

Section 50, Statute of the Republic of the Philippines, Chapter 10, Section 10, Republic Act No. 1418, as amended, and other laws and decrees in relation thereto.

DEPARTMENT OF INVESTIGATION, UNITED STATES DEPARTMENT OF JUSTICE

This is to certify that the following information was furnished to the  
 Director of the Department of Investigation, United States Department of Justice, by

[Name of Informant]  
 [Address of Informant]

Date: [Date]

JAPAN

CIVIL, PENNSYLVANIA CONSUL GENERAL  
 PHILADELPHIA

703

703  
 88  
 FDF

FDF



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)

Projeto de Estudo de Preservação de  
Florestas e do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, Brasil

Medidas de Fomento ao Reflorestamento

Pesquisa de Projeto de  
Execução do Empreendimento

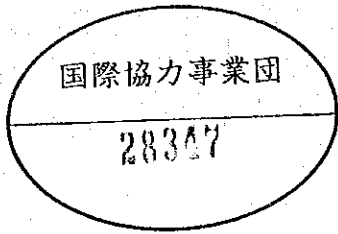


*28347*  
Dezembro de 1993

JAPAN,

CIVIL ENGINEERING CONSULTANTS

FOUNDATION





**Figura A**

**Planta do local de pesquisa – 1**

**(Paraguçu Paulista)**

**Área da bacia: 3.760 ha**

**S = 1/50000**

**Bacia A**

**Área: 168 ha**

**Local de intensa erosão**

**Local planejado para a construção do dique de medição do volume d'água**

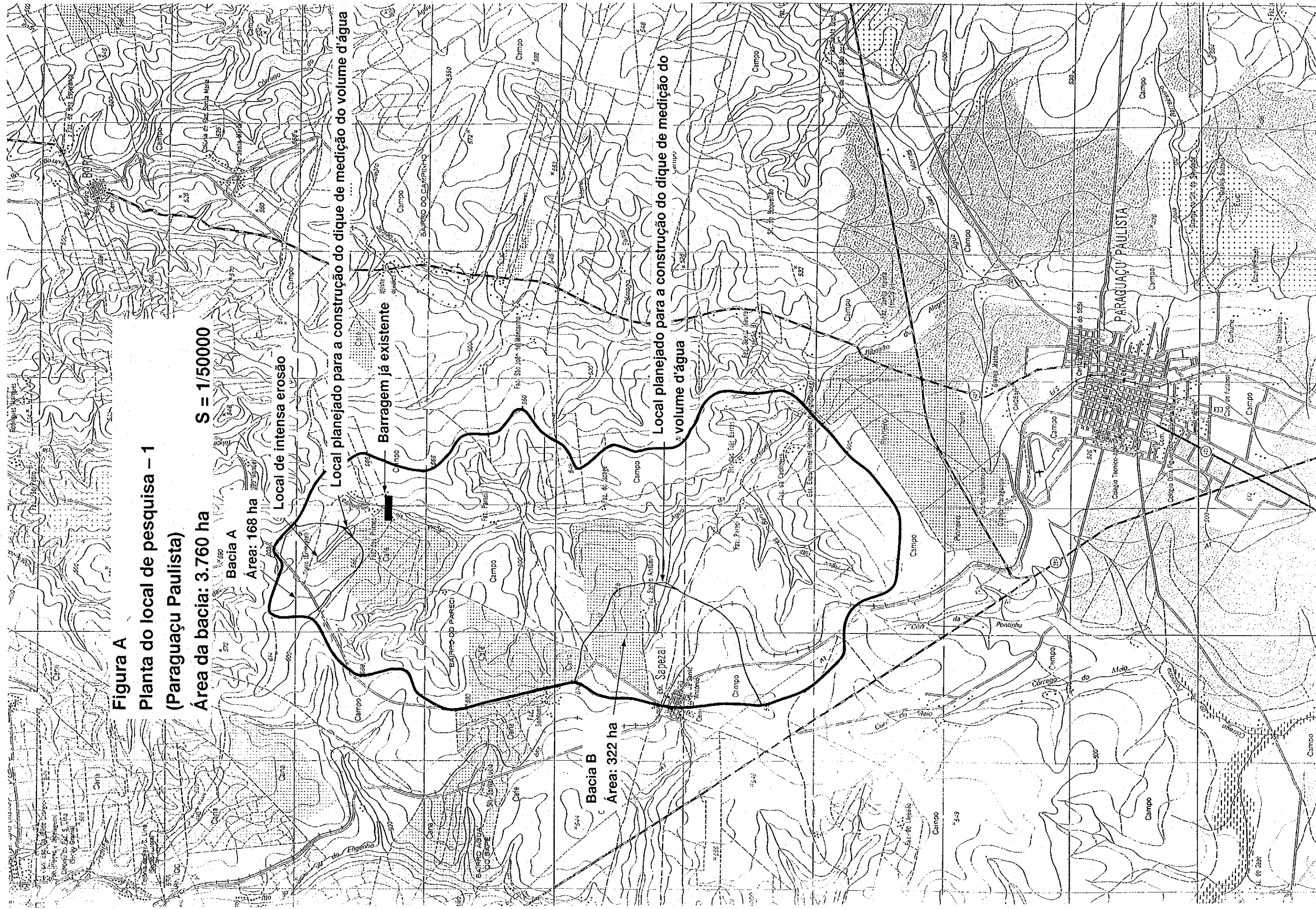
**Barragem já existente**

**Bacia B**

**Área: 322 ha**

**Local planejado para a construção do dique de medição do volume d'água**

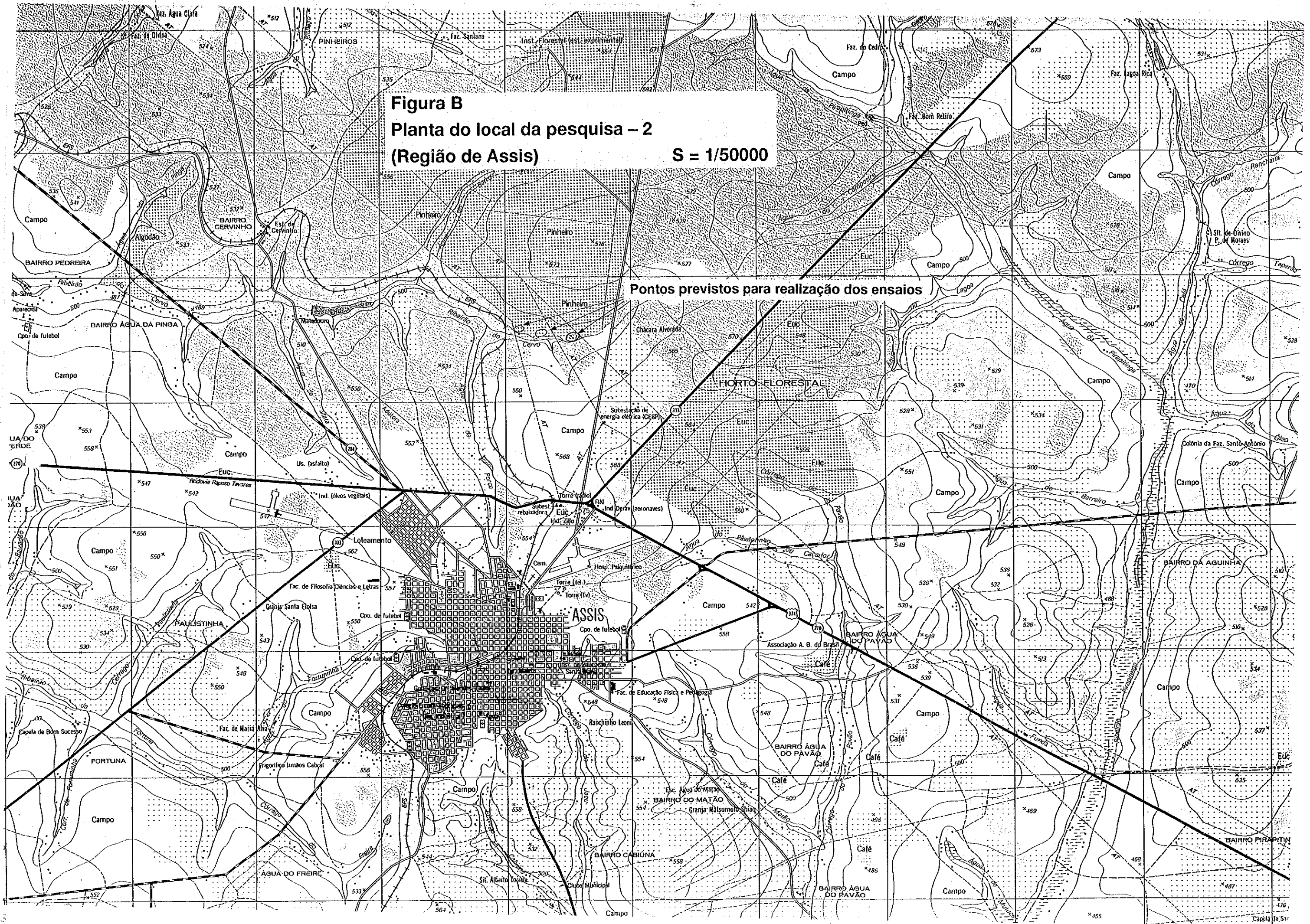
**Local planejado para a construção do dique de medição do volume d'água**



**Figura B**  
**Planta do local da pesquisa – 2**  
**(Região de Assis)**

**S = 1/50000**

**Pontos previstos para realização dos ensaios**







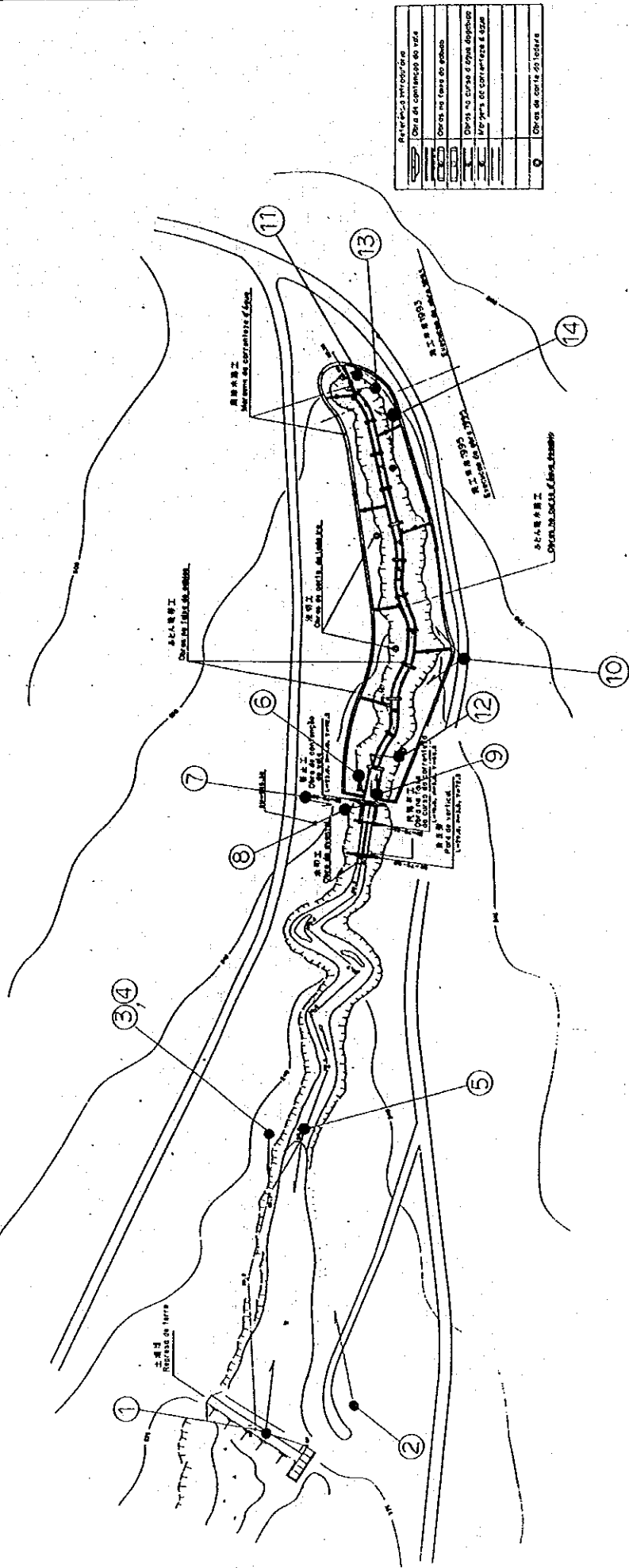
# ***Bacia A***



A ÁREA  
 測量施設  
 Instalação para medição  
 平面圖  
 Planta

A 流域 写真撮影位置図  
 Gráfico de posição de fotografia Bacía A

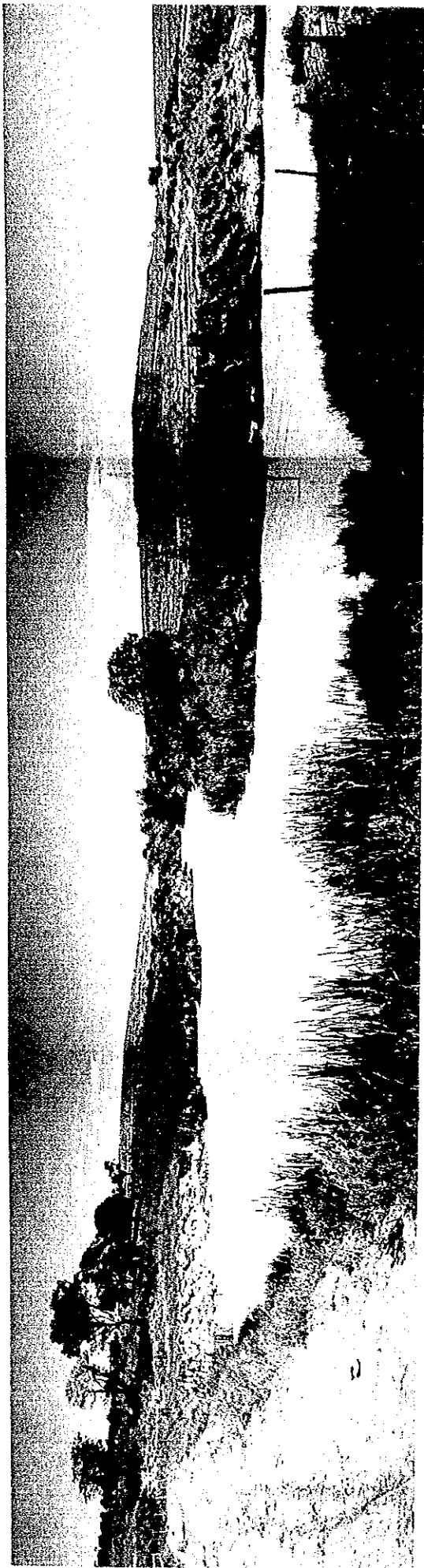
Scale 1:3,400



A 流域 写真番号 ①~⑭  
 Número de fotografia Bacía A ①~⑭

## Bacia A

1. Bacia A vista a partir da base superior da barragem existente (proximidades do ponto Nº 1)



2. Canavial nas redondezas da bacia A



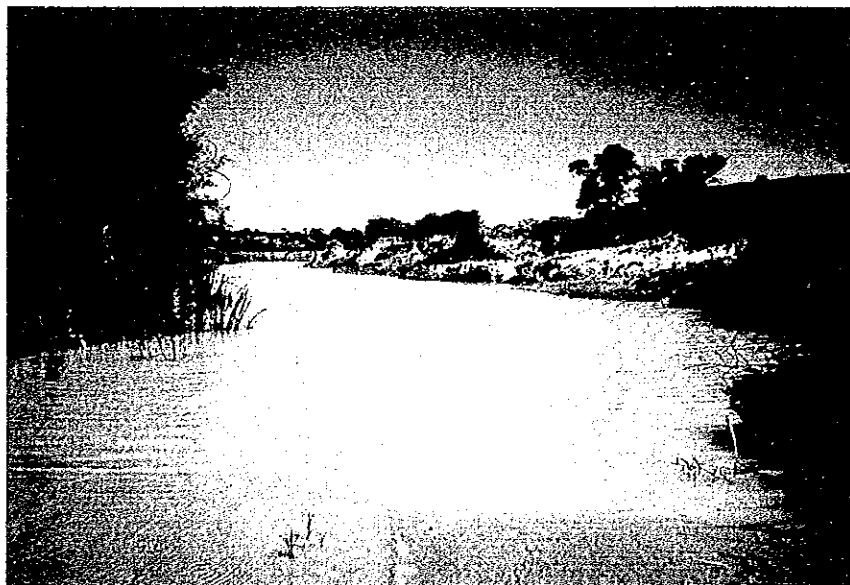
3. Condições de erosão ocorrida na margem direita, nas proximidades dos pontos N<sup>o</sup> 2 e N<sup>o</sup> 3 – Vista 1



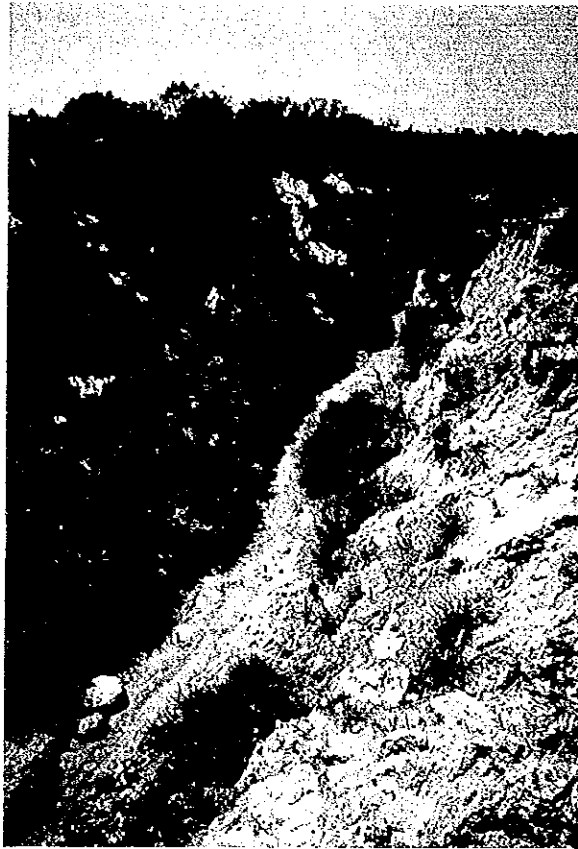
4. Condições de erosão ocorrida na margem direita, nas proximidades dos pontos N<sup>o</sup> 2 e N<sup>o</sup> 3 – Vista 2



5. Vista da jusante a partir das proximidades do ponto N<sup>o</sup> 4



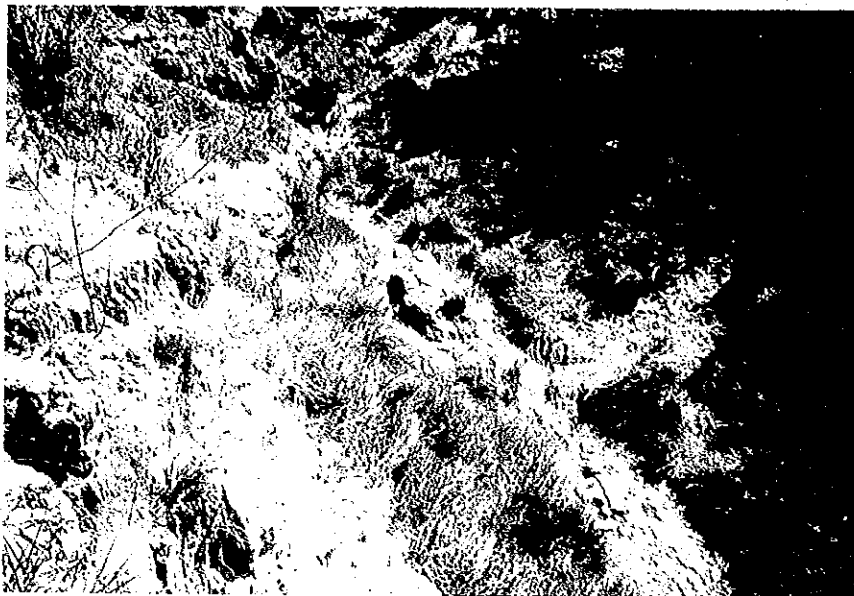
6. Vista do terreno projetado para construção do vertedor da vazão, a partir do ponto Nº 12



7. Vista da margem esquerda, a partir da margem direita do terreno projetado para obras de contenção do vale (E. 4)



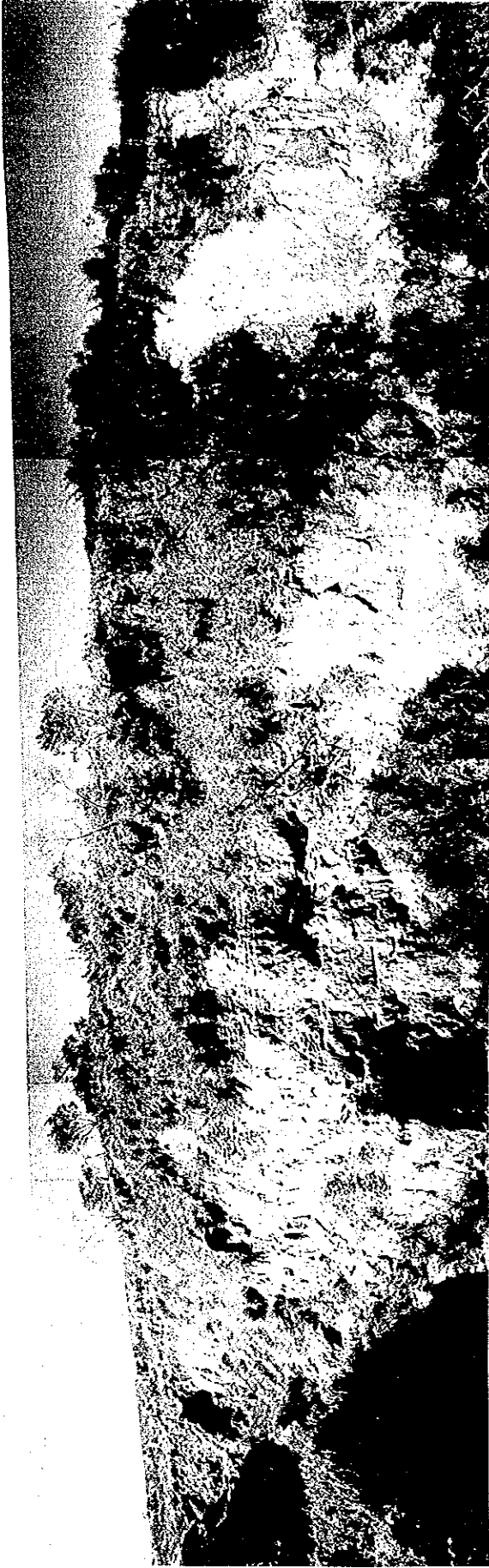
8. Condições do feito do vale nas proximidades do terreno projetado para obras de contenção do vale (E. 4)



9. Condições de devastamento da montante, observada a partir do ponto do projeto das obras de contenção do vale



10. Condições de erosão ocorrida na margem direita dos pontos Nº 15 a Nº 19

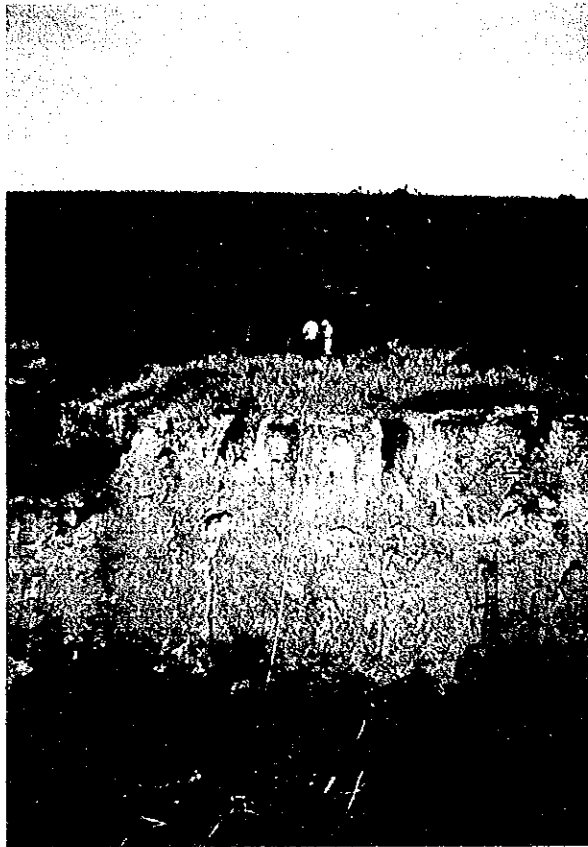


11. Vista da jusante a partir do ponto Nº 25





12. Margem direita nas proximidades do ponto Nº 13



13. Condições de erosão na parte da nascente



14. Vista das condições de erosão da margem direita, a partir da margem esquerda do ponto Nº 23







**Bacia B**

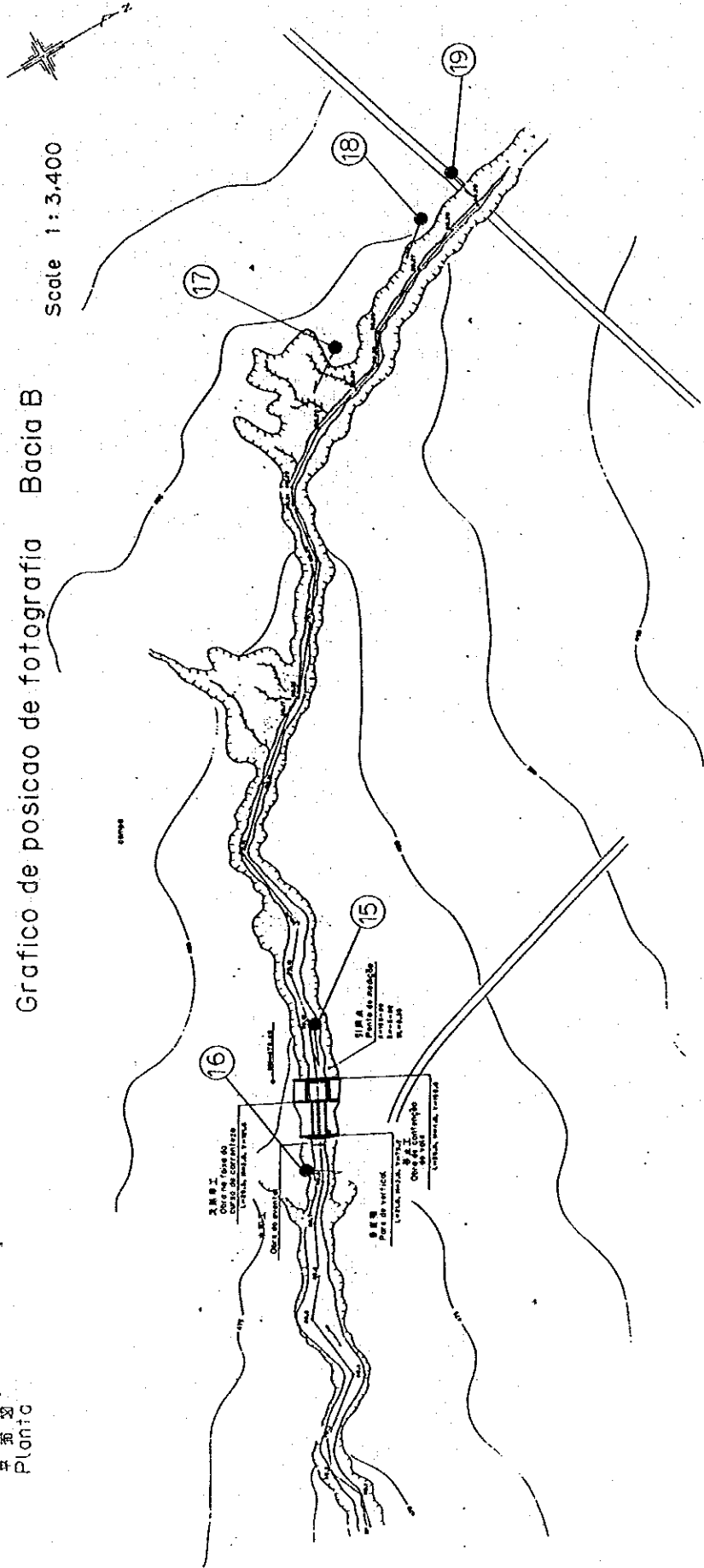


B ÁREA  
 測量地  
 Instalação para medição  
 平面図

B流域 写真撮影位置図

Grafico de posicao de fotografia Bacia B

Scale 1:3,400



B流域 写真番号 15 ~ 19

Numero de fotografia Bacia B 15 ~ 19





Bacia B

15. Vista to terreno projetado para construção do vertedor da vazão, a partir do ponto N° 12



16. Condições de erosão nas proximidades do ponto N° 8



17. Terras devastadas pela erosão ocorrida na margem direita dos pontos Nº 22 a 24



18. Condições de erosão da margem do vale, nas proximidades do ponto Nº 27



19. Condições de erosão e destruição da estrada no ponto Nº 29





## ***Pontos experimentais***



Pontos experimentais (Região de Assis)

20. Local projetado para a instalação de pontos experimentais, na região de Campo – Vista 1



21. Local projetado para a instalação de pontos experimentais, na região de Campo – Vista 2



22. Condições de erosão na região de Campo – Vista 1



23. Condições de erosão na região de Campo – Vista 2



24. Condições de erosão na região de Campo – Vista 3





25. Terreno projetado para ser um ponto experimental, na região de plantio de pinheiros – Vista 1



26. Terreno projetado para ser um ponto experimental, na região de plantio de pinheiros – Vista 2



27. Terreno projetado para ser um ponto experimental, na região de plantio de pinheiros – Vista 3



28. Condição do bosque de cerrado que ainda resta na região de Assis



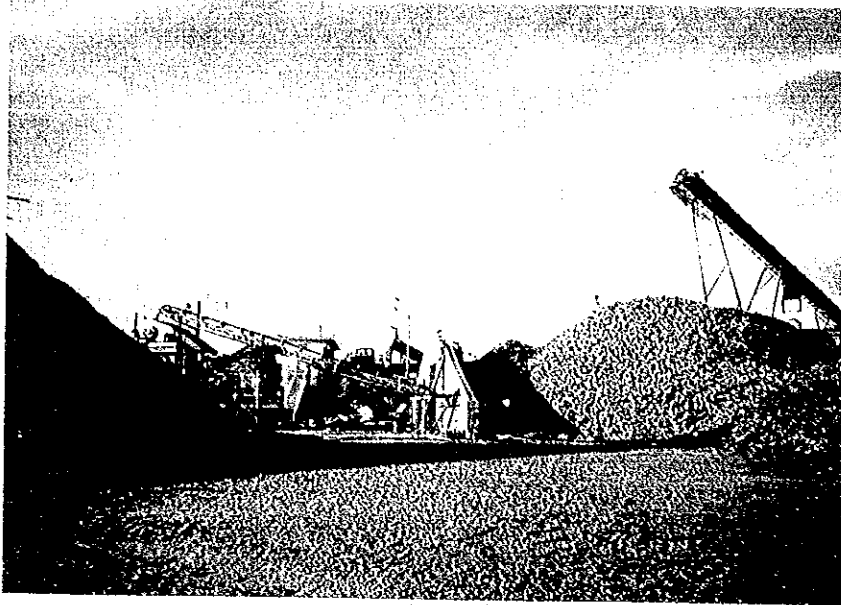




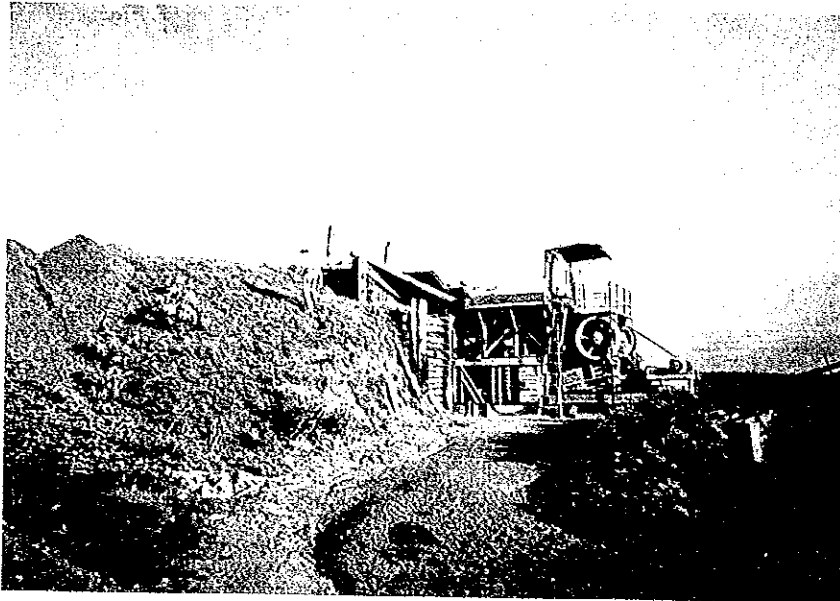
**Outras**



29. Instalações de pedreira da região de Paraguaçu Paulista  
- Vista 1



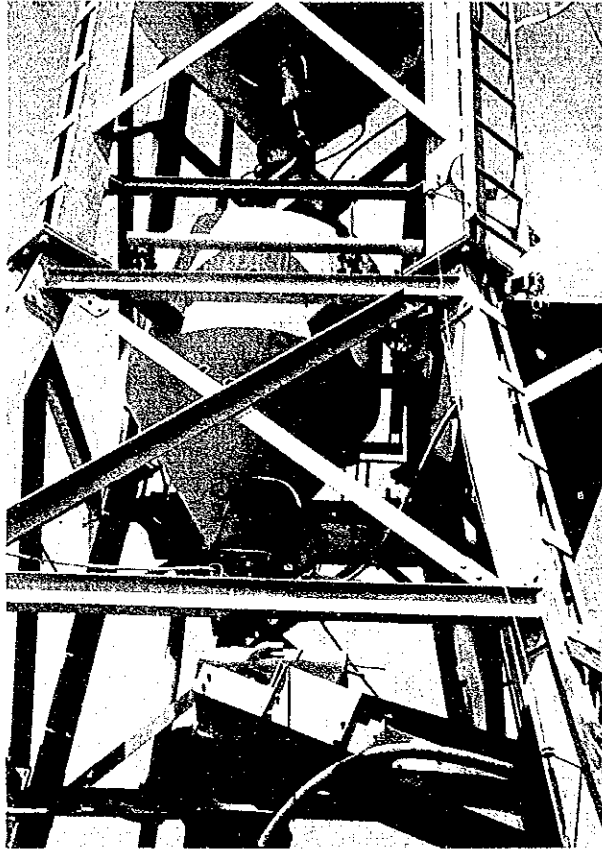
30. Instalações de pedreira da região de Paraguaçu Paulista  
- Vista 2



31. Pedreira



32. Instalação de concreto pronto para o uso

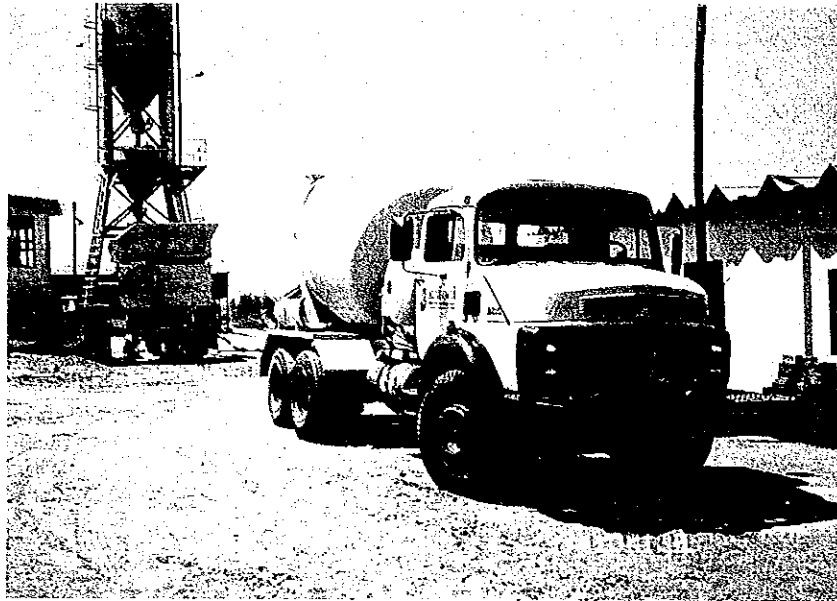


33. Equipamento de controle da instalação acima





34. Caminhão-betoneira do concreto pronto para o uso





# Índice

I.	Aspectos Gerais .....	1
1.	Objetivo da pesquisa.....	1
2.	Lista dos membros da missão de pesquisa e das pessoas relacionadas.....	2
	(1) Membros da missão de pesquisa .....	2
	(2) Pessoas relacionadas.....	2
3.	Programação .....	4
II.	Conteúdo da pesquisa.....	7
1.	Aspectos gerais .....	7
1-1.	Teor das pesquisas realizadas .....	7
1-2.	Itens da pesquisa .....	7
1-3.	Perfil da área de pesquisa.....	8
	(1) Topografia, geologia e solo .....	8
	(2) Clima.....	9
	(3) Vegetação.....	9
	(4) Condição de utilização do terreno.....	9
1-4.	Situação do desmatamento.....	10
2.	Necessidade de controle das bacias.....	11
3.	Desenho do dique de medição do volume de água.....	13
3-1.	Objetivo.....	13

3-2. Fatores que serão considerados no projeto.....	13
(1) Determinação do período de probabilidade de retorno .....	13
(2) Cálculo do volume pluviométrico diário correspondente ao período de probabilidade de retorno.....	13
3-3. Cálculo da força máxima do volume pluviométrico .....	18
(1) Força plumétrica até a hora de chegada da inundaçã.....	19
(2) Coeficiente de escoamento .....	22
(3) Área de coleta d'água da região das obras.....	23
(4) Cálculo do fluxo máximo da enchente .....	23
(5) Cálculo da área da seção de corte do canal de drenagem .....	23
3-4. Dimensão e estabilidade da estrutura.....	24
(1) Tipo da estrutura.....	24
(2) Decisão do local de instalação.....	25
(3) Decisão das dimensões da instalação .....	25
(4) Decisão do corte da seção do canal de liberação de água e das obras do duto de fluxo d'água.....	26
(5) Decisão da espessura da base superior .....	27
(6) Decisão do corte da correnteza inferior da barragem .....	27
(7) Cálculo da estabilidade da estrutura .....	27
3-5. Dispositivos e métodos de medição .....	29
(1) Medição do volume de lama escoada.....	29
(2) Volume de água escoada .....	29
4. Pontos experimentais.....	30
4-1. Objetivos dos pontos experimentais.....	30
4-2. Dimensão da instalação.....	30
4-3. Dispositivo de medição .....	30
5. Obra de prevenção de erosão.....	31
5-1. Causas da erosão .....	31

5-2. Diretrizes básicas para medidas anti-erosivas .....	31
5-3. Tipo de obras básicas da encosta de montanhas .....	31
(1) Obras de corte da escarpa .....	31
(2) Obras de compactação do leito .....	32
(3) Obras do fluxo do canal .....	32
(4) Obras do canal .....	32
5-4. Tipo de obra de reflorestamento da encosta .....	32
(1) Obras de estaqueamento .....	32
(2) Obras de plantação de grama .....	33
(3) Obras de reflorestamento .....	33
III. Cálculos referentes ao projeto .....	34
1. Levantamento do preço unitário dos materiais de trabalho que serão utilizados no projeto .....	34
(1) Preço unitário dos materiais de trabalho .....	34
(2) Disponibilidade do material no mercado .....	34
(3) Disponibilidade de operários .....	34
2. Máquinas possíveis de serem usadas e preço unitário .....	35
(1) Preço de aluguel de maquinaria .....	35
(2) Possibilidade de aluguel de máquinas pesadas .....	35
(3) Mão-de-obra .....	37
(4) Maquinários .....	37
3. Cronograma futuro e modo de execução .....	38
(1) Programa de acordo com o ano .....	38
(2) Modo de execução .....	38
(3) Período de administração das obras .....	38
(4) Cronograma previsto .....	38
IV. Projeto de execução .....	44
1. Projeto .....	44

2.	Contrato e outros .....	63
3.	Especificação.....	68
4.	Levantamento das empresas locais que participaram das obras. ....	76
	(1) Obra de administração direta.....	76
	(2) Obra de empreitada de mão-de-obra.....	76
	(3) Obras de empreitada .....	76
V.	Minuta das reuniões .....	79
	(1) Dia 7 de outubro, no escritório do Instituto Florestal de Paraguaçu Paulista .....	79
	(2) 11 de outubro, no escritório do Instituto Florestal de Paraguaçu Paulista .....	79
	(3) 5 de outubro, no escritório do projeto.....	80
	(4) 29 de outubro, no escritório da JICA de São Paulo.....	80
	(5) Outros .....	80
VI.	Appendice	
1.	Retrato photographico.....	Parte final do volume
2.	Desenhos do projet .....	Parte inicial do volume

## Índice das figuras

Denominação da figura	Número da figura
1. Bacia A	
Obra de contenção do vale (concreto).....	Figura 20-1~4
Reservatório de areia (concreto) .....	Figura 20-1~3, 7
Obra na faixa do canal da correnteza (concreto).....	Figura 20-1~3, 5
Obra do canal da correnteza (concreto).....	Figura 20-1~3, 8
Parede vertical .....	Figura 20-1~3, 6
Obra do avental (gabião).....	Figura 20-3, 10
Instalação do observatório.....	Figura 20-1, 9
Obras na encosta da montanha, na região da nascente (obras de estaqueamento de toras, etc).....	Figura 20-11, 17, 19, 20
Obras na encosta da montanha (solidificação do leito, etc.).....	Figura 20-11~16, 18, 20
2. Bacia B	
Obra de contenção do vale (concreto).....	Figura 10-1~4
Reservatório de areia (concreto) .....	Figura 10-1~3, 7
Obra na faixa do canal da correnteza.....	Figura 10-1~3, 5
Obra do canal da correnteza .....	Figura 10-1~3, 8
Parede vertical .....	Figura 10-1~3, 6
Obras do avental (gabião).....	Figura 10-10
Instalação do observatório.....	Figura 10-9
3. Região de Assis	
Pontos experimentais (placa de concreto).....	Figura 2-1, 2





## I. Aspectos Gerais

### 1. Objetivo da pesquisa

O Projeto de Estudo de Preservação de Florestas e do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, Brasil, com duração de 5 anos, de fevereiro de 1993 a janeiro de 1998, tem como objetivo encontrar soluções para problemas urgentes e importantes referentes à conservação de florestas e do meio ambiente, tais como a diminuição das florestas em todo o território brasileiro, a aceleração da erosão devido ao desenvolvimento agrícola e o escoamento de areia e lama nas cercanias das jusantes de rios. À luz desta realidade, o presente projeto tem como objetivo colaborar com a conservação das florestas e do meio ambiente através da transferência de tecnologias resultantes de pesquisa e do desenvolvimento nas áreas de prevenção de erosão do solo em áreas desmatadas e na recuperação de florestas.

Como resultado das pesquisas realizadas pela missão em novembro de 1992 e das conversações mantidas com o governo brasileiro, no sentido de que a transferência de tecnologia visada pelo projeto ocorra com eficiência, chegou-se à conclusão de que seriam urgentes a plantação de um cinturão de área verde para proteger a encosta da área devastada e a construção de uma instalação destinada a comparar o volume de água e de areia e lama escoados antes e depois da recuperação da referida área.

No entanto, devido à dificuldade financeira do governo do estado de São Paulo, bem como ao baixo nível tecnológico, vinha sendo requerida a implementação de atividade para fomentar o reflorestamento.

O presente levantamento visa atender à solicitação no sentido de elaborar o projeto da instalação de medição de volume de água e o projeto de implementação do cálculo dos custos.

## 2. Lista dos membros da missão de pesquisa e das pessoas relacionadas

### (1) Membros da missão de pesquisa

Masayoshi Shinagawa - Diretor de Tecnologia de Reflorestamento Preventivo contra Desmoronamento da Fundação Central de Consultoria de Obras de Silvicultura (responsável geral, encarregado do projeto do dique de medição do volume d'água)

Kenji Mitsuda - Chefe da Seção de Reflorestamento Preventivo contra Desmoronamento (encarregado do projeto de prevenção de erosão)

### (2) Pessoas relacionadas

#### ① Parte brasileira

- Sr. José Luiz Timoni - Presidente do Instituto Florestal do Estado de São Paulo
- Sr. Francisco José N. Kronka - Diretor de Pesquisas do Instituto Florestal do Estado de São Paulo
- Sr. Guenji Yamazoe - Assistente técnico do Instituto Florestal do Estado de São Paulo
- Sr. Valdor de Cicco - Departamento de Conservação de Parques Estaduais do Instituto Florestal do Estado de São Paulo
- Sr. José Luiz de Cavalo - Departamento de Conservação de Parques Estaduais do Instituto Florestal do Estado de São Paulo
- Sr. Jono Batista Baitello - Representante do Projeto C/P do Instituto Florestal do Estado de São Paulo
- Sr. Marco Aurélio Nalon - Departamento de Pesquisa do Instituto Florestal do Estado de São Paulo
- Sr. Marco A. de Oliveira Garrido - Chefe do Laboratório de Pesquisa de Assis do Instituto Florestal do Estado de São Paulo
- Sra. Leda Maria do Amaral Garrido - Responsável pela Estação Experimental de Paraguaçu Paulista do Instituto Florestal do Estado de São Paulo

- Sra. Giselda Durigen - Estação Experimental de Assis do Instituto Florestal do Estado de São Paulo
- Sr. Artur Francisco Marques - Estação Experimental de Paraguaçu Paulista do Instituto Florestal do Estado de São Paulo
- Sr. Sérgio de Campos - Estação Experimental de Paraguaçu Paulista do Instituto Florestal do Estado de São Paulo
- Sr. Luiz Antonio Siqueiras Barros - Proprietário da Companhia de Mineração Siqueiras (Paraguaçu Paulista)
- Sr. Valdir Mozini Lopes - Diretor do Depto. de Construções da Construçõesra da Construction Melhor Ltda. (Assis)
- Sr. R. Messiar N. de Lorena - Presidente da Companhia de Engenharia Civil Lorena (Cunha)

② Parte japonesa

- Tatsuro Honda - Cônsul do Consulado Geral do Japão em São Paulo
- Mitsuo Terada - Chefe do Escritório da JICA de São Paulo
- Yoshio Saito - Chefe do Departamento de Informações Tecnológicas de Escritório da JICA de São Paulo
- Koichi Sasaki - Encarregado da Cooperação Tecnológica do Escritório da JICA de São Paulo
- Satoshi Machida - Encarregado da Cooperação Tecnológica do Escritório da JICA de São Paulo
- Tetsuya Kudo - Líder do projeto
- Kenji Sato - Organizador do projeto
- Kazutoki Abe - Especialista do projeto
- Hiroshi Nakata - Especialista do projeto

### 3. Programação

A presente pesquisa foi realizada de 4 de outubro a 2 de novembro de 1993. Os detalhes da pesquisa são apresentados a seguir.

4 de outubro (segunda-feira)	Partida de Tóquio (JAL 63)
5 de outubro (terça-feira)	Chegada em São Paulo, cumprimentos ao pessoal do escritório do projeto, ao presidente do Instituto Florestal de São Paulo, visita de cortesia ao diretor de pesquisas, cumprimentos ao pessoal do escritório da JICA de São Paulo - pernoite em São Paulo
6 de outubro (quarta-feira)	Partida de São Paulo com destino a Assis; vistoria da área prevista para a estação experimental de Assis; determinação do ponto onde será efetuada a plotagem; levantamentos de dados na área de coleta de cascalho. à tarde, partida para Paraguaçu Paulista. - pernoite em Paraguaçu Paulista
7 de outubro (quinta-feira)	Levantamento geral da estação experimental (prevista) de Paraguaçu Paulista  Determinação da área provável da instalação do dique, após divisão da área em Estação A (área prevista para a implementação das obras de prevenção de desmoronamentos) e Estação B (área oposta) - pernoite em Paraguaçu Paulista
8 de outubro (sexta-feira)	Medição vertical da Estação A - pernoite em Paraguaçu Paulista
9 de outubro (sábado)	Medição vertical da Estação B - pernoite em Paraguaçu Paulista
10 de outubro (domingo)	Organização do caderno de pesquisa na cidade de Paraguaçu Paulista - pernoite em Paraguaçu Paulista
11 de outubro (segunda-feira)	feriado (véspera do Dia das Crianças) Medição horizontal da Estação A - pernoite em Paraguaçu Paulista
12 de outubro (terça-feira)	feriado (Dia das Crianças) Medição horizontal da Estação B - pernoite em Paraguaçu Paulista
13 de outubro (quarta-feira)	Medição detalhada do dique da Estação A  Levantamento de materiais na cidade de Paraguaçu Paulista - pernoite em Paraguaçu Paulista

- 14 de outubro (quinta-feira) Medição de nível na Estação A, levantamento de materiais na cidade de Marília - pernoite em Paraguaçu Paulista
- 15 de outubro (sexta-feira) Medição detalhada do dique da Estação B, levantamento de materiais na cidade de Paraguaçu Paulista - pernoite em Paraguaçu Paulista
- 16 de outubro (sábado) Medição de nível da Estação B, levantamento de materiais na cidade de Assis - pernoite em Paraguaçu Paulista
- 17 de outubro (domingo) Elaboração do projeto na cidade de Paraguaçu Paulista - pernoite em Paraguaçu Paulista
- 18 de outubro (segunda-feira) Medição da estação de plotagem de Assis - pernoite em Paraguaçu Paulista
- 19 de outubro (terça-feira) Elaboração do projeto na cidade de Paraguaçu Paulista - pernoite em Paraguaçu Paulista
- 20 de outubro (quarta-feira) Elaboração do projeto na cidade de Paraguaçu Paulista - pernoite em Paraguaçu Paulista
- 21 de outubro (quinta-feira) deslocamento de Paraguaçu Paulista para São Paulo; levantamento de materiais em São Paulo - pernoite em São Paulo
- 22 de outubro (sexta-feira) Visita de cortesia ao Consulado Geral do Japão em São Paulo, explicação das condições e do andamento da pesquisa; deslocamento para Cunha - pernoite em Cunha
- 23 de outubro (sábado) Vistoria do dique de medição de volume d'água, construído na década de 1980 através de cooperação tecnológica, e do andamento da pesquisa relacionada à hidrologia florestal - pernoite em Cunha
- 24 de outubro (domingo) Elaboração do projeto em Cunha - pernoite em Cunha
- 25 de outubro (segunda-feira) Elaboração do projeto em Cunha - pernoite em Cunha
- 26 de outubro (terça-feira) Elaboração do projeto em Cunha - pernoite em Cunha
- 27 de outubro (quarta-feira) Partida de Cunha rumo a São Paulo - pernoite em São Paulo
- 28 de outubro (quinta-feira) Conferência com especialistas, elaboração do projeto - pernoite em São Paulo

29 de outubro (sexta-feira)	Relato do sumário do levantamento ao escritório da JICA de São Paulo - pernoite em São Paulo
30 de outubro (sábado)	Preparativos para o retorno ao Japão, partida de São Paulo rumo a Toronto
31 de outubro (domingo)	Chegada a Toronto - pernoite em Toronto
1 de novembro (segunda-feira)	Embarque em Toronto rumo a Tóquio
2 de novembro (terça-feira)	Chegada a Tóquio

## II. Conteúdo da pesquisa

### 1. Aspectos gerais

#### 1-1. Teor das pesquisas realizadas

A área de pesquisa é uma área agrícola localizada num planalto de 400 metros de altitude, situada a 400km ao norte da cidade de São Paulo em direção ao interior do estado. A área, outrora, apresentava intenso cultivo de café. Todavia, com a queda do preço do produto, atualmente está sendo utilizada para a plantação da cana-de-açúcar. A colheita da cana-de-açúcar é feita após a queimada do canavial, sendo seu cultivo feito através de processo que não exige cuidados especiais, uma vez que, após sua plantação, ela se desenvolve naturalmente, permitindo até 3 colheitas consecutivas. Na região é intensa a criação de gado de corte, sendo toda a área não ocupada pela plantação da cana-de-açúcar, destinada à pastagem. Desta forma, a vegetação que cobre a região é constituída puramente por grama, sendo que à época do novo plantio ou da renovação, tratores de grande porte transitam na área, deixando uma grande área praticamente descoberta. Todos esses fatores demonstram a grande susceptibilidade da área, que quando assolada por tempestades de chuva típicas da região podem erodir facilmente. Esta lama escoar em direção à jusante dos rios onde se acumula, provocando prejuízos como soterramentos de pontes, etc.

O presente projeto tem a finalidade de esclarecer o mecanismo de escoamento da lama e de efetuar pesquisa e desenvolvimento de tecnologia para recuperação de florestas. A fim de conhecer a quantidade de lama deslocada, foram escolhidas 2 pequenas bacias bastante desmatadas, onde serão instalados diques com represa, para medir o volume de água escoada. Em uma delas se efetuará obras de proteção da encosta e em outra, nada se fará em especial para servir como referência. O que se pretende é fazer a comparação do volume de lama entre as duas bacias.

Por outro lado, esta região não possui tecnologia estabelecida para obras de proteção de encostas, sendo necessário efetuar, in loco, pesquisa e desenvolvimento a fim de encontrar o método mais adequado para seu caso.

As atividades de pesquisa da atual missão consistem em efetuar as medições e os cálculos de custos do projeto.

#### 1-2. Itens da pesquisa

(1) Escolheram-se 2 áreas de pesquisa para o presente projeto. Uma delas, onde se estabelecerão os pontos de pesquisa, se localiza na região de Assis, onde fica o Laboratório de Assis, do Instituto

Florestal. A outra, onde se localiza a bacia água da Cachoeira, onde será construído o dique e que abriga o Laboratório de Paraguaçu Paulista, fica na região de Paraguaçu Paulista.

- ① Dique para medição de volume d'água - 2 unidades, 1 na Estação A e outra na Estação B (Paraguaçu Paulista)
- ② Pontos de pesquisa - 6 pontos (região de Assis)  
Especificação:    área devastada        1 ponto  
                         campo                    3 pontos  
                         pinhal                    1 ponto  
                         bosque de arbustos    1 ponto
- ③ Obras de prevenção contra a erosão

(2) Amplitude da pesquisa

Com referência ao projeto em questão, efetuar-se-á o seguinte:

- ① Projeto de execução
- ② Cálculo do custo do empreendimento
- ③ Elaboração de proposta de licitação das obras

**1-3. Perfil da área de pesquisa**

(1) Topografia, geologia e solo

1) Topografia

A grande parte do estado de São Paulo é constituída por espigões, e a área de estudo é uma delas.

As áreas estudadas (Assis e Paraguaçu Paulista) são semelhantes quanto à topografia.

Ambas apresentam inclinação de 5 a 10 graus, sendo praticamente planas. à margem do rio, encontram-se alguns pontos onde parece ter acabado de começar a erosão do tipo gully.

2) Geologia

à exceção de uma minúscula área situada a aproximadamente 8 km da região de Paraguaçu Paulista, onde se encontra o basalto, a área é constituída praticamente por arenito da era quaternária. Este arenito se encontra solto, ou quando aglomerado, de forma bastante frouxa. Desta forma, a área apresenta tipo de erosão bastante semelhante à zona denominada "Shirasu", em que a terra se dissolve com a chuva.

3) Solo

O solo de toda esta região é praticamente do tipo latosol, marrom avermelhado. Esporadicamente se encontra podsol de cor branca. O solo é arenoso com partículas minúsculas, PH baixo e pouco fértil.



## (2) Clima

O clima de ambas as regiões é semelhante. O volume pluviométrico é de 1400mm anuais, a temperatura média anual é de 21 graus. O clima é ameno, contudo um pouco seco.

## (3) Vegetação

A velocidade de extinção de florestas do estado de São Paulo é bastante alta. Há 100 anos, o estado apresentava 90% de área coberta por vegetação. No entanto, pesquisas recentes indicam que esta taxa caiu para 6%. A grande parte da vegetação que restou se concentra na Serra do Mar, sendo escassas as florestas na área do presente estudo.

A grande parte da vegetação que ainda resta é constituída por cerradão (mata fechada que apresenta desenvolvimento conjunto de árvores perenes e decíduifólias, de altura média a alta), cerrado (floresta aberta que apresenta desenvolvimento conjunto de árvores baixas ou arbustos perenes e decíduifólios) e campo (campo onde esporadicamente crescem arbustos baixos), área classificada, segundo G. Eiten, como seca. No entanto, a área florestal remanescente é pequena.

A floresta das cercanias da área de pesquisa, por apresentar topografia ondulada e possuir poucas condições adversas topograficamente, vem sendo utilizada para plantações e pastagens. Quanto à floresta, uma vegetação denominada riparian forest permanece ou em forma de um fino cinturão à margem do rio ou em pequenas áreas esparsas.

As estações experimentais do Instituto Florestal, tanto de Assis, como de Paraguaçu Paulista se encontram reflorestadas com pinheiros.

Ainda, são encontradas, Blue gum, algumas plantações de eucaliptos.

As áreas agrícolas são tomadas quase que completamente por canaviais. Não existe vegetação rasteira e o solo é praticamente nu. Por outro lado, os pastos são inteiramente cobertos por gramas.

## (4) Condição de utilização do terreno

Conforme mencionado anteriormente, excetuando-se uma pequena área coberta por florestas, a região é constituída por plantações ou pastagens.

A área é de propriedade individual.

Na região de Assis há uma grande quantidade de fazendas de gado e os canaviais são comparativamente escassos. Por outro lado, a região de Paraguaçu Paulista apresenta pastagens às margens do rio, contudo da metade da encosta para cima só existem canaviais.

#### 1-4. Situação do desmatamento

De um modo geral, o grau de desmatamento difere de uma área para outra.

Nos canaviais, uma vez que não existe vegetação rasteira além da cana-de-açúcar e o solo é praticamente nu, observa-se o desenvolvimento de rill. Todavia, atualmente, com a instalação de plataformas em contornos de mesma altitude, a água pára, temporariamente neste patamar permitindo sua absorção no solo e evitando, desta forma, o escoamento. No entanto, quando o volume de água de chuva é maior que um determinado nível, a água transborda a partir das regiões mais baixas. Isto significa que a água se acumulará nesta área, originando novo curso d'água e provocando a erosão do tipo gully.

A estação A da bacia de água da Cachoeira, da região de Paraguaçu Paulista apresenta grande número de erosão deste tipo, sendo a área escolhida, desta feita, para efetuar as obras de cobertura da encosta, uma das mais típicas do gênero.

Nas pastagens, uma vez que existe, geralmente, uma cobertura de grama, é pequeno o desenvolvimento de rill ou de erosão do tipo gully.

No entanto, nessas áreas, observa-se, em diversas partes, a erosão provocada pelo gado, temendo-se o desenvolvimento desta em rill ou gully.

A forma de erosão da Estação B da Bacia da água da Cachoeira, além daquela provocada pelo gado, apresenta uma particularidade geológica. Isto é, nesta região, existem camadas de solo com grau de permeabilidade diferentes. Quando a água atinge uma camada de baixa permeabilidade, a água subterrânea ou mesmo o fluxo intermediário tende a escoar sobre esta camada, fazendo com que o solo da região superior se desloque.

De início, como forma de desmoronamento deste tipo é freqüente a do tipo ferradura. Este desmoronamento se estende gradativamente em direção à montante e o ápice do desmoronamento se transforma em um precipício perpendicular.

O volume de lama escoada é maior no último tipo. Este tipo é observado parcialmente também na Estação A da Bacia de água da Cachoeira.

Dentre os pontos experimentais de Assis, em relação ao bloco de erosão é uma área onde está se iniciando o desenvolvimento de rill. Os outros pontos se constituem em campos, pinheirais ou cerrado, não tendo sido iniciado ainda o processo erosivo.

## 2. Necessidade de controle das bacias

O estado de São Paulo é um dos primeiros estados brasileiros em que se iniciou o processo de desenvolvimento. Uma vez que foram incentivadas positivamente o desenvolvimento da agropecuária (indústria primária) e a industrialização baseada em políticas de modernização, a economia do estado chega a responder por 47% da economia nacional. Principalmente as culturas de café, cana-de-açúcar, milho e feijão e a criação de gado tiveram, por longo tempo, papel de relevância como indústria de grande importância. Todavia, a atividade agropecuária acabou sendo a maior causadora da diminuição das florestas do estado. Principalmente a cultura de café, que se iniciou por volta de 1850, acelerou esse processo. Uma vez que o estado de São Paulo apresentava diversas condições favoráveis ao cultivo do café, tais como clima ameno, volume pluviométrico anual de 1500 mm, um solo relativamente fértil denominado terra roxa, além de boa topografia, os produtores plantaram maciçamente em seu território.

Desta forma, a mata virgem subtropical (floresta com árvores altas latifoliadas de diversas espécies) que cobria 81,8% de sua área em 1.850, diminuiu para apenas 8,3% em 1.973, concentrada na Serra do Mar e em uma minúscula parte do interior do estado. Estima-se que esta taxa deverá chegar a 3% no ano 2.000.

Desta forma, devido à exploração e ao desenvolvimento ocorridos no decorrer dos anos, a mata virgem veio diminuindo e cedendo lugar a enormes áreas agrícolas e pastagens. O que restou foram os cerrados que não têm a mínima possibilidade de se tornarem florestas maduras.

A falta de cobertura do solo tem provocado a deterioração do meio ambiente natural, através da diminuição do poder de retenção do solo e da erosão e desmoronamento do solo causadas pela chuva. Principalmente as fortes precipitações que se concentram na estação das chuvas têm feito com que as áreas agrícolas, através da lixiviação de sua camada superior, sejam causadoras da turvação das águas do rio e de ocorrências de enchentes nas jusantes dos mesmos. A perda dessa camada fértil constitui grande prejuízo para a lavoura.

A terra roxa, por apresentar partículas extremamente minúsculas, faz com que a perda do solo conseqüentes das pequenas correntezas originadas pelas chuvas, se desenvolva em riu ??? e posteriormente em gully, que decorridos alguns anos, transforma-se em grandes gargantas em forma de V. Estas gargantas são freqüentemente observadas em diversas partes do estado de São Paulo.

Por isso, o Instituto Florestal, juntamente com a Secretaria da Agricultura e a Secretaria do Meio Ambiente, tem planos de efetuar ativamente projetos para assegurar recursos madeireiros e para administrar as bacias, principalmente através do reflorestamento preventivo de desmoronamentos e de melhoramentos de rios, como forma de proteção do meio ambiente.

Mesmo nas regiões de Assis e Paraguaçu Paulista, onde serão instaladas as estações experimentais, não se encontram florestas além dos pinheirais plantados pelo Instituto Florestal. O

resto do terreno se encontra destinado à lavoura e à pecuária. Principalmente nesta área, não existia o problema de lixiviação do solo enquanto se plantava o café. Contudo, com a mudança para a plantação de cana, a erosão e a lixiviação do solo vêm se processando de forma acelerada.

Pelos motivos acima citados, nas cercanias da área de pesquisa, o leito do rio vem se elevando e, a ponte situada no caminho para o Instituto Florestal corre o risco de ser soterrada em 1 ou 2 anos, uma vez que o leito vem se levantando a uma velocidade maior a 1 m por ano. Há, desta forma, plano de construção de uma nova ponte. Ainda, as redondezas da Estação Experimental do Instituto Florestal de Assis e de Paraguaçu Paulista, constituem preciosa área fornecedora de água para a cidade e sua população, sendo os problemas da poluição da água, da inclusão de lama e de asseguramento de determinado volume de água bastante sérios.

Desta forma, ambas as bacia constituem áreas prioritárias que necessitam de controle da região da montante do rio, de enchentes, de escoamento de lama e de asseguramento de volume de água.

### **3. Desenho do dique de medição do volume de água**

#### **3-1. Objetivo**

Considerando-se do aspecto de administração da bacia, o problema prioritário desta região é o do escoamento de lama, sendo medida necessária para evitar tal fato, a prevenção de erosão. Na área de prevenção de erosão, deve-se, inicialmente, conhecer e ordenar a condição de erosão do local e esclarecer seus processos e mecanismos.

Serão estudadas 2 bacias na bacia do rio água da Cachoeira, onde o processo de devastação se encontra em andamento. Serão construídas em ambas as áreas, diques que possibilitem medir o volume de areia represada. Em uma das gargantas (Estação A), após um determinado período (aproximadamente 2 anos), serão executadas obras de prevenção de erosão para evitar o desmoronamento da encosta, bem como a erosão da margem da garganta. Esta área será também reflorestada com vistas a impedir a erosão. O volume de lama escoado e o volume de escoamento serão medidos. A outra bacia (Estação B) não foi reflorestada e foi deixada ao sabor da natureza. Da mesma forma que na Estação A, mediram-se o volume de lama escoado e o volume de escoamento. Após ter em mãos os resultados relativos ao grau de erosão, será julgada a eficiência da obra de reflorestamento anti-erosão. Isto constitui o objetivo principal do presente projeto.

#### **3-2. Fatores que serão considerados no projeto**

##### **(1) Determinação do período de probabilidade de retorno**

A força projetada do volume pluviométrico é um importante fator para determinar a estabilidade e a grandeza da estrutura. No Japão, em geral, quando se trata de fenômenos naturais, efetua-se o cálculo de probabilidade de retorno do fena ao^meno, através de pesquisa de dados estatísticos de 30 anos ou mais e determina-se o período de probabilidade, calculando-se, daí, a força do volume pluviométrico do período de probabilidade de retorno. De um modo geral, para a instalação de estruturas, consideram-se 100 anos.

Na área estudada, não há nada determinado. Todavia, considerando-se as horas de chuvas consecutivas, a zona de chuvas, a força do volume pluviométrico, e as medidas de segurança da jusante, é suficiente adotar-se 100 anos como um período provável.

##### **(2) Cálculo do volume pluviométrico diário correspondente ao período de probabilidade de retorno**

Os dados de medição do volume pluviométrico da cidade de Paraguaçu Paulista aparecem na tabela seguinte.

Tabela 1 - Máximo volume pluviométrico diário de acordo com o mês e o ano em Paraguaçu Paulista

Tabela-1 Volume pluviométrico provável em 100 anos será R = 149,00 mm

Ano fiscal	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	max
1979	21,4	34,2	46,1	19,9	73,8	0,0	34,0	29,3	48,1	35,1	35,3	25,4	73,8
80	26,8	76,4	16,2	20,9	27,8	32,9	4,7	8,7	28,4	40,3	56,0	42,1	76,4
81	40,0	52,8	11,5	77,8	0,0	78,8	4,7	3,3	3,2	76,5	65,9	63,5	78,8
82	35,1	45,2	70,3	61,4	30,2	40,7	44,4	15,4	5,8	50,1	51,5	94,2	94,2
83	97,5	29,3	66,0	37,6	100,3	61,9	7,4	0,0	59,6	58,6	26,1	28,5	100,
84	48,3	28,8	21,8	48,7	16,7	1,0	3,0	21,4	41,6	39,1	55,7	64,5	64,5
85	74,4	49,0	51,5	34,5	56,4	14,4	19,0	5,7	25,0	8,1	53,2	28,5	74,4
86	43,6	34,9	36,2	31,2	33,8	0,0	11,5	41,6	17,9	22,0	30,3	50,3	50,3
87	28,2	48,0	28,7	14,5	44,3	26,9	16,9	6,1	25,5	29,0	55,0	42,5	55,0
88	50,0	46,0	33,7	34,0	26,8	29,0	0,0	0,0	11,8	60,0	98,5	40,0	98,5
89	40,1	55,7	56,8	3,0	28,7	29,3	62,0	23,5	48,3	73,2	39,0	111,8	111,8
90	51,4	15,5	27,2	25,2	22,0	8,5	15,6	39,0	61,3	80,2	80,0	80,0	80,0
91	52,0	565,0	46,0	72,0	14,0	40,0	5,2	0,0	12,0	29,5	23,8	79,0	79,0
92	28,0	45,0	63,3	69,0	72,0	13,0	10,0	12,6	72,0	24,0	70,0	50,0	72,0
93	40,0	90,0	40,0	24,5									

Para o cálculo da probabilidade de retorno do fenômeno pluviométrico, utilizam-se comumente os métodos: 1. de aproximação através de papel logarítmico; 2. de resolução direta do tipo Pearson III; 3. de resolução por aproximação do tipo Person III; e, 4. de Gumbel. Desta vez, efetuamos os cálculos utilizando os métodos de resolução direta e por aproximação do tipo Pearson III e adotamos o valor mais alto.

a. Método de resolução direta

Este método utiliza a distribuição do tipo Pearson III.

- i. Calcular o máximo volume pluviométrico em 1 hora a partir de dados estatísticos tomados sucessivamente durante um determinado período e a média (P) em um determinado período do volume pluviométrico máximo em 1 hora.

$$\bar{P} = \frac{\sum P_i}{N} \quad (1)$$

Onde,

$P_i$  : Volume pluviométrico diário (horário) máximo de acordo com o ano

N : Ano de estatística adotado

ii. Calcular o desvio padrão (aas)

$$\sigma = \sqrt{\sum(P_i - \bar{P})^2 / (N - 1)} \quad (2)$$

iii. Calcular o coeficiente de distorção (Cs)

$$C_s = \frac{\sum(P_i - \bar{P})^3}{(N - 1) (\sigma)^3} \quad (3)$$

iv. Calcular o coeficiente de distorção (Cs) do universo

$$\hat{C}_s = C_s \left(1 + \frac{8,5}{N}\right) \quad (4)$$

v. Utilizando o resultado dos cálculos, buscar na Tabela 2a variável da probabilidade normal (Cv)

$$\bar{P} = 79,2$$

$$\sigma = 17,2$$

$$\hat{C}_s = 0,19$$

Uma vez que  $\hat{C}_s = 0,19$ , a partir da Tabela 2, tem-se que a variável da probabilidade normal do tipo Pearson III é 2,48.

**Tabela-2 Cálculo do volume pluviométrico diário máximo provável em 100 anos feito pelo método Gumbell**

Ano fiscal	Volume pluviométrico diário máximo P	(P - $\bar{P}$ )	(P - $\bar{P}$ ) <sup>2</sup>	(P - $\bar{P}$ ) <sup>3</sup>	
1979	73,8	-5,41	29,31	-158,72	Resultados dos cálculos Total 1.109,2 Média 79,2 Desvio padrão 17,2 Distorção 0.185 Ano de probabilidade de retorno 100 Volume pluviométrico diário máximo do ano de probabilidade 148.987
80	76,4	-2,81	7,92	-22,29	
81	78,8	-0,41	0,17	-0,07	
82	94,4	14,99	224,57	3.365,36	
83	100,3	21,09	444,61	9.374,87	
84	64,5	-14,71	216,51	-3.185,79	
85	74,4	-4,81	23,18	-111,58	
86	50,3	-28,91	836,04	-24.173,40	
87	55,0	-24,21	586,33	-14.197,60	
88	98,5	19,29	371,94	7.173,10	
89	111,8	32,59	1.061,83	34.600,40	
90	80,0	0,79	0,62	0,49	
91	79,0	-0,21	0,05	-0,01	
92	72,0	-7,21	52,05	-375,47	
	1.109,2	0,06	3.855,13	12.289,29	

Tabela-3 Variável de probabilidade básica calculado pelo método Person III

Coeficiente	Variantes de probabilidade básica (Cv) em relação o cada probabilidade de retorno (%) = 1 m = 0														
	99,9	99,0	95	90	80	70	60	50	40	30	20	10	5	1,0	0,1
0,0	-3,09	-2,33	-1,64	-1,28	-0,84	-0,52	-0,25	-0,00	+0,25	+0,52	+0,84	+1,28	+1,64	+2,33	+3,09
0,2	-2,81	-2,18	-1,58	-1,25	-0,85	-0,55	-0,28	-0,03	+0,22	+0,51	+0,83	+1,30	+1,69	+2,48	+3,38
0,4	-2,54	-2,03	-1,51	-1,22	-0,85	-0,57	-0,31	-0,06	+0,19	+0,48	+0,82	+1,32	+1,74	+2,62	+3,67
0,6	-2,28	-1,88	-1,45	-1,19	-0,86	-0,58	-0,34	-0,09	+0,15	+0,45	+0,80	+1,33	+1,79	+2,77	+3,96
0,8	-2,03	-1,74	-1,38	-1,16	-0,86	-0,6	-0,37	-0,13	+0,12	+0,42	+0,78	+1,34	+1,83	+2,90	+4,25
1,0	-1,80	-1,59	-1,31	-1,12	-0,86	-0,61	-0,40	-0,16	+0,08	+0,38	+0,76	+1,34	+1,87	+3,03	+4,54
1,2	-1,59	-1,45	-1,25	-1,06	-0,85	-0,62	-0,42	-0,19	+0,05	+0,35	+0,74	+1,35	+1,90	+3,15	+4,82
1,4	-1,40	-1,32	-1,18	-1,05	-0,84	-0,63	-0,44	-0,22	+0,02	+0,32	+0,71	+1,34	+1,93	+3,28	+5,11
1,6	-1,24	-1,19	-1,11	-1,00	-0,82	-0,64	-0,46	-0,25	-0,01	+0,28	+0,68	+1,33	+1,96	+3,40	+5,39
1,8	-1,11	-1,08	-1,03	-0,95	-0,80	-0,64	-0,48	-0,28	-0,05	+0,24	+0,64	+1,32	+1,98	+3,50	+5,65
2,0	-1,00	-0,99	-0,95	-0,89	-0,78	-0,64	-0,49	-0,31	-0,08	+0,20	+0,61	+1,30	+2,00	+3,60	+5,91
2,2	-0,91	-0,90	-0,89	-0,84	-0,75	-0,63	-0,49	-0,33	-0,11	+0,17	+0,58	+1,28	+2,01	+3,70	+6,20
2,4	-0,83	-0,83	-0,82	-0,79	-0,71	-0,62	-0,50	-0,35	-0,14	+0,13	+0,54	+1,25	+2,01	+3,78	+6,47
2,6	-0,77	-0,77	-0,76	-0,74	-0,68	-0,60	-0,50	-0,37	-0,17	+0,10	+0,51	+1,23	+2,01	+3,87	+6,78
2,8	-0,71	-0,71	-0,71	-0,70	-0,65	-0,59	-0,50	-0,36	-0,20	+0,06	+0,47	+1,20	+2,02	+3,95	+6,99
3,0	-0,67	-0,67	-0,66	-0,65	-0,62	-0,57	-0,50	-0,40	-0,23	+0,03	+0,42	+1,18	+2,02	+4,02	+7,25

vi. O volume pluviométrico com probabilidade de retorno (Rt) é calculado multiplicando-se a variável de probabilidade normal pelo desvio padrão e acrescentando-se o valor médio.

$$\begin{aligned}
 R_t &= C_v \times \sigma + \bar{P} \\
 &= 2,48 \times 17,2 + 79,2 \\
 &= 121,9
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

b. Método de valor aproximado (distribuição normal logarítmica)

Por este processo, considera-se que, trocando a variável da curva de densidade pelo logaritmo obtém-se uma curva semelhante à distribuição normal. Desta forma, calculando-se a variável de probabilidade normal que responda à recíproca de cada probabilidade de retorno, ou seja período de retorno, multiplicando-se pelo desvio padrão ( $\sigma$ ) e adicionando o valor médio, obtém-se a probabilidade de retorno.

Em outras palavras, utiliza-se a fórmula Gumbell-Chow ao invés do iii, iv, v do item ①.

- i. Calcular através da fórmula (10), a média (P) em um determinado período do volume pluviométrico máximo diário
- ii. Calcular o desvio padrão ( $\sigma$ ) a partir da fórmula (11)
- iii. Fórmula Gamberuchoo ??

$$K_T = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 0,5772 + \log e \left( \log e \frac{T}{T-1} \right) \right\}
 \tag{6}$$



Onde,

- $K_T$  : Variável da probabilidade normal
- $\pi$  :  $P_i$  (= 3,1416)
- $e$  : base do logaritmo neperiano (= 2,71828)
- $T$  : período de retorno

Calculando-se o  $K_{at}$  dos respectivos  $T$ , obtém-se a Tabela 4.

**Tabela-4 Valor aproximado da variável da probabilidade normal ( $K_{at}$ )**

Probabilidade (%)	0,1	0,5	1	2	3,3	5	10	20	50
Ano T	1.000	200	100	50	30	20	10	5	2
$K_T$	4,935	3,679	3,137	2,592	2,189	1,866	1,305	0,719	-0,164

iv. O volume pluviométrico da probabilidade de retorno provável é

$$\begin{aligned}
 R_t &= K_T \times \sigma + \bar{P} \\
 &= 3,142 \times 26,3 + 56,3 \\
 &= 138,94
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

c. Formula Gumbel

A probabilidade  $F(x)$  do documento  $x$  é obtida através da seguinte fórmula.

$$F(x) = 1 - \exp(-e^{-y}) \tag{8}$$

$$y = -\ln\{-\ln F(x)\} = a(x - x_0) \tag{9}$$

Onde,

a.  $x_0$  é uma constante fornecida pela seguinte fórmula

$$\frac{1}{a} = \frac{S_x}{S_y} \tag{10}$$

$$x_0 = \bar{x} - \left(\frac{1}{a}\right) \cdot \bar{y} \tag{11}$$

$$S_x = \sqrt{1/N \cdot \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{x})^2} \tag{12}$$

$$\text{Uma vez que } x = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \tag{13}$$

$$S_x = \sqrt{1/N \cdot \sum (x_i)^2 - (\bar{x})^2} \tag{14}$$

$$\text{Uma vez que } \bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \quad (15)$$

$$= \sqrt{1/N \cdot \sum (y_i)^2 - (\bar{y})^2} \quad (16)$$

$$S_y = \sqrt{1/N \cdot \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}$$

$$\begin{aligned} \text{Uma vez que } \bar{y} &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \\ &= \sqrt{1/N \cdot \sum (y_i)^2 - (\bar{y})^2} \end{aligned} \quad (17)$$

considerando-se os números do documento  $i = 1, 2, 3, \dots, N$ ,

$$y_i = -\ln \left( -\ln \frac{i}{N+1} \right) \quad (18)$$

$S_x$  e  $S_y$  são desvios padrões de  $x$  e  $y$

A quantidade estatística  $x$  relativa ao ano  $T$  de probabilidade arbitrária é:

$$x = x_0 - \left( \frac{1}{a} \right) \cdot y \quad (19)$$

Ainda, a relação entre o ano provável  $T$  e a variável de máxima amplitude  $y$  é a seguinte.

$$y = -\ln \{ \ln T - \ln (T - 1) \} \quad (20)$$

O  $x$  da equação 19 é o volume pluviométrico estimado do ano de probabilidade  $T$ .

A Tabela 2 apresenta este cálculo. Como resultado, uma vez que o volume pluviométrico provável do método Gumbell é maior que os valores obtidos através de outros métodos, decidiu-se utilizar este valor.

### 3-3. Cálculo da força máxima do volume pluviométrico

Fórmula racional

$$Q = \frac{1}{360} \cdot r \cdot f \cdot A \quad (21)$$

Onde,

$Q$  : volume máximo das águas de enchentes ( $m^3/\text{seg.}$ )

$r$  : força pluviométrica dentro do tempo de chegada da enchente ( $\text{mm/h}$ )

$A$  : área da bacia ( $\text{ha}$ )

(1) Força plumétrica até a hora de chegada da inundação

1) Estimativa do tempo de chegada da enchente

O tempo de chegada da enchente, quando se utiliza a fórmula racional, é o tempo em que a chuva que caiu na região mais distante da bacia demora para atingir a região onde será efetuada a medição, ou seja o dique de medição de água. Geralmente utiliza-se a fórmula seguinte.

$$t = t_1 + t_2 \quad (22)$$

Onde,

$t$  : tempo de chegada da enchente

$t_1$  : tempo que a água da chuva para escorrer pela encosta (tempo de início do fluxo)

$t_2$  : tempo que a enchente demora a atingir, a partir do ponto mais remoto da garganta até o ponto de medição (tempo de fluxo descendente)

Aqui, considerou-se como tempo de início de fluxo, o tempo que o fluxo leva do ponto mais remoto até a nascente da área devastada. Por outro lado, considerou-se como tempo de fluxo descendente, o tempo que se leva desde a nascente da área devastada até a área de medição.

a. Estimativa do tempo de início de fluxo

O tempo de início de fluxo é calculado conforme a Lei de Karvey

(a) Lei de Karvey

$$t_1 = (2/3 \times 3,28 \times l_1 \times nd / \sqrt{S})^{0,467} \quad (23)$$

Onde,

$t_1$ : tempo que demora a água da chuva para escorrer através da encosta da montanha (min)

$l_1$ : distância a partir do ponto mais remoto dentro da bacia (m) (distância horizontal de escoamento pela encosta)

$nd$ : Coeficiente de retardation coefficient

$S$ : Grau de inclinação médio;  $h_1/l_1$  ( $h_1$  é a diferença de altitude)

3,28: Coeficiente de transformação do metro para pés

(b) Particularidades das bacias

Tabela-5 Características de cada bacia

Item	Região das obras (Bacia A)	Região de comparação (Bacia B)	Observações
L	1600m	2500m	
H	610 - 542 = 68(m)	586 - 480 = 106	
S	68 / 1600 = 0,0425	106 / 2500 = 0,0424	
nd	0,6	0,6	

(c) Cálculo do tempo de iniciação do fluxo

① Bacia A

$$t_1 = (2/3 \times 3,28 \times 1600 \times 0,6 \times \sqrt{0,0425})^{0,467}$$
$$= 17 \text{ (min)}$$

② Bacia B

$$t_1 = (2/3 \times 3,28 \times 2500 \times 0,6 \times \sqrt{0,0424})^{0,467}$$
$$= 20,96 = 21 \text{ (min)}$$

b. Estimativa do tempo de fluxo descendente

Considerou-se como tempo de fluxo descendente o valor da divisão da distância do fluxo descendente pela velocidade média do fluxo. A fórmula de velocidade de fluxo média adotada foi a fórmula de Manning.

(a) Tempo de iniciação do fluxo

$$t_2 = L_0 / V \quad (24)$$

(b) Fórmula de Manning

$$V = 1 / n \cdot R^{2/3} I^{1/2} \quad (25)$$

Onde,

$t_2$  : tempo de fluxo descendente (seg.)

$L_0$  : prolongamento do curso do fluxo (m)

$V$  : velocidade média do fluxo (m/seg)

$n$  : coeficiente de rugosidade de Manning

$R$  : hydraulic radius

$$R = F / P$$

$F$  : Volume d'água

$P$  : wetted perimeter

$I$  : Inclinação do leito da garganta

(c) Particularidades de cada bacia

Tabela-6 Características de cada bacia

Item	Região das obras (Bacia A)	Região de comparação (Bacia B)	Observações
$L_0$	263,0m	546,3m	
F	7,0m	10,0m	
P	80m	11,0m	
R	$7,0 / 8,0 = 0,875$	$10 / 11 = 0,909$	
n	0,05	0,04	
I	0,02	0,02	

(d) Cálculo da velocidade de fluxo

① Bacia A

$$V = 1 / 0,05 \times 0,875^{2/3} \times 0,02^{1/2} = 2,59$$

② Bacia B

$$V = 1 / 0,04 \times 0,909^{2/3} \times 0,02^{1/2} = 3,32$$

(e) Tempo de fluxo descendente

① Bacia A

$$t_2 = 263,0 / 2,59 = 101,5 \text{ (sec)}$$

$$101,5 / 60 = 1,69 \text{ (min)}$$

② Bacia B

$$t_2 = 546,0 / 3,32 = 164,46 \text{ (sec)}$$

$$164,46 / 60 = 2,74 \text{ (min)}$$

(f) Tempo de chegada da enchente

$$t = a + b$$

① Bacia A

$$t = 17 + 2 = 19 \text{ (min)}$$

② Bacia B

$$t = 21 + 3 = 24 \text{ (min)}$$

2) Volume pluviométrico até o tempo de chegada da enchente

(a) Máximo volume pluviométrico diário provável em 100 anos

$$R = 149,0 \text{ mm}$$

(b) Estimativa do máximo volume pluviométrico diário a partir de (1)

$$r = \frac{R}{24} \left( \frac{24}{T} \right)^{2/3} \quad (26)$$

Onde,

$r$  : Máximo volume pluviométrico horário

$R$  : Volume pluviométrico diário provável em 100 anos (149,0 mm)

$T$  : Tempo de chegada da enchente (considerado 1 hora)

$$\begin{aligned} r &= \frac{149,0}{24} \left( \frac{24}{1} \right)^{2/3} \\ &= 51,7 \end{aligned}$$

(c) Estima-se, a partir de (a), o máximo volume pluviométrico horário até a chegada da enchente

A partir de

$$r = \frac{R}{24} \left( \frac{24}{T} \right)^{2/3}$$

① Bacia A

$$T = 19 / 60$$

$$\begin{aligned} r &= \frac{149,0}{24} \left( \frac{24}{\frac{19}{60}} \right)^{2/3} \\ &= 111,2 \end{aligned}$$

② Bacia B

$$T = 24 / 60$$

$$\begin{aligned} r &= \frac{149,0}{24} \left( \frac{24}{\frac{24}{60}} \right)^{2/3} \\ &= 95,2 \end{aligned}$$

(2) Coeficiente de escoamento

Tomou-se o valor 0,4 uma vez que ambas as áreas apresentam topografia inclinada, são lavouras ou pastagens e possuem instalações de penetração.

$$f = 0,4$$

(3) Área de coleta d'água da região das obras.

Tabela-7 Área de coleta d'água

Montante do dique de medição de água das obras da encosta (Estação A)	168,00 ha
Montante do dique de medição de água da região de comparação	322,00 ha

(4) Cálculo do fluxo máximo da enchente

$$Q = \frac{1}{360} \cdot r \cdot f \cdot A$$

① Bacia A

$$Q = \frac{1}{360} \times 111,2 \times 0,4 \times 168,0$$
$$= 20,8 \text{ m}^3/\text{sec}$$

② Bacia B

$$Q = \frac{1}{360} \times 95,2 \times 0,4 \times 322,0$$
$$= 34,1 \text{ m}^3/\text{sec}$$

(5) Cálculo da área da seção de corte do canal de drenagem

$$F = Q / V$$

1) Seção de corte necessária para o canal de liberação d'água

① Bacia A

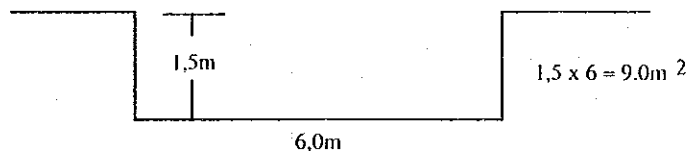
$$F = 20,8 / 2,59 = 8,03 \text{ (m}^2\text{)}$$

② Bacia B

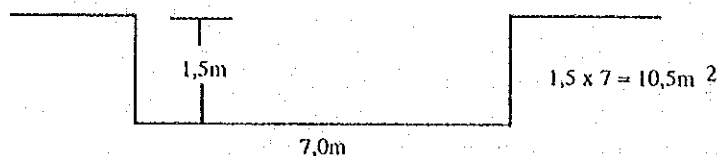
$$F = 34,1 / 3,32 = 10,27 \text{ (m}^2\text{)}$$

2) área mínima da seção do canal de drenagem

① Bacia A



② Bacia B



### 3-4. Dimensão e estabilidade da estrutura

(1) Tipo da estrutura

1) Tipo da instalação destinada à medição do fluxo d'água

Uma vez que o objetivo principal é medir a quantidade de lama escoada, decidiu-se construir uma estrutura munida de tanque de depósito de areia.

Para a medição do volume do fluxo d'água, utiliza-se, geralmente, diques triangulares ou, esporadicamente, diques quadrangulares. No caso de se utilizar chanfro triangular, teremos:

$$Q = 2 \cdot K \cdot H^{5/2}$$

$$K = \frac{4}{15} \cdot C \cdot \sqrt{2g \tan \frac{\theta}{2}} \quad (27)$$

Onde,

Q : volume do fluxo d'água

C : coeficiente de fluxo d'água estabelecido através do estreitamento do veio d'água na região do dique. .... 0,6

g : aceleração da força de gravidade ..... 9,8

$\theta$  : âpice do chanfro triangular .....  $90^\circ$

$$K = 0,267 \times 0,6 \times 4,47 \times 1,0 = 0,709$$

$$Q = 2 \times 0,709 \times H^{(5/2)}$$

Para que o fluxo máximo da inundação na bacia A, que é de 20,8 maa3/s flua para baixo com segurança, temos que:

$$H = 2,9 \quad Q = 20,3$$

Desta forma, é necessária a instalação de asas com mais de 3 m, o que a inviabiliza, por problemas topográficos.

Efetuando-se o mesmo cálculo para a bacia B, temos que  $H = 3,6 \text{ m}$ .

Concluiu-se que a instalação do chanfro triangular seria bastante difícil. Por outro lado, no caso de dique quadrangular, haveria o problema da imprecisão da medição à época da seca. Desta forma, decidiu-se adotar o método de medição por canal.



A estrutura é constituída de um dique de medição de volume d'água composto por obra de duto de fluxo d'água, reservatório e 3 represas, uma para a estabilidade do leito d'água na região da montante, outra para regularizar o fluxo da água do canal e da do fluxo da extremidade da jusante do tanque de depósito de areia e uma parede para fixar a extremidade à jusante das obras do canal de fluxo d'água.

## 2) Tipo e forma da barragem

Uma vez que não existe base rochosa dura e, com a finalidade de evitar o vazamento de água decidiu-se construir uma estrutura de concreto do tipo gravidade.

## (2) Decisão do local de instalação

Uma vez que para efetuar estudos comparativos é necessária uma padronização, na medida do possível, nas diversas condições como o nível de desmatamento, área da bacia, volume de precipitação pluviométrica, etc., decidiu-se construir ambas as instalações em uma mesma bacia. A bacia em que serão efetuadas, futuramente, obras de reflorestamento anti-enchentes foi denominada bacia A, e a outra, bacia B.

Uma vez que o objetivo principal do presente estudo é medir a quantidade de lama, sendo necessário que um volume direto de lama escoada entre no tanque de depósito de areia do dique, para a localização da bacia A, escolheu-se uma área à montante do dique de terra já existente.

Para padronizar as condições das duas bacias, a estação B teve sua posição alterada, decidindo-se instalá-la na montante, eliminando-se a região do cerrado, prevista no plano inicial.

Ambas as estações foram instaladas nas respectivas montantes de suas bacias, numa área de aproximadamente 30m em linha reta.

Como resultado, a área da bacia A ficou sendo de 168 ha, e a da bacia B, de 322 ha.

## (3) Decisão das dimensões da instalação

Considerando-se que a inclinação do leito da correnteza da bacia A é de apenas 1 a 2%, é necessário que a extremidade do canal de fluxo d'água que mede o volume de fluxo d'água seja instalada numa altura tal que não sofra influência da água represada no dique de terra já existente. Desta forma decidiu-se por sua instalação a uma altura em que o canal do fluxo d'água não se inunde mesmo na ocasião do fluxo máximo de inundação da correnteza à jusante do fluxo d'água. Uma vez que o fluxo d'água é intenso, decidiu-se atribuir ao canal uma inclinação de 1%, depois da qual se decidiu a altura das obras de faixa do curso da correnteza. As obras de contenção do vale foram decididas considerando-se que elas se constituirão a base das futuras obras na encosta da montanha.

Os mesmos fatores foram considerados também para a bacia B. Considerando-se que sua área, bem como o volume máximo de fluxo de enchente são grandes, decidiu-se que as obras do canal do

fluxo d'água seriam feitas a uma altura que não sofra influência por ocasião das inundações. A inclinação do canal foi estipulada em 2%.

Fixou-se a altura das obras do fluxo do canal e da asa de forma que possibilite efetuar uma medição precisa e segura do volume máximo de inundações devida à força do volume pluviométrico com probabilidade de retorno em 100 anos.

(4) Decisão do corte da seção do canal de liberação de água e das obras do duto de fluxo d'água

Estipulou-se, em ambas as bacias, uma seção que possibilite a descida do máximo volume de inundação no caso de ocorrência de volume de precipitação com probabilidade de retorno em 100 anos.

Na prática, será suficiente o fluxo descendente dos seguintes volumes d'água:

Bacia A      20 m<sup>3</sup>/sec

Bacia B      34,1 m<sup>3</sup>/sec

Volume do fluxo quando o canal estiver aberto.

$$Q = F \cdot 1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (28)$$

Dique de contenção do fluxo (considerando-se 10% a inclinação para medição)

$$Q = (1,77B_1 + 1,42H) H^{3/2} \quad (29)$$

Onde;

Q : volume do fluxo d'água

n : coeficiente de rugosidade

F̄ : área do fluxo

H : altura do suporte

I : inclinação do leito

B<sub>1</sub> : Comprimento inferior do canal de liberação de água

**Tabela-8 Segurança da seção de corte do canal de liberação de água e das obras do canal de fluxo d'água**

	Tipo	Tipo de dique	Comprimento da parte inferior da base superior	Altura da asa	Inclinação	Área do fluxo	Profundidade hidráulica média	Perímetro molhado	Coefficiente de rugosidade	Fluxo d'água	Condições de segurança
Bacia A	Obras de contenção do vale	Canal de liberação d'água	6,0	1,5	0,02	9,0	1,0	9,0	0,05	25,5	OK
	Obras na faixa	Dique de estreitamento do fluxo	3,0	2,0	—	—	—	—	—	23,1	OK
	Obras do canal	Canal de liberação d'água	1,0	2,0	0,01	6,0	0,9	6,7	0,015	37,2	OK
Bacia B	Obras de contenção do vale	Canal de liberação d'água	8,0	1,5	0,02	12,0	1,1	11,0	0,05	36,2	OK
	Obras na faixa	Dique de estreitamento do fluxo	3,0	2,5	—	—	—	—	—	35,0	OK
	Obras do canal	Canal de liberação d'água	1,0	2,5	0,02	8,75	1,1	8,1	0,015	87,9	OK

Todavia, o comprimento da parte inferior da base superior constitui a largura da parte inferior das obras do canal de fluxo d'água.

(5) Decisão da espessura da base superior

Uma vez que praticamente inexistem pedregulhos no leito do rio, tomar-se-á como referência a espessura mínima necessária para a base superior. Desta forma, adotar-se-á para as obras de contenção do vale, 1,0 m, e, para as demais, 0,8 m.

(6) Decisão do corte da correnteza inferior da barragem

Conforme relatado no item (5) acima, presumindo-se que praticamente inexistem pedregulhos, sendo a areia o único material a fluir, e que a barragem seja de pequena altitude, considerou-se 3 % da seção de corte econômica.

(7) Cálculo da estabilidade da estrutura

1) Carga utilizada para o cálculo de estabilidade

Serão: peso morto, pressão hidrostática e pressão de acúmulo de areia.

2) Condições de estabilidade

Para que a estrutura tenha estabilidade, devem ser satisfeitas as seguintes condições.

- ① Estabilidade em relação à queda

A linha de ação do peso morto e de outras forças externas, em princípio, deve se situar em até a terça parte do centro do fundo do dique.

② Estabilidade em relação a deslizamentos

Em princípio, a soma total da força de resistência do movimento de deslizamento, deve ser superior à soma total das forças externas horizontais.

③ Estabilidade em relação ao desmoronamento do dique

A unidade de tensão que age sobre cada parte do dique não deve exceder a unidade de tensão permitida para os diversos materiais que compõem cada parte do dique.

④ Estabilidade em relação à força de sustentação da fundação básica

A tensão de compressão máximo que se origina no fundo do dique não deve ultrapassar a força de sustentação permitida da fundação básica.

Na prática, escolheu-se o método de fluxo descendente para se conseguir uma seção estável, através de consulta da "Tabela de corte de seção de obras de sustentação de terras e de obras de barragem com reflorestamento preventivo de inundações".

3) Cálculo de estabilidade nas obras de contenção do vale

Tabela-9 Tabela de estabilidade nas obras de contenção do vale

	Tipo	Altura da barragem	Espessura da base superior	Tipo	Método da jusante	Dique de descarga	Resistência máxima da fundação	Coefficiente de deslizamento	
Bacia A	Obra de sustentação de vales	4,0	1,0	5	0,0	1,5	15,29	0,42	
	Obras na faixas	3,0	0,8	5	0,0	1,5	12,26	0,43	
	Parede de contenção de água	3,5	0,8	5	0,0	1,5	15,15	0,46	
Bacia B	Obra de sustentação de vales	4,0	1,0	5	0,0	1,5	15,29	0,42	
	Obras na faixas	3,0	0,8	5	0,0	1,5	12,26	0,43	
	Parede de contenção de água	3,0	0,8	5	0,0	1,5	12,26	0,43	

Considerações sobre a estabilidade

Com relação a ①. e ③., considerando-se que a linha de ação está situada, em princípio, dentro do terço central do fundo da barragem e que a força de tração é 0, adotando-se o método da montante, consegue-se maior estabilidade.