

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRAULICAS



ANÁLISE HIDRÁULICA E HIDROLÓGICA DOS PROBLEMAS DE
INUNDAÇÃO URBANA NA CIDADE DE ESTRELA, RS

Relatório Técnico elaborado por

Engº Bruno S. Rezende

Engº Carlos E. M. Tucci

Para a

Prefeitura Municipal de Estrela

em:

abril de 1979.

INDICE

	página
<u>INTRODUÇÃO</u>	3
<u>ESTUDO DE FREQUÊNCIA DE CHEIAS</u>	3
Generalidades	3
Dados utilizados na Análise de Frequência	5
Resultados da Análise de Frequência	9
<u>ANÁLISE SOBRE AS ÁREAS INUNDÁVEIS</u>	
Situação Hidrográfica	11
Medidas de Engenharia	12
Medidas Administrativas	14
Metodologia a ser adotada nas áreas industriais .	18
<u>CONCLUSÃO</u>	22

INTRODUÇÃO

No planejamento urbano de uma comunidade, quando a área em questão é sujeita a inundações periódicas, o estudo sobre o controle de cheias deve ser levado em conta para harmonizar o uso da terra com os riscos provenientes das inundações.

O trabalho aqui apresentado fornece um parecer técnico sobre as possíveis medidas a serem adotadas para disciplinar os efeitos das inundações urbanas na Cidade de Estrela, de forma a minimizar os prejuízos decorrentes das cheias.

Este relatório é composto de um estudo de frequência das cheias, uma análise sobre as áreas inundáveis, com recomendações sobre seus usos, e conclusão.

ESTUDO DE FREQUÊNCIA DAS CHEIAS

Generalidades

Todos os projetos ou planos são feitos para o futuro e seus idealizadores não podem ter certeza quanto as exatas condições a que ficarão sujeitas as obras projetadas. Estas incertezas são ainda maiores quando os projetos dependem de ocorrências hidrológicas e diferenciados usos futuros das terras. É através da análise de frequência de cheias, a partir de eventos ocorridos no passado, que se pode obter uma estimativa dos riscos assumidos nos projetos.

Nos estudos de probabilidade de ocorrência de cheias é comum mencionar-se "período de retorno" ou "intervalo de recorrência" (I_r) de uma cheia, conceito que traduz o inverso da probabilidade de ocorrência de uma dada cheia num ano qualquer.

$$I_r = \frac{1}{P}$$

Assim sendo, o período de retorno deve ser entendido como o intervalo médio, geralmente expresso em anos, entre a ocorrência de uma cheia, com determinada magnitude, e outra de igual ou maior valor.

Na Análise de frequência de cheias, para um local específico, é muito comum que se encontre diferenças entre os resultados obtidos pelas diferentes técnicas adotadas. Embora estas diferenças possam ser desprezíveis para os eventos mais frequentes (períodos de retorno de 5 - 8 anos), assumem valores apreciáveis para períodos de retorno mais elevados e comumente usados nos projetos. Na literatura encontram-se estimativas quanto a qualidade dos resultados de análise de frequência de cheias em função do número de anos de observação disponíveis. Por exemplo, para estimativas correspondentes a períodos de retorno de 100 anos, com $\pm 10\%$ de precisão, em geral são necessários 115 anos de registro; enquanto que para uma precisão de $\pm 25\%$ são necessários 48 anos de registro.

Devido a isto e no sentido de uniformizar as análises

ses efetuadas nos diferentes projetos, o Conselho de Recursos Hídricos dos Estados Unidos da América do Norte sujeitou a adoção, da distribuição conhecida por log-Pearson tipo III. Embora no Brasil ainda não se disponha de uma uniformização neste sentido resolvemos aqui adotar este mesmo tipo de distribuição, o qual vem ganhando muito boa aceitação no nosso meio.

Como será apresentado adiante, utilizamos a distribuição acima referida para a série de descargas máximas anuais disponível e determinamos também os limites de confiança da distribuição para níveis de confiança de 5% e 95%, os quais permitem avaliar as incertezas inerentes a distribuição.

Dados Utilizados na Análise de Frequência

Para a análise dos dados hidrológicos disponíveis na região, consultamos o Departamento Estadual de Portos Rios e Canais (DEPRC), o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), bem como relatórios de estudos feitos anteriormente sobre o Rio Taquarí. Entre os trabalhos consultados pode-se citar os seguintes:

- Programa de Desenvolvimento Integrado da Região Taquarí - Antas; - Asplan - Montreal.
- Programa de Desenvolvimento Integrado da Região Taquarí - Antas; Entroncamento Rodo-Ferro-Hidroviário do Rio Taquarí; - Montor.

Os dados utilizados na elaboração do estudo de frequência, foram os registros existentes dos postos de Lajeado e de Bom Retiro do Sul, cabendo a este respeito fazerem-se os seguintes comentários:

- O posto de Lajeado, operado pelo DNAEE, e situado na margem direita do Rio Taquari, praticamente junto a cidade de Estrela, possui registros de níveis d'água, três vezes ao dia, desde o ano de 1940 até hoje. De início, a existência deste posto, tendo em vista sua localização em relação a cidade de Estrela e o razoável número de anos de observação disponível, parecia suficiente para a realização dos estudos de frequência pretendidos. Ao analisar os registros deste posto constatamos que sua curva-chave somente pode ser confiável para descargas baixas, muitíssimo inferiores às que se necessita considerar na análise em questão. Além disso, observando os dados de níveis d'água (cotagramas) constatou-se que o zero das regras linimétricas é arbitrário e sofreu um deslocamento no ano de 1960. O histórico do posto registra este deslocamento sem entretanto indicar a grandeza do mesmo. A Análise do cotagrama revela que tal deslocamento situa-se em torno de 1,00 metro. No estudo realizado pela MONTOR tal deslocamento igualmente foi percebido

e adotado em torno de 1,00 metro.

- O posto de Bom Retiro do Sul, operando pelo DEPRC e situado junto à hoje existente barragem de Bom Retiro do Sul, cerca de 16 Km à jusante da cidade de Estrela, possui registros de níveis d'água, três vezes ao dia desde 1940 até hoje. A curva-chave deste posto encontra-se melhor estabelecida para valores extremos, graças a medições efetuadas em épocas de cheias. O zero das régua linimétricas, inicialmente arbitrário, foi referido ao nível do mar e encontra-se perfeitamente definido.

Devido a isto utilizamos os dados de descarga do posto de Bom Retiro do Sul na análise de frequências de inundações da cidade de Estrela, estabelecendo correlações entre os níveis d'água daquele posto e os níveis ocorridos para as mesmas cheias no posto de Lajeado.

Esta correlação apresenta uma tendência linear para valores médios de níveis d'água, no entanto para valores altos evidencia uma tendência curvilínea devido aos grandes extravazamentos que ocorrem em Bom Retiro. Em consequência destes extravazamentos os níveis crescem em menor proporção naquela secção do que em Lajeado, onde os extravazamentos são bem menores.

Devido a estas indeterminações resolvemos adotar no

equacionamento do problema duas diferentes formas de correlação, que são apresentadas na figura 1. A reta a constante nesta figura foi ajustada pelo método dos mínimos quadrados e a curva b foi extraída de um trabalho feito pela Montreal Engenharia S.A. para o Entroncamento Rodo-Ferro-Hidroviário do Rio Taquarí. Esta última correlação retrata com mais fidelidade os valores registrados para cheias extremas.

Ainda com relação aos dados utilizados na análise aqui desenvolvida, cabe fazer referência aos efeitos de remanso provocados pela barragem de Bom Retiro do Sul no trecho do Rio Taquarí, fronteiro a Cidade de Estrela. Naturalmente existe um acentuado efeito de remanso já analisado por determinações e cálculos feitos pela Montor no trabalho sobre o Programa Taquari-Antas. Naquele trabalho o efeito é analisado através da curva de duração dos níveis d'água com e sem represamento da referida barragem. Segundo os resultados ali apresentados os efeitos de remanso daquela barragem serão tanto maiores quanto menores forem as descargas, sendo sua influência praticamente nula por ocasião das grandes cheias, como era de se esperar de uma barragem destinada a navegação.

Resultados da Análise de Frequência

Nesta análise utilizamos os níveis d'água máximos anuais registrados em Bom Retiro, de 1940 até 1973, excluindo

do-se o ano de 1967 no qual as observações encontram-se in completas. Os registros posteriores a 1973 não foram utilizados na análise por considerarmos que os mesmos sofreram influência da operação da barragem, não guardando desta forma homogeneidade para com os registros anteriores. Para converter níveis d'água em vazões no posto de Bom Retiro utilizamos uma tabua de calibração desenvolvida pela Asplan.

Na figura 2 são apresentados os resultados da análise de frequência realizada pelo método log-Pearson tipo III, bem como os limites de confiança da distribuição para 5% e 95%.

A precisão com que as probalidades calculadas a partir da amostra revelam as da população dependem do tamanho da amostra e os limites de confiança fornecem uma medida da incerteza da estimativa das descargas em cada uma das probalidades selecionadas.

Utilizando as descargas determinadas para a secção de Bom Retiro do Sul, para as diferentes probalidades de ocorrência, e as correlações de níveis antes referidas (figura 1), obtivemos as curvas da figura 3, que nos apresentam os níveis d'água no posto de Lajeado versus probabilidade de ocorrências.

Nos Quadros I e II são apresentados os resultados obtidos.

ANÁLISE SOBRE AS ÁREAS INUNDÁVEIS

Situação hidrográfica

A bacia do Rio Taquarí possui uma área de drenagem de 23.272 Km² na secção correspondente ao posto de Lajeado. A intempestuosidade das enchentes que periodicamente ocorrem na bacia deste rio é devida, principalmente, a conformação radial de seu sistema de drenagem que provoca concentração de vazões, aliada às grandes declividades da bacia e a pouca permeabilidade de seu solo. No curso alto e médio deste rio as ondas de cheia não sofrem grande abatimento devido a forma encaixada de seu leito. No baixo Taquarí, a jusante de Encantado, as ondas de cheia podem sofrer um abatimento devido a inundação das áreas marginais do rio, e nessa região ocorrem os prejuízos mais elevados já que a ocupação da terra pelo homem é maior.

A Cidade de Estrela, na margem esquerda do rio, encontra-se numa área em que o mesmo frequentemente extravasa seu leito principal provocando inundação. Além disso a cidade é atravessada por dois Arroios principais: Arroio Estrela e Arroio Bela Vista. O primeiro atravessa a cidade na sua área atualmente mais urbanizada, enquanto que o segundo despeja suas águas no Rio Taquarí a montante da área industrial.

Quando o Rio Taquarí inunda as áreas ribeirinhas, o Arroio Estrela sofre um represamento e seus níveis elevam

-se, produzindo inundações na área urbana. Portanto, na Cidade de Estrela existem áreas sujeitas a inundações em decorrência do escoamento do próprio Rio Taquarí e outras em decorrência do efeito combinado deste Rio e do Arroio Estrela. Algo semelhante ocorre com relação ao Arroio Bela Vista.

Por informações colhidas junto a moradores da Cidade de Estrela não existem indícios de que as bacias dos arroios que atravessam a cidade contribuam para aumentar os níveis de inundação provocadas pelo Rio Taquarí, nem que estes provoquem inundações devido a seus próprios fluxos. Sendo assim nenhuma obra de retificação executada nos arroios reduzira os níveis de inundação na zona urbana.

Medidas de Engenharia

O estudo de cheias de uma área urbana deve procurar minimizar os prejuízos através de medidas de engenharia (diques, barragens, etc) e ou medidas administrativas como o zoneamento das áreas inundáveis.

As obras de engenharia que podem proteger a cidade são: barragens ou diques. A este respeito existe um anteprojeto de barragem no Rio das Antas com vistas a produção de energia elétrica e proteção contra cheias (relatório Asplan-Montreal). Esta barragem pode reduzir os riscos de inundação da cidade, entretanto ainda não existe previsão, segundo temos notícia, de quando a referida barra-

gem será construída.

As áreas inundáveis que necessitam proteção são aquelas junto ao rio Taquarí e a área ribeirinha do Arroio Estrela. Na figura 4 pode-se observar que em ambas as áreas seriam necessários diques de grande altura, 8 a 12 metros para que se alcançasse extensas áreas protegidas, o que resultaria num custo que dificilmente seria superado pelo benefício resultante da valorização dessas áreas. Também o risco seria muito grande, já que o rompimento de diques desta altura provocaria ondas com velocidade muito elevada, de grande poder destrutivo.

Mesmo que os comprimentos desses diques, na área junto Arroio Estrela não fossem longos, seria necessário prever-se pelo menos uma casa de bombas para recalcar permanentemente a vazão do Arroio Estrela, chegando a um custo impraticável face aos benefícios. Na área junto ao Rio Taquarí também não seria viável a construção de diques já que altura e comprimento dos mesmos representariam um alto custo para a proteção de uma área pequena.

Portanto não é recomendável a construção de diques de proteção no caso da Cidade de Estrela e maior ênfase deve ser dada ao planejamento de suas áreas inundáveis. Pelo fato dessas áreas serem sujeitas a inundações, não significa que não possam ser aproveitadas, devem sim ser planejados usos para as mesmas que convivam com cheias periódicas, sem prejuízos elevados.

Medidas Administrativas

Como torna-se inviável a proteção das áreas inundáveis, faz-se necessário uma regulamentação de seus usos. O uso não controlado das áreas sujeitas a inundações tem efeito adverso para a saúde pública, segurança, e conveniência da população. As medidas administrativas compreendem a regulamentação do uso dessas áreas com vistas a minimizar as perdas durante as cheias.

A definição dos riscos a serem assumidos, a nível de plano diretor, ou seja dentro de uma regulamentação, cabe a Prefeitura da Cidade. No entanto existem critérios que serão aqui sugeridos nos quais a Prefeitura de Estrela poderá se basear para tomar decisões no estabelecimento deste plano.

A área de cheia, sujeita a regulamentação, pode ser aquela limitada pelo nível de cheia anual até o nível correspondente a maior cheia conhecida ou ao nível correspondente a cheia com 100 anos de período de retorno. No caso da Cidade de Estrela, utilizando a figura 3, verifica-se que o nível que corresponde a um período de retorno de 100 anos é 32,1 metros, enquanto que o maior nível de inundação observado foi de 28,4 metros, na cheia de 1941. Na área de inundação próxima ao Arroio Estrela a diferença entre esses dois níveis representa uma faixa estreita de mais ou menos 50 metros de largura. Próximo ao Arroio Bela Vista esta faixa se estreita ainda mais. Sendo o pe-

ríodo de retorno correspondente ao nível de 28,4 metros apenas 20 anos, aconselhamos que o nível limite de cheia adotado seja o de 32,1 metros.

Na figura 4 estão caracterizadas as áreas correspondentes aos períodos de retorno de 7, 20 e 40 anos. Não delimitamos a área correspondente ao período de retorno de 100 anos porque a proximidade dos níveis 32 e 30 é muito grande.

Faz-se necessário definir uma faixa entre o nível de cheia anual e o de uma cheia regular de pequeno período de retorno. Esta faixa fica sujeita ao efeito de altas velocidades de escoamento e deve estar livre de obstruções como aterros, que podem provocar a elevação de níveis d'água e criar perigos, para as construções.

Na área urbana, junto ao Arroio Estrela, o limite superior desta faixa poderia ser bastante reduzido já que as velocidades que ali se verificam são pequenas. Entretanto, devido a grande declividade do terreno naqueles locais, aconselhamos que o limite superior desta faixa seja o correspondente a cota 26,00 metros.

Nas áreas inundáveis, junto ao Rio Taquarí, a delimitação desta faixa é importante e a priori seu nível limite pode também se adotado no entorno de 26,00 metros, já que, até este nível, as velocidades do escoamento serão elevadas por ocasião das grandes cheias.

Nesta faixa os usos recomendáveis são a recreação, parques, agricultura e áreas livres. Não é recomendável o uso de aterros, pois estes impedem o escoamento e reduzem a área de armazenamento.

Na faixa delimitada pelo nível correspondente a uma cheia regular é o correspondente a uma cheia com período de retorno de 100 anos, pode-se permitir o uso da terra para construção, desde que o piso das mesmas situe-se no nível limite de cheia. Nesta faixa é permissível o uso de aterros.

Outros usos para esta faixa podem ser:

- a) para agricultura;
- b) Industrial-comercial, como áreas de carregamento, estacionamento, áreas de armazenamento de equipamentos ou maquinaria facilmente removível ou não sujeita a danos de cheias;
- c) Recreação privada ou pública que não necessitem estruturas para habitação humana tais como: parques, áreas para nataçãõ, horto florestal, áreas para picnic;
- d) Serviços Básicos: linhas de transmissão, estradas e pontes, desde que corretamente projetadas.

Ainda no que se refere a construções que venham a ser permitidas nas zonas sujeitas a inundaçãõ deve-se ter os

seguintes cuidados:

- a) Estabelecer nível de elevação para o porão e no mínimo o nível do primeiro piso consistente com as cheias em potencial.
- b) Evitar o emprego de materiais que se deterioram rapidamente quando expostos a água.
- c) Proibir o armazenamento ou o processamento de materiais, na zona inundável, que sejam inflamáveis ou em períodos de cheias, possam por em perigo a vida humana ou animal, como o armazenamento de produtos químicos, bem como o uso de aquecedores (boilers) ou equipamentos elétricos.
- d) Todo aterro construído deve estar protegido contra altas velocidades que poderão erodi-lo. Na área junto ao Arroio Estrela este não é um problema tão sério, no entanto na área junto ao Rio Taquarí os aterros pouco protegidos poderão apresentar este perigo. A proteção pode ser feita com enrocamentos de pedra, gabiões e cobertura vegetal.
- e) Os projetos de drenagem pluvial e o de esgoto cloacal devem levar em conta os efeitos de cheias.
- f) As construções devem ser estruturalmente pro-

jetadas para resistir a pressão e a alta velocidade da água. Essas proteções devem levar em conta o seguinte:

- pressão hidrostática, que atua horizontalmente sobre as paredes da estrutura, podendo ainda criar problemas de vazamentos na construção.
- empuxo que pode provocar flutuações prejudiciais a construção. Pode ser prevenido através de ancoragens apropriadas.
- Momentos que podem provocar um escorregamento das estruturas.
- erosão que tende minar as fundações.

Sugerimos que a Prefeitura estabeleça um mapeamento atualizado das áreas de inundação, o qual juntamente com a curva de frequência da figura 3 e ou tabela 2 possibilitará que cada proprietário, que deseje construir dentro desta área, conheça o risco a que está sujeito, além de servir de subsídios para qualquer projeto da prefeitura na referida área.

Metodologia a ser adotada nas áreas industriais

Com relação aos problemas de inundação nas áreas industriais, no caso da Cidade de Estrela, conviria que fossem previstas, pelo menos, duas diferentes áreas a serem destinadas às indústrias.

Aquelas indústrias que, pela sua natureza, necessitam ser instaladas o mais próximo possível do rio, visando dele beneficiarem-se como hidrovia, seriam localizadas próximo ao Entroncamento Rodo-Ferro-Hidroviário e as outras, para as quais a hidrovia tenha menor importância, seriam localizadas em zonas com cotas mais elevadas, fora portanto das áreas inundáveis.

Como se pode observar pela figura 4 a área mais próxima ao Entroncamento é relativamente plana em sua maior parte, com declividade ligeiramente decrescente em direção ao rio, onde atinge altitudes em torno de 25 e 26 metros.

Na prancha acima citada foram delimitadas as áreas sujeitas a inundações com períodos de retorno de 7 anos, 20 e 40 anos e no Quadro II são apresentados os períodos de retorno para as demais cotas.

Como se pode observar pelo mapa da figura 4 toda a área destinada ao complexo industrial, junto ao Entroncamento, encontra-se situada em cotas sujeitas a inundações com períodos de retorno de pelo menos 20 anos.

A nosso ver o problema que em vista disto se apresenta não é tanto o de escolher e definir uma cota de instalação para as indústrias e sim de serem levados em conta nos projetos das mesmas os riscos potenciais de inundação existentes para diferentes níveis de cheia.

Nos projetos específicos de cada indústria deverão ser previstas e incorporadas disposições capazes de reduzir ao mínimo os prejuízos decorrentes de inundações, tais como, instalar em cotas elevadas os equipamentos que maiores prejuízos apresentem quando atingidos pelas águas, bem como obras de auto-prôteção.

Estas alterações obviamente resultarão em acréscimos no custo inicial de instalação das indústrias os quais deverão ser convenientemente balanceados contra o prejuízo médio anual a ser esperado de todas as cheias que poderão ocorrer no período de análise. Este cotejo se torna necessário uma vez que, realmente, não se justifica projetar indústrias de maneira a torná-la resistentes e protegidas, em todas as suas partes, contra as maiores cheias possíveis.

Esta opinião pode ainda ser reforçada pelo fato das cheias verificadas serem de muito curta duração, tornando desta forma reduzidos os prejuízos devidos a interrupção dos negócios e paralização do funcionamento das indústrias.

Assim sendo as noções de frequência das inundações, para diferentes níveis apresentadas no Quadro II e os consequentes prejuízos, os quais variarão de uma indústria para outra deverão ser levados em conta nos projetos.

Os custos adicionais resultantes das proteções, naturalmente, deverão ser compensados, em larga escala, pelos benefícios oferecidos pela infraestrutura do Entroncamento

Rodo-Ferro-Hidroviário.

Para calcular-se o prejuízo médio anual a ser esperado de todas as cheias em um dado projeto, deve-se, em primeiro lugar, estimar os prejuízos a serem atingidos para diferentes níveis de inundação, cujas probabilidades de ocorrência estejam determinadas. Com estes elementos é então possível construir um gráfico correlacionando prejuízos contra sua probabilidades de ocorrência. A área sob a curva resultante representará o prejuízo médio anual procurado.

CONCLUSÃO

No trabalho aqui desenvolvido são feitos breves comentários sobre os conceitos de análise de frequência de cheias e a apresentação dos dados utilizados na análise do problema relativo às áreas inundáveis da Cidade de Estrela. Os resultados alcançados na análise de frequência encontram-se registrados no Quadro I, que de certa forma sintetiza a metodologia abordada na solução do problema, em sua primeira etapa.

Na análise sobre as áreas inundáveis foi feita a delimitação das mesmas para diferentes períodos de retorno. Na figura 4 esta delimitação foi feita, de forma ilustrativa, apenas para três diferentes períodos de retorno. Uma maior delimitação, em planta, foi evitada devido a grande proximidade das curvas de nível na área urbana. Visando complementar esta informação é apresentada o Quadro II onde as probabilidades de ocorrência das inundações e seus períodos de retorno são registrados para diferentes cotas, de metro em metro.

Nesta mesma análise a adoção de obras de proteção sob o ponto de vista de engenharia, junto a cidade, é desaconselhada, já que as mesmas dificilmente apresentariam um benefício maior que os custos resultantes. São feitas então diversas recomendações e sugestões sobre medidas administrativas que se mostram mais convenientes sob o ponto de vista técnico.

Dentro deste aspecto procurou-se definir duas zonas distintas dentro das áreas sujeitas a inundação. A primeira, próxima ao leito normal do rio, pode ser utilizada por finalidades que não impessam, o escoamento em períodos de cheia, já que nesta faixa ocorrem as maiores velocidades. A faixa seguinte, delimitada pela anterior e pelo nível correspondente ao período de retorno de 100 anos, embora sujeita a inundações, pode receber alguns tipos de construções, desde que algumas precauções sejam tomadas. Para estas duas diferentes zonas é apresentada uma série de características e restrições que devem ser respeitadas nas construções a serem ali realizadas, em função dos problemas hidráulicos a que ficarão sujeitas, dependendo de suas localizações em relação ao rio principal e aos arroios que cortam a cidade.

Por fim, com relação às áreas industriais, é sugerida a previsão de pelo menos duas áreas a serem destinadas às indústrias e apresentada uma metodologia a ser seguida no exame dos projetos industriais que venham a se instalar em áreas sujeitas a inundações, devido as vantagens oferecidas pelo Entroncamento Rodo-Ferro-Hidroviário.

Quadro I

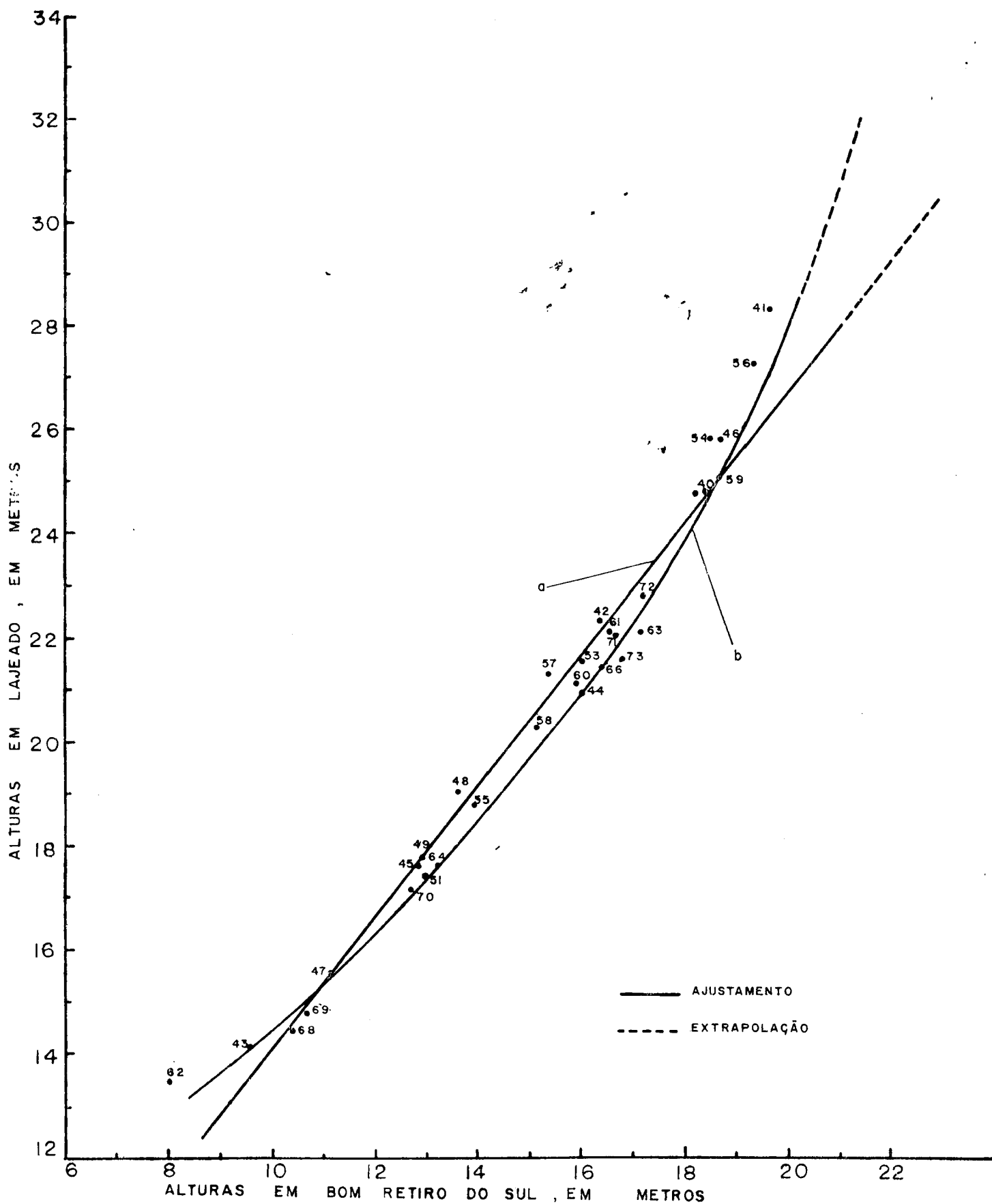
Resumo dos Resultados obtidos na Análise de Frequências

Prob.	P.Retorno	Qmax B.Retiro	Níveis d'água em:			Observações:
			B.Retiro	Lajeado curva a	Lajeado curva b	
%	anos	m ³ /s	m	m	m	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
1	100	11.863	21,45 ⁺	28,62 ⁺	32,10 ⁺	Colunas 1, 2 e 3 - conforme figura 1. Coluna 4 - Obtido a partir da coluna 3, conforme curva de calibração da Asplan. Coluna 5 - Obtido a partir da coluna 4, conforme reta a da figura 2. Coluna 6 - Obtido a partir da coluna 4, conforme curva b da figura 1. + Valores obtidos por extrapolação. ++ valores corrigidos em função do remanso provocado pela Barragem de Bom Retiro do Sul.
2	50	11.305	20,93	27,96	30,60	
4	25	10.633	20,28	27,14	28,80	
5	20	10.386	20,04	26,83	28,20	
10	10	9,500	19,14	25,69	26,19	
20	5	8.369	17,95	24,18	23,80	
40	2,5	6.821	16,19	21,94	21,20	
50	2	6.164	15,34	20,86	20,10	
90	1,11	3.238	10,61	16,19 ⁺⁺	16,90 ⁺⁺	
99	1,01	1.607	7,56	14,00 ⁺⁺	15,20 ⁺⁺	

Quadro II

Probabilidade de ocorrência e Períodos de Retorno de
diversos níveis de inundação na Cidade de Estrela

Cota de inundação	Probabilidade	Período de Retorno
m	%	anos
20,00	49,0	2,04
21,00	41,0	2,44
22,00	33,0	3,03
23,00	25,0	4,00
24,00	20,0	5,00
25,00	15,0	6,66
26,00	10,0	10,00
27,00	7,7	13,00
28,00	5,3	19,00
29,00	3,7	27,00
30,00	2,5	40,00
31,00	1,6	63,00
32,00	1,0	100,00



CURVAS DE CORRELAÇÃO DE ALTURAS DE ÁGUA
MÁXIMAS ANUAIS
LAJEADO-BOM RETIRO DO SUL

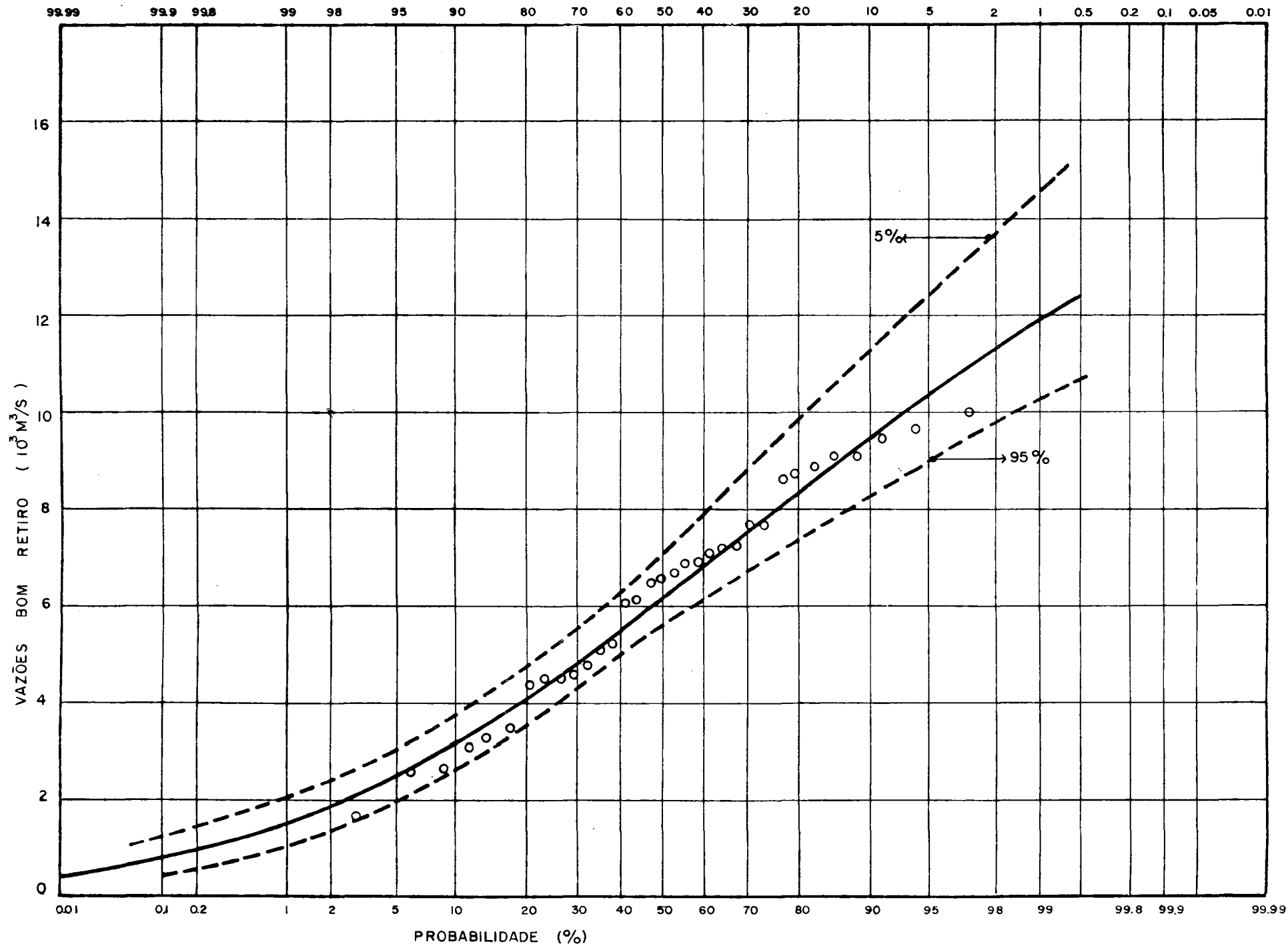


FIGURA 2 — RESULTADO DA ANÁLISE DE FREQUÊNCIA

