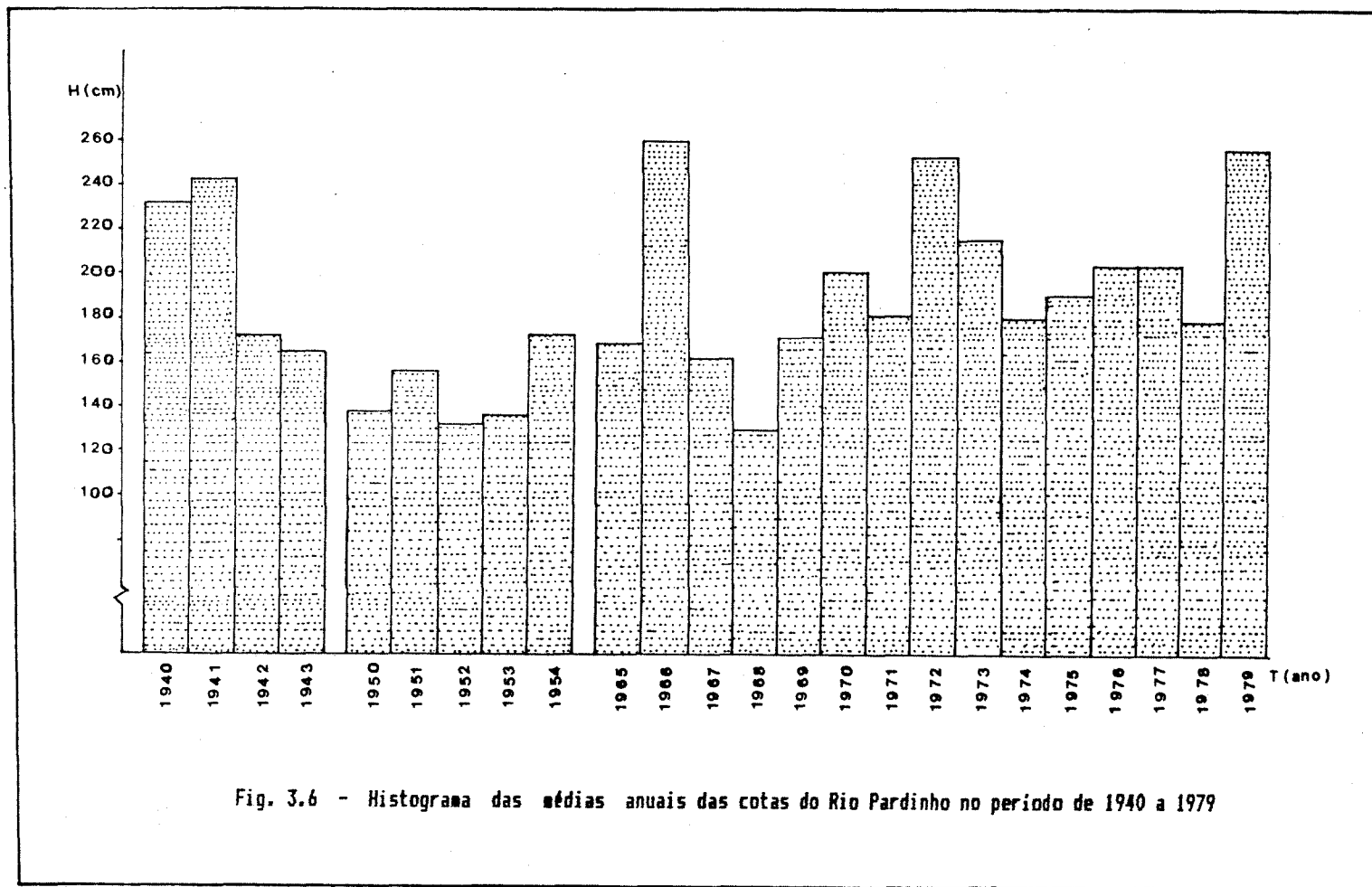


Fig. 3.6 - Histograma das médias anuais das cotas do Rio Pardinho no período de 1940 a 1979

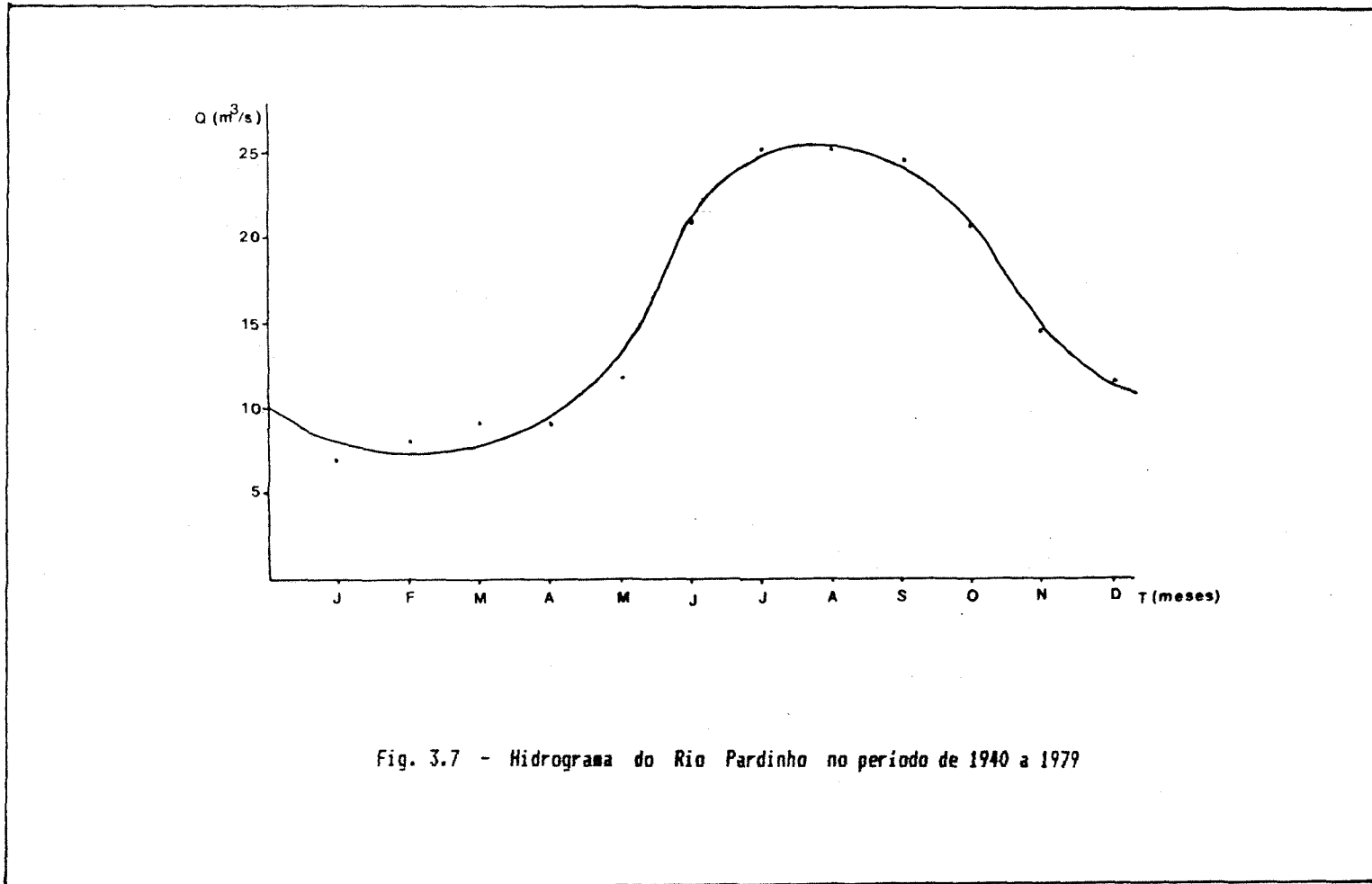


Fig. 3.7 - Hidrograma do Rio Pardinho no período de 1940 a 1979

meses de julho, agosto, setembro e outubro de apresentar volumes maiores e nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março mostrar períodos de vazante. Estas informações foram importantes para definir os períodos em que o Grupo de Pesquisas Limnológicas da UNISC pretendia realizar medições em campo, visto que, para determinação do potencial gerador disponível nas quedas de água trabalha-se com valores de vazões mínimas, as quais foram amostradas nos períodos de vazante.

A localização regional da Bacia do Rio Pardinho é mostrada no mapa hidro-político da figura 3.8.

A tabela 3.5 apresentada em percentual, mostra a parcela de área da BRP contida em cada Município da região de sua abrangência e o correspondente percentual de área que a BRP ocupa no respectivo Município.

TABELA 3.5 - RELAÇÃO ENTRE ÁREA DA BRP E ÁREA DOS MUNICÍPIOS

MUNICÍPIO	ÁREA DA BRP NO MUNICÍPIO (%)	ÁREA DO MUNICÍPIO NA BRP (%)
Barros Cassal	0,19	0,30
Gramado Xavier	2,81	13,00
Boqueirão do Leão	11,87	38,90
Sinimbu	38,31	70,00
Venâncio Aires	1,30	2,20
Santa Cruz do Sul	34,58	26,00
Vera Cruz	8,13	33,80
Rio Pardo	2,81	2,20

Pela tabela acima exposta, pode-se constatar que a maior parte da área da BRP se localiza nos Municípios de Sinimbu e Santa Cruz do Sul, aproximadamente 73% do total de sua superfície plana, porém, sendo mais representativa no Município de Sinimbu,

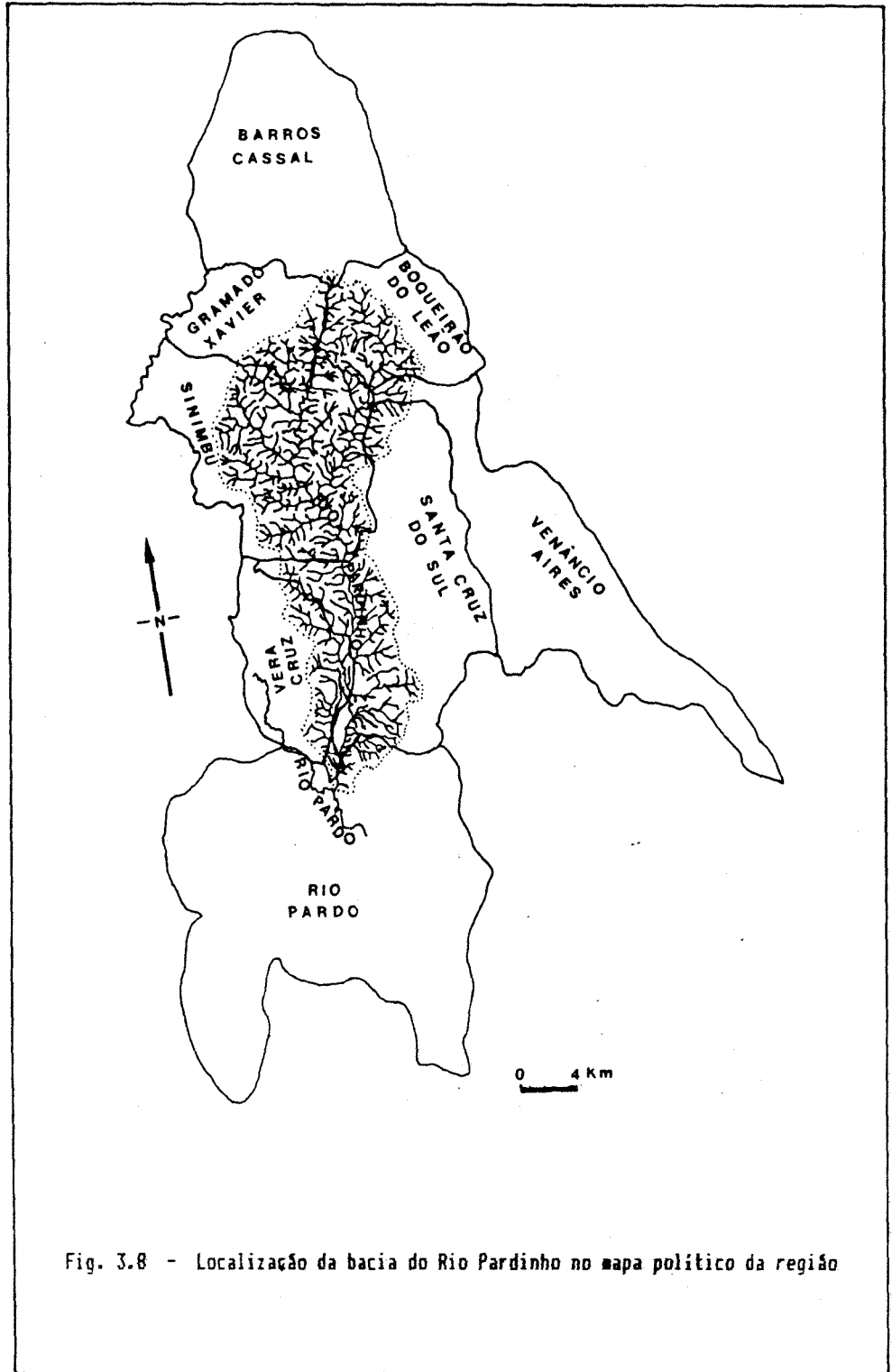


Fig. 3.8 - Localização da bacia do Rio Pardo no mapa político da região

do qual utiliza 70% de sua área total.

3.6 - O SGI (Sistema Geográfico de Informações)

O SGI é um software desenvolvido, no Brasil, pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1988), sendo um conjunto de ferramentas para armazenamento e conveniente manipulação de dados georeferenciados, como também execução de operações básicas como edição, reorganização e recuperação dos dados armazenados. Sendo um sistema de armazenamento de dados, os mesmos podem ser informados ao sistema através de tabelas gráficas ou por sensoriamento remoto, formando arquivos diferenciados por assuntos específicos.

Conforme Engespaço (1988) e Campana (1992), o sistema de software do SGI permite que a edição final das informações possa ser realizada por soft's diferenciados, oportunizando ao usuário que os dados lidos, armazenados e processados, possam ser apresentados no formato apropriado.

A codificação para o armazenamento de dados no sistema é de dois tipos: o formato raster e o formato vetorial.

A representação raster (ou varredura) consiste de um conjunto de células contíguas implementadas como uma matriz bi-dimensional. Cada célula (ou pixel) é identificada por um índice de linha e coluna, contendo um número representando o valor do atributo mapeado. A forma raster é utilizada para realizar superposições e comparações entre diferentes arquivos de dados

informados ao sistema. As informações de imagens de satélite fornecidas ao SGI através do Sistema de Tratamento de Imagens (SITIM) são feitas no modo raster.

O SGI executa a combinação dos diferentes arquivos, cruzando informações de natureza diversa segundo um modelo definido pelo usuário. Tecnicamente, o SGI é capaz de:

- incorporar um banco de dados geo-codificados;
- consultar, transformar, manipular ou combinar todas as informações armazenadas;
- fazer análise estatística, como regressão multivariada, correlação, etc...
- criar novos PIs (ver definição no próximo parágrafo) a partir de dois ou mais arquivos existentes, através de uma regra estabelecida pelo usuário a qual correlacione os dados nos diferentes arquivos;
- ser capaz de modelar e simular, ou seja, criar cenários.

Os dados informados ao sistema são armazenados em arquivos diferenciados, relacionando temas específicos para cada arquivo, quantificado pelo atributo associado a cada célula, ponto ou linha. Cada arquivo, portanto, constituído por células, pontos ou linhas espacialmente georeferenciadas é armazenado em forma digital no computador e passa a ser denominado de "Plano de Informação" (PI).

Para poder fazer um cruzamento entre diferentes planos, armazenados na forma vetorial, o sistema necessita convertê-los inicialmente para a forma raster. Neste processo de conversão, o tamanho da célula da representação raster é um fator crítico,

devendo a mesma ser a menor possível em relação à resolução espacial dos planos mapeados, pois a mesma irá representar, através de seu número, um único atributo que é o mais representativo na área que a mesma ocupa.

A representação vetorial é o modo de informação usual, fornecido ao sistema via mesa digitalizadora. Neste modo de representação, são utilizadas listagens de pontos que podem ser tridimensionais - $(x, y$ e $z)$ - para representação do modelo numéricos de terreno (mnt), ou listagens de coordenadas bidimensionais - pares (x, y) - para definir linhas e delimitar regiões.

A entrada de dados feita pela representação vetorial usa os seguintes elementos básicos:

- PONTO; é um par (x, y) ou (x, y, z) ;
- ARCO; é um conjunto de pares (x, y) formando uma linha contínua no espaço
- Nó; é o ponto inicial e final de cada arco.
- POLÍGONO; é a linha formada pela ligação de arcos.

As diferenças mais significativas entre a representação raster e a vetorial são:

- a representação vetorial necessita um menor espaço na memória do sistema para armazenamento de dados, do que o espaço utilizado para armazenar as mesmas informações pelo formato raster;

- a estética da representação vetorial é melhor que a raster;

- para realizar modificações na forma e no tamanho de um PI, a representação raster é mais ágil.

O programa SGI, além da mesa digitalizadora e do conjunto de equipamentos que complementam o computador, está ligado a uma unidade de visualização, na qual o usuário pode acompanhar o desenvolvimento do PI trabalhado, em forma de imagem. O sistema apresenta uma facilidade quanto a modificação de escala da imagem, permitindo ao usuário definir espaços e modificar cenários da mesma, possibilitando sua projeção espacial com diferentes ângulos e orientações. (Engespaço, 1988; Risso, 1993).

Devido à flexibilidade na utilização e manuseio dos PIs, à facilidade de entrada com arquivos e informações externas, a afinidade do sistema com outros softwares, o SGI representa uma poderosa ferramenta para projetar cenários que utilizem informações georeferenciadas.

Dada a grande versatilidade oferecida pelo SGI, foi programado no Centro de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, a realização de um experimento para aplicar esta ferramenta na localização de sítios com potencial hidroenergético aproveitável para geração de pequeno porte, usando como base de informação as cartas topográficas com escala de 1:50000. Na revisão de literatura não foi encontrada nenhuma referência que citasse o SGI aplicado para determinação de quedas de água, que pudesse servir de parâmetro para comparação dos resultados obtidos neste trabalho.

4 - METODOLOGIA

4.1 - Cartografia.

A Bacia do Rio Pardinho (BRP) está situada na região do Vale do Rio Pardo, abrangendo áreas de oito municípios, conforme está mostrado na figura 3.8.

Nos mapas da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército (DSG) escala 1:50000, a BRP é encontrada nas cartas de nºs:

MI - 2950/2	.....	Barros Cassal
MI - 2951/1	.....	Progresso
MI - 2951/3	.....	Sério
MI - 2950/4	.....	Gramado Xavier
MI - 2967/2	.....	Vera Cruz
MI - 2968/1	...	Santa Cruz do Sul
MI - 2967/4	.....	Bexiga
MI - 2968/3	.....	Rio Pardo

Com estas cartas se estimou a posição do divisor de águas da bacia, baseado na topografia do terreno, delimitadas segundo a metodologia descrita por Garcez (1988). Foram definidas as

microbacias que constituem afluentes diretos do Rio Pardinho e se graficou o perfil longitudinal do canal principal de cada microbacia, plotando o comprimento acumulado do canal com o desnível apresentado ao longo do curso de água. Mapas confeccionados a partir das cartas da DSG serviram de base para o planejamento e orientação das saídas à campo. As áreas das bacias foram medidas com um planímetro e os comprimentos dos canais, bem como os perímetros das bacias, foram determinados usando-se o método do compasso de ponta seca.

Através da análise cartográfica também foram determinadas a densidade de drenagem e a classificação dos canais, por hierarquia, segundo Strahler (1975).

4.2 - Codificação numérica dos canais.

Para que os canais pudessem ser identificados foi necessário estabelecer um critério de numeração. Para tanto, utilizou-se a numeração inicial do Departamento Nacional de Aguas e Energia Elétrica (DNAEE), a qual divide o território nacional em 8 bacias ou regiões hidrográficas, sendo que cada uma delas é dividida em 10 sub-bacias. Pela divisão do DNAEE temos as seguintes bacias hidrográficas:

- Bacia 1: Rio Amazonas;
- Bacia 2: Rio Tocantins;
- Bacia 3: Atlântico Sul, trecho Norte e Nordeste;
- Bacia 4: Rio São Francisco;
- Bacia 5: Atlântico Sul, trecho Leste;
- Bacia 6: Rio Paraná;

- Bacia 7: Rio Uruguai;
- Bacia 8: Atlântico Sul, trecho Sudeste.

A bacia 8, por sua vez, está dividida em 10 sub-bacias, todas iniciando com o dígito 8, das quais a de interesse para o presente trabalho é a sub-bacia 85 - Bacia do Rio Jacuí - que compreende o Jacuí e seus tributários desde a sua nascente até o seu encontro com a foz do Rio Taquari. É nesta região que se encontra o Rio Pardinho, tributário do Rio Pardo, o qual deságua no Rio Jacuí. (DNAEE, 1987)

A Companhia Estadual de Energia Elétrica do Rio Grande do Sul (CEEE), realizou o inventário de alguns cursos de água do Estado, cujas extensões fossem superiores a 10 Km e pudessem apresentar interesse para a geração de hidroeletricidade. Neste inventário os maiores canais do Estado foram numerados com três dígitos em seqüência aos dois já estabelecidos pelo DNAEE. Desta forma, o Rio Pardinho passou a ser identificado pelo número 85193, sendo que os dois primeiros o localizam na grande bacia e sub-bacia estabelecidas pelo DNAEE e os três últimos o situam no catálogo realizado pela CEEE.

Para identificar todo e qualquer canal, por menor que seja, foi necessário acrescentar mais três dígitos aos 5 já existentes. No trabalho iniciado na Comissão Estadual de Energia (CENERGS), Haas (1989) em comunicação pessoal, catalogou os pequenos cursos de água usando uma numeração de três dígitos acrescentados aos cinco já existentes. Estes três dígitos finais foram sendo distribuídos na ordem crescente a partir da nascente do canal principal e a medida em que fossem surgindo os tributários. Desta

forma, o canal principal era identificado pelos seus 5 dígitos acrescidos de 000 e a partir da nascente, cada um de seus tributários passaram a ser catalogados com o número da centena correspondente a ordem em que fossem surgindo, posposto aos cinco dígitos já existentes.

O presente trabalho seguiu os mesmos critérios já estabelecidos pelo DNAEE, CEEE e Haas, sendo que, devido ao reconhecimento de campo ter mostrado a existência de inúmeros canais não mapeados, os novos canais foram acrescentados aos registros, recebendo os mesmos a numeração da centena correspondente a sua colocação na sequência dos canais, tendo sido a sequência numérica alterada e aumentada com o acréscimo de cada novo canal.

4.3 - Expedições ao campo.

De forma sistemática se percorreu canal por canal, para realizar o inventário das quedas de água que apresentaram altura igual ou superior a 2 m e vazão mínima de 1 l/s.

A maioria das medições de descarga foram feitas pelo método direto fazendo com que toda a água passasse por um recipiente, cronometrando-se o tempo. Este método é muito prático e confiável, aconselhado para canais que apresentam pequenos fluxos, como pode ser visto em Sanchez (1986). Para rios mais caudalosos usou-se o método do flutuador e no canal principal se trabalhou com o molinete hidrométrico. Em alguns dos afluentes foram instalados vertedores retangulares para controle de vazão. O processo de medição com vertedor retangular conduz a resultados

mais precisos do que o processo de medição com flutuador, porém ele só pode ser utilizado em canais onde as condições morfológicas permitirem. A vantagem de se utilizar os vertedores retangulares é de que, após a sua instalação, a vazão pode ser determinada exclusivamente com a observação do nível da água acima do vertedor, empregando a equação:

$$Q = 1,84.b.h^{1,5} \quad (1)$$

sendo:

$$Q = \text{vazão (m}^3/\text{s)}$$

$$b = \text{largura da abertura do vertedor (m)}$$

$$h = \text{nível da água sobre a crista do vertedor (m)}$$

A metodologia de construção destes vertedores é descrita em ELETROBRAS (1985).

Ao longo do canal principal foram instalados quatro postos hidrométricos para o controle do nível d'água. O posto a montante foi instalado próximo a nascente do rio na parte alta da Serra Geral, na ponte que serve de divisa entre os municípios de Santa Cruz do Sul e Boqueirão do Leão, na localidade de Alto Rio Pardinho, conforme figuras 4.1, 4.2 e 4.3. O segundo posto está situado na base da Serra Geral, início da Depressão Central, na localidade de Sinimbu, instalado na ponte sobre o Rio Pardinho, próximo a sede deste mesmo distrito, conforme figuras 4.4, 4.5 e 4.6. O terceiro posto está próximo a cidade de Santa Cruz do Sul, junto a estação de captação de água da CORSAN, no qual é feito um controle mais específico, envolvendo análise das qualidades físicas e químicas da água, pois se trata de um posto importante pelo uso e aplicação que é dado a este manancial hídrico pela população da cidade. O local de instalação deste posto foi o

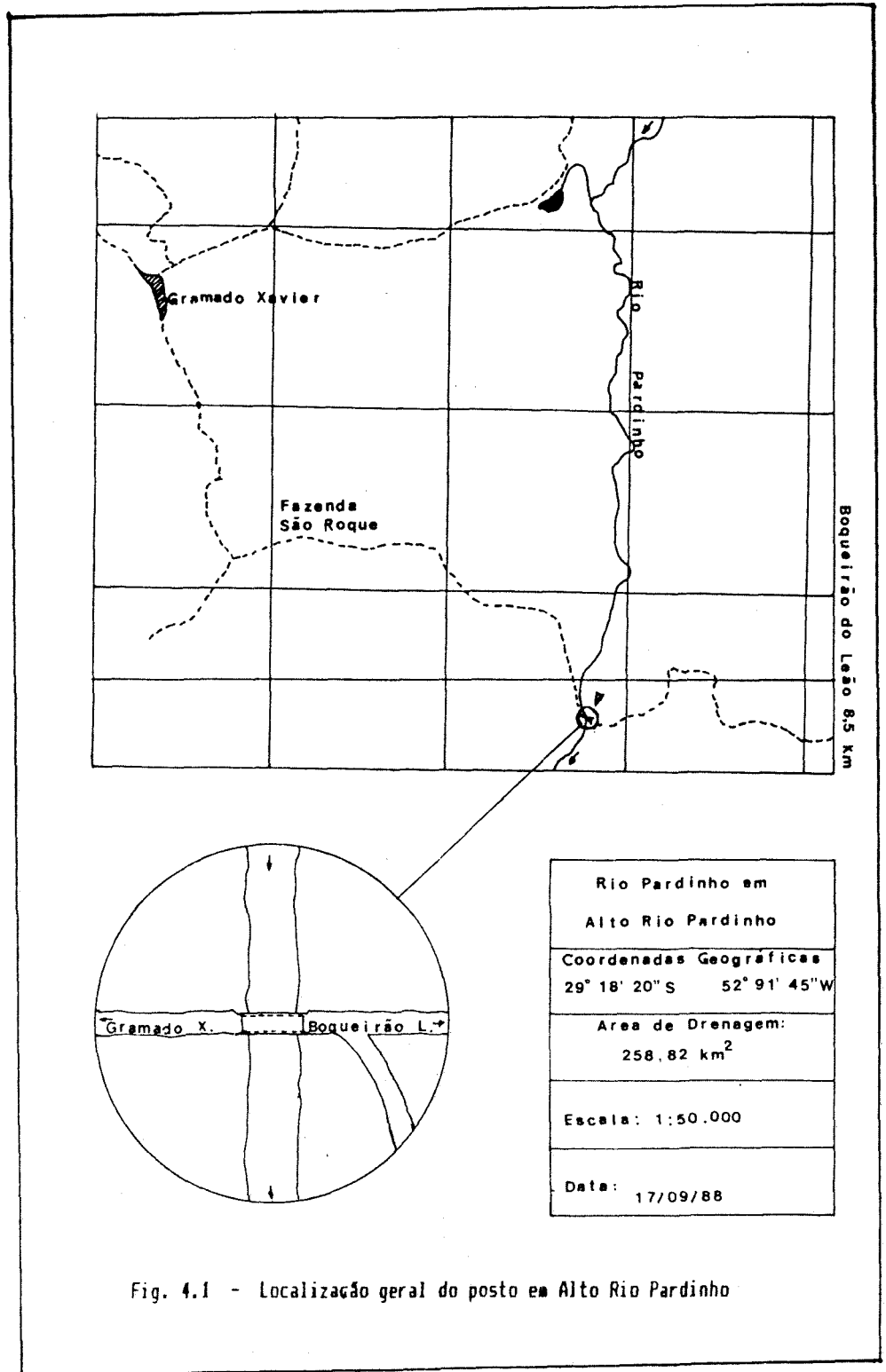


Fig. 4.1 - Localização geral do posto em Alto Rio Pardino

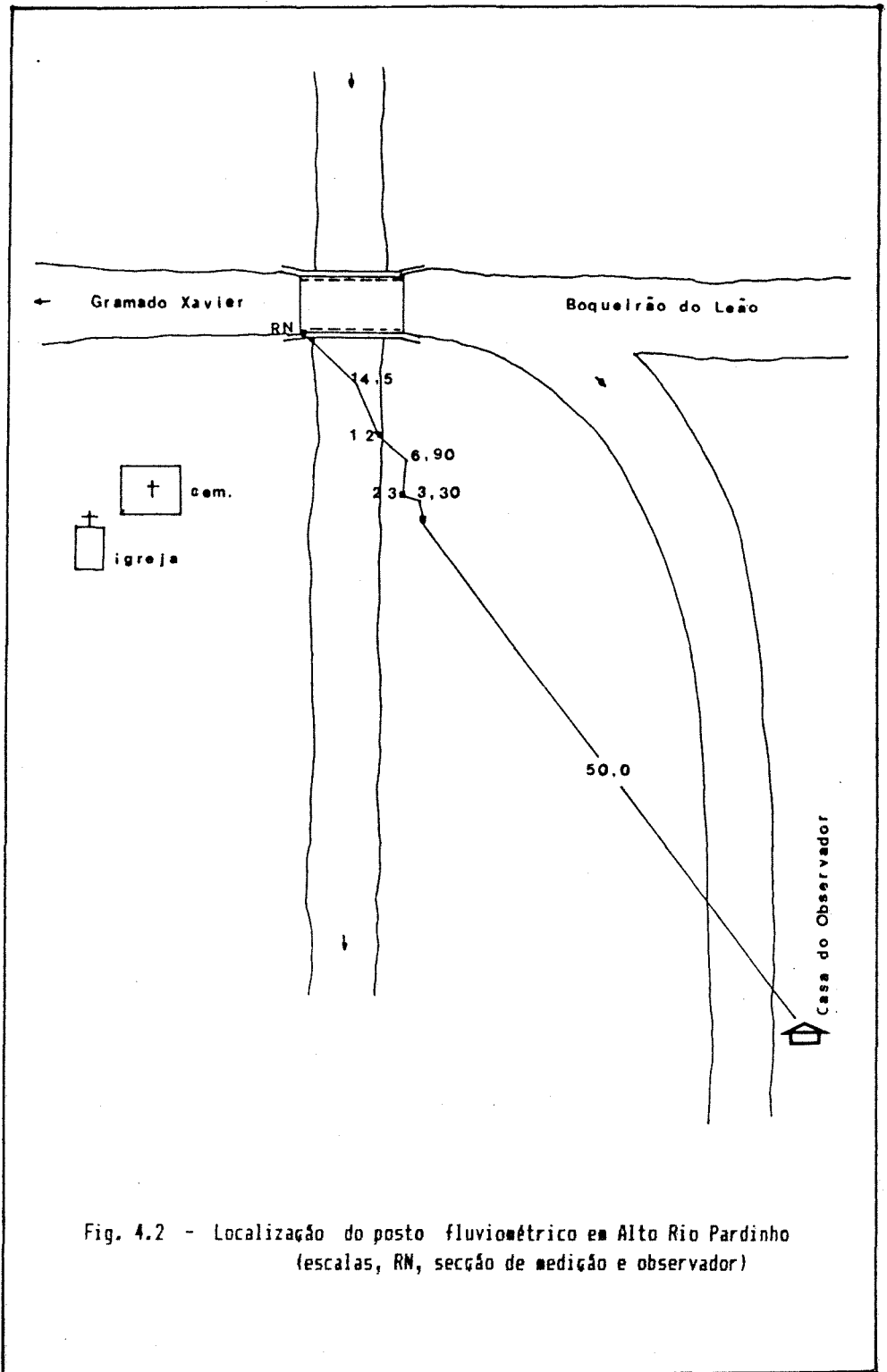


Fig. 4.2 - Localização do posto fluviométrico em Alto Rio Pardinho (escalas, RN, secção de medição e observador)

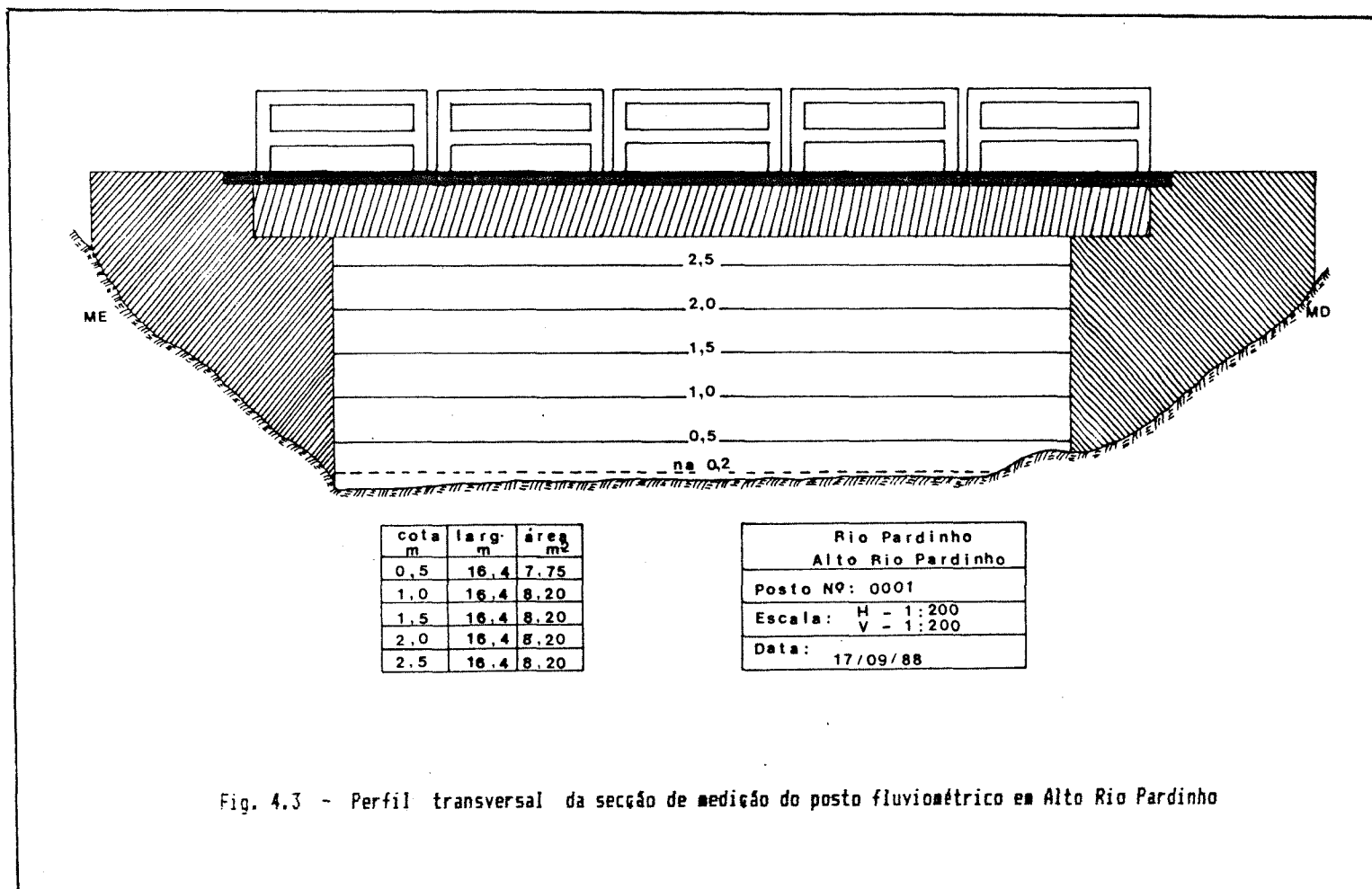


Fig. 4.3 - Perfil transversal da secção de medição do posto fluviométrico em Alto Rio Pardinho

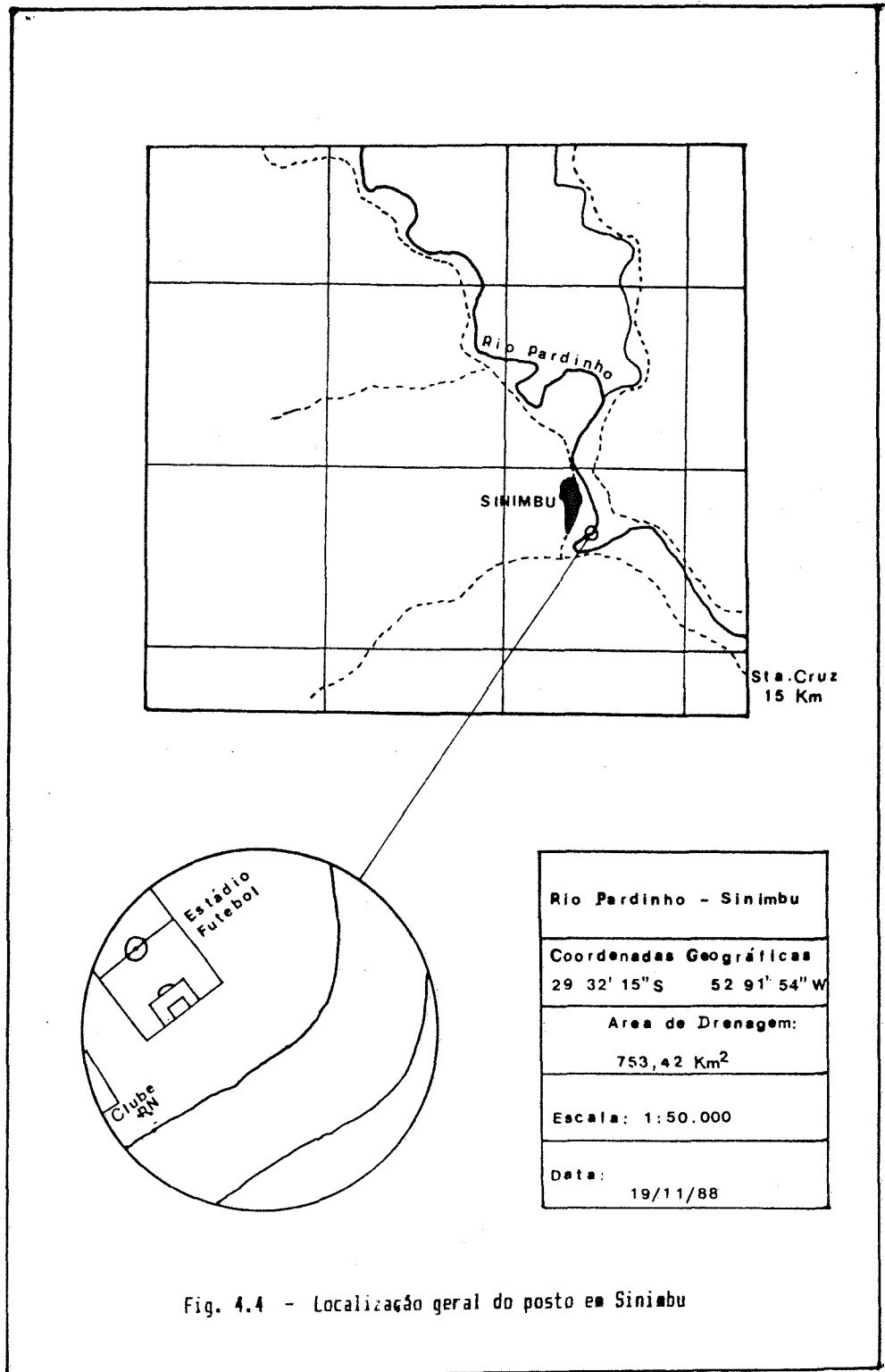


Fig. 4.4 - Localização geral do posto em Sinimbu

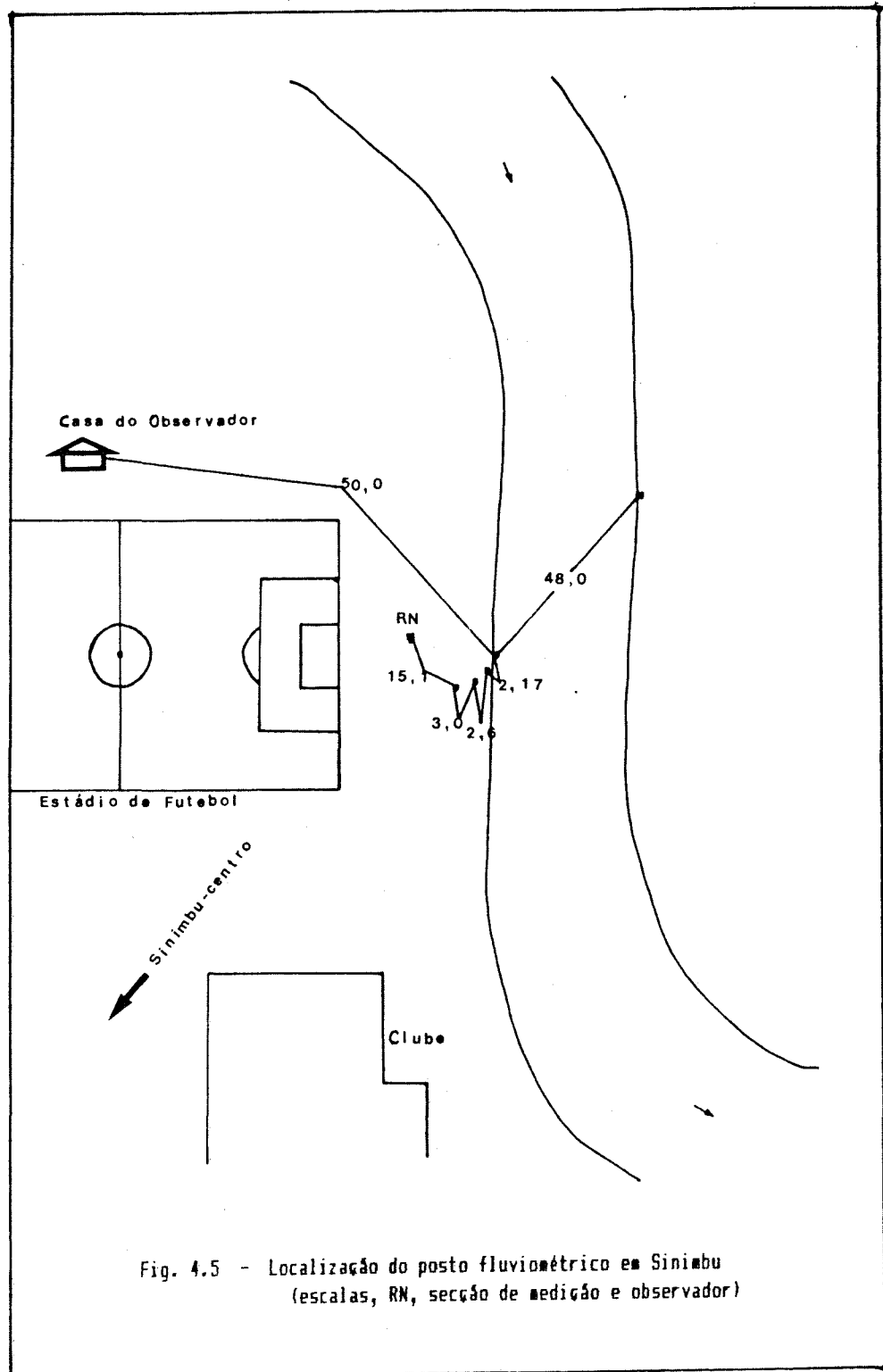


Fig. 4.5 - Localização do posto fluviométrico em Sinimbu (escalas, RN, secção de medição e observador)

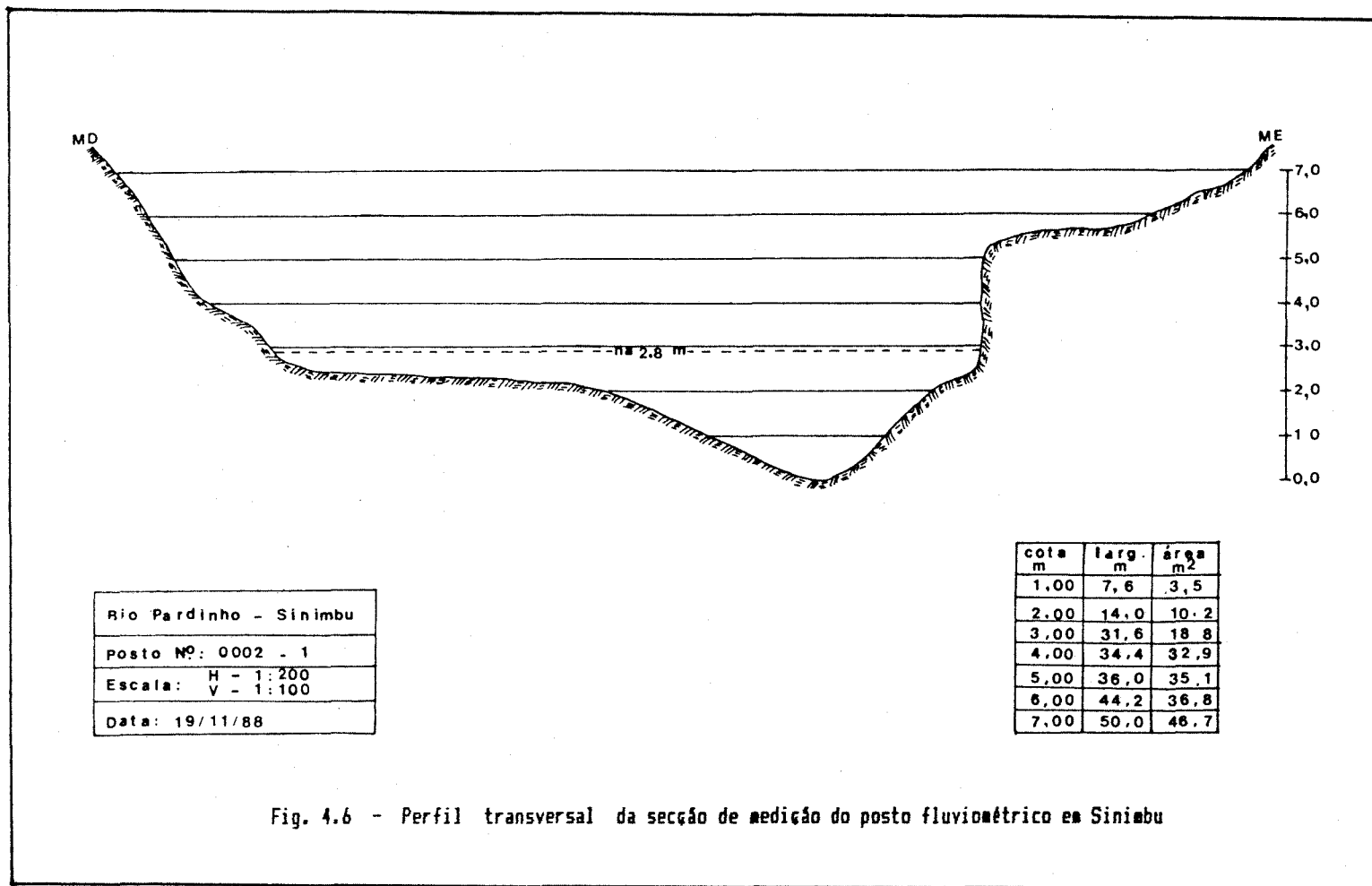


Fig. 4.6 - Perfil transversal da secção de medição do posto fluviométrico em Sinimbu

mesmo que era utilizado pelo DNAEE até 1979, e sua localização já foi mostrada na figura 3.4. A localização geral e o perfil transversal da secção de medição do posto da CORSAN são mostrados nas figuras 4.7 e 4.8. O último posto se localiza próximo à foz, em Vila Progresso, no município de Vera Cruz, instalado no pilar da ponte, conforme figuras 4.9, 4.10 e 4.11.

Nas saídas de campo para catalogação das quedas de água também foram levantados os nomes e a localização das famílias que não tinham energia elétrica em suas residências. Todas estas informações foram listadas, mapeadas e catalogadas nas microbacias correspondentes. Também foram acrescentados aos mapas os cursos que não constam nas atuais cartas do DSG. Estes novos canais foram hierarquizados, numerados e seus comprimentos acrescentados aos valores de densidade de drenagem das respectivas bacias.

As quedas d'água foram localizadas após prévia avaliação do perfil longitudinal e completada com reconhecimento terrestre em cada um dos canais das sub-bacias. Em cada queda foi determinada a vazão, empregando-se o método da medição direta, chamado também de processo volumétrico, ou a avaliação comparativa. A altura foi medida com o auxílio de uma trena nos casos em que as quedas apresentaram declividade superior a 80° . As demais foram medidas utilizando-se o clinômetro.

A determinação da potência aproveitável é, na realidade, a determinação do potencial máximo que o local escolhido pode fornecer com suas características topográficas de desnível (queda natural) e hidrológicas de vazão disponível do curso d'água

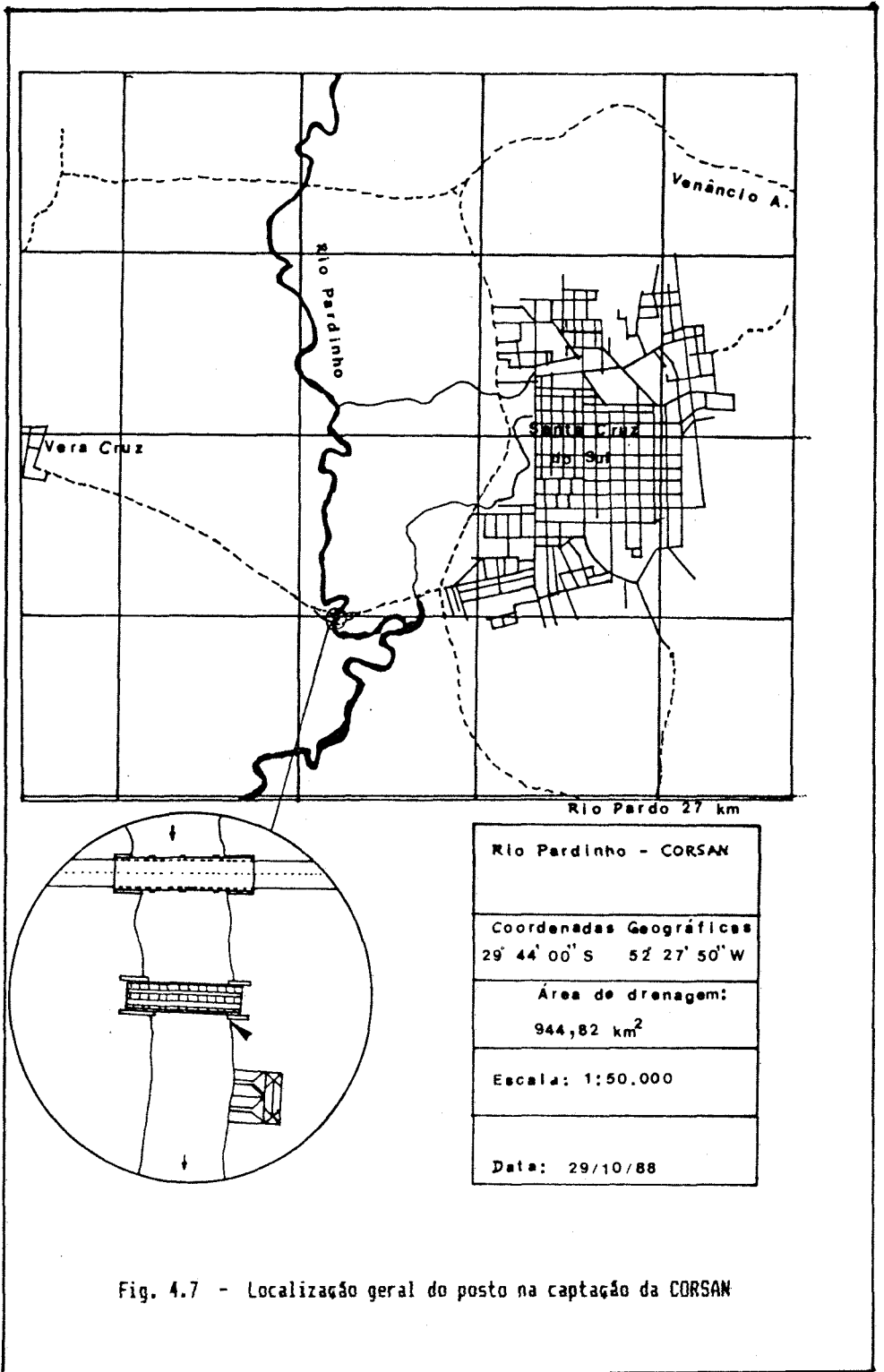


Fig. 4.7 - Localização geral do posto na captação da CORSAN

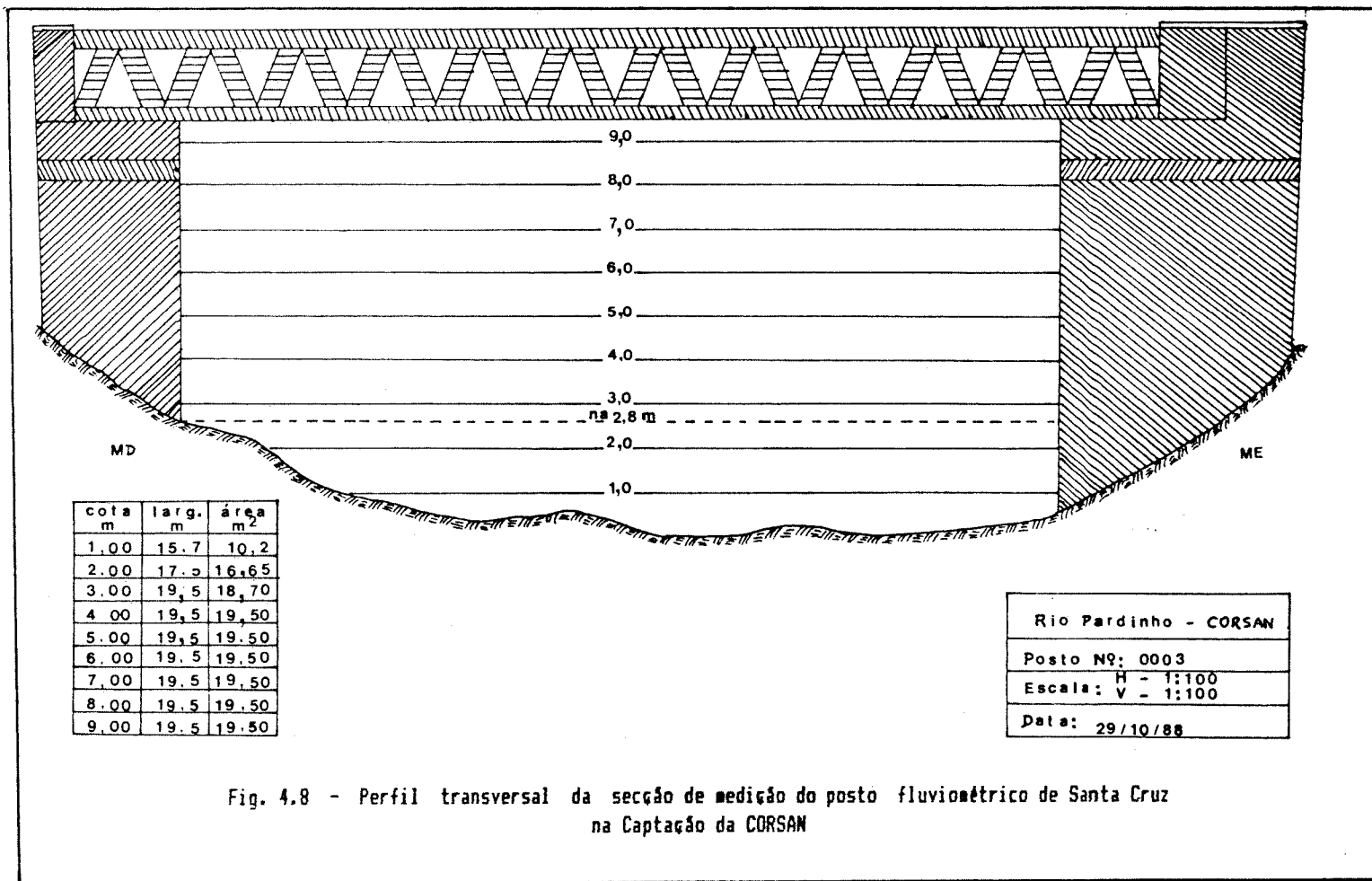


Fig. 4.8 - Perfil transversal da secção de medição do posto fluviométrico de Santa Cruz na Captação da CORSAN

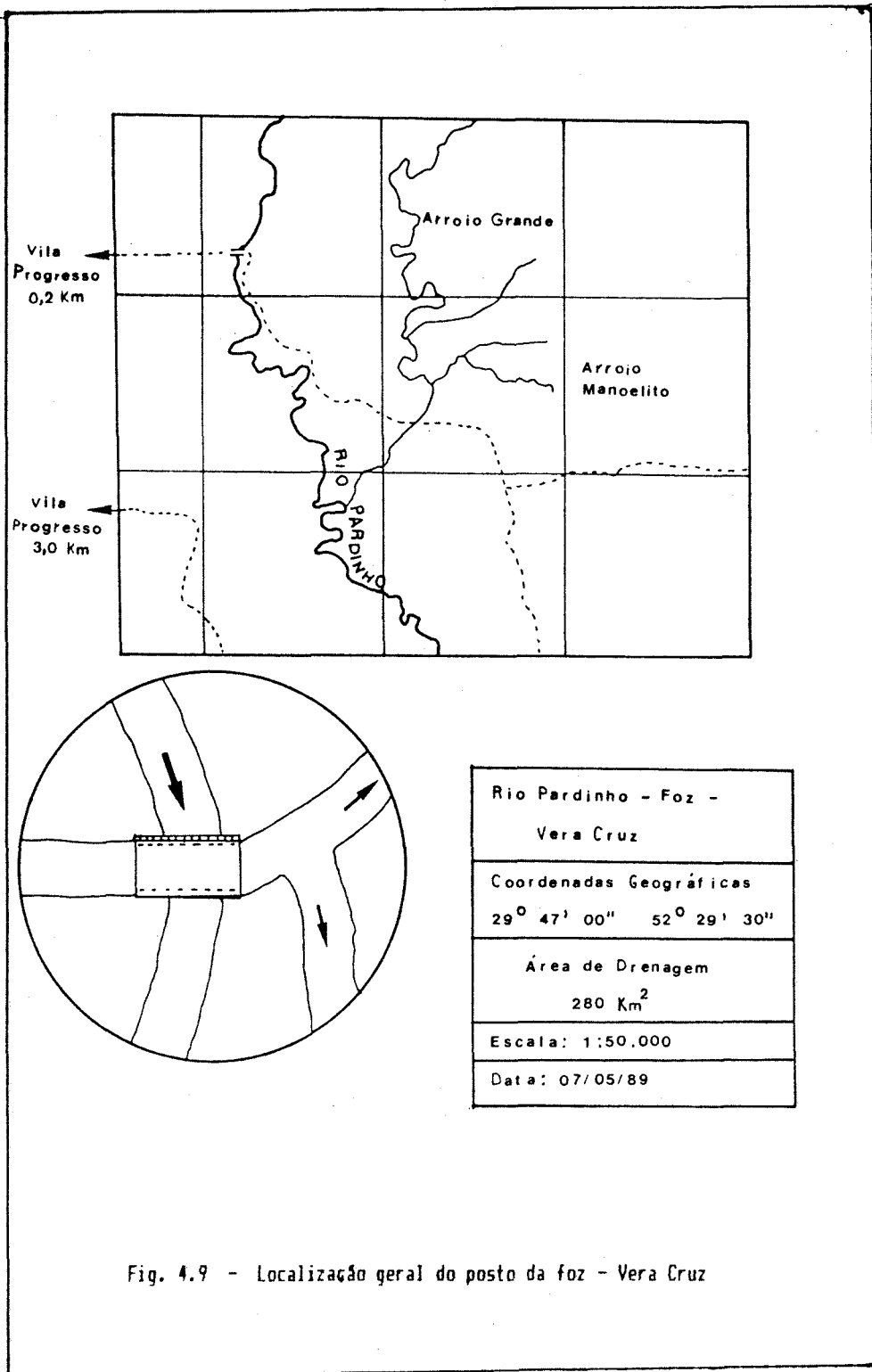


Fig. 4.9 - Localização geral do posto da foz - Vera Cruz

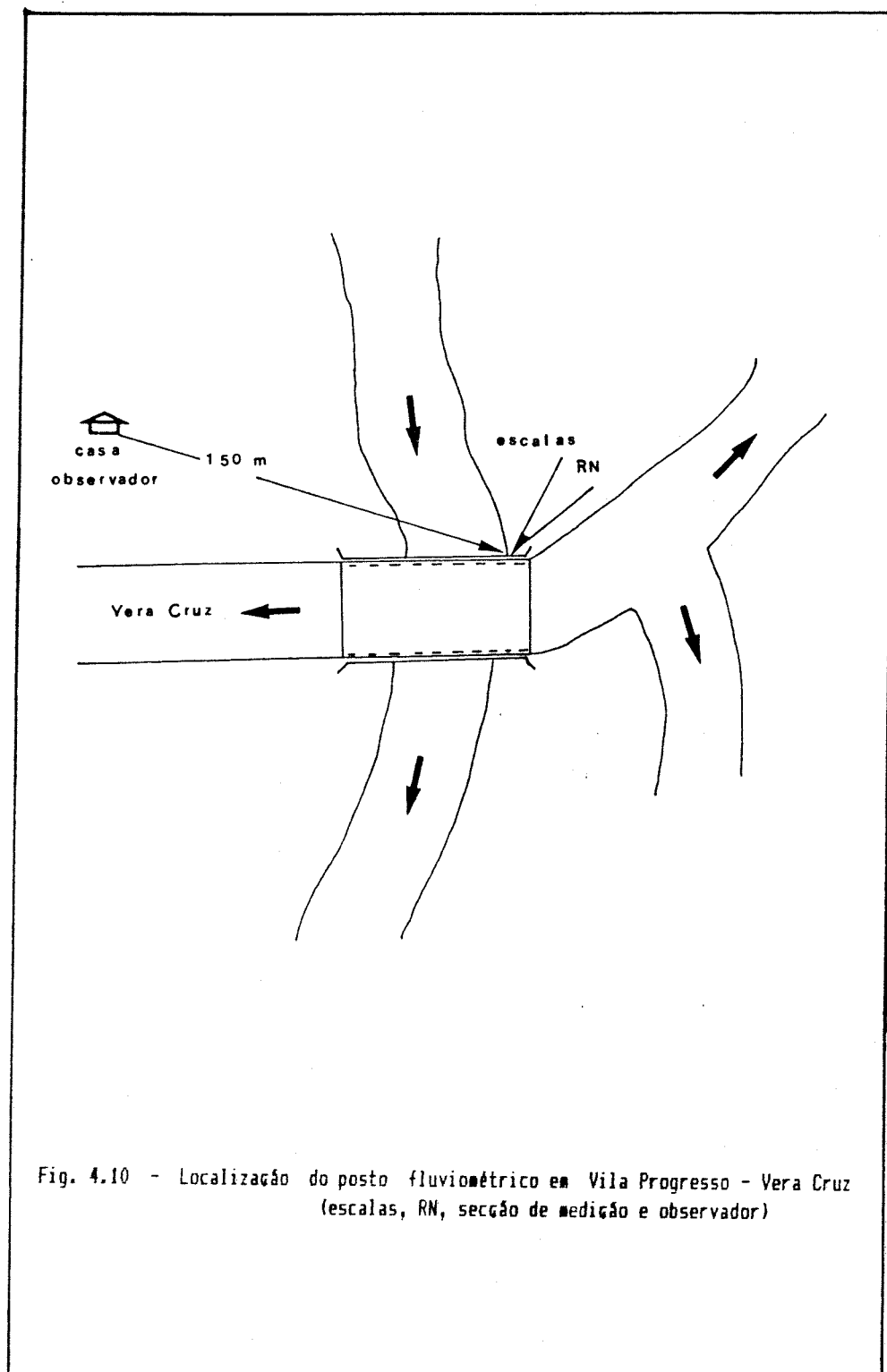
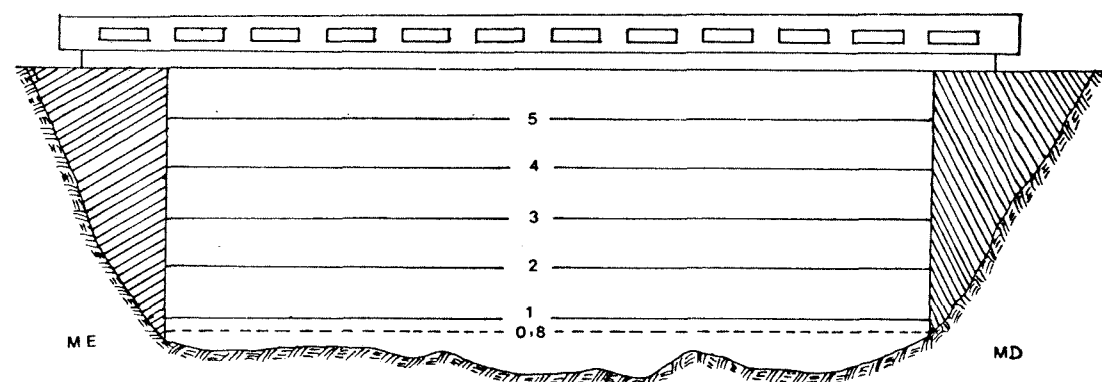


Fig. 4.10 - Localização do posto fluviométrico em Vila Progresso - Vera Cruz (escalas, RN, secção de medição e observador)



Posto Vera Cruz - S.C.S.
 Nº: 0003
 Data: 14/05/89
 Escala: 1:100 - H
 1:100 - V
 Altura: 5 metros

cota m	larg. m	área m ²
0,8	15	6,890
1,0	15	15,194
2,0	15	15,461
3,0	15	15,461
4,0	15	15,461
5,0	15	15,461
Área Total: 99,39759 m ²		

Fig. 4.11 - Perfil transversal da secção de medição do posto fluviométrico em Vila Progresso - Vera Cruz

(ELETROBRAS, 1985). Esse potencial em kw foi estimado através da seguinte fórmula:

$$\text{Potencial} = 7,5.H.Q \quad (\text{Kw}) \quad (2)$$

onde: Q = vazão disponível do curso d'água (m^3/s)

H = queda bruta - diferença de nível entre a superfície d'água do rio e do local da casa de máquinas (m).

As quedas de água foram discretizadas em cada bacia pela altura e pelo potencial de projeto que as mesmas apresentam.

No canal principal do Arroio São João foi instalado um posto fluviométrico, no qual é feito um controle do nível d'água, segundo critérios de Silveira (1983) e Sanchez (1986).

No Arroio da Gruta, contribuinte do Arroio Lageado, existem dois reservatórios de água nos quais se realizou levantamentos topográficos e batimétricos para determinar o volume de água neles contido, segundo o método descrito por Hutchinson (1957), o qual calcula os volumes por integração de camadas de isobatas. A topografia foi realizada com o uso do teodolito e uma fita métrica, percorrendo o perímetro do lago, determinando a distância e o ângulo de desvio (Espartel, 1980). Para a batimetria escolheu-se seis secções transversais, nas quais mediu-se a profundidade do reservatório a cada metro de distância horizontal. Os dois reservatórios também representam sítios de possível aproveitamento hidroenergético, com a vantagem de já terem seus reservatórios estabelecidos. O potencial disponível nestes reservatórios foi calculado e adicionado aos potenciais das quedas existentes no local.

4.4 - S.G.I. aplicado na localização de pontos de potencial hidroenergéticos na Bacia Hidrográfica do Arroio São João.

Para o presente trabalho foi escolhida a bacia hidrográfica do Arroio São João para servir de parâmetro afim de testar a técnica do uso do S.G.I. na localização de pontos de potencial hidroenergético, por se tratar de um local com área inferior a 50 Km² e por apresentar muitos pontos de potencial observados em campo. A limitação estabelecida para a área da bacia é resultado da necessidade de se obter o menor tamanho de pixel possível e com a máxima quantidade de informações presentes na carta do DSG.

O canal do Arroio São João é um tributário direto do Rio Pardinho, pertencendo à bacia 85, conforme codificação de canais do DNAEE (1987) e recebendo como numeração seqüencial ordenada os dígitos 85193129 de acordo com a metodologia sugerida em HASS (1984) e apresentada por Scartazzini et alli (1992). A Bacia hidrográfica formada pelo Arroio São João se situa no recém emancipado município de Sinimbu, próximo a Santa Cruz do Sul, RS, apresentando as seguintes características:

- Coordenadas Geográficas: Latitude: 29°32'; Longitude: 52°31'
- Referências Cartográficas: Mapa do Ministério do Exército - Diretoria do Serviços Geográfico (DSG): Folha SH 22-V-C-VI-2.
- Área de Drenagem: 32,690 Km²
- Densidade de Drenagem: 1,765 Km/Km²
- Coeficiente de Compacidade: 1,299
- Fator de Forma: 0,314

As figuras 4.12, 4.13 e 4.14 mostram, respectivamente, a

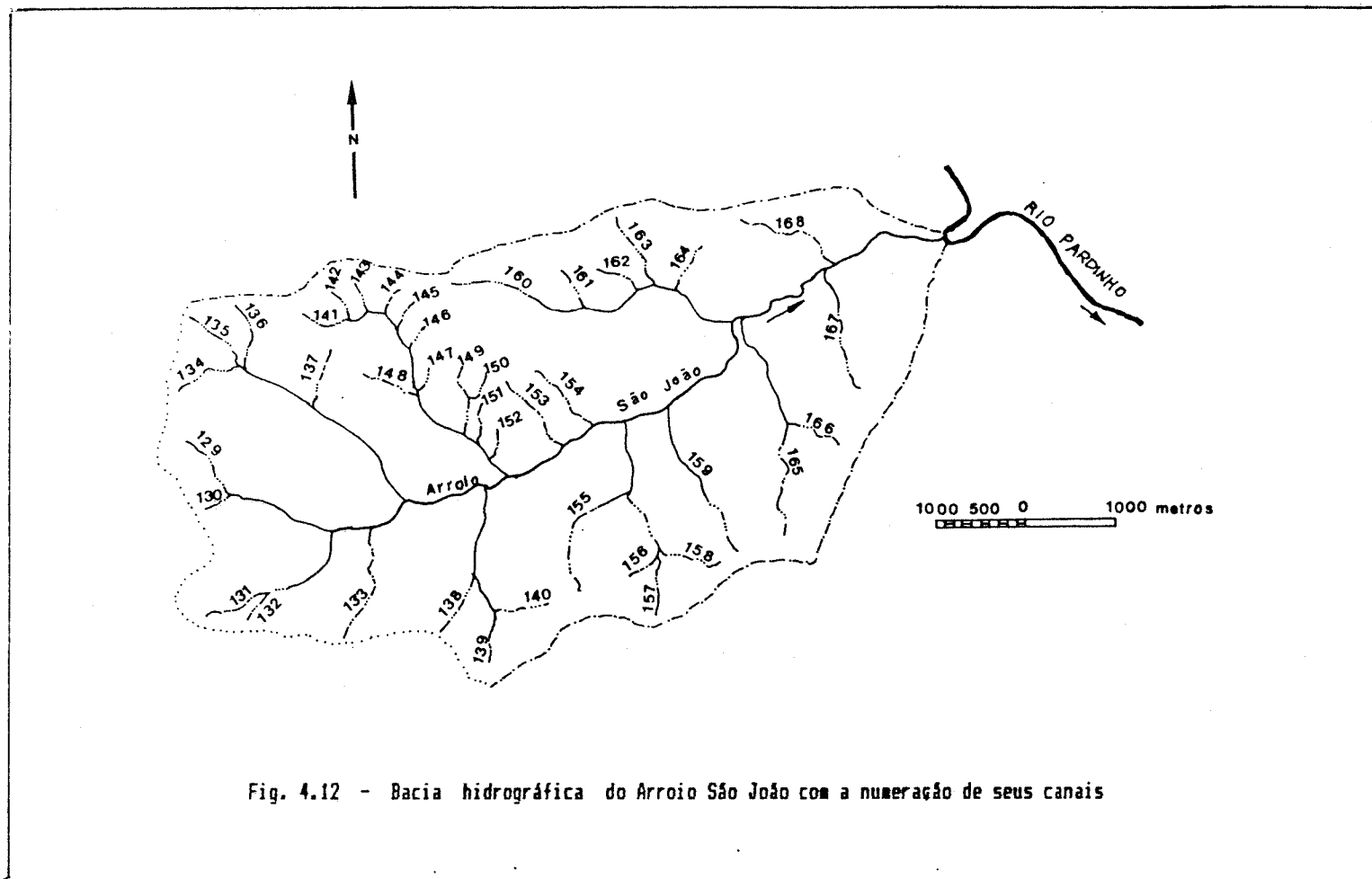


Fig. 4.12 - Bacia hidrográfica do Arroio São João com a numeração de seus canais

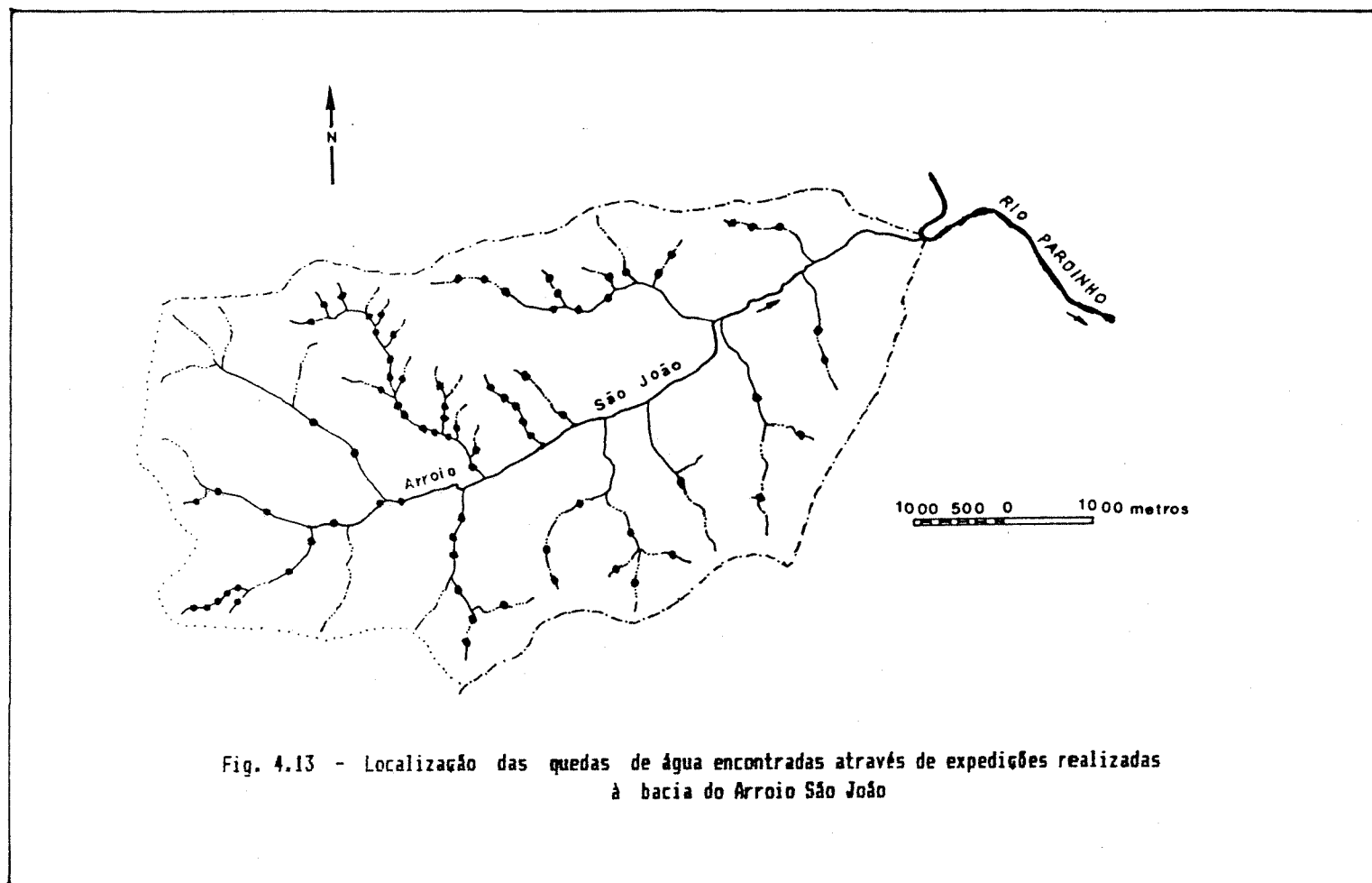


Fig. 4.13 - Localização das quedas de água encontradas através de expedições realizadas à bacia do Arroio São João

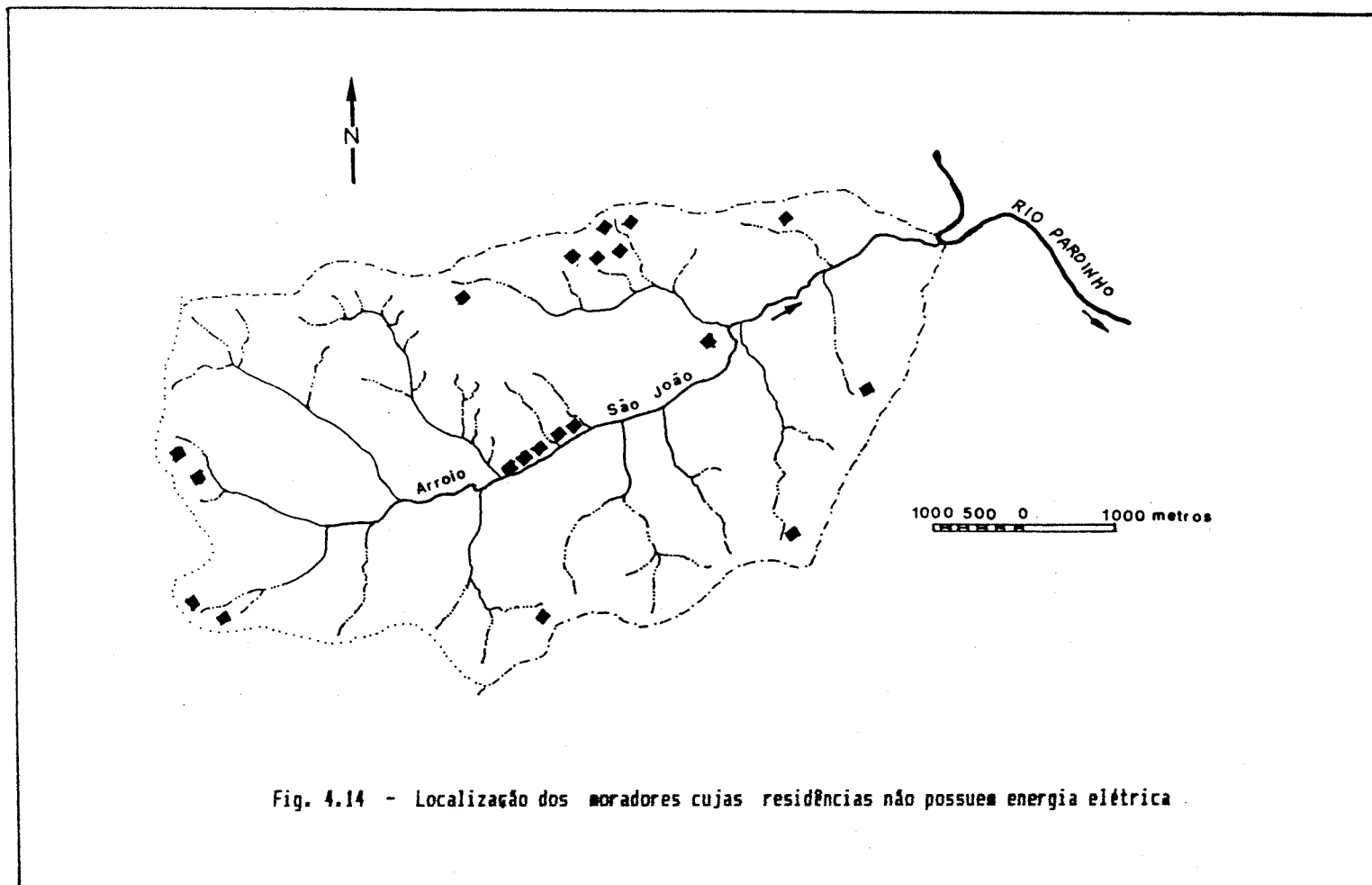


Fig. 4.14 - Localização dos moradores cujas residências não possuem energia elétrica

bacia hidrográfica do Arroio São João com a numeração ordenada de seus canais, a localização das quedas de água inventariadas pelo Grupo de Pesquisas Limnológicas da Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC, nos trabalhos de campo e a localização dos vinte moradores sem energia elétrica em suas residências situados na área desta bacia, como é apresentado em Scartazzini et alli (1992).

Dados sobre o contorno da bacia, curvas de níveis e rede hidrográfica foram introduzidos no sistema via mesa digitalizadora a partir da carta topográfica, cobrindo toda a bacia.

As informações extraídas da carta e fornecidas ao sistema, no modo vetorial, via mesa digitalizadora, foram:

- as curvas de nível, digitalizadas na forma de pontos (x,y) que o sistema transforma em linhas e, com a informação da altitude correspondente que constitui a terceira coordenada no espaço tridimensional, formam o modelo numérico do terreno (mnt).
- o contorno da bacia, digitalizado na forma de arco. A união do nó final de um arco com o respectivo nó inicial formará o polígono representativo da área da bacia.
- a rede hidrográfica, também digitalizada na forma de pontos e transformadas em linhas, no modo vetorial.

Os próximos passos fazem parte específica das rotinas que o software oferece ao usuário e o caminho seguido depende do objetivo que o mesmo se propõe a alcançar. No caso presente, efetuou-se:

- a organização dos pontos do mnt;
- a geração da grade regular sobre o mnt. Para o volume das informações fornecidas, mais o volume das informações geradas, o espaço de memória disponível no sistema permitiu uma resolução máxima de tamanho do pixel de 10X10 m, considerada satisfatória para o objetivo pretendido;
- o refinamento da grade regular formada sobre o plano do mnt.
- o cruzamento da grade refinada com o plano do mnt para formar o plano das declividades;
- o fatiamento do plano das declividades. Foram criadas cinco classes representativas de acordo com o grau de inclinação do terreno. Atribuiu-se cores específicas para trechos de terrenos que apresentaram declividades diferentes. A tabela 4.1 apresenta a codificação das declividades e cores utilizadas:

Tabela 4.1: Classes do fatiamento do plano das declividades

INCLINAÇÃO DO TERRENO (em %)				COR ATRIBUÍDA
de	0	a	20	0 (preto)
	20	a	40	7 (amarela)
	40	a	60	3 (vermelho)
	60	a	80	15 (verde)
	80	a	>80	11 (rosa)

A classe de 0 a 20% corresponde a declividades que fornecem valores de altura, para o pixel de 10x10 m, iguais ou menores que 2 metros. Como estas alturas haviam sido descartadas no trabalho de campo por não representarem potencial aproveitável, esta classe foi desconsiderada através da cor selecionada.

- a digitalização dos pontos da rede hidrográfica na forma

vetorial;

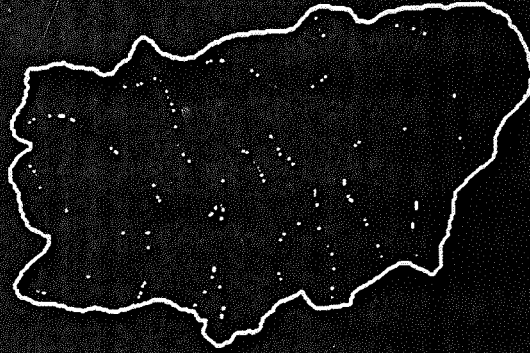
- a rasterização da rede hidrográfica;
- o cruzamento do plano das declividades fatiadas com o plano da rede hidrográfica, através de uma regra que atribui uma cor a cada fatia de declividade ao longo do trecho do rio. Através da unidade de visualização acoplada ao computador, é possível ver os resultados obtidos com os diferentes planos criados.

Nas fotografias que fazem parte das figuras 4.15-a e 4.15-b podem ser vistas a bacia hidrográfica do Arroio São João com os pontos amostrados pelo sistema através do cruzamento do plano das declividades fatiado sobre a rede hidrográfica rasterizada (foto 4.15-a), e uma ampliação associada à rede hidrográfica, ambas identificando a faixa da declividade através das respectivas cores do ponto localizado.

Para dar seqüência ao trabalho e obter a área de drenagem correspondente a cada ponto de interesse no canal, lá onde a declividade representasse um ponto de potencial, a grade regular gerada pelo SGI precisou passar pelo processo de suavização, iteração e acúmulo, para ajustar o plano do mnt ao número de pixels contribuintes para cada ponto da bacia hidrográfica.

O programa "Suavização" e "Iteração" foi desenvolvido por Risso (1991) no Centro de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia da UFRGS sendo aplicado para definir a tendência de inclinação do pixel no espaço e relacionar a sua inclinação com a dos pixels vizinhos. esta informação é aplicada para definir o sentido do fluxo da água em qualquer ponto da superfície da bacia hidrográfica. O programa "Acúmulo", também desenvolvido por Risso

BACIA HIDROGRAFICA
DO ARROIO SAO JOAO



Declividade dos canais:
amarelo=30%, vermelho=50%,
verde=70% e rosa=90%

Fig. 4.15-a: Localização pelo SGI dos sítios com potencial hidroenergéticos

BACIA HIDROGRAFICA
DO ARROIO SAO JOAO



Plano das declividades nos canais

Fig. 4.15-b: Associação dos sítios identificados com a rede hidrográfica

(1991) é utilizado para contabilizar o número de pixels cujas inclinações individuais irão conduzir o fluxo da água na bacia para um ponto desejado.

Para aplicar os programas "Suaviza", "Direção" e "Acúmulo" utilizando o equipamento disponível na época, foi necessário ampliar o tamanho do pixel para 44x44 metros, ficando a grade formada por 136 linhas e 238 colunas, perdendo-se desta forma informações.

Executados os programas de suavização e iteração dos pixels, retornou-se ao SGI para a executar os seguintes passos:

- a rasterização do plano do mnt suavizado;
- fatiamento do plano do mnt suavizado. Foram criadas duas classes, com base no número de pixels que contribuem para conduzir o fluxo de água para o ponto desejado, que estão mostradas na tabela 4.2:

Tabela 4.2: Classes do fatiamento do plano mnt suavizado

de 0	a	130 pixels
de 130	a	17.000 pixels

A classe que abrange até 130 pixels corresponde a uma área de drenagem igual ou inferior a $0,25 \text{ km}^2$ ($130 \times 44 \times 44 \text{ m}^2$). Uma superfície com área inferior a $0,25 \text{ km}^2$ drena para o ponto desejado um volume inferior a 2 litros a cada segundo, sendo um valor estabelecido como limite mínimo, a exemplo das limitações impostas no levantamento de campo com respeito à vazão. Estabelecida esta condição, a área com dimensão relativa a 130 pixels passou a ser desconsiderada no presente trabalho, com a

exclusão desta classe no passo seguinte;

- cruzamento do plano do mt suavizado com o plano das declividades fatiadas realizado através de uma regra apropriada.
- aplicação da rotina do SITIM "lepixel" para determinar o ponto cartesiano (linha e coluna) onde o pixel de interesse se localiza e do programa "Acúmulo" para a definição da quantidade de pixels que fazem o fluxo convergir para o ponto desejado.

Com a definição dos pontos onde a declividade passa a ser representativa, ao se aplicar os programas "Suaviza", "Direção" e "Acúmulo" de Risso (1991 e 1993) juntamente com o programa "Lepixel" do INPE (1988) foi possível determinar a área de drenagem para cada ponto de interesse através da equação:

$$A = 0,001942.N \quad (\text{Km}^2) \quad (3)$$

onde N = número de pixels que drenam para o ponto indicado
 $0,001942$ é uma constante resultante da área de cada pixel, definido em $44,0465 \times 44,0876 \text{ m}^2$.

4.5 - Regionalização de vazões.

A determinação das vazões existentes nos grandes rios pode ser obtida através da equação da curva chave, que relaciona a cota mostrada na escala limnimétrica com a vazão apresentada pelo curso de água. Uma equação de curva chave só é estabelecida após uma longa série de observações de cotas e várias medidas de vazões. O custo envolvido para a formulação de uma curva chave de um rio é diretamente proporcional a confiabilidade que se quer obter da mesma.

O DNAEE mantinha uma grande rede de postos fluviométricos

até 1989, espalhados em todo o Território Nacional, como pode ser encontrado em DNAEE (1987). Porém, devido a grande quantidade de cursos de água existentes no Brasil, muitos rios de médio porte não possuem registros de suas vazões. Para atender a necessidade de se quantificar o fluxo de água nestes locais foram desenvolvidas técnicas que utilizam informações sobre sazonalidade e quantificação de precipitação, tipificação de solos e drenagem, características físicas e geomorfológicas locais que permitam estabelecer uma relação com os postos fluviométricos existentes, através de uma correlação estatística adequada. Com esta técnica o Instituto de Pesquisas Hidráulicas (1985) apresentou equações que permitem determinar vazões em rios da região Sul, conhecidas algumas características locais. No trabalho apresentado por Lanna, Silveira e Tucci (1983) são apresentadas equações para determinação de vazões mínimas na bacia do Rio Jacuí. No trabalho de Tucci (1991) é apresentada uma metodologia de regionalização de vazões para o Estado do Rio Grande do Sul que permitem calcular vazões máximas, médias e mínimas, bem como as curvas de permanência para o ponto do curso de água onde se conheça a área de contribuição, a precipitação, a densidade de drenagem ou outras características locais. Utilizando a curva de permanência, basta conhecer a área de drenagem do curso para se obter valores para a vazão.

Aplicando-se a metodologia sugerida por Tucci (1991) para a regionalização das curvas de permanência obtidas através dos dados dos postos fluviométricos do DNAEE, empregou-se a equação empírica obtida para a região III do estudo mencionado, onde se

localiza a bacia hidrográfica em estudos, para se determinar a vazão cuja probabilidade de ocorrer é de 95%. Sendo a probabilidade de ocorrência da vazão estimada em 95%, implica em se trabalhar com os fluxos próximos das vazões mínimas, o que compatibiliza com o parâmetro da vazão utilizado para o levantamento de campo. A equação utilizada foi:

$$Q_{95} = 0.00458 * A^{0,981} \quad (m^3/s) \quad (4)$$

para $A = \text{área de contribuição dada em } Km^2.$

Conhecida a vazão no ponto desejado determina-se a potência de projeto possível de ser obtida, através da mesma equação sugerida por ELETROBRAS (1985) e já mencionada anteriormente.

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no levantamento cartográfico e expedito do inventário dos recursos hídricos na bacia do Rio Pardinho, cujo canal principal é identificado pelo nº 85193000, foram divididos nesta apresentação, para facilitar a elaboração dos mapas devido ao tamanho que a bacia do Rio Pardinho apresenta, em quatro partes:

- PARTE I: nascente, englobando a cabeceira da bacia com os canais 85193000 até 85193128, incluídos os novos, mais as bacias dos canais 85194000, 85195000 e 85196000.
- PARTE II: Rio Pequeno, principal tributário do Rio Pardinho, envolvendo o próprio canal 85197000 até 85197100.
- PARTE III: região média do Rio Pardinho agrupando os canais 85193129 até 85193244.
- PARTE IV: foz do Rio Pardinho envolvendo os canais 85193245 até 85195350.

5.1 - Parte I - Nascente.

A parte da nascente compreende os canais tributários do Rio

Pardinho de números 001 até o de número 128, numerados conforme sua localização geográfica partindo da nascente do canal principal. Os canais da cabeceira da nascente são pouco volumosos e de pequena extensão. As quedas de água nela encontradas, apresentam pequeno potencial devido a este fator. Na figura 5.1 estão marcados os pontos no mapa desta parte da bacia onde foram inventariadas as quedas de água com altura igual ou superior a dois metros e vazão mínima igual ou superior a um litro por segundo. As residências dos moradores desta área que não estão supridas com energia elétrica, estão mapeadas e mostradas na figura 5.2.

A discretização das potências de projeto nas quedas de água existentes na região da nascente do Rio Pardinho são apresentadas na tabela 5.1, a seguir:

Tabela 5.1: Quedas de água da região da nascente do Rio Pardinho

potência (w)	quantidade
de 15 a 50	20
de 51 a 100	21
de 101 a 200	20
de 201 a 300	2
de 301 a 400	7
de 401 a 700	4
de 701 a 1000	3
de 1001 a 2000	1
de 2001 a 4000	2
com 26.850	1

Existem na região da nascente do Rio Pardinho 81 pontos com possibilidade de geração de energia elétrica capazes de atender a demanda de pelo menos uma residência em cada ponto. No total, a

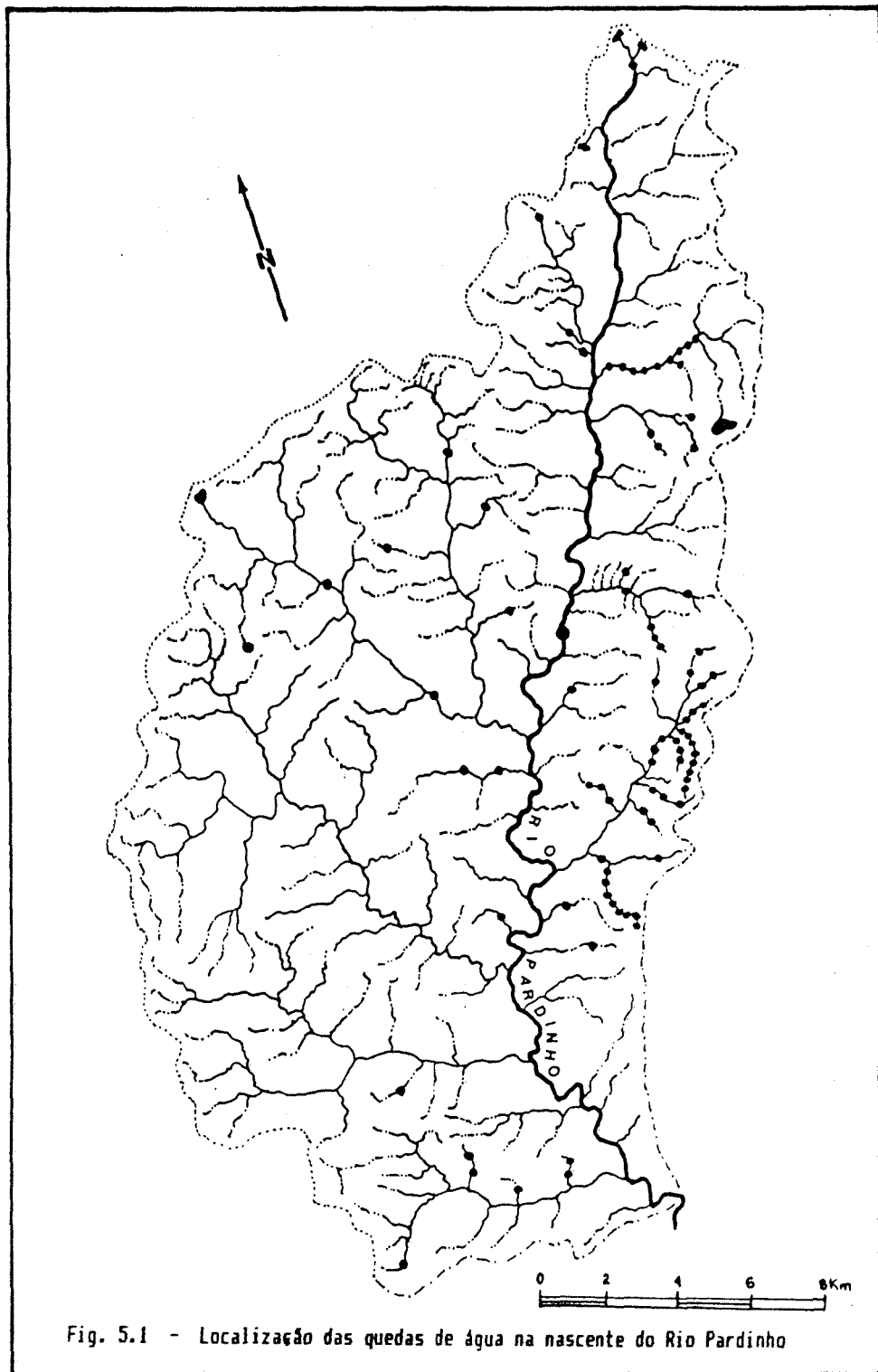
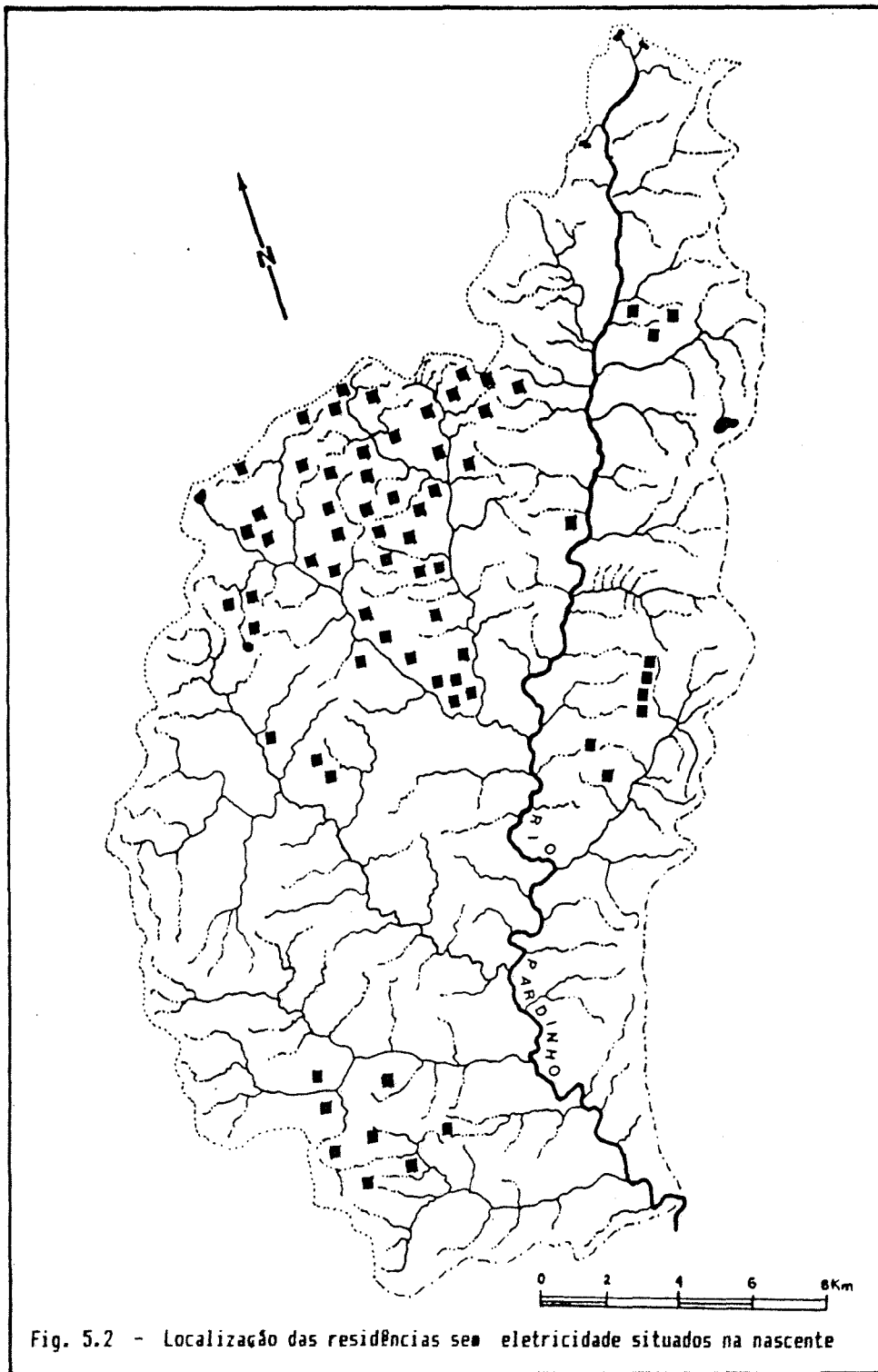


Fig. 5.1 - Localização das quedas de água na nascente do Rio Pardo



potência mínima de projeto disponível no local é de 47.225 watts, equivalendo a uma energia não utilizada de 34,12 Mwh ao mês.

Nesta mesma região foram localizados 57 moradores sem energia elétrica em suas residências.

No anexo A1 são apresentadas as características geomorfológicas da parte da nascente do Rio Pardinho, a classificação dos canais distribuídos em suas 45 micro-bacias com suas respectivas extensões e a situação das quedas de água por altura e por potência, localizadas na micro-bacia correspondente, de forma a facilitar a identificação geográfica por altura e por potência de cada queda de água.

5.2 - Parte II - Bacia do Rio Pequeno.

Esta sub-bacia compreende os canais tributários de números 001 até 100, numerados conforme sua localização geográfica partindo da nascente do canal principal. O Rio Pequeno é o principal tributário do Rio Pardinho e esta Sub-bacia complementa a parte da cabeceira da bacia do Rio Pardinho, sendo que os canais da cabeceira são pouco volumosos e de pequena extensão, conferindo às quedas de água neles existentes, potências de pequeno porte. Na figura 5.3 está o mapa com a localização dos pontos onde foram inventariadas as quedas de água com altura igual ou superior a dois metros e vazão mínima igual ou superior a um litro por segundo. As residências dos moradores desta área que não estão supridas com energia elétrica estão mapeadas e mostradas na figura 5.4.

Na tabela 5.2 estão discretizadas as quedas de água por

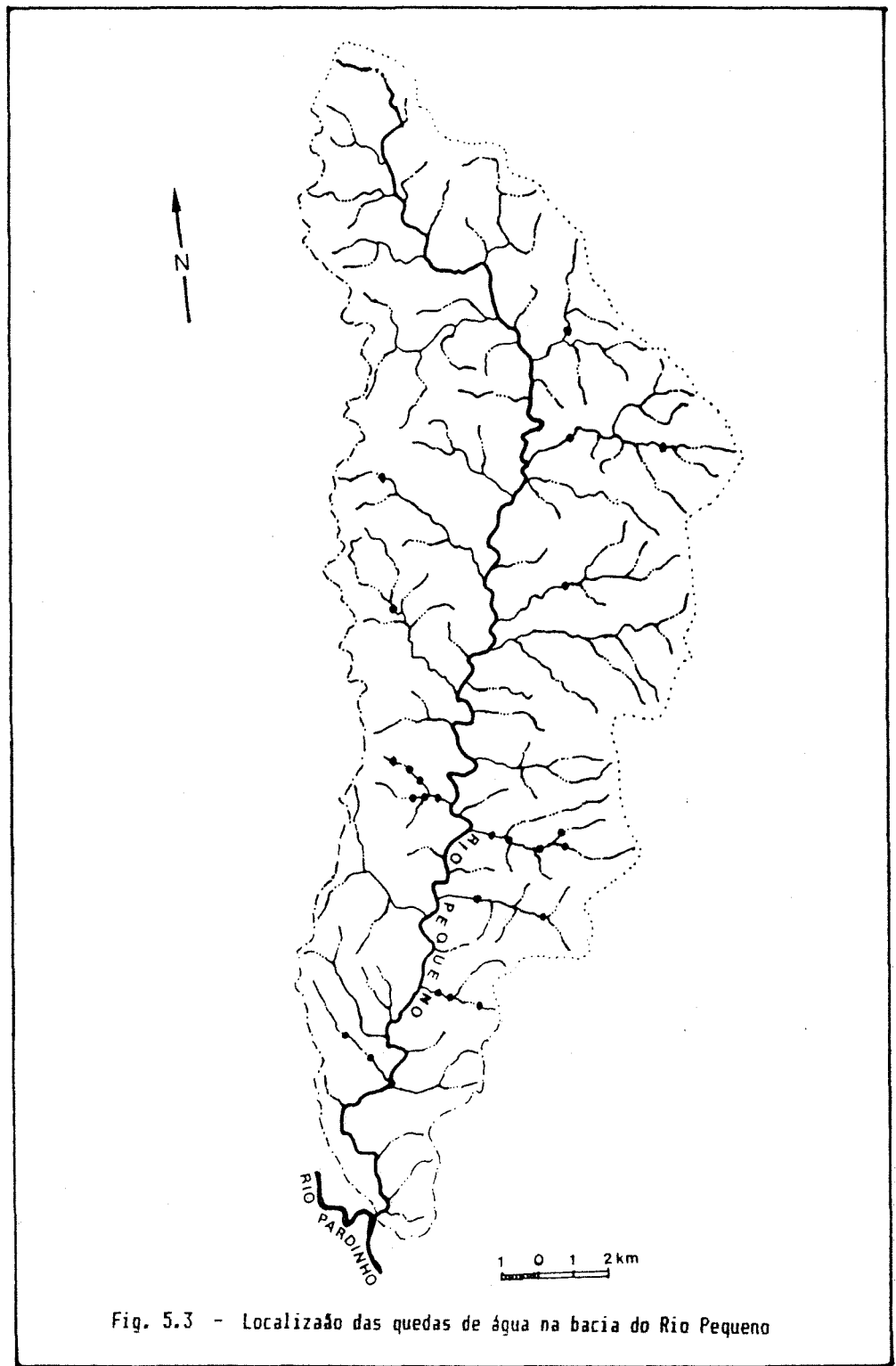


Fig. 5.3 - Localização das quedas de água na bacia do Rio Pequeno

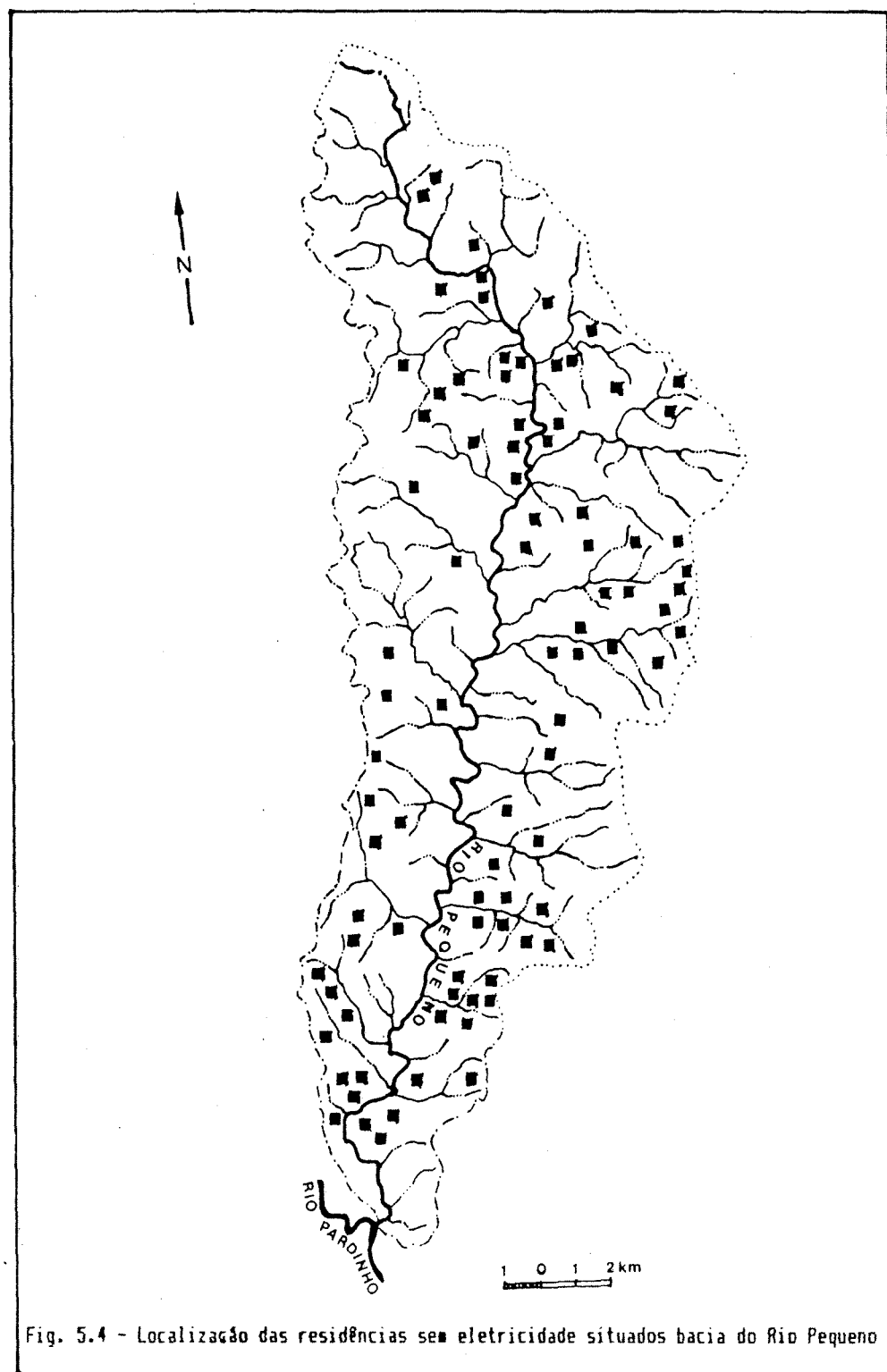


Fig. 5.4 - Localização das residências sem eletricidade situados bacia do Rio Pequeno

potência de projeto que se localizam no Rio Pequeno.

Tabela 5.2: Quedas de água da bacia do Rio Pequeno.

potência (w)	quantidade
de 15 a 50	11
de 51 a 100	5
de 101 a 200	6
de 201 a 300	2

Na bacia do Rio Pequeno existem 24 pontos com potencial gerador, oferecendo a possibilidade de fornecer 1,56 Mw ao mês, no mesmo local onde existem 90 residências sem energia elétrica.

No anexo A2 é fornecida a parte complementar das informações desta Sub-bacia, como as características geomorfológicas, a classificação dos canais distribuídos em suas 39 micro-bacias com suas respectivas extensões e a situação das quedas de água por altura e por potência, localizadas na micro-bacia correspondente, de forma a facilitar a identificação geográfica por altura e por potência de cada queda de água.

5.3 - Parte III - Região Média do Rio Pardinho.

As sub-bacias localizadas na parte média da bacia do Rio Pardinho compreendem os canais tributários de números 129 até 244, numerados ordenadamente conforme surgirem em sua localização geográfica, partindo da confluência com o Rio Pequeno. Os canais da região média do Rio Pardinho se situam na parte final da Serra Geral, início da Depressão Central.

Na figura 5.5 estão mapeados os pontos onde foram

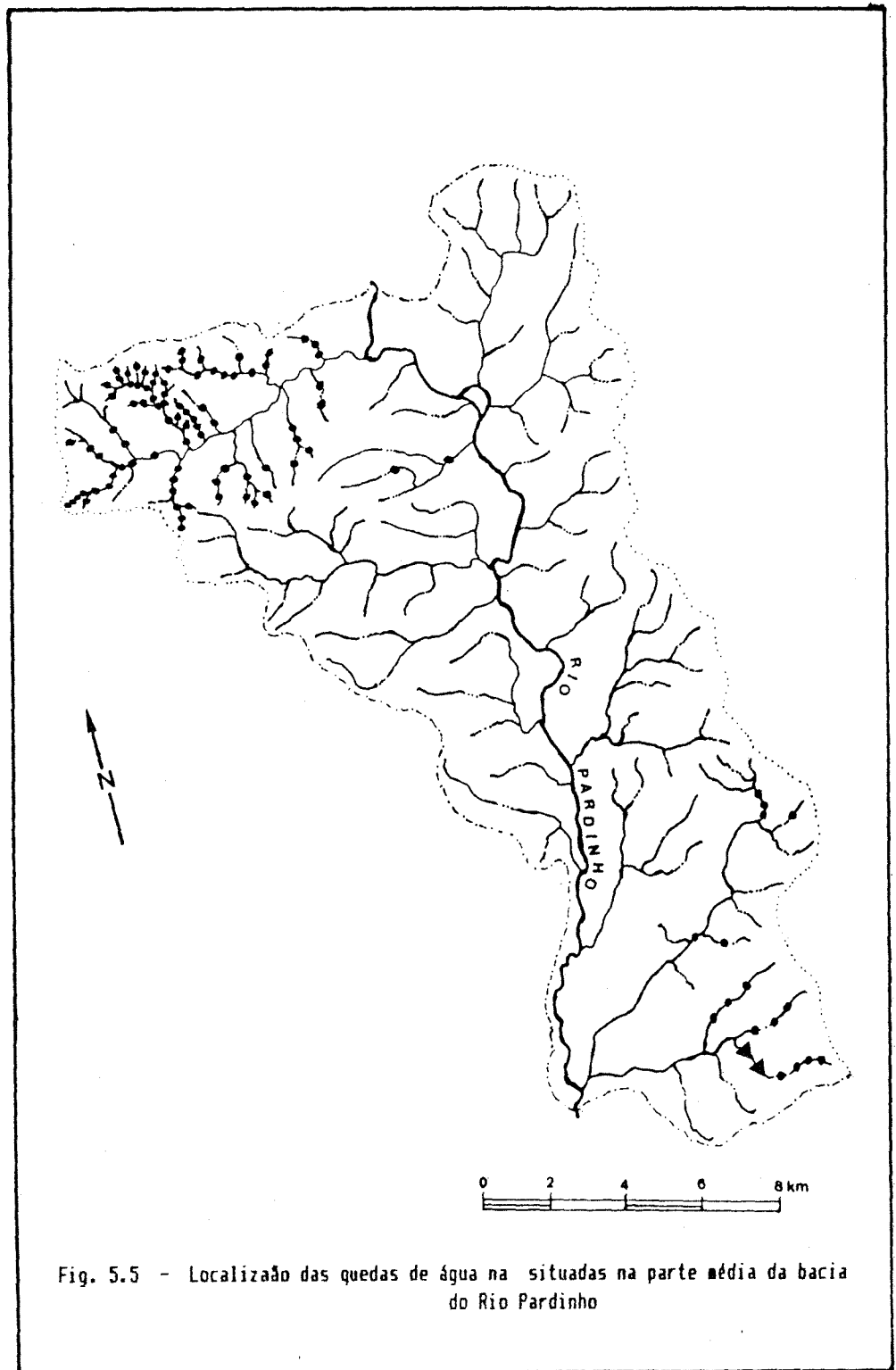


Fig. 5.5 - Localização das quedas de água na situadas na parte média da bacia do Rio Pardinho

inventariadas as quedas de água com altura igual ou superior a dois metros e vazão mínima igual ou superior a um litro por segundo. As residências dos moradores desta área que não estão supridas com energia elétrica estão mapeadas e mostradas na figura 5.6.

Na tabela 5.3 estão discretizadas as quedas de água por potência de projeto que se localizam na parte média do Rio Pardinho:

Tabela 5.3: Quedas de água da região média do Rio Pardinho

potência (w)	quantidade
de 50 a 100	17
de 101 a 200	23
de 201 a 300	12
de 301 a 400	12
de 401 a 700	17
de 701 a 1000	6
de 1001 a 2000	10
de 2001 a 5000	2

Na parte média do Rio Pardinho existem 99 pontos de potencial gerador inventariados, representando uma capacidade ociosa para geração de 35,2 Mwh ao mês. Neste mesmo local existem 24 famílias residindo sem ter abastecimento de energia elétrica.

No anexo A3 é fornecida a parte complementar das informações desta parte média da bacia do Rio Pardinho, como as características geomorfológicas, a classificação dos canais distribuídos em suas 18 micro-bacias com suas respectivas extensões e a situação das quedas de água por altura e por potência, localizadas na micro-bacia correspondente, de forma a facilitar a identificação geográfica por altura e por potência de

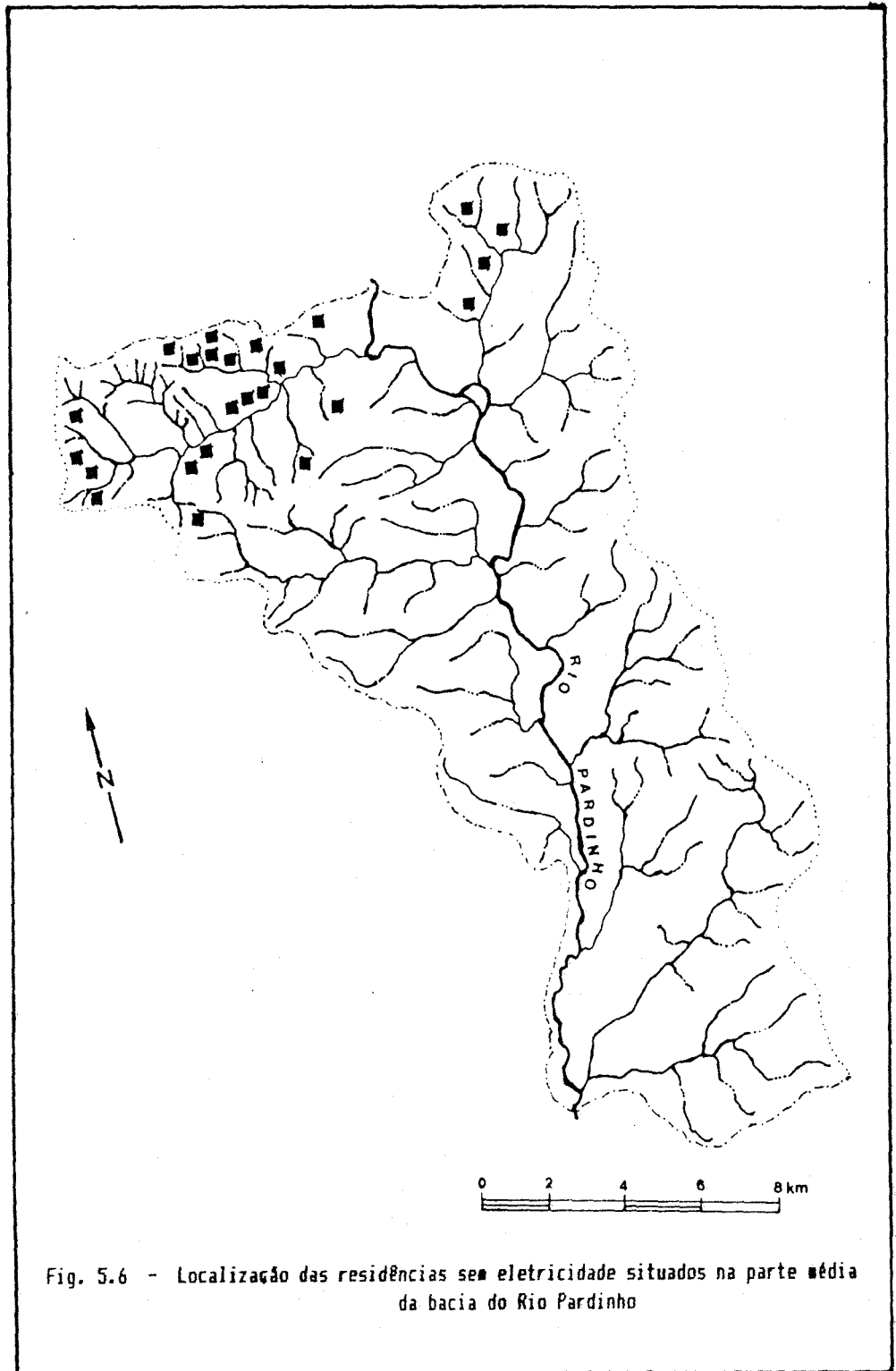


Fig. 5.6 - Localização das residências sem eletricidade situados na parte média da bacia do Rio Pardinho

cada queda de água. Também é apresentado neste anexo, o tratamento dos dados resultantes do levantamento topográfico e batimétrico realizado nos dois reservatórios existentes no Parque da Gruta, possibilitando um futuro controle de açoreamento no local.

5.4 - Parte IV - Região da Foz do Rio Pardinho.

As sub-bacias localizadas na parte da foz da bacia do Rio Pardinho compreendem os canais tributários de números 245 até 351, numerados ordenadamente conforme surgirem em sua localização geográfica, partindo da confluência com o arroio Lageado até a foz, local em que o Rio Pardinho deságua no Rio Pardo.

Os canais da região da foz do Rio Pardinho estão situados na Depressão Central. A Depressão Central é uma vasta região de nosso Estado, que se estende até o Litoral, caracterizando-se por apresentar altitudes baixas e planas. Nesta região os canais apresentam pouca declividade. Não foram constatadas nenhuma queda de água situada dentro dos parâmetros estabelecidos para o presente trabalho. Também não foram localizados moradores que não apresentassem energia elétrica em suas residências.

No anexo A4 é fornecida a parte complementar das informações desta região, como as características geomorfológicas e a classificação dos canais distribuídos em suas 21 micro-bacias com suas respectivas extensões.

O número de moradias sem energia elétrica, o número de quedas localizadas em campo, a potência possível de ser gerada a

fio d'água e a geração mínima mensal possível de se obter em cada uma das regiões em que foi sub-dividida a BRP, é mostrada de forma condensada na tabela 5.4.

Tabela 5.4: Resultados obtidos e estimados à campo para a BRP.

região	moradias sem E.E.	quedas localizadas	potência a fio d'água	gerção mínima
nascente	57	81	47 Kw	34 Mwh/mês
R. Pequeno	90	24	2 Kw	1,5 Mwh/mês
médio	24	99	49 Kw	35 Mwh/mês
foz	--	--	--	--

5.5 - Resultados do S.G.I.

A técnica apresentada neste trabalho, empregando o Sistema Geográfico de informações para detectar sítios com potencial gerador de hidroeletricidade, foi aplicada na micro-bacia do Arroio São João, localizado na parte média da bacia do Rio Pardinho, que já havia sido inventariada de forma sistemática em campo. Para possibilitar a comparação entre os resultados obtidos em campo com os resultados informados através do SGI, é apresentada a seguir a tabela 5.5, com o potencial das quedas existentes nesta micro-bacia que foram encontradas através dos levantamentos de campo e mostradas na figura 4.13. A presente tabela é parte da tabela A 3.3 apresentada no Anexo A3.

Tabela 5.5: Distribuição, por potência, das quedas d'água na bacia do Arroio São João

Potência (w)	Quantidade
até 100	17
101 a 200	15
201 a 300	12
301 a 400	07
401 a 500	08
501 a 600	09
601 a 1000	04
1001 a 2000	07
2001 a 5000	02

Na bacia do Arroio São João, nas 81 quedas encontradas, é possível obter uma energia mensal firme de 69 Mwh.

Com a transposição das curvas de nível, a rede hidrográfica e as altitudes da bacia do Arroio São João através da mesa digitadora, da carta topográfica para o SGI, aplicando os programas SUAVIZA, DIREÇÃO E ACÚMULO aos planos gerados no sistema, obteve-se a localização dos pontos de potencial com suas respectivas áreas de contribuição de drenagem. Aplicando a equação das curvas de permanência aos resultados obtidos no SGI, foi possível elaborar a tabela 5.6 que segue:

Tabela 5.6: Áreas, vazões e potências de geração nos pontos localizados pelos cruzamentos dos planos no SGI

Nº do canal	Posição do pixel	Nº de pixels	Classe	Área (Km ²)	Vazão (l/s)	Potência de projeto (w)
129	(75,38)	239	7	0,464	2	210
	(76,39)	274	7	0,532	2	240
	(76,41)	392	3	0,761	3,5	578
1ª ordem	(81,51)	703	7	1,365	6	606
	(83,56)	831	7	1,613	7	714
	(84,58)	857	7	1,664	7,5	736

Nº do canal	Posição do pixel	Nº de pixels	Classe	Área (Km ²)	Vazão (l/s)	Potência de projeto (w)
129 maior ordem	(87,66)	1.011	7	1,963	9	865
	(86,68)	1.811	3	3,516	15	2.594
	(86,75)	2.184	7	4,241	19	1.842
	(75,108)	7.155	7	13,894	60	5.902
	(74,114)	7.274	7	14,125	61	5.998
	(56,146)	9.626	7	17,916	77	7.573
	(55,148)	9.667	7	18,772	81	7.928
	(55,154)	10.378	7	20,153	87	8.500
131	(102,45)	262	7	0,508	2	230
	(101,52)	405	7	0,786	3	352
	(89,65)	775	7	1,505	7	667
133	(92,73)	253	7	0,491	2	222
	(91,73)	275	7	0,534	2	241
	(90,73)	278	7	0,540	2,5	244
134	(43,42)	566	7	1,099	5	490
	(45,44)	570	7	1,107	5	493
	(46,45)	577	3	1,120	5	845
	(46,46)	601	7	1,167	5	519
	(47,47)	631	7	1,225	5,5	545
	(47,48)	655	3	1,272	6	957
	(49,49)	720	3	1,398	6	1.050
	(54,58)	927	7	1,800	8	795
	(55,59)	1.003	7	1,948	9	859
	(55,60)	1.017	7	1,975	9	870
	(56,61)	1.160	7	2,252	10	990
	(57,62)	1.222	7	2,373	10	1.042
	(64,70)	1.430	7	2,777	12	1.216
	(67,73)	1.532	7	2,975	13	1.301
(70,76)	1.595	7	3,097	13	1.308	
(73,77)	1.678	7	3,258	14,5	1.423	
(76,79)	1.714	7	3,328	15	1.453	
138	(106,101)	443	3	0,860	4	625
	(105,100)	447	3	0,868	4	657
	(100,98)	760	7	1,476	7	654
	(95,100)	843	7	1,637	7	724

Nº do canal	Posição do pixel	Nº de pixels	Classe	Área (Km ²)	Vazão (l/s)	Potência de projeto (w)
141	(33,77)	316	7	0,613	3	276
	(33,78)	323	7	0,627	3	282
	(33,79)	369	7	0,716	3	322
	(39,82)	483	3	0,938	4	709
	(41,84)	536	7	1,040	5	464
	(42,84)	572	7	1,110	5	495
	(53,85)	779	7	1,512	7	670
	(56,86)	928	7	1,802	8	795
	(56,87)	951	7	1,846	8	815
	(58,88)	957	7	1,858	8	820
	(59,89)	968	7	1,879	8,5	829
	(60,89)	1.012	7	1,965	9	866
	(61,89)	1.015	7	1,971	9	868
	(62,89)	1.057	7	2,052	9	904
	(64,96)	1.143	7	2,219	10	976
(65,97)	1.171	7	2,273	10	1.000	
(68,101)	1.432	7	2,780	12	1.218	
(68,102)	1.441	7	2,798	12,5	1.225	
155	(85,126)	231	7	0,448	2	203
	(85,127)	306	7	0,594	2,5	267
	(84,128)	314	7	0,609	3	275
	(83,129)	322	3	0,625	3	476
	(82,131)	356	7	0,691	3	310
1ª ordem	(82,134)	372	7	0,722	3	324
155	(79,137)	1.175	7	2,281	10	1.003
	(78,137)	1.181	7	2,293	10	1.008
	(76,137)	1.206	7	2,342	10,5	1.029
	(75,137)	1.231	7	2,390	11	1.050
	(74,137)	1.234	3	2,396	11	1.781
	(73,137)	1.237	3	2,402	11	1.785
	(72,137)	1.243	3	2,413	11	1.794
	(71,137)	1.244	7	2,415	11	1.060
2ª ordem	(69,137)	1.296	7	2,516	11	1.104
(68,137)	1.309	7	2,542	11,5	1.115	
157	(97,144)	293	7	0,569	2,5	257
	(96,144)	310	7	0,602	2,5	271
	(93,143)	515	7	1,000	4,5	446
	(92,143)	527	7	1,023	4,5	456
	(85,139)	678	7	1,316	6	585
159	(75,151)	333	7	0,646	3	291
	(70,149)	439	7	0,852	4	381
	(69,149)	475	7	0,922	4	412
	(65,149)	543	7	1,054	5	470
	(64,149)	545	7	1,058	5	472

Nº do canal	Posição do pixel	Nº de pixels	Classe	Área (Km ²)	Vazão (l/s)	Potência de projeto (w)
160	(28,112)	349	7	0,677	3	305
	(29,114)	374	7	0,726	3	326
	(33,120)	677	7	1,314	6	584
	(34,121)	689	7	1,338	6	594
	(34,122)	710	7	1,378	6	612
	(34,123)	717	7	1,392	6	617
	(34,137)	1.208	7	2,346	10,5	1.030
	(33,137)	1.213	7	2,355	10,5	1.035
	(32,138)	1.232	7	2,392	11	1.050
	(31,139)	1.239	7	2,406	11	1.056
	(33,151)	1.980	7	3,845	17	1.673
164	(23,143)	286	7	0,555	2,5	250
	(24,143)	334	7	0,648	3	292
165	(83,174)	262	7	0,508	2	230
	(82,174)	266	3	0,516	2	395
	(78,175)	371	3	0,720	3	547
	(77,175)	376	3	0,730	3	555
	(66,176)	686	7	1,332	6	591
	(65,176)	688	3	1,336	6	1.004
	(63,175)	871	7	1,691	7,5	749
	(62,175)	885	7	1,718	8	759
	(52,172)	1.221	7	2,371	10,5	1.041
167	(43,191)	242	7	0,420	2	213
	(41,191)	264	7	0,512	2	232
	(40,191)	280	7	0,543	2,5	245
	(39,191)	387	3	0,751	3,5	571
	(36,191)	414	7	0,803	3,5	360
	(35,191)	424	7	0,823	4	369

Através da aplicação das técnicas do SGI foram identificados 113 pontos amostrais que representam sítios viáveis à instalação de hidroelétricas de pequeno porte, na bacia hidrográfica do Arroio São João.

Estabelecendo uma comparação entre os sítios inventariados em campo com o apresentado pelo programa, discretizados pelos seus potenciais representativos, elaborou-se a tabela 5.7 apresentada na seqüência:

Tabela 5.7: Comparação entre o potencial levantado em campo e o localizado pelo SGI

Faixa de potência (w)	inventariada em campo		localizada pelo SGI	
	Quantid.	Percent.	Quantid.	Percent.
de 50 a 300	44	54,3%	20	17,7%
de 301 a 600	24	29,6%	30	26,5%
de 601 a 1.000	4	4,9%	29	25,6%
de 1.001 a 2.000	7	8,6%	28	24,8%
acima de 2.000	2	2,4%	6	5,3%
TOTAL	81		113	

Pela tabela 5.5, da distribuição por potência das quedas de água da bacia do Arroio São João, foi determinado, para esta bacia, um potencial gerador ocioso de 69 Mw ao mês. Já na tabela 5.6, que apresenta a distribuição de potência das quedas identificadas através do SGI, pode-se calcular uma capacidade ociosa de geração equivalente a 82,5 Mw ao mês.

Pela tabela 5.7 pode-se notar que o SGI, além de apresentar maior número de sítios potencialmente hidroenergéticos, situa estes sítios em faixas de potência maior.

A metodologia empregada no desenvolvimento do modelo usando o ferramental do SGI trabalhou com uma célula de 44x44 metros. Utilizando uma extensão de 44 metros para o cálculo da declividade, podendo esta extensão ser de 62 metros quando o canal passava pela diagonal do pixel, a altura média utilizada para o cálculo da potência foi de 13 metros para os sítios identificados em cor amarela e 22 metros de altura para os sítios identificados em cor vermelha.

Considerando a forma estabelecida para a obtenção dos pontos

de potencial nos levantamentos de campo, nos quais se inventariaram apenas as alturas das quedas verticais, era esperado que o modelo do SGI maximizasse o potencial em virtude de estar trabalhando com uma maior altura, tomada dentro de extensão de 44 metros de comprimento de canal.

Também é previsível que, em vários pontos, ao longo desta extensão, a soma dos pequenos caimentos de terreno produzissem no total um ponto amostral que se enquadrasse dentro do modelo, fator que não foi considerado no levantamento de campo. A análise da altura medida em cascata (soma de pequenos caimentos) feito pelo SGI permitiu a identificação de um maior número de pontos amostrados.

Possivelmente, ao se inventariar, em campo, a altura em cascata por uma extensão de canal semelhante, obteremos alturas maiores e, conseqüentemente, potenciais mais expressivos, localizando outros pontos que não foram considerados na análise vertical da altura.

Esta consideração deve levar em conta que, aumentando a distância tomada do topo à base da cascata estaremos aumentando a potência livre em função do aumento da altura, porém teremos perda de carga e aumento de custo em tubulação entre a tomada de água e o local de geração.

6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho condensa um levantamento cartográfico e de campo realizado durante os anos de 1988 a 1992, em toda a bacia do Rio Pardinho, envolvendo uma equipe com média de cinco pessoas, a qual percorreu canal por canal de forma sistemática. Para evitar este investimento exaustivo buscou-se um método de gabinete que apontasse a localização dos sítios de potencial hidroenergéticos, tornando a busca de campo mais rápida e menos dispendiosa, visto que a investigação será efetuada nos locais já pré-definidos em gabinete.

Neste aspecto, o modelo apresentado utilizando o SGI se mostrou uma ferramenta poderosa no que se refere a identificação dos locais com potencial hidroenergético, visto que todos os locais apontados pelo SGI haviam sido localizados em campo. A impossibilidade de trabalhar com a área do pixel em dimensões menores, favoreceu o surgimento de outros sítios, formados pela altura resultante encontrada através da longa extensão do pixel com a sua respectiva declividade.

Para apontar os locais com quedas verticais é necessário que o pixel possa ser reduzido a tamanhos de 5x5 metros ou 10x10

metros, tornando a busca do sistema mais localizada. Este intento é possível se for utilizado equipamentos mais poderosos e ágeis, com maior disponibilidade de memória no disco rígido. O presente trabalho foi realizado com o uso de um PC 286 de 8 MHz e memória disponível no winchester com cerca 5 Mbytes. Estes fatores foram limitantes na obtenção dos resultados para a comparação dos valores medidos em campo. Além disto, a utilização de cartas com escalas menores, fornecendo curvas com alturas mais próximas, permitirão que os sítios identificados pelo programa se localizem em áreas menores, com declividades mais confiáveis, tornando possível uma melhor comparação com o inventário de quedas realizado à campo.

O modelo da Curva de Permanência Reginalizada, aplicada ao cálculo das vazões mínimas em pequenas bacias, desenvolvida por Tucci (1991), apresentou os resultados mostrados na tabela 5.5 que confirmaram os valores amostrados em campo através do emprego do método direto e do vertedor retangular, para períodos de vazante.

O objetivo principal deste trabalho, a localização de quedas de água que possam oportunizar algum tipo de geração hidroenergética que supra a demanda de residências isoladas, foi considerado alcançado ao serem analisados os conjuntos de figuras 5.1 com 5.2, 5.3 com 5.4 e 5.5 com 5.6. Estes conjuntos de figuras mostram que várias residências desabastecidas desta energia se localizam próximas a pontos de potencial gerador, podendo ser supridas por pequenas unidades geradoras evitando o custo da transmissão à grandes distâncias.

Nas entrevistas realizadas com os moradores desabastecidos, a insatisfação causada pela falta de energia elétrica pode ser traduzidas na inacessibilidade à três itens básicos, tomados nesta hierarquia:

- comunicação
- refrigeração
- iluminação.

Para fornecer a satisfação destes itens, requerida por uma família isolada da fonte convencional de energia elétrica, pode parecer que ela não seja alcançada com os valores dos potenciais obtidos, tanto pelo programa como os analisados a campo, sendo os mesmos considerados insignificantes para atender a demanda. Partindo da satisfação usufruída por uma família urbana, com 5 pessoas, cuja média de consumo mensal é de de 280 Kwh de energia elétrica nos itens:

- iluminação 3%
- geração de calor 50%
- refrigeração 21%
- comunicação 11%
- eletrodomésticos 16%,

Considerando que o item "geração de calor" na propriedade rural é obtida de forma alternativa, para atender as necessidades do morador rural, quanto ao uso da energia elétrica, seriam necessários 98 Kwh disponíveis mensalmente em sua residência. Este consumo pode ser gerado em um local cujo potencial disponível seja de 140 w. Com um pequeno açude de armazenamento para regularização de fluxo de água, locais com potenciais disponíveis menores que 140 w também podem oportunizar esta

oferta.

Através de rodas de água e alternadores associados com bancos de baterias, sistema de fácil manejo, montagem e pequeno custo, é possível suprir a demanda residencial de uma família isolada, como foi demonstrado no trabalho de Haas (1984).

O modelo de geração para atender a demanda de residências isoladas, proposto no presente trabalho, é mostrado na figura 6.1 e representa um investimento inferior a US\$ 1,000.00. Este modelo de MCH já era utilizado por vários colonizadores Europeus que imigraram para o Rio Grande do Sul, trazendo de lá esta tecnologia, a qual exige que o auto-produtor saiba equilibrar a sua demanda com a oferta de energia disponível.

É notório o fato de que as gerações anteriores, pais e avós, que residiam no campo, conheciam e dominavam as técnicas de geração elétricas de pequeno porte através da roda de água. Com a expansão e domínio das concessionárias, os pequenos geradores foram sufocados pela tecnologia de geração em grande escala e na mentalidade de dirigentes e governantes vicejou a idéia da alta tecnologia das turbinas e das gerações megalômanas, caindo no ostracismo o crescimento tecnológico das formas de pequenas gerações de baixo custo e, junto com ele, a necessidade de suprimento de energia elétrica para o produtor rural.

Necessário se faz resgatar e otimizar esta tecnologia simples através da conscientização de pessoas e entidades que representam a classe dos pequenos produtores rurais, para que possam influenciar no mercado incentivando a produção em série destes equipamentos, barateando seus custos e lançando na linha

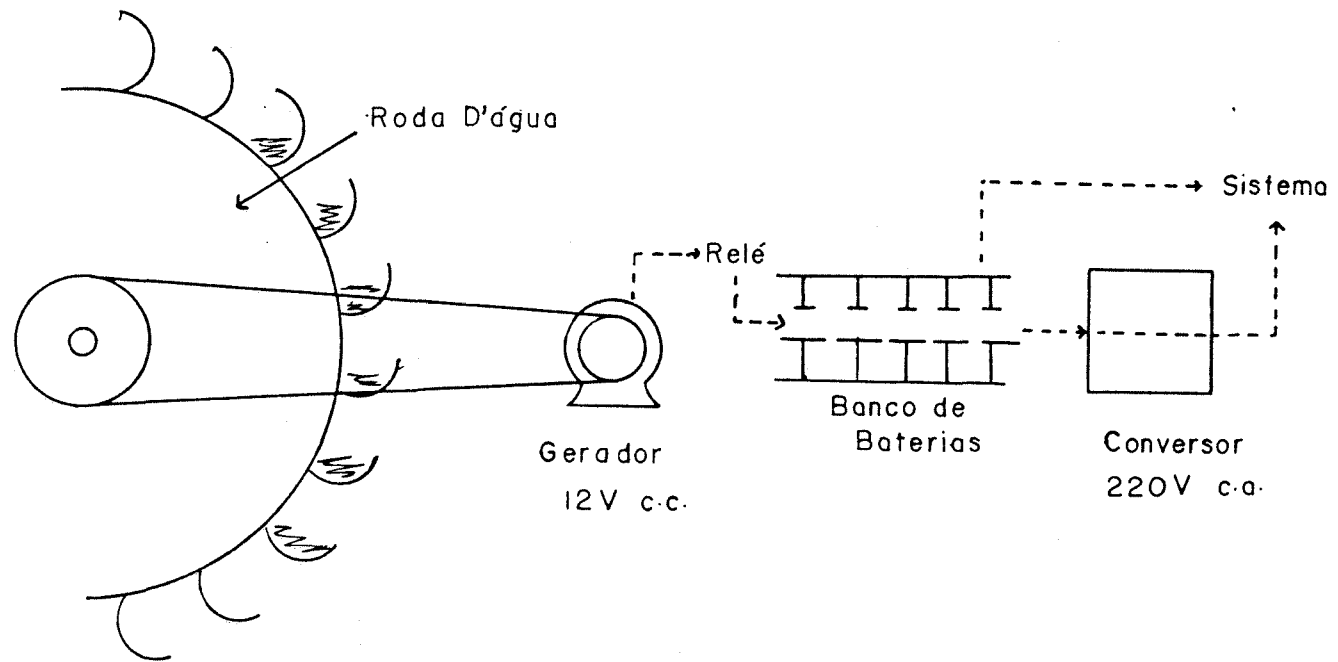


Fig. 6.1 - Esquema de uma minicentral hidroelétrica para residências isoladas

comercial modelos convencionais também para pequenos geradores.

O cadastramento dos locais que apresentam energia potencial disponível é importante pois eles representam pontos estratégicos para o planejamento do Município que tem sua economia alicerçada na agricultura e busca atender o bem-estar social de seus cidadãos com os poucos recursos disponíveis. Tanto a localização dos sítios de potencial como a localização e cadastramento das residências rurais desabastecidas devem fazer parte do diagnóstico hidro-energético do Município e servir de parâmetro para seu planejamento.

As leis orgânicas Municipais devem ser complementadas de forma a priorizar o uso dos recursos naturais, objetivando seu manejo de forma racional. No caso específico de aproveitamentos hidro-energéticos as sugestões oferecidas ao Legislativo Municipal podem ser da seguinte natureza:

- Priorizar reservatórios das represas que se limitem aos solos classe 6 e 7, (solos pedregosos e solos cuja declividade os torne inadequados à agricultura e pecuária) evitando submersão dos solos úteis ao desenvolvimento agropecuário;
- Exigir do grupo investidor o reflorestamento, manutenção e manejo adequado das florestas nativas a montante do aproveitamento;
- Evitar desapropriações, investindo no(s) morador(es) local(is) como funcionário(s) ativo(s) do programa, desenvolvendo atividades nativas ou treinadas, compatíveis com sua natureza;
- Estabelecer a área de aproveitamento como um sítio ecológico, oportunizando o uso variado do investimento como geração,

irrigação, lazer para contato direto e indireto, piscicultura e turismo;

- No caso em que o sistema de geração seja realizado por Empresas cuja matriz se situe fora do Município, na forma de "gerar numa ponta para receber na outra", sistema previsto pelo DNAEE no Manual do Auto-produtor, a Municipalidade que sedia o aproveitamento deverá resguardar o direito de que um percentual (10%) da energia gerada seja acrescida à oferta já disponível na rede deste Município, para prover seu programa de crescimento social, comercial e industrial.

É usual o discurso que contrapõe os interesses da geração de energia com os da ecologia. Para haver um crescimento na economia, dentro do atual modelo econômico, há a necessidade proporcional do crescimento no consumo de energia. Para gerar este acréscimo, utilizam-se os recursos disponíveis na natureza. Nos recursos hídricos é possível compatibilizar geração com preservação ecológica, mediante um investimento planejado globalmente, envolvendo o uso múltiplo e racional do aproveitamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRH. 1991. Hidrologia ambiental. São Paulo: EDUSP. 411 p. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, vol. 3)
- BRISTOTI, A. 1988. Fontes primárias de energia. Porto Alegre: UFRGS. Trabalho apresentado seminário "Rio Grande do Sul, Energia ano 2.000"
- BRITO, O. E. A. 1981. O impacto ambiental dos programas energéticos. Revista Brasileira de Tecnologia, Brasília, Vol. 12, nº 1, p. 38-42.
- CAMPANA, N. A. 1992. Estimativa de parâmetros físicos de bacias utilizando técnicas de sensoriamento remoto e o sistema de informações geográficas. Porto Alegre: UFRGS - Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento. 88 f. Dissert. de Mestr. em Engenharia Civil.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1974. Geomorfologia. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo.
- CORREA, G.K. 1987. Energia e fome. São Paulo: Editora Atica

- DNAEE. 1987. Inventário das estações fluviométricas.
Brasília. Não paginado.
- DRAGO, E. C. E. 1884. Estudios limnológicos en una seccion transversal del tramo medio del Rio Paraná.
Rev. Asoc. Nat. Lit. Santo Tome, vol 15, p 1-92.
- ELETOBRAS. 1985. Manual de microcentrais hidroelétricas. Brasília.
- ENGESPAÇO. 1988. Sistema geográfico de informação.
Manual do Usuário, versão 2.0. Brasília.
- ESPARTEL, L., LÜDERITZ, J. 1980. Caderneta de campo.
12ª ed. Porto Alegre. Globo. 655 p.
- ESTEVES, F. A. 1988. Fundamentos de limnologia. Rio de Janeiro: Interciência. 575 p.
- GARCEZ, L. N. 1988. Hidrologia. São Paulo: Edgard Blucher. 291 p.
- GOLDEMBERG, J. A. 1979. Energia no Brasil. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. 171 p.
- GOLDEMBERG, J. A. 1981. A ideologia da crise energética. Revista Brasileira de Tecnologia, Brasília, v. 12, n. 1.
- HAAS, G. 1984. Contribuição ao estudo do aproveitamento de microcentrais hidroelétricas de baixa vazão, para uso comunitário. Porto Alegre: UFRGS - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. 165 f. Diss. Mestr. Engenharia Civil.
- HUNT, E. K. & SHERMAN, H. J. 1985. história do pensamento econômico. Petrópolis-RJ:Ed. Vozes, 218p

- HUTCHINSON, G. R. 1957. A Treatise on limnology. New York: John Wiley. v. 1. 1015 p.
- LANNA, A.E., SILVEIRA, G.L., TUCCI, C.E., 1983. Regionalização de vazões mínimas na Bacia do Rio Jacuí, RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 5. 1983, Blumenau. Anais. Florianópolis: ABRH. 4 v. v. 3., p. 109-132.
- LEIFHEIT, O. J. 1978. Introdução ao estudo do meio ambiente em Santa Cruz do Sul. Porto Alegre: Movimento. 78 p.
- LILLESAND, T. M., KIEFER, R. W. 1987. Remote sensing and image interpretation. 2ª ed. New York, John Wiley & Sons.
- NETTO, J. P. 1991. O que é Marxismo. 7ª ed. Rio de Janeiro: Brasiliense. (Coleção Primeiros Passos).
- RISSO, A., CHEVALLIER, P. 1991. Uso de um modelo numérico do terreno para a obtenção dos parâmetros topográficos da equação universal de perda de solo modificada. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 9., 1991, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: ABRH/APRH. 4v. v.1, p. 487-496.
- RISSO, A. 1993. Uso de técnicas de geoprocessamento da obtenção e manipulação dos parâmetros da MUSLE. Porto Alegre: UFRGS. Diss. Mestr. Engenharia Civil.
- ROSA, L. P. 1986. Política Energética. Ciência Hoje, Rio de Janeiro, v. 4, nº 24, p. 58-64.
- SANCHEZ, J. E. 1986. Fundamentos de hidrologia.

- Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. 355 p.
- SCARTAZZINI, L. S. e MARTINS, M. A. R. 1988. Vazão líquida e arraste de sólidos no Rio Pardo. Relatório Técnico. Santa Cruz do Sul: FAPERGS.
- SCARTAZZINI, L. S. et al. 1992. Estudo do potencial hidráulico em quedas de água na bacia do Rio Pardo-RS. relatório técnico. Santa Cruz do Sul: FAPERGS.
- SILVEIRA, R. L. 1983. Hidrometria. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. 114 p.
- STRAHLER, A. A. 1975. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Transactions American Geophysical Union, Washington, v. 38, p. 913-920.
- TOFFLER, A. 1980. A terceira onda. Rio de Janeiro: Record.
- TUCCI, C.E.M. (Coord.) 1991. Regionalização de vazões do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. Vol. 1
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. 1983. Metodologia para regionalização de vazões. Porto Alegre. v. 1.
- VILLELA, S. M., MATTOS, A. 1975. Hidrologia aplicada. São Paulo: Mc Graw-Hill. 245 p.

ANEXO A1

REGIÃO DA NASCENTE DO RIO PARDINHO

Os canais que formam a parte da bacia hidrográfica da nascente do Rio Pardinho, distribuídos em 45 micro-bacias, estão mostrados na figura A1.1. Cada tributário direto do Rio Pardinho, dentro da metodologia adotada neste trabalho, forma uma micro-bacia na qual ele é o canal principal e, na falta de um nome popular para o canal, esta micro-bacia passa a ser denominada pelo número do seu canal principal.

As principais características físicas do segmento da bacia hidrográfica do Rio Pardinho formado pelos canais da nascente são apresentados conforme Villela e Mattos (1975):

- Coordenadas geográficas: Latitude $-29^{\circ}14'$ N a $-29^{\circ}32'$ S
Longitude $52^{\circ}40'$ W a $52^{\circ}32'$ E.
- Área de drenagem: $A_1 = 362,28 \text{ Km}^2$
- Densidade de drenagem: $DD_1 = 1,162 \text{ Km/Km}^2$
- Fator de forma: $Kf_1 = 0,002$

A tabela A1.1 apresenta os canais da parte da nascente com sua respectiva extensão, separados em suas micro-bacias

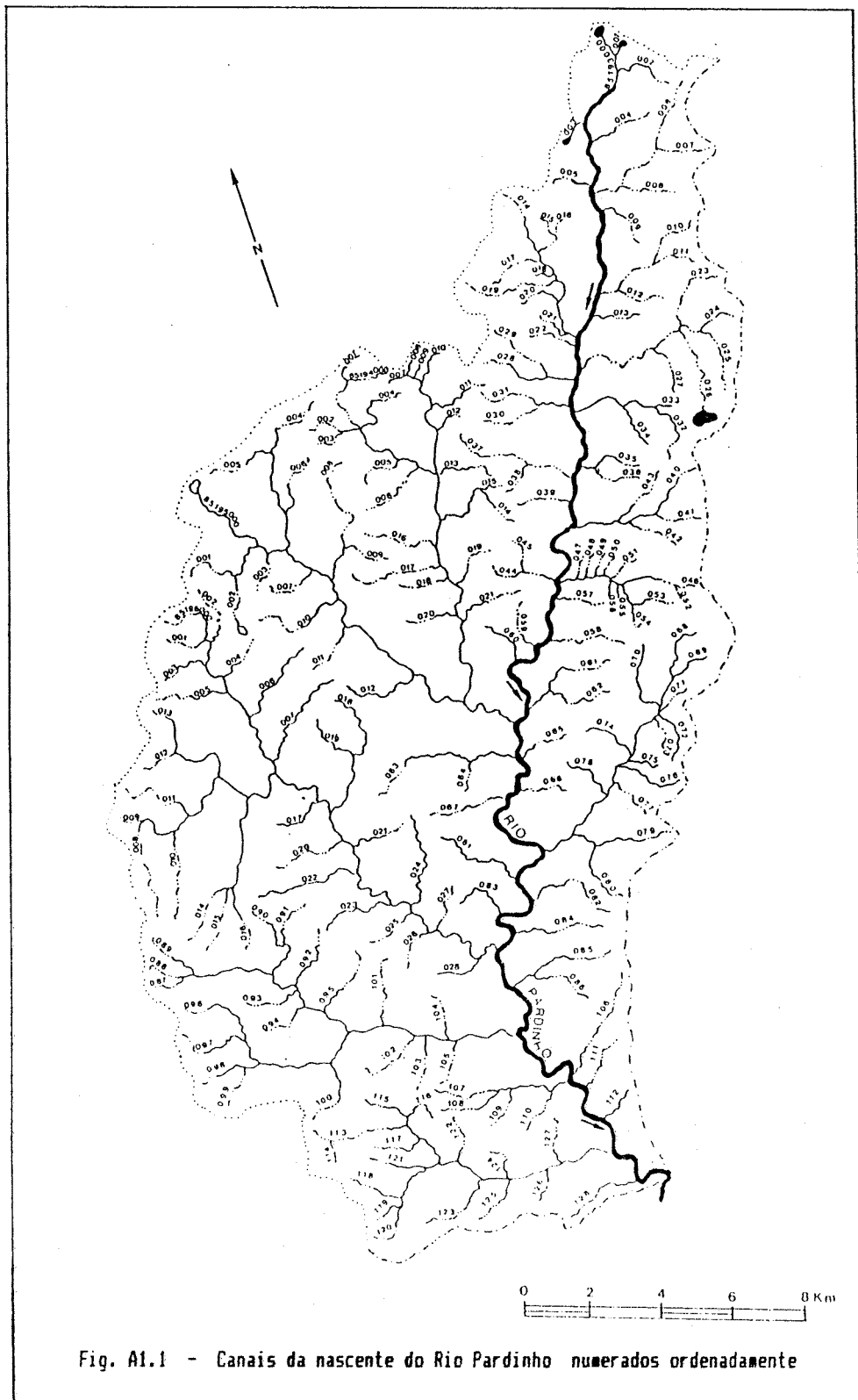


Fig. A1.1 - Canais da nascente do Rio Pardino numerados ordenadamente

hidrográficas e identificadas pelo número do seu canal principal. Nesta tabela já estão acrescentados os canais novos que foram inventariados em campo.

Tabela A1.1: Classificação dos canais da nascente, por hierarquia, segundo Strahler (1975).

ORDEM	QUANTIDADE	EXTENSÃO (Km)	MICRO-BACIA
1ª	03	2,39	canal nº
2ª	01	0,40	85193001
1ª	01	0,93	85193003
1ª	01	1,14	85193004
1ª	01	1,33	85193005
1ª	03	3,70	canal nº
2ª	01	2,20	85193006
1ª	01	1,18	85193009
1ª	03	3,42	canal nº
2ª	01	2,00	85193010
1ª	01	1,04	85193013
1ª	05	7,60	canal nº
2ª	01	2,65	85193014
1ª	01	1,48	85193022
1ª	05	7,78	canal nº
2ª	01	3,18	85193023
1ª	02	5,13	canal nº
2ª	01	0,62	85193028
1ª	02	3,40	canal nº
2ª	01	1,05	85193030
1ª	03	4,89	canal nº
2ª	01	1,60	85193032
1ª	02	3,10	canal nº
2ª	01	0,31	85193035

Tabela A1.1: Classificação dos canais da nascente, por hierarquia, segundo Strahler (1975). (CONT.)

ORDEM	QUANTIDADE	EXTENSÃO (Km)	MICRO-BACIA
1ª	02	3,70	canal nº
2ª	01	1,35	85193037
1ª	01	2,34	85193039
1ª	04	8,23	canal nº
2ª	01	1,45	85193040
1ª	02	2,50	canal nº
2ª	01	0,61	85193044
1ª	11	8,39	canal nº
2ª	01	2,11	85193046
1ª	01	1,17	85193057
1ª	01	2,23	85193058
1ª	01	1,27	85193059
1ª	01	1,43	85193060
1ª	02	3,92	canal nº
2ª	01	0,48	85193061
1ª	19	29,11	Arroio
2ª	03	4,90	Pintado
3ª	01	12,40	85194000
1ª	13	27,12	Arroio
2ª	03	5,96	Pinhalzinho
3ª	01	10,60	85195000
1ª	02	4,50	canal nº
2ª	01	1,33	85193063
1ª	01	1,71	85193065
1ª	01	1,41	85193066
1ª	01	2,04	85193067
1ª	13	18,90	Arroio
2ª	02	6,35	Desidério
3ª	01	1,00	85193068

Tabela A1.1: Classificação dos canais da nascente, por hierarquia, segundo Strahler (1975). (CONT.)

ORDEM	QUANTIDADE	EXTENSÃO (Km)	MICRO-BACIA
1ª	01	2,27	85193081
1ª	01	2,03	85193082
1ª	01	1,84	85193083
1ª	01	2,42	85193084
1ª	28	57,90	Arroio
2ª	05	16,90	Marcondes
3ª	01	16,00	85196000
1ª	02	3,40	canal nº
2ª	01	0,45	85193085
1ª	19	28,40	Arroio
2ª	04	4,67	Cerro da
3ª	02	6,44	Mula
4ª	01	5,10	85193087
1ª	01	0,95	85193106
1ª	02	4,95	canal nº
2ª	01	1,90	85193107
1ª	01	3,70	85193111
1ª	01	2,15	85193112
1ª	15	17,50	canal nº
2ª	02	3,10	
3ª	01	5,40	85193113
1ª	01	2,40	85195128

O comprimento total dos canais encontrados na parte da nascente da bacia do Rio Pardinho é de 420,9 Km de extensão, entre trechos de 1ª, 2ª, 3ª e 4ª ordem.

As quedas inventariadas em campo, percorrendo-se sistematicamente canal por canal na parte da nascente, cujas alturas fossem iguais ou superiores a 2 metros, foram

discretizadas de acordo com suas alturas e localização dentro da respectiva micro-bacia. A tabela A1.2 apresenta estes resultados.

Tabela A1.2: Distribuição, por alturas, das quedas d'água agrupadas em seus respectivos canais.

Altura (m)	Quantidade	Micro-bacia
03	01	85193001
03	01	85193006
35 60	01 01	canal nº 85193014
de 2 a 4 5 a 9	07 03	canal nº 85193023
de 2 a 6 20 a 35	02 02	canal nº 851933032
de 5 a 6 10 a 50	03 03	canal nº 851933046
15	01	85193000
2,5 4,0 10,0 25,0	01 01 01 01	Arroio Pintado canal nº 85194000
1,5 6,0	01 01	canal nº 85195000
06 09	01 01	canal nº 85193063
de 02 a 05 06 a 10 11 a 15 16 a 40	23 12 03 02	Arroio Desidério canal nº 85193068
02	01	851933082
07	01	851933083
03	01	851933084
03	01	851933087

Tabela A1.2: Distribuição, por alturas, das quedas d'água agrupadas em seus respectivos canais. (cont.)

Altura (m)	Quantidade	Micro-bacia
2,0	01	
3,5	01	canal nº
4,0	02	
10,5	01	85193113
15,0	01	

As potências de projeto existentes nas quedas de água da nascente da Bacia do Rio Pardinho estão discretizadas e apresentadas por localização na respectiva micro-bacia, na tabela A1.3

Tabela A1.3: Distribuição, por potência, das quedas d'água da nascente, agrupadas por micro-bacias.

Potência (w)	Quantidade	Micro-bacia
35	01	85193001
35	01	85193006
800	01	canal nº
2.260	01	85193014
de 50 a 400	06	canal nº
450 a 1700	04	85193023
de 35 a 120	02	canal nº
150 a 400	02	85193032
de 90 a 120	02	canal nº
320 a 750	03	85193046
26.850	01	85193000
113	01	Arroio
150	01	Pintado
375	01	canal nº
750	01	85194000

Tabela A1.3: Distribuição, por potência, das quedas d'água da nascente, agrupadas por micro-bacias. (cont.)

Potência (w)	Quantidade	Micro-bacia
90	01	canal nº
180	01	85195000
75	01	canal nº
140	01	85193063
até 50	11	
51 a 100	16	Arroio
101 a 200	08	Desidério
201 a 300	01	
301 a 500	01	canal nº
501 a 2000	02	85193068
2001 a 3000	01	
Potência (w)	Quantidade	Micro-bacia
20	01	85193082
53	01	85193083
45	01	85193084
50	01	85193087
25	01	
43	02	canal nº
50	01	85193113
120	02	

ANEXO A2

REGIÃO FORMADA PELA SUB-BACIA DO RIO PEQUENO

A bacia do Rio Pequeno canal nº 85197000, sub-bacia do Rio Pardinho, situada no município de Santa Cruz do Sul, RS, apresenta as seguintes características físicas:

- Coordenadas Geográficas: Latitude: $-29^{\circ}14'$ N a $-29^{\circ}32'$ S;
Longitide: $52^{\circ}32'$ W e $52^{\circ}23'$ E;
- Area de Drenagem: $A_2 = 243,615 \text{ km}^2$
- Densidade de Drenagem: $DD_2 = 1,142 \text{ km/km}^2$
- Fator de Forma: $Kf_2 = 0,091$

A rede de drenagem com a numeração ordenada de cada canal está mostrado na figura A2.1. Cada tributário direto do Rio Pequeno, dentro desta metodologia, forma uma micro-bacia na qual ele é o canal principal e, na falta de um nome popular para o canal, esta micro-bacia passa a ser identificada pelo número do principal tributário da micro-bacia.

O Rio Pequeno, na nascente, é conhecido pelos ribeirinhos como Arroio Sinimbuzinho, até pouco abaixo da confluência com o canal 013. Por este motivo resolveu-se tratar os canais da cabeceira como sendo uma única bacia hidrográfica.

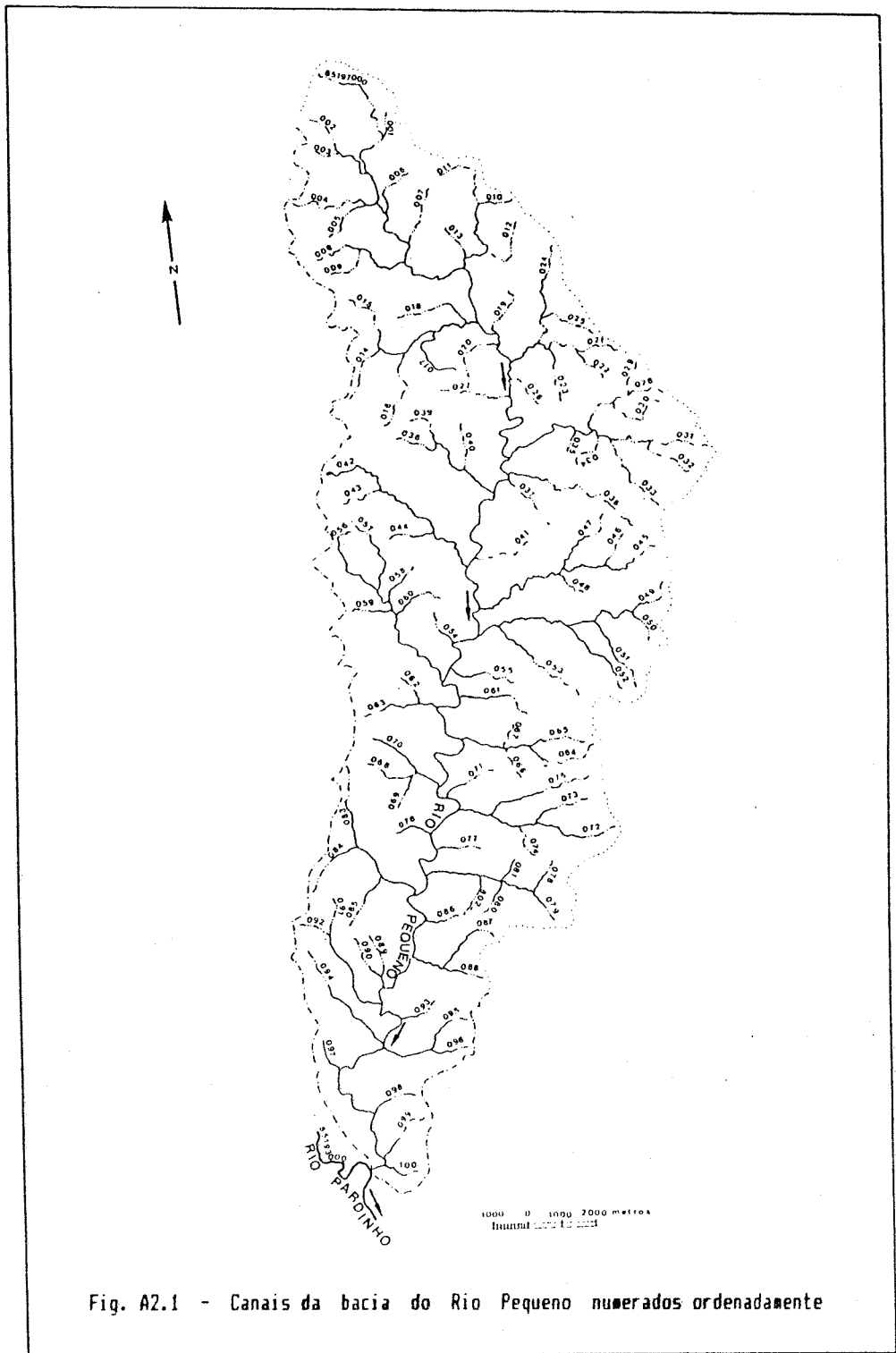


Fig. A2.1 - Canais da bacia do Rio Pequeno numerados ordenadamente

A tabela A2.1 apresenta os canais da sub-bacia do Rio Pequeno com suas respectivas extensões, separados em suas micro-bacias hidrográficas e identificadas pelo número do seu canal principal. Nesta tabela já estão acrescentados os canais novos que foram inventariados em campo.

Tabela A2.1: Classificação dos canais da sub-bacia do Rio Pequeno, hierarquizados segundo Strahler (1975).

ORDEM	QUANTIDADE	EXTENSÃO (Km)	MICRO-BACIA
1ª	13	25,17	Arroio
2ª	05	6,03	Sinimbuzinho
3ª	01	8,00	nº 85197001
1ª	05	12,05	canal nº
2ª	01	2,80	85197014
1ª	01	1,74	85197019
1ª	01	1,91	85197020
1ª	05	8,60	
2ª	02	2,45	canal nº
3ª	01	1,20	85197021
1ª	01	1,18	85197026
1ª	01	2,31	85197027
1ª	03	4,25	canal nº
2ª	01	3,30	85197028
1ª	01	4,75	85197036
1ª	01	1,13	85197037
1ª	03	4,45	canal nº
2ª	01	2,80	85197038
1ª	01	1,89	85197041
1ª	03	5,00	canal nº
2ª	01	4,20	85197042
1ª	04	4,75	canal nº
2ª	01	5,80	85197045

Tabela A2.1: Classificação dos canais da sub-bacia do Rio Pequeno, hierarquizados segundo Strahler (1975). (cont.)

ORDEM	QUANTIDADE	EXTENSÃO (Km)	MICRO-BACIA
1ª	05	12,80	canal nº
2ª	01	5,90	85197049
1ª	01	1,24	85197054
1ª	01	2,31	85197055
1ª	05	10,00	canal nº
2ª	01	4,20	85197056
1ª	01	2,57	85197061
1ª	02	3,11	canal nº
2ª	01	0,60	85197062
1ª	04	5,80	canal nº
2ª	01	2,32	85197064
1ª	03	4,80	canal nº
2ª	01	1,00	85197068
1ª	01	1,89	85197071
1ª	04	8,95	canal nº
2ª	01	2,40	85197072
1ª	01	1,09	85197076
1ª	01	1,31	85197077
1ª	05	5,82	canal nº
2ª	01	0,37	85197078
1ª	03	7,10	canal nº
2ª	01	2,65	85197083
1ª	01	1,06	85197086
1ª	02	4,24	canal nº
2ª	01	1,20	85197088
1ª	02	3,10	canal nº
2ª	01	0,32	85197089
1ª	02	2,50	canal nº
2ª	01	3,00	85197091

Tabela A2.1: Classificação dos canais da sub-bacia do Rio Pequeno, hierarquizados segundo Strahler (1975). (cont.)

ORDEM	QUANTIDADE	EXTENSÃO (Km)	MICRO-BACIA
1ª	01	1,10	85197093
1ª	01	3,83	85197094
1ª	02	3,10	canal nº
2ª	01	1,51	85197095
1ª	01	1,12	85197097
1ª	01	1,35	85197098
1ª	01	1,63	85197099
1ª	01	1,19	85197100

As quedas inventariadas em campo foram discretizadas de acordo com suas alturas e localização. A tabela A2.2 apresenta estes resultados.

Tabela A2.2: Distribuição, por alturas, das quedas d'água agrupadas em seus respectivos canais.

Altura (m)	Quantidade	Micro-bacia
2,5	01	85197021
3,0	01	canal nº
4,0	01	85197028
10,0	01	85197042
12,0	01	85197045
3,0	01	85197056
até 3,5	05	canal nº
3,6 a 6,0	01	85197068
2,5	01	
4,0	01	canal nº
8,0	01	
9,0	01	85197072
10,0	01	

Tabela A2.2: Distribuição, por alturas, das quedas d'água agrupadas em seus respectivos canais (cont.)

Altura (m)	Quantidade	Micro-bacia
2,0	01	canal nº
8,0	01	85197078
2,5	02	canal nº
4,0	01	85197088
3,5	01	canal nº
16,5	01	85197094

As potências de projeto das quedas de água encontradas na Bacia do Rio Pequeno estão discretizadas e apresentadas por localização na respectiva micro-bacia, na tabela A2.3

Tabela A2.3: Distribuição, por potência, das quedas d'água do Rio Pequeno, agrupadas por micro-bacias.

Potência (w)	Quantidade	Micro-bacia
60	01	85197021
50	01	canal nº
70	01	85197028
150	01	85197042
270	01	85197045
50	01	85197056
até 50	04	canal nº
50 a 150	02	85193068
90	01	
94	01	canal nº
101	01	
135	01	85197072
300	01	
20	01	canal nº
120	01	85197078
até 50	03	85197088
45	01	canal nº
180	01	85197094

ANEXO A3

PARTE MÉDIA DA BACIA DO RIO PARDINHO

A distribuição numérica dos canais existentes na parte média do Rio Pardinho está mostrada na figura A3.1. Cada tributário direto do Rio Pardinho, dentro desta metodologia, forma uma micro-bacia na qual ele é o canal principal e, na falta de um nome popular para o canal, esta micro-bacia passa a ser denominada pelo número do canal principal.

As principais características físicas do segmento da bacia hidrográfica do Rio Pardinho formado pelos canais da região média são apresentados conforme Villela e Mattos (1975):

- Coordenadas geográficas: Latitude $-29^{\circ}32'$ N a $-29^{\circ}43'$ S
Longitude $52^{\circ}38'$ W a $52^{\circ}32'$ E.
- Área de drenagem: $A_3 = 211,56 \text{ Km}^2$
- Densidade de drenagem: $DD_3 = 1,277 \text{ Km/Km}^2$
- Fator de forma: $Kf_3 = 0,0029$

A tabela A3.1 apresenta os canais da região média do Rio Pardinho com sua respectiva extensão, separados em suas micro-

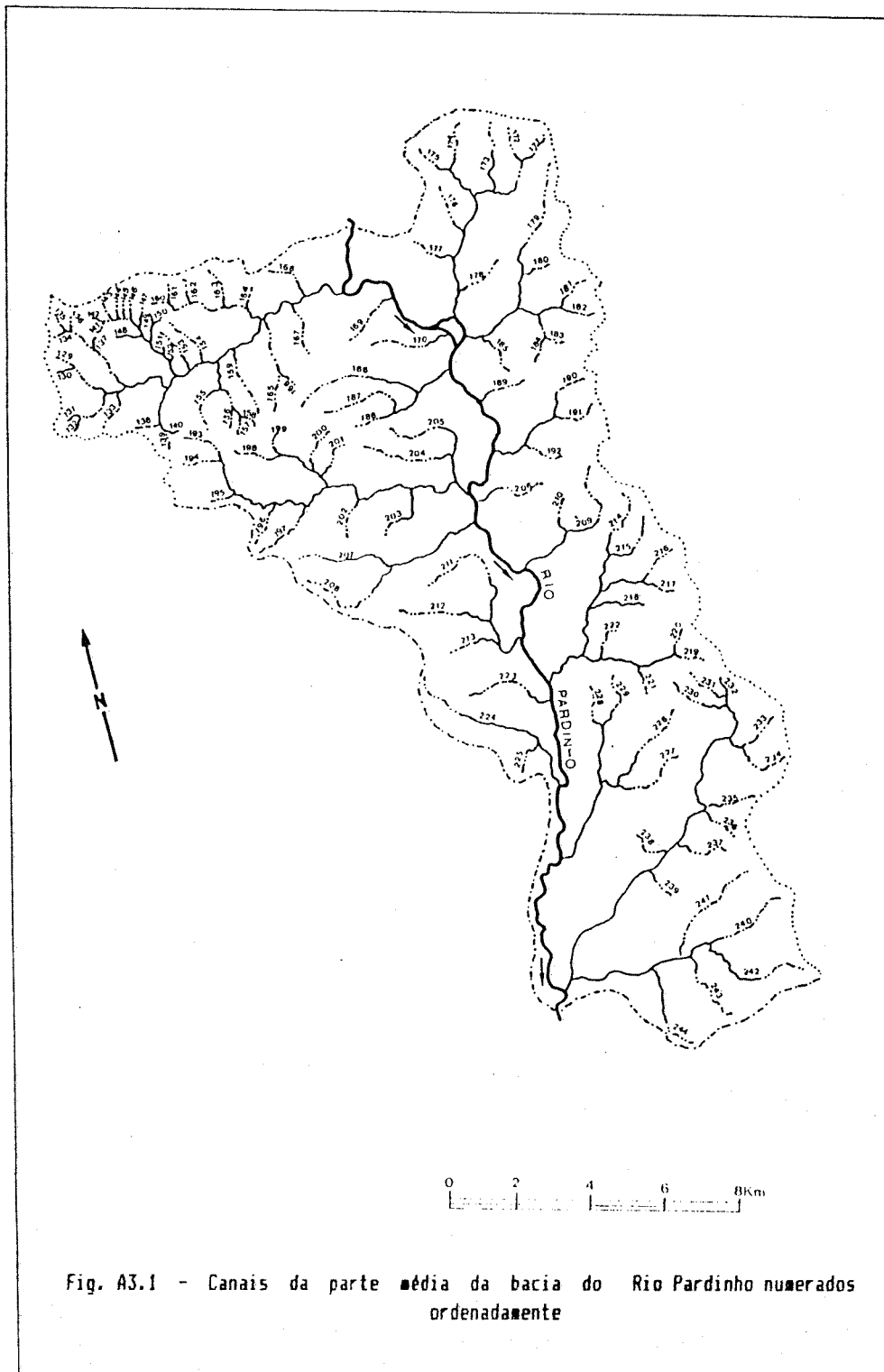


Fig. A3.1 - Canais da parte média da bacia do Rio Pardino numerados ordenadamente

bacias hidrográficas e identificadas pelo número do seu canal principal. Nesta tabela já estão acrescentados os canais novos que foram inventariados em campo.

Tabela A3.1: Classificação dos canais da região média do Rio Pardinho, hierarquizados segundo Strahler (1975).

ORDEM	QUANTIDADE	EXTENSÃO (Km)	MICRO-BACIA
1ª	40	33,66	Arroio
2ª	09	14,12	São João
3ª	02	3,00	canal nº
4ª	01	6,77	85193129
1ª	01	2,00	85193169
1ª	01	2,50	85193170
1ª	08	8,40	
2ª	03	2,40	canal nº
3ª	01	3,50	85193171
1ª	07	10,90	
2ª	03	1,80	canal nº
3ª	01	2,40	85193179
1ª	01	1,30	85193189
1ª	03	8,10	canal nº
2ª	01	2,00	85193187
1ª	03	4,80	canal nº
2ª	01	1,70	85193190
1ª	13	19,15	Arroio
2ª	03	6,45	Urubé
3ª	01	6,45	85193194
1ª	02	5,75	canal nº
2ª	01	3,00	85193208
1ª	01	2,15	85193206
1ª	02	5,20	canal nº
2ª	01	1,20	85193209
1ª	03	10,05	canal nº
2ª	01	11,45	85193211

Tabela A3.1: Classificação dos canais da região média do Rio Pardinho, hierarquizados segundo Strahler (1975). (cont.)

ORDEM	QUANTIDADE	EXTENSÃO (Km)	MICRO-BACIA
1ª	09	14,60	
2ª	03	2,80	canal nº
3ª	01	3,90	85193214
1ª	01	2,20	85193223
1ª	02	5,20	canal nº
2ª	01	1,10	85193224
1ª	04	7,00	
2ª	02	2,20	canal nº
3ª	01	2,80	85193226
1ª	16	30,28	Arroio
2ª	04	6,96	Lageado
3ª	01	9,20	85193232

O comprimento total dos canais encontrados na parte média da bacia do rio pardinho perfazem 270,24 Km de extensão.

As quedas existentes na parte média do Rio Pardinho inventariadas em campo foram discretizadas de acordo com suas alturas e localização. A tabela A3.2 apresenta estes resultados.

Tabela A3.2: Distribuição, por alturas, das quedas d'água agrupadas em seus respectivos canais.

Altura (m)	Quantidade	Micro-bacia
de 02 a 05	36	
06 a 10	24	Arroio
11 a 15	10	
16 a 20	03	São João
21 a 30	03	
31 a 40	03	canal nº
41 a 50	01	
51 a 100	01	85193129

Tabela A3.2: Distribuição, por alturas, das quedas d'água agrupadas em seus respectivos canais. (cont.)

Altura (m)	Quantidade	Micro-bacia
2,0	01	canal nº
2,5	01	85193187
até 05	10	Arroio
05 a 10	02	Lageado
11 a 15	04	canal nº
16 a 20	02	85193232

As potências de projeto existentes nas quedas de água na parte média da Bacia Hidrográfica do Rio Pardinho estão discretizadas e apresentadas por localização na respectiva micro-bacia, na tabela A3.3:

Tabela A3.3: Distribuição, por potência, das quedas d'água da parte média, agrupadas por micro-bacias.

Potência (w)	Quantidade	Micro-bacia
até 100	17	
101 a 200	15	Arroio
201 a 300	12	
301 a 400	07	São João
401 a 500	08	
501 a 600	09	canal nº
601 a 1000	04	
1001 a 2000	07	85193129
2001 a 5000	02	
30	01	canal nº
56,25	01	85193187
até 200	08	
201 a 400	05	Arroio
401 a 800	01	
801 a 900	01	Lageado
901 a 1200	01	canal nº
1200 a 1400	02	85193232

O Arroio da Gruta, contribuinte da Sanga Preta que entra no

Arroio Lageado, apresenta dois reservatórios d'água antigamente utilizados pela CORSAN para captação de água e estando atualmente sem uso específico. O estado de conservação dos dois reservatórios permite que os mesmos possam ser utilizados como pontos de geração de hidroeletricidade, com custo reduzido em virtude de já existir o reservatório. O potencial gerador destes dois resevatórios está adicionado às tabelas correspondentes.

Através do levantamento topográfico e da batimetria realizada nestes reservatórios, foi possível determinar a área de contenção e o volume de água armazenado. O reservatório 1 apresenta uma profundidade média de 0,88 metros e o reservatório 2 de 1,16 metros. O volume total do reservatório 1 é de 420,9 m³ e o volume total do reservatório 2 é de 1830,5 m³.

Na tabela A3.4 é apresentada a distribuição da área e do volume por isobatas no reservatório 1.

Tabela A3.4: Distribuição de áreas e volumes, por isobatas, do reservatório 1 do Arroio da Gruta.

Isobata (m)	Area (m ²)	Volume (m ³)
0,00	474,50	----
0,25	439,20	114,18
0,50	707,90	105,86
0,75	361,30	096,09
1,00	233,10	073,72
1,25	041,70	031,12

Na tabela A3.5 é apresentada a distribuição da área e do volume por isobatas no reservatório 2.

Tabela A3.5: Distribuição de áreas e volumes, por isobatas, do reservatório 2 do Arroio da Gruta.

Isobata (m)	Area (m ²)	Volume (m ³)
0,00	1576,28	--
0,25	1439,24	376,81
0,50	1331,20	346,21
0,75	1189,64	314,93
1,00	1060,89	281,18
1,25	841,79	237,30
1,50	559,05	173,90
1,75	261,27	100,20

As figuras A3.2 e A3.3 mostram o mapeamento batimétrico dos reservatórios 1 e 2.

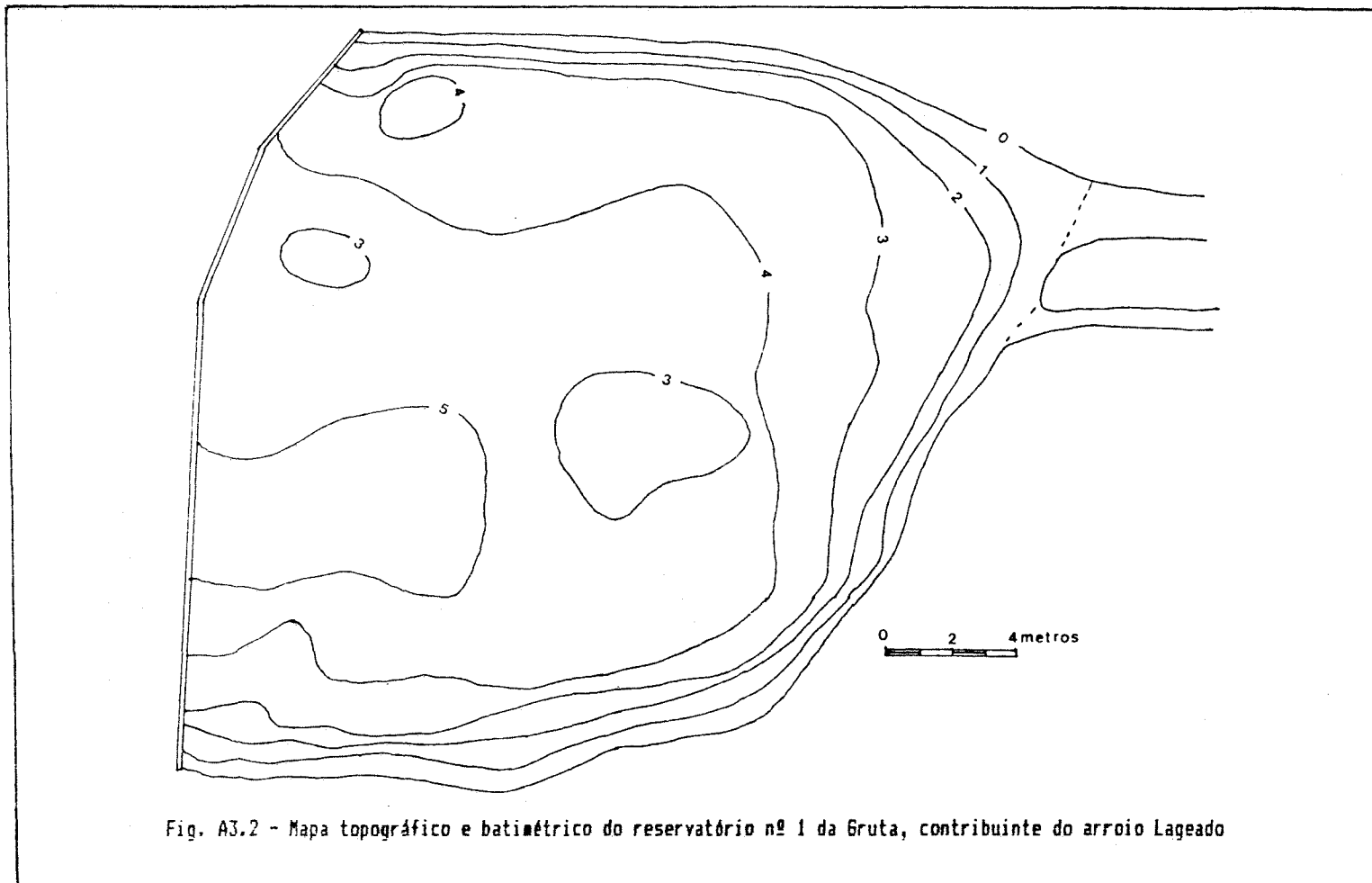


Fig. A3.2 - Mapa topográfico e batimétrico do reservatório nº 1 da Gruta, contribuinte do arroio Lageado

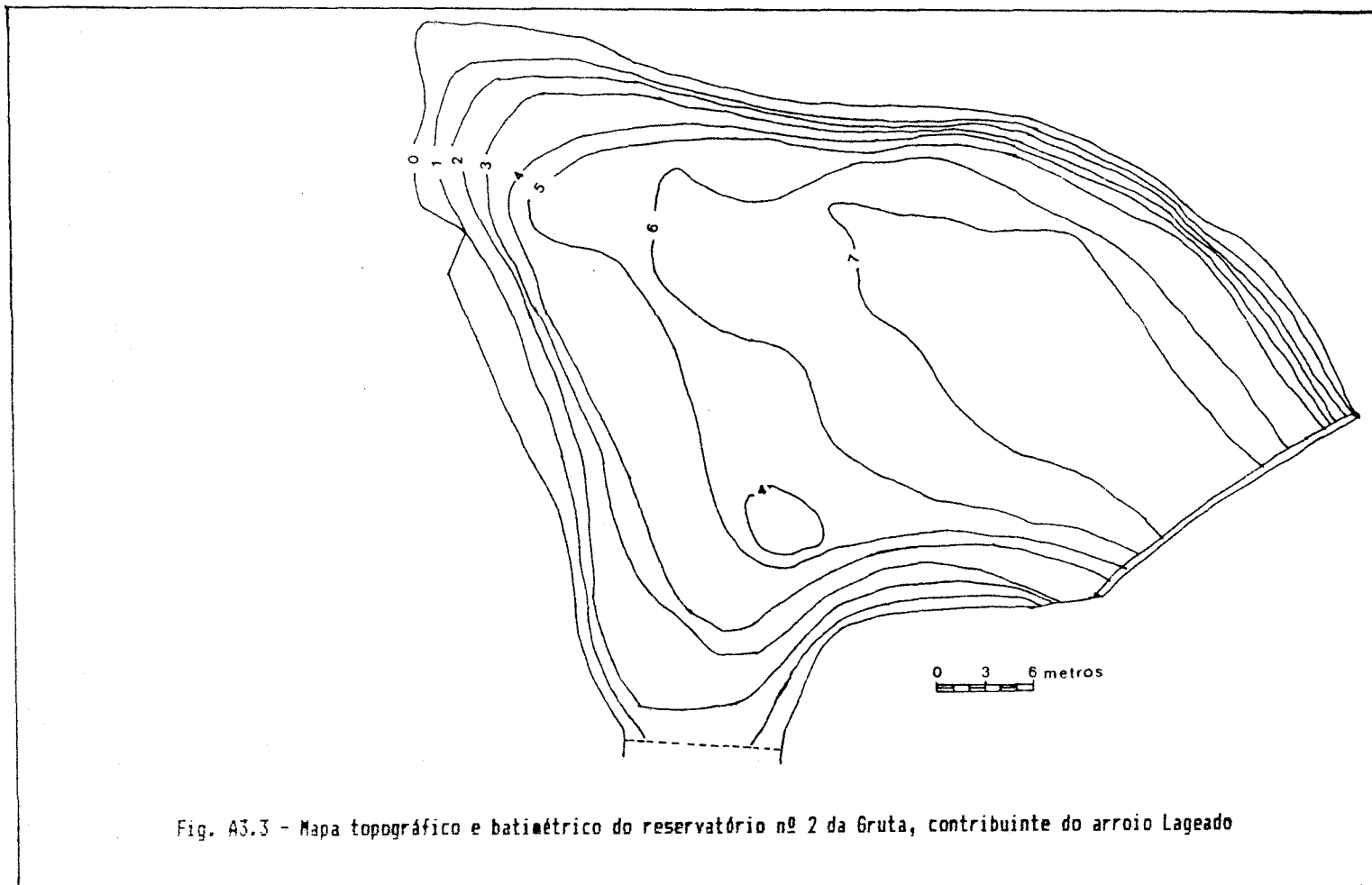


Fig. A3.3 - Mapa topográfico e batimétrico do reservatório nº 2 da Gruta, contribuinte do arroio Lageado

ANEXO A4

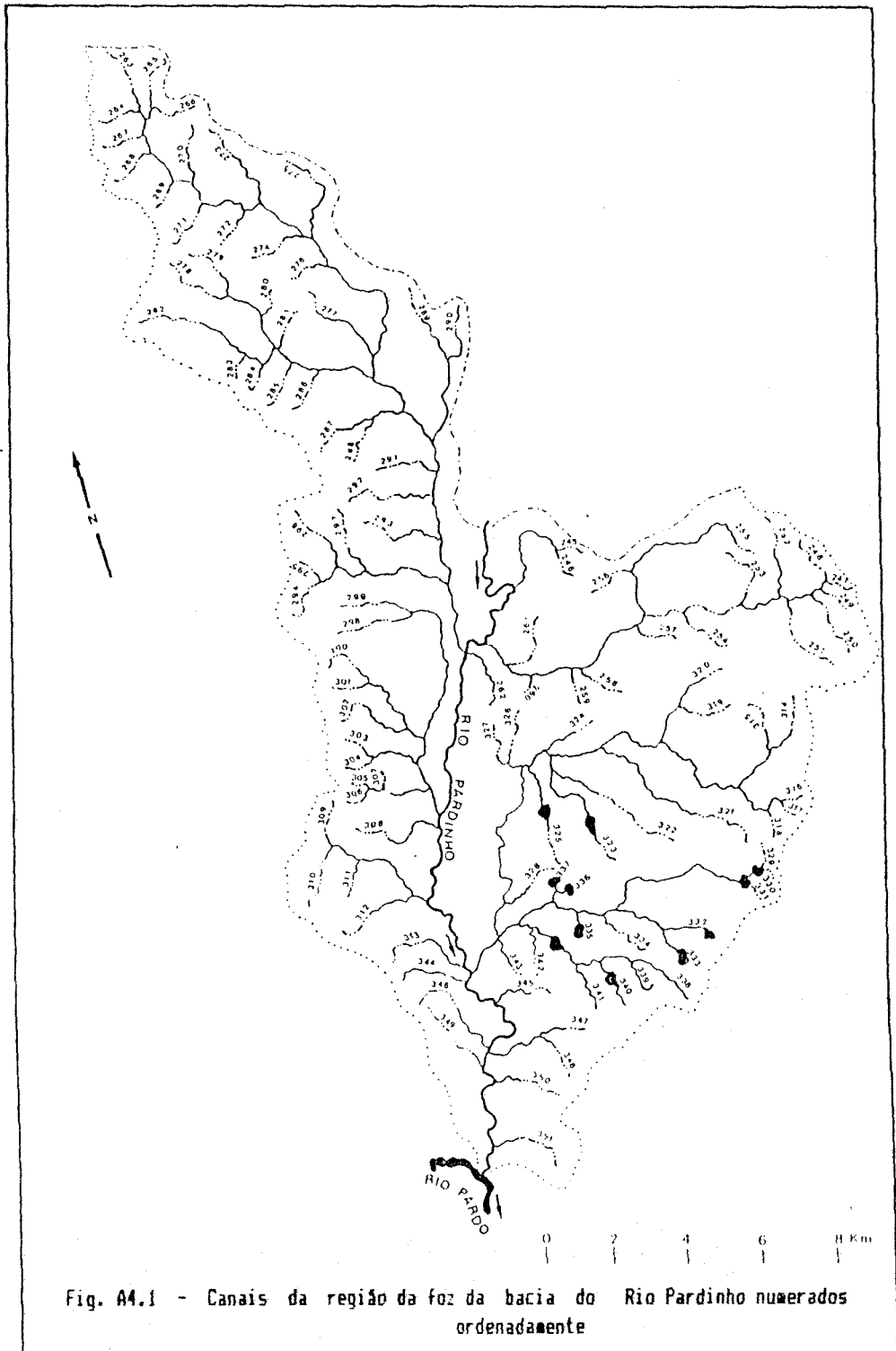
REGIÃO DA FOZ DO RIO PARDINHO

A figura A4.1 registra a numeração dos canais situados na região da Foz do Rio Pardinho. Cada tributário direto do Rio Pardinho, dentro desta metodologia, forma uma micro-bacia na qual ele é o canal principal e, na falta de um nome popular para o canal, esta micro-bacia passa a ser denominada pelo número do canal principal.

As principais características físicas do segmento da bacia hidrográfica do Rio Pardinho formado pelos canais localizados na foz são apresentados conforme Villela e Mattos (1975):

- Coordenadas geográficas: Latitude $-29^{\circ}43'$ N a $-29^{\circ}53'$ S
Longitude $52^{\circ}32'$ W a $52^{\circ}20'$ E.
- Área de drenagem: $A_4 = 258,08 \text{ Km}^2$
- Densidade de drenagem: $DD_4 = 1,101 \text{ Km/Km}^2$
- Fator de forma: $Kf_4 = 0,0032$

A tabela A4.1 apresenta os canais da região da foz do Rio Pardinho com sua respectiva extensão, separados em suas micro-



bacias hidrográficas e identificadas pelo número do seu canal principal. Nesta tabela já estão acrescentados os canais novos que foram inventariados em campo.

Tabela A4.1: Classificação dos canais da região da foz do Rio Pardinho, hierarquizados segundo Strahler (1975).

ORDEM	QUANTIDADE	EXTENSÃO (Km)	MICRO-BACIA
1ª	02	2,15	canal nº 85193245
2ª	01	2,45	
1ª	14	23,18	Arroio Grande 85193247
2ª	02	7,45	
3ª	01	8,75	
1ª	01	2,60	85193262
1ª	36	68,60	canal nº 85193263
2ª	08	10,00	
3ª	03	19,40	
4ª	01	10,00	
1ª	09	12,20	canal nº 85193298
2ª	04	9,60	
3ª	01	2,10	
1ª	01	2,15	85193308
1ª	04	7,50	canal nº 85193309
2ª	01	2,70	
1ª	01	2,60	85193313
1ª	12	29,32	Arroio Levis Pedroso 85193314
2ª	04	3,72	
3ª	01	6,90	
1ª	01	1,90	85193328
1ª	12	15,03	Arroio Manoelito 85193329
2ª	03	8,10	
3ª	01	3,51	
1ª	02	1,88	canal nº 85193332
2ª	01	1,75	
1ª	01	1,30	85193343
1ª	01	2,63	85193344

Tabela A4.1: Classificação dos canais da região da foz do Rio Pardinho, hierarquizados segundo Strahler (1975).
(cont.)

ORDEM	QUANTIDADE	EXTENSÃO (Km)	MICRO-BACIA
1ª	01	1,25	85193345
1ª	01	1,93	85193346
1ª	02	2,10	canal nº
2ª	01	1,00	85193347
1ª	01	2,60	85193349
1ª	01	1,29	85193350
1ª	01	2,20	85193351
1ª	01	2,32	85193352

Os canais localizados na parte da foz do Rio Pardinho perfazem uma extensão total de 284,18 Km.