



PROGRAMA
DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O
DESENVOLVIMENTO
- U N D P -



UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS
HIDRÁULICAS



ORGANIZAÇÃO DAS
NAÇÕES UNIDAS PARA
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA
E CULTURA
- UNESCO -

CENTRO DE HIDROLOGIA APLICADA

Estudo da relação benefício - custo das obras de proteção contra enchentes de perímetros urbanos, no vale do Rio dos Sinos

RABALHO APRESENTADO COMO PARTE DOS REQUISITOS
PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE

MESTRE M CIÊNCIAS EM
HIDROLOGIA APLICADA

OPÇÃO: Planejamento

AUTOR: Vicente de Paulo Pereira Barbosa Vieira

ORIENTADOR: Henry C.C. Weinkauff
Consultor em Planejamento, da UNESCO

Roger M. Berthelot
Diretor Técnico do Centro de Hidrologia Aplicada

EXAMINADORES:

Prof. Manuel Luiz Leão
Diretor do Centro de Processamento de Dados da Escola de Engenharia

Prof. Haralambos Simeonidis

Prof. de Economia do Centro de Hidrologia Aplicada

Prof. Roger Berthelot

Diretor Técnico do Centro de Hidrologia Aplicada

Data do exame: 24.3.1970

Aprovação

Presidente do Banco

Í N D I C E

	Pag.
Cap. I - Introdução -	1
Cap. II - Conclusões e Limitações do Trabalho	2
Cap. III - O Vale do Rio dos Sinos	4
Cap. IV - Aspectos hidrológicos - São Leopoldo	10
Cap. V - Obras de proteção de cheias - São Leopoldo	17
Cap. VI - Levantamento dos Danos de Inundação	20
Cap. VII - Determinação dos Benefícios	28
Cap. VIII - Estudos dos Custos	34
Cap. IX - Análise Econômica	37
Cap. X - Fontes de Consulta	42
Cap. XI - Anexos	

1. Relação das Indústrias atingidas pela enchente de Agosto de 1965.
2. Área de proteção dos diques - determinação do número de prédios residenciais e comerciais.
3. Modelos de questionários para pesquisa de danos.
4. Perfis longitudinais dos diques - seções transversais - tipo dos diques, cortina de concreto e muro de armado.
5. Planta geral dos polders, com traçado dos diques e linhas de inundação de 1965 e 1941 - escala 1:5000
6. Planta do Município de São Leopoldo com indicação da área de inundação em 1965 e traçado dos diques - escala 1:25.000
7. Casa de bombas - tipo para 3 unidades (DNCS).

CAP. I

INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem por objetivo a abordagem de alguns aspectos do Planejamento do Recursos Hídricos, em uma bacia hidrográfica piloto.

Foi escolhido o Vale do Rio dos Sinos, por se tratar de uma das zonas mais industrializadas do Estado do Rio Grande do Sul, com influências sociais, econômicas e políticas incidindo diretamente sobre a Capital, mormente em se considerando a recém-estabelecida "Grande Porto Alegre".

Tendo em vista a complexidade do problema, em contraposição à exiguidade do tempo, e considerando-se o caráter absolutamente individual do estudo, por se tratar de uma "tese" de conclusão do Curso de Mestrado em Hidrologia Aplicada, atendendo, portanto, a aspectos didáticos e curriculares, foi estabelecida a seguinte linha de ação para o desenvolvimento do trabalho:

- a. Tópicos gerais sobre os recursos hídricos do Vale do Rio dos Sinos, face aos diversos tipos de aproveitamento.
- b. Abordagem especial do problema das inundações e obras de proteção da cidade de São Leopoldo.
- c. Enumeração das restrições e limitações impostas ao trabalho, com indicação de estudos complementares julgados necessários.

Foram orientadores do autor, em todas as fases de elaboração de sua tese, os professores Henry Weinkauff, do Army Corps of Engineers, USA e Roger Berthelot, Diretor Técnico do Centro de Hidrologia Aplicada.

Cap. II

CONCLUSÕES E LIMITAÇÕES DO TRABALHO

A - Conclusões específicas do Projeto São Leopoldo.

1. O projeto de construção de diques de proteção em São Leopoldo, além de ser um imperativo social, é economicamente viável.
2. O nível ideal de proteção corresponde à cota 7.15 m, com um período de retorno de 200 anos. O coroamento dos diques ficará na cota 8,20 m.
3. Para garantir a economicidade do Projeto, as hipóteses formuladas na obtenção dos benefícios indiretos podem ser transformadas em metas governamentais.
4. Há necessidade de um estudo complementar envolvendo a propagação de ondas de cheia, através dos diques, e seus efeitos colaterais.
5. Estudos detalhados dos aspectos puramente técnicos da obra poderão levar a uma diminuição dos custos.

B - Conclusões gerais relativas ao Vale do Sinos.

1. O aproveitamento dos recursos hídricos do Vale do Sinos deve ser prioritariamente dirigido para o setor industrial, principal responsável pelo nível de desenvolvimento atingido pela região.
2. Apesar de prioritária, a industrialização não deve prejudicar o atendimento das necessidades básicas da população, tais como, o seu abastecimento de água, as condições de saneamento da área e, até mesmo, as atividades recreativas de pesca, náutica, natação, etc.

Assim é que o onus do tratamento das águas residuais das indústrias deve pesar, total ou parcialmente, sobre elas.

O crescente aumento do grau de poluição do Rio dos Sinos se constitui, atualmente, num verdadeiro desafio à saúde e ao bem-estar das populações ribeirinhas.

3. Sugerimos que seja feito, no Rio dos Sinos, mormente com a implantação de diversos diques ao longo do seu curso, um estudo especial do regime do rio, do seu leito, da propagação das ondas de cheia, visando:
 - a - o melhoramento das condições de navegabilidade do rio;
 - b - o perfeito e seguro funcionamento dos diques;
 - c - o não agravamento das inundações nas áreas desprotegidas.

4. A hipótese da construção de barragens de controle de cheias, associada a outras finalidades, deverá merecer, também, estudos especiais, se não talvez para o Vale do Sinos, mas certamente para o Sistema do Guaíba, como um todo.

0 - Limitações do Trabalho

O presente trabalho deve ser entendido como um estudo subsidiário e sumário de viabilidade técnico-econômica, relativo a obras de proteção contra inundação, no Município de São Leopoldo.

Como já foi dito, a principal limitação é de ordem física, por se tratar de um trabalho estritamente individual e realizado em curto prazo.

Assim é que, dentro dessa ordem de idéias, foram impostas ao estudo certas limitações e admitidas algumas hipóteses simplificadoras, que passaremos a enumerar:

1. Procurou-se analisar a viabilidade de implantação dos diques de proteção dos Folders IV e V, sem aventar projetos alternativos de confronto.
2. Admitiu-se que as áreas inundadas de Canoas e São Leopoldo eram semelhantes, para fins de avaliação dos danos nos setores agrícola, comercial e residencial.
3. O levantamento de campo, relativo aos prejuízos de inundação, foi limitado a pequenas amostragens de verificação.
4. A quase total inexistência de dados hidrológicos locais, mormente àqueles referentes à inundação de 1967, levou-nos à realização de um estudo hidrológico bastante sucinto e incompleto.
5. As hipóteses de utilização das terras recuperadas podem ser contestadas sob a alegativa de pouca fundamentação teórica, embora julgemo-las exequíveis e compatíveis com o desenvolvimento regional.
6. O prazo para construção, admitido como 5 anos, poderá evidentemente ser alterado, embora acreditemos que qualquer modificação seja no sentido de restringi-lo e não de ampliá-lo.

Cap. III

O VALE DO RIO DOS SINOS

A bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, com uma área de 3.672 km², constitui-se numa pequena sub-bacia do Sistema do Rio Guaíba (87.000 km²), por sua vez envolvido pelo grande sistema da Lagoa dos Patos (159.000 km²) - (Vide plan^{ta} da Bacia anexa).

Assim sendo, o Delta do Guaíba (500 km²), formado pelos rios Gravataí, Sinos, Caí e Jacuí-Taquarí, apresenta problemas sui-generis, notadamente em relação às enchentes, havendo que se considerar, para um planejamento adequado, as inter-influências das diversas sub-bacias,

Vários estudos têm sido realizados no rio Guaíba, pelos órgãos federais e estaduais, sobretudo após a calamitosa enchente de 1941, que pôs ao desabrigo, em Pôrto Alegre e adjacências, cerca de 70.000 pessoas. Calcula-se que, nesse ano, foi lançado, em Pôrto Alegre, um volume de água de aproximadamente 60 bilhões de metros cúbicos, sendo que 27 bilhões foram de excesso.

As três grandes soluções, historicamente apontadas, para as enchentes do Guaíba, são:

- a - Abertura de um grande canal artificial de drenagem, ligando o Guaíba ao Atlântico.
- b - Construção de uma série de barragens de contenção nas diversas sub-bacias do Guaíba.
- c - construção de diques de proteção.

As duas primeiras soluções foram abandonadas por serem consideradas altamente dispendiosas e anti-econômicas.

A solução dos diques, que vem sendo adotada pelo DNOS, apresenta a vantagem de se restringir a proteções locais, isoladas, em zonas consideradas prioritárias, com investimentos mais acessíveis; muito embora apresente alguns inconvenientes tais como: o agravamento das inundações nas áreas não protegidas, o não aproveitamento dos excessos de água, a alteração do processo de erosão e depósito naturais do rio, com prejuízos possíveis à navegação.

Dentro desse contexto geral, passaremos a examinar, especificamente, a bacia do Sinos, em alguns aspectos de interesse.

3.1 - Limites fisiográficos

Ao norte e oeste, está limitada pela bacia hidrográfica do rio Caí; ao sul, pela bacia do rio Gravataí; a leste pela bacia do rio Maquiné e de peque-

nas lagoas do litoral Atlântico.

Envolve, total ou parcialmente, 21 municípios do Estado, que formam a Associação dos Municípios do Vale do Rio dos Sinos e têm a seguinte distribuição populacional (D.E.E. - 31/12/65):

Município	Area (km ²)	População	Dens. populac. (hab/km ²)
Gravataí	801	39.250	49
Cachoeirinha	36	13.070	363
Canoas	417	163.270	392
Esteio	36	25.420	706
Sapucaia	78	21.480	275
São Leopoldo	130	52.540	404
Novo Hamburgo	233	72.750	312
Estância Velha	67	6.970	104
Campo Bom	63	10.270	163
Sapiranga	231	13.520	59
Portão	134	5.620	42
Dois Irmãos	311	13.690	44
Ivoti	154	6.060	39
N. Petrópolis	406	14.120	35
Gramado	238	12.330	52
Cancla	224	14.630	65
Três Cordeas	164	6.710	41
Igrejinha	162	6.400	40
Taquara	441	30.040	68
Rolante	520	18.890	36
Sto. Antonio	1313	58.800	45
TOTAL	6150	605.830	98

3.2 - Forma da bacia

Um dos índices de forma de uma bacia é o índice de compacidade de Gravelius, assim definido:

$$K = \frac{\text{perímetro da bacia}}{\text{perímetro do circ. de sup. equivalente}}$$

ou seja, $K = \frac{P}{2\sqrt{\pi} A}$; A= área da bacia

Temos: A= 3672 km²

P= 335 km

$$\therefore K = \frac{335}{2\sqrt{\pi} \times 3672} = 1,55$$

A forma alongada da bacia atua, até certo ponto, como fator atenuante do fenômeno das enchentes.

3.3 - Declividade do rio

O baixo-Sinos apresenta uma declividade média de 0,2 ‰, o médio-Sinos 0,5‰ e o alto-Sinos 3 ‰ (2).

Se considerarmos comprimentos iguais para esses trechos, teremos uma declividade equivalente constante para todo o rio de:

$$\sqrt{i_{eq}} = \frac{1}{\frac{1}{3\sqrt{I_1}} + \frac{1}{3\sqrt{I_2}} + \frac{1}{3\sqrt{I_3}}}$$

$$\sqrt{i_{eq}} = \frac{1}{\frac{1}{3\sqrt{0,0002}} + \frac{1}{3\sqrt{0,0005}} + \frac{1}{3\sqrt{0,003}}} \quad \therefore i_{eq} = 0,0005 = 0,5\text{‰}$$

Essa baixa declividade é fator agravante das enchentes, ampliando consideravelmente a extensão do resanço do Guaíba.

3.4 - Planície de Inundação (2)

Sujeito a enchentes periódicas, o Vale do Rio dos Sinos pode ser dividido, para caracterização de sua planície de inundação, em 4 partes principais:

- a - Da embocadura até Esteio (km 13). Com uma área de inundação de 100 km² e com 8 km de largura;
- b - De Esteio ao km 52, com uma área de inundação de 130 km², largura média de 3,2 km e largura máxima de 5 km;
- c - Do km 52 ao km 90, com uma área de inundação de 75 km², largura média de 20 km e largura máxima de 3,0 km;
- d - Do km 90 ao km 110, com uma área de inundação de 20 km², largura média de 1,2 km e largura máxima de 2,5 km.

Na enchente de 1967, foram identificadas 3 grandes áreas de retenção:

- a - Da embocadura a São Leopoldo, abrangendo uma área de 14.000 ha, uma profundidade de 1,25 m e um armazenamento de $175 \times 10^6 \text{ m}^3$;
- b - Entre São Leopoldo e Campo Bom, abrangendo uma área de 5.000 ha, uma profundidade média de 2,04 m e um armazenamento de $102 \times 10^6 \text{ m}^3$;
- c - Acima da estrada Taquara-Pôrto Alegre, abrangendo uma área de 3700 ha, uma profundidade média de 1,89 e um armazenamento de $70 \times 10^6 \text{ m}^3$.

3.5 - Precipitação (2)

A precipitação média anual da bacia é de 1594 mm, variando desde 1318 mm em Entrepelado e 2296 mm em São Francisco de Paula.

O volume médio anual precipitado é da ordem de $5,9 \times 10^9 \text{ m}^3$.

3.6 - Dados Climatológicos (2)

A temperatura média anual na bacia é de 18,1° centígrados.

A umidade relativa é bastante elevada, variando desde 76% em Taquara até 85% em São Francisco de Paula.

A evapotranspiração média mensal é de:

96 mm em Rolante.

101 mm em Entrepelado

102 mm em Taquara

3.7 - Água Subterrânea

Segundo o Dr. Hausman, da Companhia Riograndense de Saneamento, as reservas de água subterrânea no Vale do Sinos, são escassas, servindo apenas para o abastecimento d'água de pequenas comunidades ou indústrias.

A máxima vazão obtida de poços na região foi de $40 \text{ m}^3/\text{h}$, e o coeficiente de permeabilidade dos aquíferos está compreendido entre 10^{-3} e 10^{-4} cm/s (2).

3.8 - Energia Hidroelétrica

Com o seu potencial hidroenergético já bastante explorado, o Rio dos Sinos não apresenta mais, para o futuro, grandes perspectivas nêsse setor.

As usinas hidrelétricas atualmente em operação no Vale, são as seguintes:

Unidade Geradora	Curso D'água	Potência	Localização
Canastra	rio Sta. Maria	42.500 kw	Canela
Bigres		11.120	São Fco. de Paula
Herval	rio Cadeia	1.440	Dois Irmãos
Passo do Inferno	rio Sta. Cruz	1.332	São Fco. de Paula
Toca	"	1.088	"
Picada 48	arroio Feitoria	240	Dois Irmãos

Total 57.720 kw

Encontra-se em fase de construção a Usina de Laranjeiras, localizada na divisa dos Municípios de Três Coróas e São Francisco de Paula, e que teria uma potência máxima de 10 MW.

3.9 - Navegação

A navegação do Rio dos Sinos, já limitada por condições naturais, vem sofrendo um processo de declínio, pelas seguintes razões:

- a) forte concorrências das estradas rodoviárias e ferroviárias existentes;
- b) obras locais, de pequeno porte, tanto nos afluentes como no próprio rio, vêm concorrendo para o aumento das irregularidades do leito..

De qualquer forma, o Plano hidroviário de 1961 -- Estado do Rio Grande do Sul -- ainda em vigor, prevê as seguintes etapas de trabalho, tendo em vista a navegabilidade do Rio dos Sinos:

- 1ª etapa - calado 2,50 m até 3 Portos - PK 22 - regularização e retificação do trecho inferior;
- 2ª etapa - regularização e retificação, de 3 Portos a São Leopoldo - PK 44 - para calado 2,50 m.
- 3ª etapa - 3,50 m de calado até 3 Portos - canalização de São Leopoldo até o Pôrto da Paciência (Taquara), com 2,50 m.

As condições atuais compreendem:

- a - 2,0 m de calado, da foz ao PK 14
- b - 1,5 m, do PK 14 ao PK 27
- c - 1,0 m, do PK 27 ao PK 45

A construção da Usina de Laranjeiras aumentará sensivelmente a descarga regularizada do rio, melhorando assim as suas atuais condições de navegabilidade.

Cap. IV

ASPECTOS HIDROLÓGICOS - SÃO LEOPOLDO

4.1 - Características das cheias.

As enchentes que ocorrem em São Leopoldo são ocasionadas por dois fenômenos diferentes:

- a - ondas de cheia do rio dos Sinos
- b - efeito de remanso do Guaíba

Como exemplo do primeiro caso, podemos citar as enchentes de 1965 e 1967, e, como exemplo típico do segundo caso, a enchente de 1941, quando o remanso das águas represadas do Guaíba atingiu a cidade de Campo Bom, localizada a 15 km a montante de São Leopoldo.

A declividade da linha d'água, na área de inundação, foi da ordem de 0,3‰, enquanto a de 1969 foi de aproximadamente 0,7‰ (dia 22 de agosto de 1965).

No caso de remanso, as águas sobem lentamente, enquanto que as ondas de cheia provocam uma elevação rápida do nível d'água, em poucas horas.

4.2 - Outros dados hidrológicos

A declividade do rio, em São Leopoldo, é da ordem de 0,50‰, portanto, propícia ao fenômeno das enchentes.

A área inundável, em todo o Município, é de 35 km², com uma largura de 3 km.

Considerando uma profundidade média de 1,5 m, temos um volume de retenção de $52,5 \times 10^6 \text{ m}^3$.

A vazão mínima medida do rio, em Campo Bom, foi de 5,382 m³/s (em 30/11/42).

As medições de vazão em São Leopoldo são muito recentes e escassas, tendo-se registrado, em 20/9/67, um pique de 514,445 m³/s, com uma velocidade média de 1,275 m/s, largura de 85,50 m, profundidade de 4,72 m e seção de vazão de 400,5 m².

4.3 - Abastecimento d'água

A Hidráulica de São Leopoldo abastece cerca de 80% da população.

Em 31/12/67 fornecia água a 9774 prédios.

O consumo total, em 1969, foi de 3.861.795 m³.

O comprimento atual da rede de distribuição é de 106.582,76 m.

4.4 - Sistema de Esgoto

O sistema de esgotos da cidade é utilizado por cerca de 40% da população urbana e tem um comprimento total de 19.934,55 m. (31/12/69).

O número de ligações existentes em 31/12/69 era de 2301.

A estação de tratamento conta com 6 poços Imhof e possui estação elevatória com 2 bombas em serviço.

No que diz respeito às águas pluviais há canalização de concreto de 200 a 800 mm, numa extensão total de 11 km (2).

4.5 - Energia Hidroelétrica

A energia elétrica fornecida à cidade pela CEEE (Companhia Estadual de Energia Elétrica) é proveniente dos sistemas hidroelétricos do Jacuí, Canastra e São Jerônimo.

Em 31/12/69, o número de ligações elétricas existentes ascendia a 12.454 para luz e 348 para força.

4.6 - Determinação da Curva de frequência de níveis

Em face da não existência de medidas de vazão em São Leopoldo, em número suficiente, bem como de uma curva-chave, determinaremos diretamente a curva de frequência de níveis naquele local.

Os dados que nos serviram de base foram obtidos no DEPREC e na Prefeitura Municipal de São Leopoldo.

Éis o quadro resultante (gráfico 1):

Ano	Mês	Dia	Nível Máx. (m)	Ordem m	T_r (anos)	Referência
1941	Maio	7	6,08	-	36,00	P.H.S.L.
1956	Abril	8	4,56	8	1,87	"
1957	Set.	12	5,22	3	5,00	DEPREC
1958	Set.	17	4,23	10	1,50	"
1959	Out.	2	4,62	7	2,14	P.H.S.L.
1960	Set.	5	3,90 *	13	1,15	DEPREC
1961	Out.	10	4,98 **	6	2,50	"
1962	Jan.	3	3,68	14	1,06	"
1963	Out.	15	5,05	4	3,75	P.H.S.L.

1964	Set.	7	4,06	12	1,25	DEPRC
1965	Agosto	22	6,50	1	72,00	"
1966	Julho	27	4,27	9	1,66	P.M.S.L.
1967	Set.	22	5,95	2	18,00	DEPRC
1968	Nov.	11	4,08	11	1,36	"
1969	Fev.	22	5,00 ***	5	3,00	"

* faltaram medições em janeiro e fevereiro

** 4,93, segundo a P.M.S.L.

*** faltou medição de dezembro

Tr = período de retorno = $\frac{n+1}{m}$; n= nº de anos

m= nº de ordem decrescente

NOTA - Em 1898 houve uma grande enchente, sem dados hidrométricos.

Em 1926, houve uma inundação inferior às de 1941 e 1965, mas superior a de 1967.

Traçamos, em função dos pontos obtidos, a reta de probabilidade, no papel probabilístico de Gumbel, tendo em vista a Teoria dos Valores Extremos (gráfico 2).

Apresentamos, a seguir, o quadro técnico de probabilidades de ocorrência de níveis máximos, para os períodos de retorno de 5,10,15,25,50,100, 200,500 e 1000 anos:

T_r (anos)	Probab. de Ocorr. (%)	Cota no eixo, em São Leopoldo
5	20,0	5,20
10	10,0	5,50
15	6,7	5,75
25	4,0	6,00
50	2,0	6,40
100	1,0	6,75
200	0,5	7,15
500	0,2	7,60
1000	0,1	8,00

A partir dêsse quadro, determinamos a curva de frequência de níveis (gráfico 3).

Tendo a parte superior do cais a cota 5,24 m, e considerando-se como enchente propriamente dita a ocorrência de nível superior a êsse, podemos dizer que a probabilidade de inundação em São Leopoldo é da ordem de 17%, correspondendo a um intervalo de recorrência de 5 a 7 anos.

Cotas
(m)

NÍVEIS MÁXIMOS ANUAIS
(NO CÁIS)

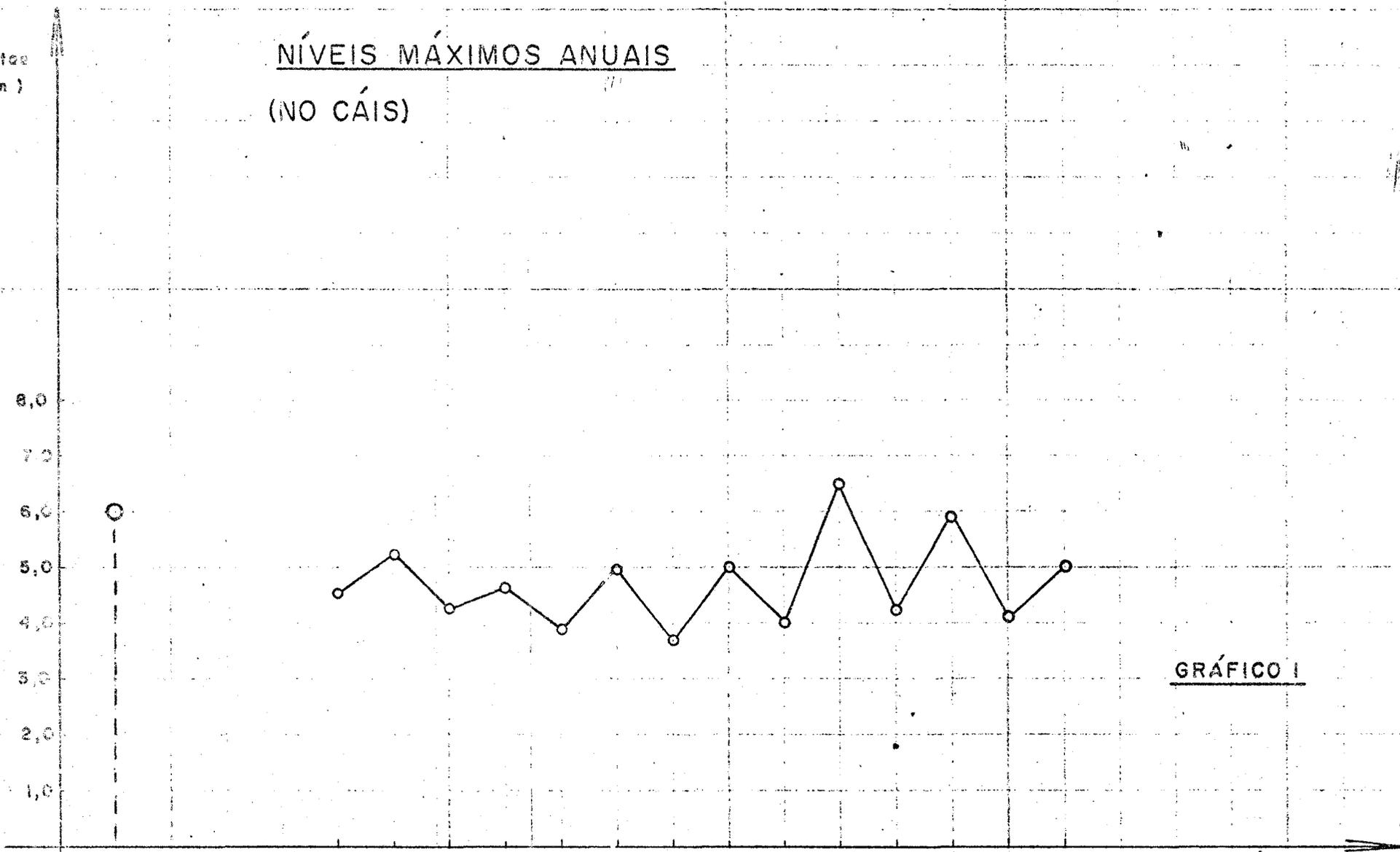
8,0
7,2
6,4
5,6
4,8
4,0
3,2
2,4
1,6
0,8

1941

1956 57 58 59 1960 61 62 63 64 1965 66 67 68 1969

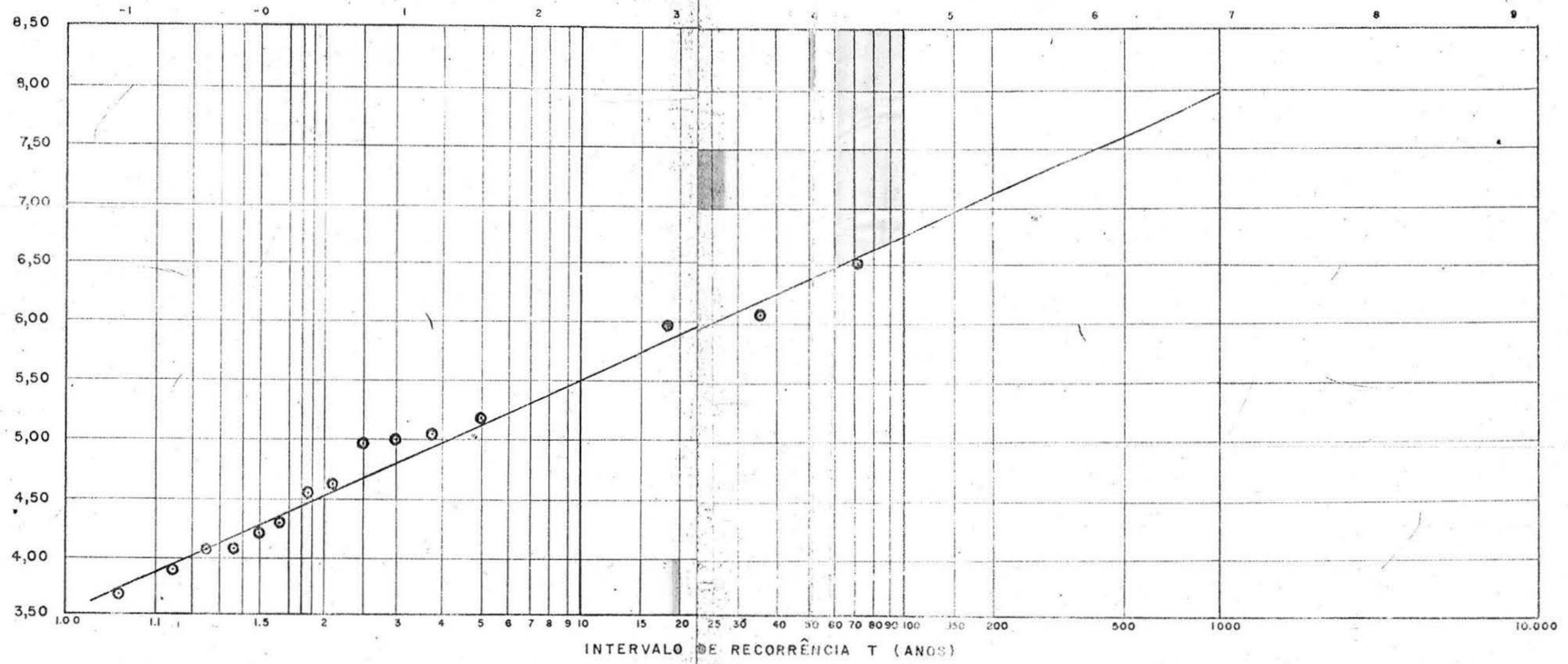
ANO

GRÁFICO I



Cota (m)

VALORES DE b



$$b = \frac{1}{0,77976} (x - \bar{x} + 0,456)$$

$$P = 1 - e^{-e^{-b}}$$

$$x = \bar{x} + K\sigma$$

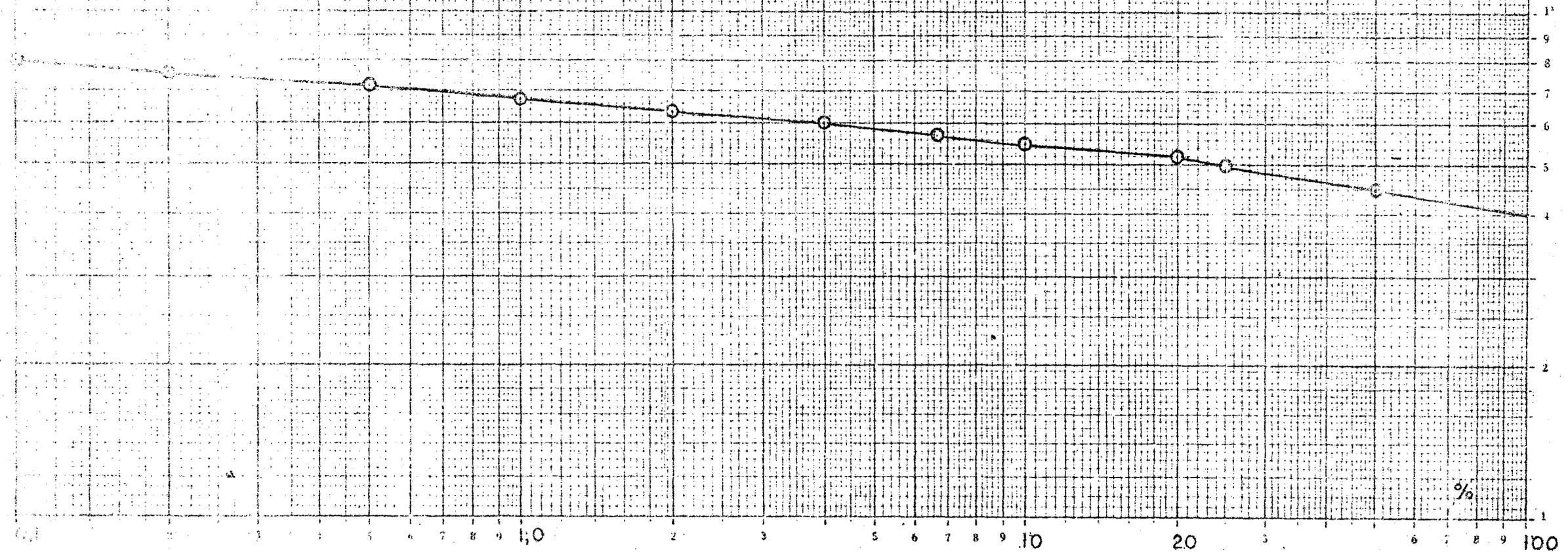
GRÁFICO 2

COTAS
(m)

FÓLHA 16

PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA
DE NÍVEIS IGUAIS OU SUPERIORES

GRÁFICO 3



CAP V

OBRAS DE PROTEÇÃO DE CÉRIAS EM SÃO LEOPOLDO

Adotamos, para os diques de São Leopoldo, o traçado previsto pelo Grupo Alemão relativo aos polders IV e V, restringindo, entretanto, a área d'osto último até o Arroio Gaúcho, limite com o Município de Novo Hamburgo.

Temos, assim, duas áreas de proteção: a da margem esquerda, Área I, com 5,8 km², se estende desde a Estrada do Caricoca até o Arroio Kruse; a da margem direita, Área II, com 4,4 km², vai desde a Estrada do Socorro até o Arroio Gaúcho.

As obras principais, na Área I, são :

1. Dique DI-a, com 1600 m de extensão
2. Dique DI-b, com 3400 m de extensão
3. Dique DI-c, com 7200m de extensão
4. Muro de arrimo sobre o cáis, com 400 m de extensão
5. Cortina de concreto, com 1000 m de extensão.

Assim como o muro de arrimo, a cortina também é projetada para a zona urbana, onde não há faixa suficiente de terreno disponível para a construção do dique de terra.

As obras principais, na Área II, são:

1. Dique DII-a, com 2400 m de extensão
2. Dique DII-b, com 4100 m de extensão

Apresentamos, em anexo, os perfis longitudinais dos diques, os perfis transversais-tipo dos diques e valas de drenagem, os perfis-tipo do muro e da cortina.

O traçado em planta foi realizado sobre mapas aerofotogramétricos, na escala 1:5000, cedidos pela Secretaria de Obras Públicas do Estado (anexo V).

5.1 - Diques

Consideramos a largura do coroamento de 4 m, não admitindo, portanto, a hipótese de utilização do dique como rodovia.

Os taludes 2:1, de uso generalizado, dispensam verificação de estabilidade.

O perfil-tipo, no seu todo, é bem característico dos diques construídos pelo D.M.O.S.

Adotamos, acima do nível de proteção, uma folga de 1,0m. É bom salientar, desde logo, que estamos fazendo um prédimensionamento, com vistas ao estudo de viabilidade econômica.

Os níveis máximos de enchente no rio, após a construção dos diques, serão evidentemente alterados, havendo necessidade, para a realização de um projeto executivo, de um estudo de propagação de cheia adequado.

Com base em informações colhidas no DNOS, obtivemos o preço médio atual de metro cúbico de dique acabado.

Determinamos os volumes totais dos diques, para os níveis de proteção de 6,40m, 6,75m, 7,15m, 7,60m e 8,00m, o que equivale a dizer para cotas de coroamento, respectivamente, de 7,40m, 7,75m, 8,15m, 8,60m e 9,00m.

Nível Prot.	Cota coro.	Volumes em m ³					Total
		D-Ia	D-Ib	D-Ic	D-IIa	D-IIb	
6,40	7,40	108.500	276.000	384.000	149.000	171.000	1.088.500
6,75	7,80	123.500	313.000	432.000	168.000	192.000	1.230.500
7,15	8,20	139.700	349.000	485.000	188.000	215.000	1.378.700
7,60	8,60	157.500	367.000	540.000	209.000	240.000	1.511.500
8,00	9,00	176.000	430.000	597.000	232.000	266.000	1.701.000

5.2 -- Valas de drenagem

Comprimento total = 18.700 metros

Volume de escavação = 224.000 metros cúbicos.

5.3 -- Cortina de concreto

A cortina é formada de duas partes:

- um estaqueamento contínuo formando um cut-off de impermeabilização, e ao mesmo tempo servindo de base para um
- muro de concreto de mesma espessura, que se elevará do solo ao nível de proteção desejado.

O comprimento total da cortina é de 1.000 metros.

O volume do muro de concreto será função do coroamento previsto:

Cota do Coroamento	Volume (m ³)
7,40	5.400
7,80	5.800
8,20	6.200
8,60	6.600
9,00	7.000

5.4 - Muro de Arrimo sôbre o cáis

Comprimento total = 400 metros

Cota do Coroamento	Volume (m ³)
7,40	1.536
7,80	1.632
8,20	1.728
8,60	1.824
9,00	1.920

5.5 - Casas de bomba

Para a determinação da vazão de drenagem, é usado pelo DNOS um coeficiente de $1 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$.

A área de drenagem para o polder da margem esquerda é de 18 km^2 , e para o polder da margem direita 23 km^2 .

Teremos, então:

Área I - $18 \text{ m}^3/\text{s}$

Área II - $23 \text{ m}^3/\text{s}$.

Considerando o projeto-tipo para casa de bombas, com três unidades, que apresentaremos em anexo, bem como o tipo de bomba que vem sendo utilizado:

bomba helicoidal BS-800 (A)

construção especial para o DNOS

Carlos Kreber, Fábrica de Motores (Cachoeira do Sul)

Hm = 5,5 m

N = 480 rpm

Q = $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$

eixo vertical,

podemos determinar o número de bombas e de casas de bombas :

17 bombas mais uma de reserva = 18 bombas

6 casas de bomba.

Outras obras complementares, tais como, passagens sôbre os diques, pontilhões, alargamento de pontes existentes, etc., não serão considerados neste estudo sumário.

A determinação dos custos dessas obras exigiria um estudo bastante detalhado, sobretudo em relação a um provável alargamento das pontes existentes, fôra, portanto, do escopo dêste trabalho.

De qualquer forma, julgamos que essas obras não majorariam em mais de 10% o custo total de implantação do projeto.

CAP. VI

LEVANTAMENTO DOS DANOS DE INUNDAÇÃO

Os danos provocados pelas inundações podem ser divididos em :

danos { diretos
 { indiretos

Os danos diretos são os prejuízos materiais causados diretamente pela ação da água, atingindo:

as indústrias
os estabelecimentos comerciais
os prédios residenciais
os serviços públicos
as propriedades agrícolas.

Os danos indiretos são aqueles decorrentes da paralização ou diminuição das atividades econômicas, bem como as despesas de socorro e assistência às populações.

6.1 - Metodologia adotada

Considerando a quase total inexistência de dados relativos à última enchente ocorrida em São Leopoldo, em 1967 — por terem sido os mesmos obtidos ou recolhidos pela firma alemã que trabalhava na área, na oportunidade;

considerando ainda que a enchente de 1965 foi a maior já ocorrida na região; resolvemos determinar os danos provocados por essa enchente, na área a ser defendida pelos diques e, posteriormente, projetá-los para as condições atuais.

Estabelecemos, por outro lado, o nível mínimo de enchente, no caso a cota 5,26m, aproximadamente a do nível superior do cáis.

Admitiremos, ainda, que os danos serão proporcionais às áreas inundadas.

6.2 - Danos Industriais

Segundo relação fornecida pela Prefeitura Municipal, complementada pela Associação Comercial Industrial de São Leopoldo, as indústrias que sofreram danos em 1965 foram em número de 56, discriminadas no Anexo I.

A maioria dessas indústrias procedeu, na época, a uma perícia judicial dos danos sofridos, para fins de financiamento junto ao Banco do Brasil.

A Associação Comercial fez o apanhado geral dos prejuízos, visando a gestões reivindicatórias junto aos poderes públicos, constatando

Danos diretos globais em máquinas, motores e matérias primas	R\$ 617.993,82
Danos indiretos provenientes da pa realização de atividades	229.135,00
<u>Total</u>	847.128,82

Obs.: Os prejuízos da indústria FIBRONITE S.A. não foram incluídos. Em compensação, 3 indústrias menores foram excluídas da área de proteção dos diques.

A título de verificação, visitamos algumas indústrias, dentre as mais prejudicadas, tais como:

Indústrias de Calçados Winter S.A.
Fábrica de Correntes Hoefel Sander S.A.
Fábricas de manilhas de Álvaro Santos e Cia. Ltda. (duas)
Olaria de A. Steigleder e Cia.

Considerando que pelo menos três das indústrias prejudicadas faliram do 1965 para cá, e que novas indústrias têm sido estimuladas a se instalarem fóra da área urbana e em zonas não inundáveis, admitiremos que os danos físicos que ocorreriam em uma inundação atual, semelhante a de 1965, seriam exatamente os mesmos.

6.3 - Danos em prédios comerciais e residenciais

O número total de prédios inundáveis, atualmente, com cheia idêntica a de 1965, na área projetada, foi determinado através da identificação das quadras atingidas, utilizando-se o cadastro de prédios da Prefeitura Municipal de São Leopoldo (Anexo II).

Foi, então, assim estimada, a distribuição dos prédios inundáveis:

4.400 prédios residenciais
700 prédios comerciais
compreendendo
3.300 prédios de madeira
1.300 prédios de alvenaria
500 prédios mistos.

6.3.1 - Atraves de uma pequena amostragem de 18 casas, escolhidas como representativas, em uma das zonas mais atingidas, constatamos:

Prejuízo total em 1965 RCr\$ 7.773,00
Prejuízo médio unitário 431,80.

O estudo da Tecniberia mostrou que em Canoas, na enchente de 1967, o dano médio na zona mais prejudicada foi de RCr\$ 396,40 (Zona D).

Assumindo serem as áreas de inundação de São Leopoldo e Canoas semelhantes, resolvemos adotar para São Leopoldo o mesmo dano médio geral nas residências de Canoas, que foi de RCr\$ 283,90 por prédio.

Temos, então, um dano global estimado, nas residências de São Leopoldo, de:

$283,90 \times 4.400 = \underline{\text{RCr\$ 1.249.160,00}}$

a preços de Set/67.

6.3.2 - Em uma amostra de 10 estabelecimentos comerciais, escolhidos ao acaso, constatamos um dano médio de RCr\$ 1.555,50.

O dano médio obtido em Canoas, em 1967, para estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços, foi de RCr\$ 1.458,80.

Adotamos um dano médio de RCr\$ 1.500,00 , a preços de Set/67.

O dano global será então:

$$1.500,00 \times 700 = \underline{\text{RCr\$ 1.050.000,00.}}$$

6.4 - Danos nas propriedades rurais

Segundo contagem realizada em fotografias aéreas, escala 1:60.000, com lentes de aumento de 3 vezes, e correspondentes a vôo realizado em 1965, o número de prédios rurais, na área de proteção dos diques, é de 95, e, em toda a área inundada do Município, 225.

O cadastro do IBRA, por sua vez, registra um total de 291 propriedades rurais no Município de São Leopoldo, com uma média de 1,22 casas por propriedade.

Concluimos, assim, que os 95 prédios correspondem aproximadamente a 77 propriedades.

A área total dessas propriedades é de mais ou menos 400 hectares.

Considerando-se um dano médio por hectare análogo ao de Canoas (1), teremos um dano global de:

$$335,00 \times 400 = \underline{\text{RCr\$ 134.000,00}}$$

a preços de Set/67.

6.5 - Danos nos serviços públicos

A Prefeitura Municipal gastou, em 1965, com obras de recuperação na área inundada:

Reconstrução de pontilhões e boceiros	RCr\$ 114.236,40
Reconstrução de pavimentação	36.749,70
Casa de bombas	40.531,60
<u>Total</u>	<u>RCr\$ 191.517,70</u>

6.6 - Danos indiretos de socorro e assistência à população

Considerando que a população flagelada habita as casas de madeira, e tomando-se uma média de 5 pessoas por casa, podemos estimar o número de pessoas necessitadas de socorro direto:

$$3.200 \times 5 = 16.000 \text{ pessoas.}$$

Admitindo os mesmos gastos unitários correspondentes à enchente de Canoas, em 1967, teremos:

Evacuação - 0,60 X 16.000 =	RCr\$ 9.600,00
Alojamento- 28,81 X 16.000 =	460.960,00
Retorno - 0,41 X 16.000 =	6.560,00
<u>Total</u>	<u>RCr\$ 477.120,00</u>

Nota - Segundo informação do ex-prefeito Clodomiro Martins, somente a Prefeitura gastou mais de 100 milhões com assistência à população, no ano de 1965.

6.7 - Danos Totais a preços atuais

Atualizaremos os valores dos danos, através dos Índices Gerais de Preços, publicados na revista Conjuntura Econômica Vol. XXIII nº 12- 1969, extrapolando o índice correspondente ao mês de dezembro de 1969.

Discriminação	Valor (R\$)	Data	Coef. Atual.	Valor atual (Jan/70) (R\$)
Danos Indust.	847.128,32	Ago/65	2,89	2.448.202,30
Danos Resid.	1.249.160,00	Set/67	1,62	2.023.639,20
Danos Comerc.	1.050.000,00	Set/67	1,62	1.701.000,00
Danos Rurais	134.000,00	Set/67	1,62	217.080,00
Danos Serv.	191.517,70	Ago/65	2,89	533.486,10
Danos Assist.	477.120,00	Set/67	1,62	772.934,40
Total			R\$7.696.342,00

O dano total, provocado por uma cheia semelhante a de 1965, nas condições atuais, dentro da área de proteção dos diques, é de , aproximadamente, 7,7 milhões de cruzeiros novos.

6.8 - Curva de Danos

As áreas de cota inferior a 2,5m constituem os banhados, quase que total e permanentemente alagados.

Para efeito de traçado da curva danos X níveis, consideraremos a cota 2,5 como nível de dano nulo.

Traçamos, inicialmente, por planimetragem das áreas compreendidas pelos diques e níveis de enchente, a curva áreas inundáveis versus cotas médias de inundação (gráfico 4).

Para a cota 2,5m a área de inundação é de 322 ha; para a cota 6,5m é de 1.023 hectares.

Considerando a variação linear, como é usual, podemos traçar a curva danos versus áreas de inundação (gráfico 5).

Determinamos, finalmente, a partir das duas primeiras, a curva danos X níveis (gráfico 6). Para isso, fixamos áreas iguais nos dois gráficos e determinamos os danos e níveis de inundação correspondentes.

6.9 - Dano Esperado Anual

Tendo em vista a probabilidade de ocorrência dos diversos níveis de enchente, bem como a curva de danos X níveis, podemos determinar o dano médio anual

Cota de Danos no cáis de São Leopoldo	Probabili- dade de ocorrência	Valor dos Danos cau- sados	Probab. de ocorr.inund. no intervalo	Danos médios no Intervalo	DANOS ANUAIS (R\$ milhões)
5,20	0,200	5,900	0,100	6,1000	0,6100
5,50	0,100	6,300	0,033	6,4875	0,2141
5,75	0,067	6,675	0,027	6,8375	0,1846
6,00	0,040	7,000	0,020	7,3000	0,1460
6,40	0,020	7,600	0,010	7,7650	0,0776
6,75	0,010	7,930	0,005	8,1450	0,0407
7,15	0,005	8,360	0,003	8,5800	0,0257
7,60	0,002	8,800	0,001	8,9900	0,0090
8,00	0,001	9,180			

Total 1,3077

DANO ESPERADO ANUAL = R\$ 1.307.700,00

Cota
(m)

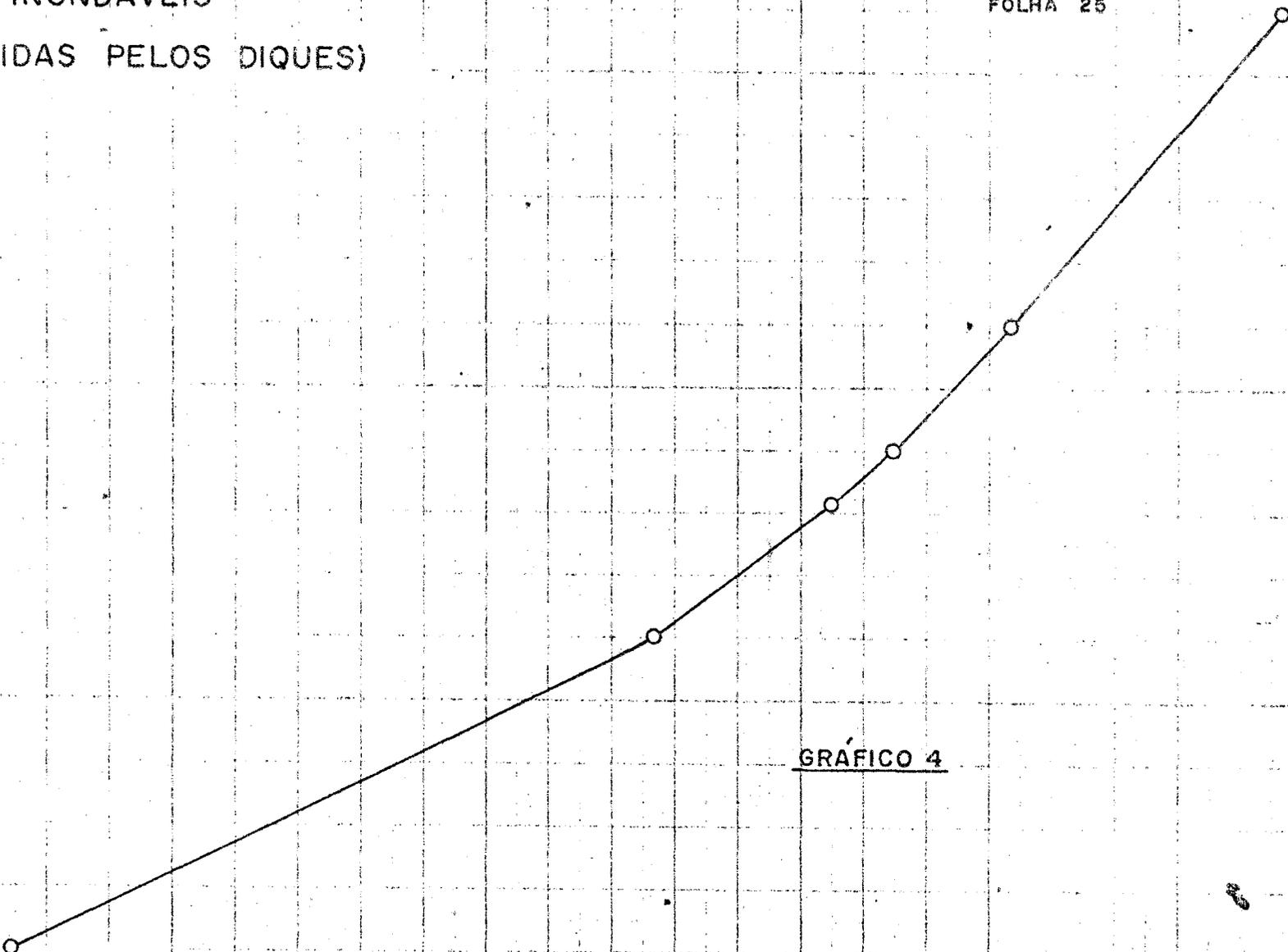
ÁREAS INUNDÁVEIS
(PROTEGIDAS PELOS DIQUES)

FÔLHA 25

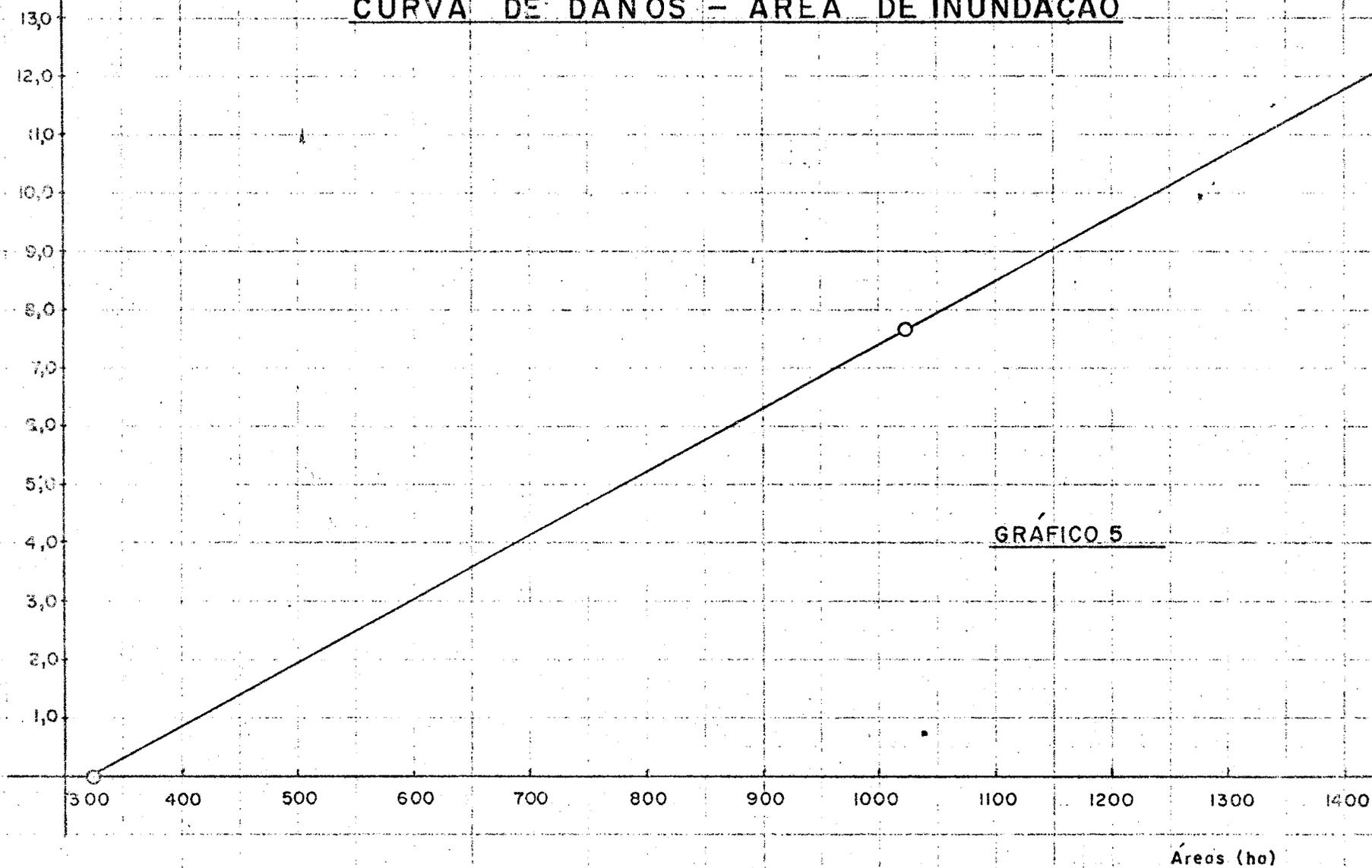
10,0
9,5
9,0
8,5
8,0
7,5
7,0
6,5
6,0
5,5
5,0
4,5
4,0
3,5
3,0
2,5

GRÁFICO 4

100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100 1200 1300
área (ha)



Danos
(Ncr \$ milhões)



CURVA DE DANOS - ÁREA DE INUNDAÇÃO

GRÁFICO 5

Áreas (ha)

NÍVEIS
(m)

CURVA DANOS NÍVEIS

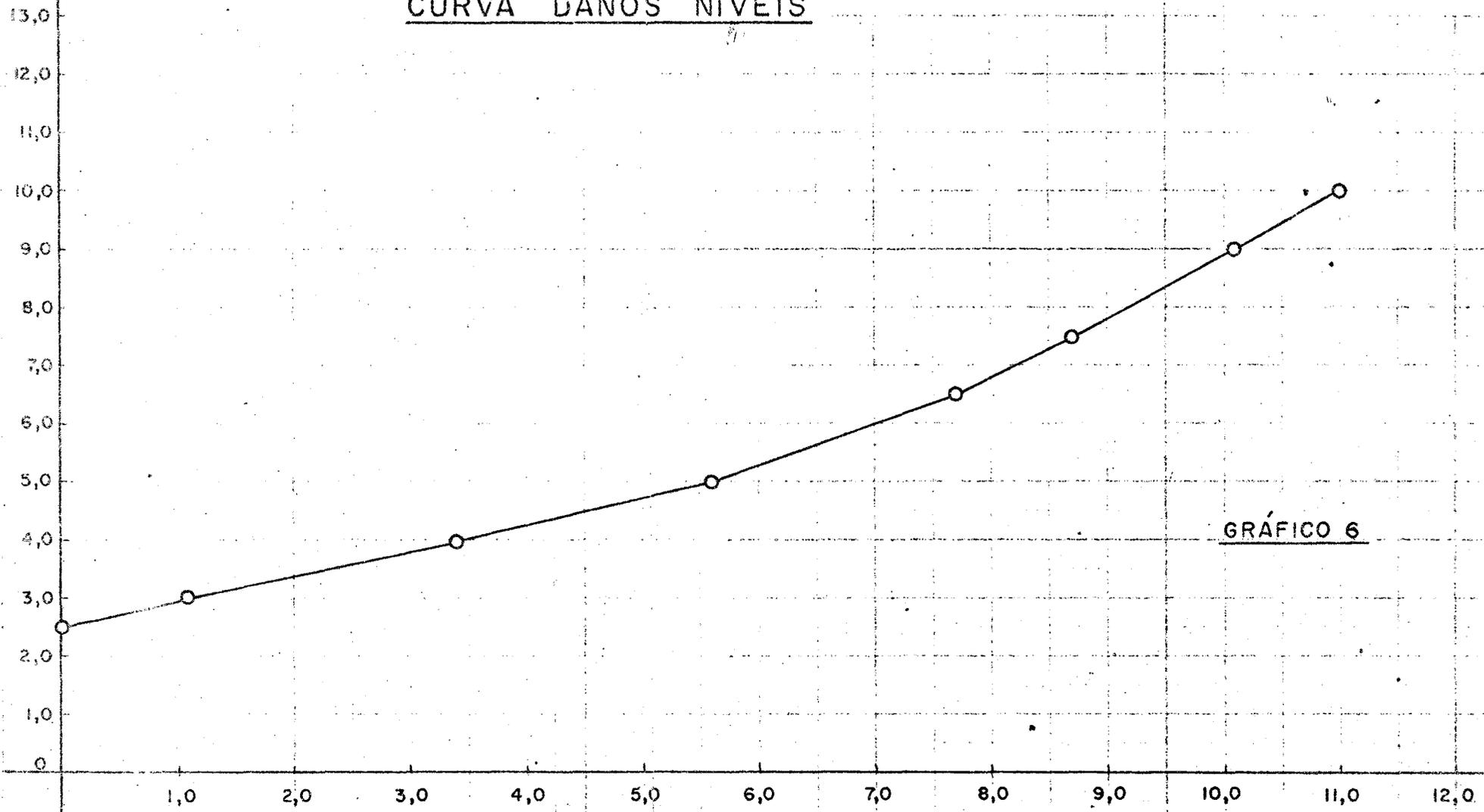


GRÁFICO 6

Danos (No \$ milhões)

CAP. VII

DETERMINAÇÃO DOS BENEFÍCIOS

Os benefícios tangíveis ou mensuráveis, decorrentes da implantação de um projeto, podem ser classificados em : diretos e indiretos .

No nosso caso, os benefícios diretos são os correspondentes à prevenção dos danos, realizada através dos diques.

Os benefícios indiretos são aqueles relativos ao acréscimo induzido de produção de bens e serviços. Consideraremos, apenas, o melhoramento das terras protegidas e a renda gerada por novas indústrias que aí venham se instalar.

7.1 - Benefícios Diretos

Os benefícios são determinados pela diferença de danos causados sem e com a construção dos diques.

Tomos, então, para diferentes níveis de proteção :

Nível de Proteção (m)	Benefício Anual Esperado (R\$)
6,40	1.154.700,00
6,75	1.232.300,00
7,15	1.273.000,00
7,60	1.298.700,00
8,00	1.307.700,00

7.2 - Benefícios Indiretos

Para a determinação dos benefícios decorrentes da melhor utilização das terras, faremos as seguintes hipóteses, a nosso ver, razoáveis, para o desenvolvimento da área:

a - A área agrícola, de aproximadamente 400 ha, envolvendo a zona dos banhados, e cujo valor varia em torno de 300,00 a 400,00/ha, sofrerá uma valorização imediata de 100% do seu valor, ou seja, 300,00/ha.

É bom salientar que os banhados, para o seu total saneamento, deverão ainda receber obras complementares de drenagem.

b - O Bairro São Miguel (com 40 quadras já planejadas pela Prefeitura, após a devida proteção) e outros, como Scharlau, Rio dos Sinos, etc, sofrerão um processo de urbanização nos próximos 20 anos, envolvendo, pelo menos, um total de 50 quadras, em áreas recuperadas pelos diques.

Os lotes — em média, 14 por quadra — terão uma valorização de 500,00 para R\$ 6.000,00 cada um, a preços atuais.

c- Nessa área urbanizada serão construídas casas e indústrias num ritmo compatível com as taxas de crescimento populacional, predial e industrial atualmente existentes.

Nos últimos 10 anos, 5 a 6 indústrias vêm se instalando, anualmente, no Município.

Suporemos que a área restrita do polder poderá ainda atrair e absorver 25 estabelecimentos industriais (acréscimo de 50% sobre os atuais), a uma média de 1 por ano.

d- Embora sendo provável a realização de uma transformação radical na área agrícola do polder, não serão aqui considerados os benefícios dela decorrentes.

7.2.1 - Benefícios imediatos na área agrícola

$$300,00 \times 400 = \underline{\text{R}\$ 120.000,00}$$

7.2.2 - Benefícios decorrentes da urbanização em áreas recuperadas

Supondo 2,5 quadras urbanizadas, anualmente, teremos:

$$2,5 \times 14 \times 5.500,00 = \underline{\text{R}\$ 192.500,00}$$

7.2.3 - Benefícios decorrentes da edificação residencial nas áreas recuperadas

Considerando uma média de 60 m² de área coberta por lote, ao preço de 80,00/m², temos:

$$35 \times 60 \times 80,00 = \underline{\text{R}\$ 168.000,00}$$

de benefício anual.

7.2.4 - Benefícios decorrentes da instalação de indústrias nas áreas recuperadas

Consideraremos, como benefício, a renda gerada pelas indústrias instaladas.

Admitindo uma renda líquida de 10% sobre as vendas totais, podemos determinar, a partir do Cadastro Industrial de 1965, a renda líquida média por indústria.

Nº de estab.	Valor Vendas (R\$1.000)	Valor Médio (R\$1.000)	Valor Total (R\$1.000)	Ronda Líquida (R\$1.000)
36	5	2,5	90,0	9,00
13	5-7	6,0	78,0	7,80
20	7-10	8,5	170,0	17,00
41	10-25	17,5	717,5	71,75
29	25-50	37,5	1.087,5	108,75
12	50-75	62,5	750,0	75,00
13	75-100	87,5	1.137,5	113,75
19	100-200	150,0	2.850,0	285,00
6	200-300	250,0	1.500,0	150,00
11	300-500	400,0	4.400,0	440,00
4	500-750	625,0	2.500,0	250,00
2	750-1000	875,0	1.750,0	175,00
2	1000-2000	1.500,0	3.000,0	300,00
3	2000-3000	2.500,0	7.500,0	750,00
-	3000-5000	4.000,0	-	-
2	5000-10000	7.500,0	7.500,0	750,00
-	10000	-	-	-

Σ=212

Σ=3.503,05

$$\text{Renda líquida média} = 3503,05/212 = \text{R\$ } 16.523,00$$

Após sua instalação, cada indústria gerará, portanto, um benefício médio anual de R\$ 16.523,00, a preços de Dez/65.

7.3 - Benefícios totais esperados nos 50 anos de vida útil do projeto

7.3.1 - Benefícios Diretos

A atualização dos benefícios será feita utilizando-se a fórmula do coeficiente de atualização correspondente a uma série uniforme de valores:

$$\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

em que n = nº de anos
i = taxa anual de juros

Determinamos, para várias taxas:

i	Coef.
4%	21,5
5%	18,2
6%	15,8
7%	13,8

Nível de Proteção	Período de Retorno	Benefícios Diretos Atualizados (Ncr\$1000)			
		i = 4%	5%	6%	7%
6,40	50	24.750	20.900	18.200	15.870
6,75	100	26.450	22.400	19.410	16.970
7,15	200	27.300	23.100	20.100	17.500
7,60	500	27.900	23.550	20.500	17.900
8,00	1000	28.200	23.800	20.700	18.100

7.3.2 - Benefícios Indiretos

Benefícios totais na área agrícola

Ncr\$ 120.000,00

Benefícios decorrentes da urbanização

n = 20 anos

i	coef. atual.	benefícios atualizados
4%	13,60	Ncr\$ 2.620.000,00
5%	12,48	2.405.000,00
6%	11,47	2.212.000,00
7%	10,61	1.975.000,00

Benefícios decorrentes da construção de casas

n = 20 anos

i	coef. atual.	benefícios atualizados
4%	13,60	Ncr\$ 2.290.000,00
5%	12,48	2.105.000,00
6%	11,47	1.937.000,00
7%	10,61	1.785.000,00

Benefícios decorrentes da instalação de indústrias

O benefício médio anual, por indústria, a preços de jan/70 é de :

$$16.523,00 \times 2,67 = \text{R\$ } 44.000,00$$

Tomaremos períodos de 5 anos, atualizaremos para o 1º ano da série e depois para o 1º ano de funcionamento do projeto.

Para valores isolados, a fórmula do coeficiente de atualização é a seguinte :

$$\frac{1}{(1+i)^n}$$

(R\$1000)

n	Valor Anual	Valor atualizado p/ 1º ano da série			
		i = 4%	5%	6%	7%
25	1.100	17.200	15.500	14.100	12.800
5	880	3.920	3.810	3.725	3.550
5	660	2.935	2.800	2.785	2.700
5	440	1.960	1.910	1.860	1.800
5	220	980	955	930	900

nº	Valor atualizado para o 1º ano de funcionamento			
	i = 4%	5%	6%	7%
25	6.475	4.555	3.285	2.360
20	1.790	1.440	1.160	920
15	1.630	1.345	1.160	980
10	1.325	1.170	1.045	915
5	815	750	695	640
<u>Total</u>	12.035	9.260	7.345	5.815

Os benefícios indiretos que, a seguir, atualizaremos, independem dos níveis de proteção considerados, por se localizarem em áreas baixas.

Especificação	Benefícios Indiretos Atualizados (R\$1000)			
	i=4%	5%	6%	7%
Na área agrícola	120	120	120	120
Docorr. da urban.	2.620	2.405	2.212	1.975
Docorr. da const.	2.290	2.105	1.937	1.785
Docorr. industr.	12.035	9.260	7.345	5.815
TOTAIS	17.065	13.890	11.614	9.695

BENEFÍCIOS TOTAIS ATUALIZADOS

Nível do pro- toção	Benefícios totais (R\$1000)			
	i=4%	5%	6%	7%
6,40	41.815	34.790	29.814	25.565
6,75	43.515	36.290	31.024	26.665
7,15	44.365	36.990	31.714	27.195
7,60	44.965	37.440	32.114	27.595
8,00	45.265	37.690	32.314	27.795

CAP. VIII

ESTUDO DOS CUSTOS8.1 - Custo das obras (construção)

A análise das últimas obras contratadas pelo DNOS e atualização dos preços através dos Índices Econômicos da Fundação Getúlio Vargas, nos levam a adotar os seguintes preços unitários :

m ³ de dique acabado	NR\$ 4,32
m ³ de dragagem	1,60
m ³ de concreto	300,00
bomba (2,5 m ³ /s) - forneci- mento, colocação e montagem.	48.100,00
casa de bombas - construção civil	459.500,00
materiais elétricos para casa de bomba - forn. e coloc....	297.500,00

8.1.1 - Diques

Cota do Coroamento	Volume (m ³)	Custo Total (NR\$1000)
7,40	1.088.500	4.700
7,80	1.230.500	5.300
8,20	1.378.700	5.950
8,60	1.511.500	6.510
9,00	1.701.000	7.330

8.1.2 - Valas de drenagem

$$1,60 \times 224.000 = \text{NR\$ } 358.400,00$$

8.1.3 - Cortina de concreto

Parado de estacas (2)

$$2.910,00 \times 1.000 = 2.910.000,00$$

Parado do concreto

Cota do Coroamento	Volume (m ³)	Custo (NR\$)
7,40	5.400	1.620.000,00
7,80	5.800	1.740.000,00
8,20	6.200	1.860.000,00
8,60	6.600	1.980.000,00
9,00	7.000	2.100.000,00

Custo total da cortina

Cota do Cercamento	Custo total (NR\$)
7,40	4.530.000,00
7,80	4.650.000,00
8,20	4.770.000,00
8,60	4.890.000,00
9,00	5.010.000,00

8.1.4 - Muro de arrimo sobre o eais

Cota do Cercamento	Custo total (NR\$)
7,40	460.800,00
7,80	489.600,00
8,20	518.400,00
8,60	547.200,00
9,00	576.000,00

8.1.5 - Casas do bomba

Construção civil

6 X 459.500,00 = 2.757.000,00

Bombas

18 X 48.100,00 = 865.800,00

Material elétrico

6 X 297.500,00 = 1.785.000,00

TotalNR\$ 5.407.800,00

8.2 - Custo de desapropriação

Terrenos de zona rural

50 X 18.700 = 935.000 m² = 93,5 ha

400,00 X 93,5 = NR\$ 37.400,00

Casas

16 X 100 X 100,00 = 160.000,00

Total NR\$ 197.400,00

Nota -- Segundo informações da Prefeitura de São Leopoldo, as despesas com desapropriação serão mínimas.

8.3 - Custos de operação e manutenção

Admitindo os custos de operação e manutenção unitários (ha) previstos no "Relatório Alomão" (2), temos:

Área I (Polder IV)

1.084,52 X 580 ha = NR\$ 628.000,00

Área II (Polder V)

408,52 X 440 ha = 180.000,00

Total Anual NR\$ 808.000,00

8.4 - Custos TotaisCusto de Implantação (NR\$1000)

Cota do Coroam.	Custo das obras	Custo Proj. e Adm.	Custo Total
7,40	15.654,40	782,72	16.437,12
7,80	16.403,20	820,16	17.223,36
8,20	17.202,00	860,10	18.062,10
8,60	17.910,80	895,54	18.806,34
9,00	18.879,60	943,98	19.823,58

Custo de operação e manutenção (anual)

NR\$ 808.080,00

CAP. IX

ANÁLISE ECONÔMICA

Para efeito de comparação de benefícios e custos, consideraremos como ano base o 1º ano de funcionamento do projeto.

Por outro lado, suporemos que as obras se realizarão em 5 anos, com investimentos anuais iguais, ou seja, de 20%.

Capitalizaremos, então, os investimentos anuais para o 5º ano, e calcularemos os custos, de operação e manutenção nos 50 anos de vida do projeto, atualizados para o 1º ano de funcionamento, assim como já foi feito para os benefícios anuais.

Custos de Operação e Manutenção Atualizados

Juros	Custos atualizados
4%	R\$ 17.400.000,00
5%	14.800.000,00
6%	12.800.000,00
7%	11.200.000,00

Investimentos capitalizados

Cota do Cercamento	Investimentos (R\$1000)			
	i=4%	5%	6%	7%
7,40	19.500	20.000	20.400	20.800
7,80	20.500	21.000	21.400	21.900
8,20	21.000	21.500	21.900	22.400
8,60	22.400	22.900	23.400	23.900
9,00	23.500	24.100	24.600	25.200

Obs.: consideramos 10% de eventuais sobre os investimentos; o coeficiente de capitalização é dado por $\frac{(1+i)^n - 1}{i}$

Os custos globais, referidos ao 1º ano de funcionamento do projeto, serão a soma dos custos de operação e manutenção atualizados e dos investimentos capitalizados.

Cota de Coroamento	Custos Globais (Nr\$1000)			
	i=4%	5%	6%	7%
7,40	36.900	34.800	33.200	32.000
7,80	37.900	35.800	34.200	33.100
8,20	38.400	36.300	34.700	33.600
8,60	39.800	37.700	36.200	35.100
9,00	40.900	38.900	37.400	36.400

9.1 -- Relação Benefício total / Custo total

Nível de Proteção	B_t/C_t			
	i=4%	5%	6%	7%
6,40	1,135	1,000	0,900	0,800
6,75	1,150	1,015	0,907	0,806
7,15	1,157	1,020	0,913	0,809
7,60	1,130	0,990	0,888	0,787
8,00	1,110	0,970	0,865	0,765

Verificamos que, a partir de juros de 6%, o projeto passa a ser anti-econômico.

Constatamos, por outro lado, que o nível ótimo de proteção está situado no entorno de 7,15m, para uma cota de coroamento 8,20m, correspondendo a um período de retorno de 200 anos (gráfico 7).

9.2 -- Taxa interna de retorno

A taxa interna de retorno é um dos índices usados para medir o grau de economicidade de um projeto. É a taxa de juros que iguala benefícios e custos.

Por interpolação no quadro B_t/C_t , tiramos as taxas de retorno para os diversos níveis de proteção:

Nível de Proteção	T.I.R.
6,40	5,00%
6,75	5,13%
7,15	5,18%
7,60	4,92%
8,00	4,78%

(gráfico 8)

A taxa interna máxima, que corresponde ao nível de proteção 7,15m, de 5,18 %.

9.3 - Relação Benefício direto / Custo de implantação

Essa relação nos dará uma idéia sobre até que ponto a simples prevenção dos danos compensará a construção dos diques.

Nível de Proteção	B_d / C_i			
	i=4%	5%	6%	7%
6,40	1,270	1,040	0,893	0,763
6,75	1,290	1,065	0,907	0,777
7,15	1,300	1,075	0,918	0,782
7,60	1,245	1,030	0,877	0,750
8,00	1,200	0,987	0,840	0,718

Verificamos relações e tendências semelhantes ao caso de B_t / C_t .

Em princípio, podemos afirmar que a prevenção de danos paga o custo de construção das obras.

9.4 - Excesso do Benefício total sobre custo total

Nível de Proteção	$B_t - C_t$ (NR\$1000)			
	i=4%	5%	6%	7%
6,40	4.915	-	-	-
6,75	5.615	490	-	-
7,15	5.965	690	-	-
7,60	5.165	-	-	-
8,00	4.365	-	-	-

Mais uma vez, constatamos ser o nível 7,15m o ideal para proteção através dos diques.

B_t/C_t

1,20
1,10
1,00
0,90
0,80
0,70
0,60

CURVAS BENEFICIO/CUSTO - NÍVEIS

GRÁFICO 7

6,40 6,75 7,15 7,60 8,00

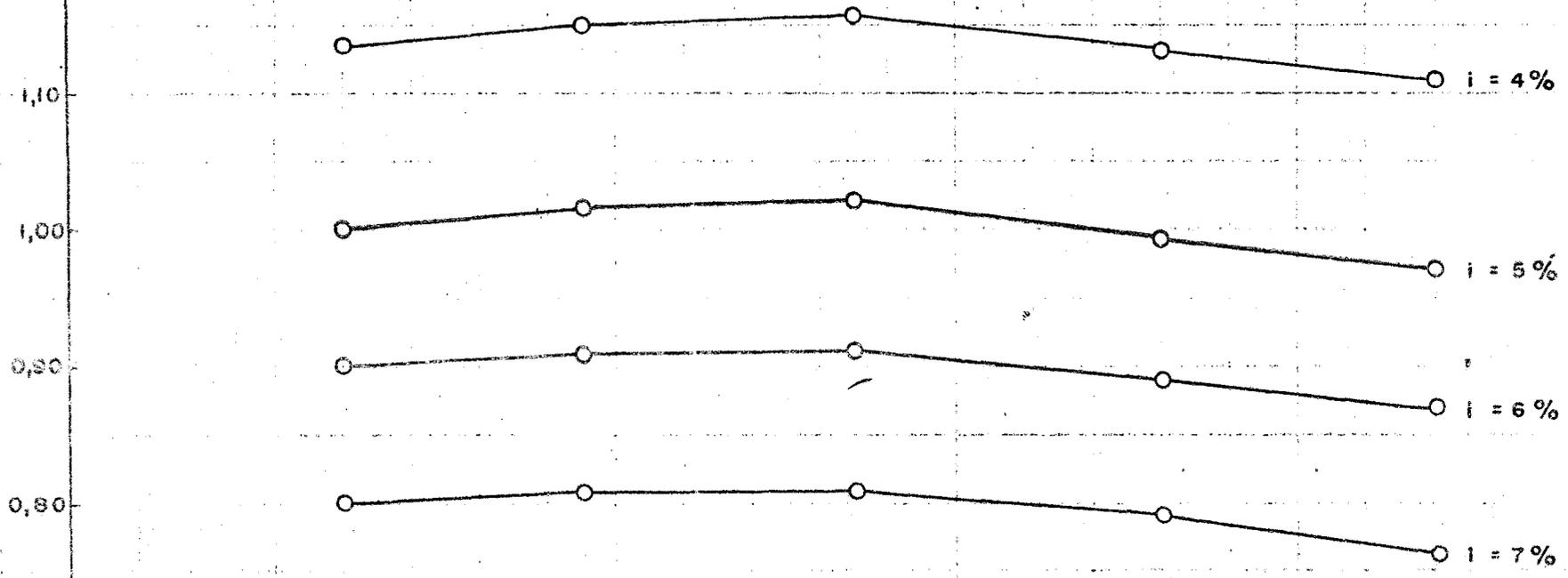
NÍVEL DE PROTEÇÃO (m)

$i = 4\%$

$i = 5\%$

$i = 6\%$

$i = 7\%$



CURVA TAXA INTERNA - NÍVEIS

T.I.R.
%

5,2

5,1

5,0

4,9

4,8

4,7

6,0

6,5

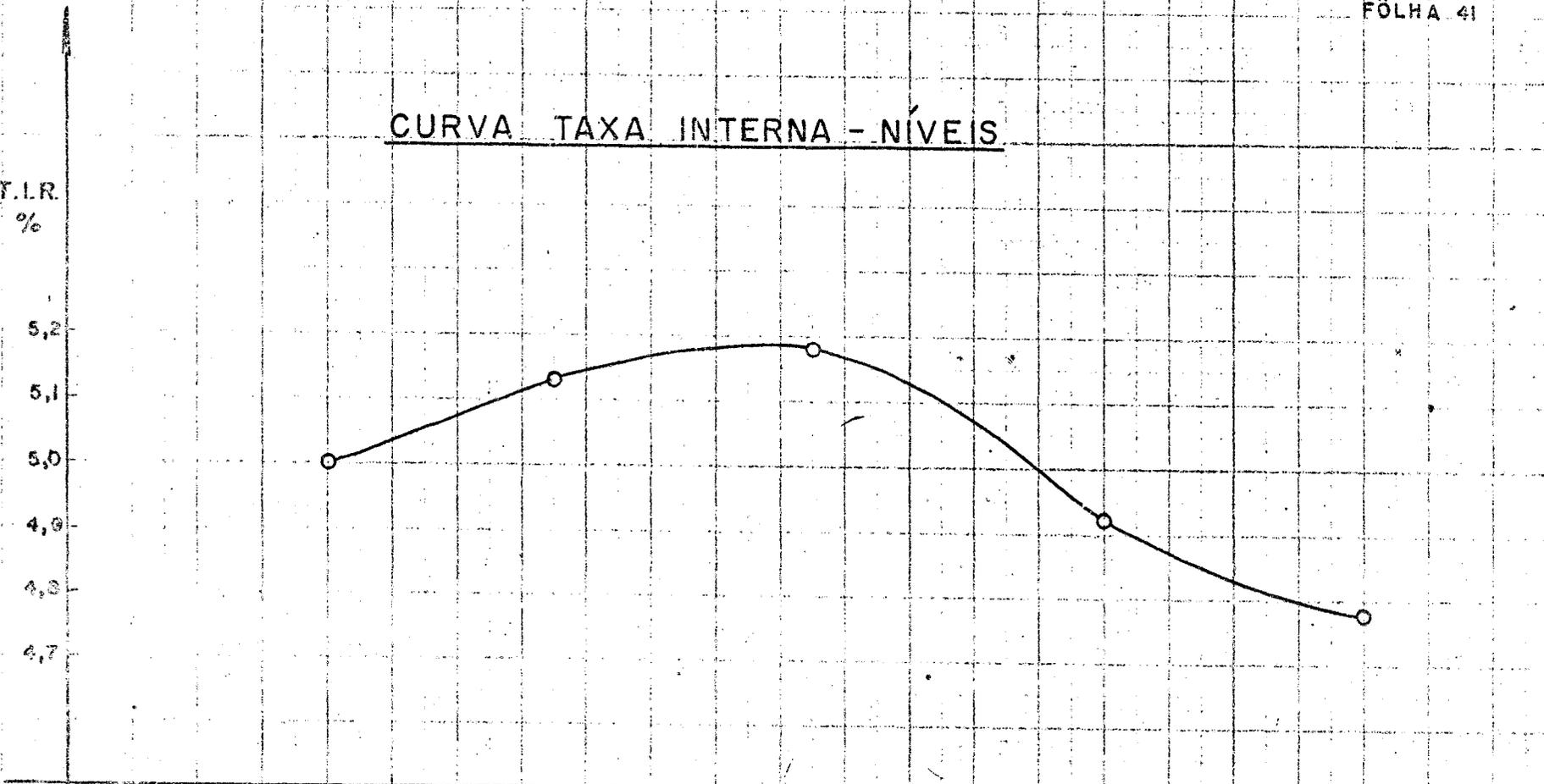
7,0

7,5

8,0

NÍVEL DE PROTEÇÃO (m)

GRÁFICO 8



CAP. XFONTES DE CONSULTAI -- INSTITUIÇÕES

1. Instituto de Pesquisas Hidráulicas - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
2. Secretaria de Obras Públicas - Estado do Rio Grande do Sul.
3. Departamento Nacional de Obras de Saneamento - DNOS - 15º Distrito
4. Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica - DNAEE - Distrito do Extremo Sul.
5. Departamento Estadual de Portos, Rios e Canais - DEPRC
6. Instituto Brasileiro de Reforma Agrária - RS
7. Companhia Riograndense de Saneamento - CORSAN
8. Companhia Estadual de Energia Elétrica - CEEE
9. Secretaria de Planejamento - Estado do Rio Grande do Sul
10. Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS
11. Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul - FIERGS
12. Instituto de Resseguros do Brasil
13. Sindicato das Empresas de Seguros Privados e Capitalização do Estado do Rio Grande do Sul
14. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE - RS
15. Instituto de Estudos e Pesquisas Econômicas - Universidade Federal do Rio Grande do Sul
16. Prefeitura Municipal de São Leopoldo
17. Associação Comercial e Industrial de São Leopoldo
18. 19º Regimento de Infantaria - São Leopoldo
19. Conselho Comunitário de São Leopoldo
20. Sindicato Rural de São Leopoldo

II -- BIBLIOGRAFIA

1. O.T.I., Engevix S.A. - Estudo de Viabilidade Técnico-Econômica das Obras de Defesa do Porto Alegre e Canoas contra as Inundações - Set/68
2. Agrar- und Hydrotechnik GMBH - Wasserwirtschaftliche Planung (Vale do Rio dos Sinos) - Essen, 1969
3. Review of the Report on Cucamonga Creek, San Bernardino and Riverside Counties, California - 90th Congress, 2d Session, House Document nº 323- May, 1968

4. ASCE - Hydrology Handbook - 1949
5. Linsley, Kohler, Paulhus - Hydrology for Engineers - McGraw-Hill, 1958
6. Plano Hidroviário do Estado do Rio Grande do Sul, 1961
7. Departamento Estadual de Estatística - Anuário Estatístico do Rio Grande do Sul - 1968
8. I.B.G.E. - Cadastro Industrial de 1965
9. I.B.G.E. - Registro Industrial de 1965
10. G. Réméniôras - L'Hydrologie de l'Ingénieur - Eyrolles, 1965
11. Informativo CEEE - nº 52 e 53 - 15 de Set. e 15 de Out. de 1969
12. Linsley and Franzini - Water-Resources Engineering - McGraw-Hill, 1964
13. I.B.G.E. - São Leopoldo - Monografia nº 429 - 1969