

ANÁLISE DA FREQUÊNCIA DE PRECIPITAÇÕES MULTIDIÁRIAS  
PARA O ESTADO DA PARAÍBA

FRED GUEDES CUNHA

ANÁLISE DA FREQUÊNCIA DE PRECIPITAÇÕES MULTIDIÁRIAS  
PARA O ESTADO DA PARAÍBA

Dissertação apresentada ao Curso de  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL da Universide  
dade Federal da Paraíba, em cumprimento  
às exigências para obtenção do Grau de  
Mestre.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: RECURSOS HÍDRICOS

UBALD KOCH  
Orientador

VAJAPEYAN S. SRINIVASAN  
Co-Orientador

Campina Grande  
Dezembro — 1986

DIGITALIZAÇÃO:  
SISTEMOTECA - UFCG

C972a	<p>Cunha, Fred Guedes</p> <p>Análise da frequência de precipitações multidiárias para o Estado da Paraíba / Fred Guedes Cunha. - Campina Grande, 1986.</p> <p>83 f. : il.</p> <p>Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia.</p> <p>1. Precipitação Atmosférica - 2. Engenharia Civil - 3. Precipitação Atmosférica - 4. Recursos Hídricos - 5. Dissertação I. Koch, Ubald II. Srinivasan, Vajapeyam S. III. Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB). IV. Título</p>
CDU 626(813.3)(043)	

Aos meus pais, pelo amor e compreensão  
que me foram dedicados ao longo desses  
anos.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer, nesta oportunidade, aos professores UBALD KOCH e VAJAPEYAN S. SRINIVASAN, respectivamente orientador e co-orientador desta pesquisa, pelo direcionamento objetivo no desenvolvimento de todo o trabalho; ao prof. MANOEL GILBERTO DE BARROS pelo incentivo dado, desde o início, para a realização do curso; enfim, a todos aqueles que diretamente ou indiretamente contribuíram para que a presente dissertação pudesse ser concluída.

### ESPECIAL:

À minha esposa e à minha filha THAÍSA pelo sacrifício, às vezes, submetidas ao longo do curso.

ANÁLISE DA FREQUÊNCIA DE PRECIPITAÇÕES MULTIDIÁRIAS  
PARA O ESTADO DA PARAÍBA

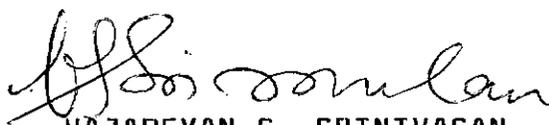
FRED GUEDES CUNHA

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 19/12/86



UBALD KOCH

Orientador



VAJAPEYAN S. SRINIVASAN

Co-Orientador



ALEXANDRE LATTERMANN

Membro da Banca



BERNARDO BARBOSA DA SILVA

Membro da Banca

Campina Grande  
Dezembro — 1986

## SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	
1.1 - Finalidade da Pesquisa	01
1.2 - Desenvolvimento	02
2 - CARACTERÍSTICAS DO ESTADO DA PARAÍBA	
2.1 - Localização	04
2.2 - Clima	04
2.3 - Regime de Precipitações	05
2.4 - Relevo e Hidrografia	06
3 - ESTABELECIMENTO DAS SÉRIES E ANÁLISE DA HOMOGENEIDADE	
3.1 - Coleta dos Dados	07
3.2 - Escolha das Estações Pluviométricas	07
3.3 - Estabelecimento das Séries a serem Investigadas para várias Durações.	09
3.4 - Testes de Homogeneidade das Séries	16
3.4.1 - Objetivo	16
3.4.2 - Valor Singular	17
3.4.3 - Tendência Central Não-Estacionária	18
3.4.4 - Dispersão Não-Estacionária	19
3.4.5 - Discussão dos Resultados	19

4 - ANÁLISE DA FREQUÊNCIA DAS SÉRIES	
4.1 - Objetivo	21
4.2 - Ajustamento das várias Distribuições de Probabilidade.	22
4.2.1 - Estimativa dos Parâmetros	22
4.2.2 - Teste de Kolmogorov-Smirnov	24
4.3 - Escolha da melhor Distribuição	26
4.3.1 - Critérios	26
4.3.2 - Resultados	27
4.4 - Estimativa de Precipitações através da melhor Distribuição.	30
5 - CÁLCULO DA PRECIPITAÇÃO EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO E DO INTERVALO DE RETORNO.	
5.1 - Definições	33
5.2 - Procedimento Gráfico	34
5.3 - Procedimento Analítico	35
5.3.1 - Regressões Múltiplas	35
5.3.2 - Regressões Simples	36
5.4 - Discussão dos Resultados	38
6 - REGIONALIZAÇÃO	
6.1 - Objetivo	41
6.2 - Mapa dos Coeficientes	41
6.3 - Mapas com a Duração e o Intervalo de Retorno Previamente Escolhidos.	43

7 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	
7.1 - Conclusões	45
7.2 - Recomendações	46
8 - BIBLIOGRAFIA	48
9 - ANEXOS	
9.1 - Anexo 1 - Figuras e Mapas	51
9.2 - Anexo 2 - Tabelas	73

## LISTA DAS FIGURAS

Fig. 2.1 - Localização da Região Estudada	52
Fig. 2.2 - Máxima Chuva de 1 dia Observada	53
Fig. 2.3 - Hidrografia e Relevo do Estado da Paraíba	54
Fig. 2.4 a - Perfil Topográfico Leste-Oeste	55
Fig. 2.4 b - Perfil Topográfico Norte-Sul	55
Fig. 4.1 - Distribuições Logarítmicas	56
Fig. 5.1 a 5.10 - Precipitação (P) em Função da Duração (D) e do Intervalo de Retorno (T).	57

## LISTA DOS MAPAS

Mapa 3.1 - Postos Pluviométricos Seleccionados para o Desenvolvimento da Pesquisa.	67
Mapa 4.1 - Distribuição Probabilística Representativa dos Elementos das Séries dos Postos.	68
Mapa 6.1 - Isolinhas do Coeficiente a da eq. 5.2	69
Mapa 6.2 - Isolinhas do Coeficiente b da eq. 5.2	70
Mapa 6.3 - Isolinhas do Coeficiente c da eq. 5.2	71
Mapa 6.4 - Precipitações para a Duração de 2 Dias e Intervalo de Retorno de 100 Anos.	72

## LISTA DAS TABELAS

Tab. 3.1 - Distribuição dos Postos conforme o Número de Anos Observados.	74
Tab. 3.2 - Precipitações Diárias do Posto de Santa Luzia no Ano de 1962.	75
Tab. 3.3 a 3.7 - Resultados dos Testes de Homogeneidade e do Ajustamento das Distribuições de Probabilidade.	76
Tab. 5.1 - Valores dos Coeficientes $a$ , $b$ , e $c$ da eq. 5.2 e seus Respective Índices de Correlação.	82
Tab. 5.2 - Coeficientes de Correlação Obtidos no Uso da Regressão Simples para os Postos Representativos.	83

## RESUMO

No presente trabalho estabeleceu-se, através das técnicas de análise de frequência, um modelo matemático para o cálculo da máxima precipitação multidiária anual esperada, associada a várias durações e intervalos de retorno para o estado da Paraíba.

Para tanto, foram utilizados os dados diários de 30 (trinta) postos pluviométricos distribuídos em todo o Estado. Tendo sido consideradas as durações de 1, 2, 3, 4 e 5 dias, para o cálculo da precipitação máxima, resultaram 150 (cento e cinquenta) séries de máximos multidiários anuais precipitados.

Essas séries serviram de base para o desenvolvimento da pesquisa, as quais foram submetidas aos testes de valor singular e homogeneidade. Em seguida, verificou-se o ajustamento de oito distribuições de probabilidade, comumente utilizadas na hidrologia, aos elementos de todas as séries. Selecionando-se, no final, para cada posto, a distribuição que melhor se ajustou aos elementos das suas séries.

Finalmente, realizou-se uma regressão geométrica múltipla entre, precipitação (P), duração (D) e intervalo de retorno (T), sendo posteriormente feita uma regionalização baseada na variação dos coeficientes obtidos na regressão.

Os resultados aqui disponíveis são úteis para o planejamento de obras hidráulicas, no dimensionamento das estruturas de captação, dos sangradouros, etc.

## ABSTRACT

The present study has been directed to establish the maximum annual precipitation for various durations and return periods for the Paraíba state based on the frequency analysis. Towards this end, data from 30 raingauge stations distributed over the whole state were used. The durations utilized were of 1, 2, 3, 4 and 5 days. With this, 150 different time series were generated which were tested for singularity and homogeneity. Subsequently, eight of the commonly used probability distribution functions were fitted to each of these series and the function that best fitted the series for each station was identified.

Finally, a multiple geometric regression was carried out between the precipitation total (P), duration (D) and the return period (T). The regression coefficients were then regionalized.

The results presented here are useful for the planning of hydraulic control structures, and in the design of storage reservoirs, spillways, etc.

## 1 - INTRODUÇÃO

### 1.1 - Finalidade da Pesquisa

O Nordeste do Brasil, com área aproximadamente igual a 1,6 milhões de quilômetros quadrados (quase 1/5 do território nacional), encontra-se coberto por uma rede pluviométrica que se desenvolveu bastante durante os últimos anos, fornecendo, desse modo, uma quantidade significativa de dados. Porém, o aproveitamento desses dados, em estudos que visem a transferência espacial de informações, para locais onde não há estações de medições, ainda é muito pequeno, existindo, assim, uma carência de informações regionais, principalmente em termos do conhecimento da interrelação existente entre altura (P), duração (D) e probabilidade ( $P_{ab}$ ) das precipitações ocorridas, que são informações muito importantes para um bom planejamento regional de recursos hídricos.

Com o intuito de amenizar essa carência de informações, para o estado da Paraíba, estabeleceu-se, neste trabalho, através das técnicas de análise de frequência e fazendo-se uso de uma regionalização, um procedimento prático para estimativa de precipitações com durações definidas, associadas a intervalos de retorno (T).

## 1.2 - Desenvolvimento

A pesquisa teve seu início a partir da obtenção dos dados de precipitações diárias do estado da Paraíba, tendo sido considerados inicialmente, os postos pluviométricos localizados nas cidades de Santa Rita, Bananeiras, Soledade, Santa Luzia e Aguiar como postos representativos, no sentido de que todas as etapas a serem desenvolvidas na pesquisa fossem feitas detalhadamente para esses postos. Na escolha dos mesmos, levou-se em consideração o estudo sobre regiões homogêneas no estado da Paraíba feito por Gilbert Jaccon (1982).

Uma outra decisão inicial foi a de se considerar o período chuvoso da região como sendo de janeiro a junho, baseando-se em pesquisas já realizadas (Varejão-Silva et alli, 1984; Nimer, 1982; Silva, 1985).

Após as decisões iniciais, passou-se a análise e interpretação dos dados das precipitações diárias de trinta postos pluviométricos, previamente selecionados, com retirada de séries hidrológicas, associadas a durações pré-estabelecidas, as quais tiveram os seus elementos submetidos às análises de homogeneidade e freqüência. A análise de freqüência permitiu o estabelecimento de uma relação entre precipitação, duração e intervalo de retorno, cujos resultados obtidos com o seu uso, propiciaram finalmente a realização de uma regionalização, ou seja, uma extensão dos mesmos para todo o Estado.

Todas as etapas desenvolvidas neste trabalho de pesquisa contaram com o auxílio da computação, utilizando-se programas desenvolvidos nas linguagens FORTRAN e BASIC.

No entanto, gostaria-se de salientar que os resultados alcançados, neste trabalho, não podem ser estendidos a outras regiões, mesmo hidrologicamente semelhantes. Sendo possível apenas a aplicação da metodologia utilizada, na qual repousa a essência desta pesquisa.

## 2 - CARACTERÍSTICAS DO ESTADO DA PARAÍBA

### 2.1 - Localização

O estado da Paraíba encontra-se localizado entre os meridianos  $34^{\circ} 49'$  e  $38^{\circ} 47'$  de longitude oeste de Greenwich e entre os paralelos  $6^{\circ}$  e  $8^{\circ} 30'$  de latitude sul (Figueiredo, 1978). Com uma largura média de 220 Km, o Estado estende-se desde a costa do Atlântico, a leste, até áreas que atravessam a divisa com o Ceará, situadas a mais de 400 Km a oeste (fig. 2.1).

A extensão leste-oeste, ou seja, perpendicular à costa, permite a divisão do estado da Paraíba em três regiões naturais, distintas, a saber: Região Litorânea ou "Zona da Mata", Região de Transição ou "Agreste", Região interiorana ou "Sertão" (Jaccon, 1982).

### 2.2 - Clima

Utilizando-se da classificação climática de W. Koeppen, que tem como principais critérios discriminantes a precipitação e temperatura, Varejão - Silva et alli (1984) identificaram dois tipos climáticos fundamentais no estado da Paraíba: clima tropical chuvoso (megatérmico), com total anual médio de chuva superior a 750 mm e temperatura média

mensal do ar superior a  $18^{\circ}\text{C}$ , e clima seco (xerófito e desértico) com precipitação média anual variando entre  $20(t + 14)$  e  $10t$ , sendo  $t$  o valor médio anual da temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ). Segundo esses pesquisadores, os critérios discriminantes da classificação climática de Thornthwaite, no entanto, se ajustam mais à realidade física da Paraíba, em relação àqueles adotados por Koeppen.

### 2.3 - Regime de Precipitações

A distribuição anual das precipitações, na região, caracteriza-se por uma estação única de chuvas bem definidas, onde a maior pluviosidade ocorre entre janeiro e junho na maior porção do Estado e entre março e agosto na região litorânea (Varejão - Silva et alii, 1984). A precipitação é rara e de pequena magnitude de julho a outubro, enquanto em novembro e dezembro costumam acontecer chuvas isoladas. A repartição da máxima chuva anual, com duração de 1 dia observada (fig. 2.2), mostra dentro do semestre chuvoso pesquisa de uma variação do trimestre com maior índice pluviométrico para as diversas regiões naturais do Estado, sendo março o mês em que foi observado o maior número de máximos precipitados. Em termos de precipitação anual média há uma variação no litoral de 1000 a 1600 mm, na região de transição de 400 a 1000 mm, enquanto no sertão varia de 800 a 1000 mm (Jaccon, 1982).

## 2.4 - Relevo e Hidrografia

O relevo e a rede hidrográfica são representados na fig. 2.3. Ela mostra a existência de um planalto central, chamado planalto da Borborema, que separa a região litorânea baixa, com menos de 200 m de altitude e drenada em direção ao leste, de uma região ocidental, onde a altitude média é de 400 m, aproximadamente, e cuja rede hidrográfica toma a direção norte-nordeste. O perfil topográfico, leste-oeste, situando-se sobre o paralelo 7° S, mostra bem a verdadeira barreira que constitui a vertente oriental do planalto, orientada para o mar, sendo o obstáculo aos ventos dominantes (fig. 2.4 a e 2.4 b).

Ao sul, os estados da Paraíba e de Pernambuco são separados por uma cadeia de montanhas contínuas, cuja altitude média é superior a 600 m, às vezes atingindo 800 m. A altitude de 800 m é ultrapassada em Triunfo na Serra dos Cariris Velhos, e em Poção nos Cariris Novos.

Encontram-se, ao norte, pontos culminantes acima de 600 m nas serras de Luis Gomes e Martins, mas sem constituírem cadeias contínuas; toda a metade oeste da região estudada é largamente aberta ao norte pelo vale do rio Piranhas (Jaccon, 1982). Encontrando-se a leste os vales dos rios Paraíba do Norte, Mamanguape e Curimataú.

### 3 - ESTABELECIMENTO DAS SÉRIES E ANÁLISE DA HOMOGENEIDADE

#### 3.1 - Coleta de Dados

Os elementos básicos para desenvolvimento da pesquisa, ou seja, os dados de precipitações diárias observadas em todo o estado da Paraíba, foram obtidos através do Departamento de Meteorologia da Universidade Federal da Paraíba - Campus II, junto ao Banco de Dados Hidroclimatológicos da SUDENE - PE.

Os dados cedidos em fitas magnéticas, referem-se à pluviometria diária registrada em 73 (setenta e três) postos pluviométricos, espalhados em todo o estado da Paraíba, com mais de 30 anos de funcionamento. Tendo sido fornecidos em fitas, conforme dito anteriormente, necessário se fez a retirada de uma listagem das medições dos mesmos, a fim de permitir uma melhor visualização da qualidade das informações ali contidas.

#### 3.2 - Escolha das Estações Pluviométricas

Uma observação feita, de modo grosseiro, sobre as medições dos postos, demonstrou que seria necessário a criação de critérios que pudessem promover uma seleção

ção dos mesmos, já que muitos apresentavam falhas de até vários anos seguidos sem nenhum registro de pluviosidade.

O primeiro critério adotado consistiu na eliminação de todos os postos que continham menos de quarenta e cinco anos de dados ininterruptos, pois pretendia-se realizar uma análise de freqüência sobre o maior número de informações observadas com a máxima igualdade possível na quantidade de dados de cada posto.

Em seguida, procurando-se dar uma distribuição uniforme a todo o Estado, evitando-se com isso que houvesse uma maior concentração de informações em determinadas áreas, em detrimento de outras, como também, evitando-se escolher postos que apresentassem falhas de leitura no período chuvoso considerado (janeiro a junho), selecionaram-se 30 (trinta) postos pluviométricos espalhados em todo o estado da Paraíba (mapa 3.1).

A divisão do número de postos selecionados, com os seus respectivos períodos de observações sem interrupções, foi a seguinte:

- 14 postos com 50 anos de observações  
(1933 a 1982);
- 3 postos com 50 anos de observações  
(1923 a 1972);
- 4 postos com 46 anos de observações  
(1933 a 1978);

- 6 postos com 45 anos de observações  
(1938 a 1982) ;
- 3 postos com 45 anos de observações  
(1932 a 1976) .

A tabela 3.1 do anexo 2, detalha melhor essa divisão.

Vê-se assim que não foi possível a escolha de um período básico para a realização de uma análise de homogeneidade das informações. Porém, como a análise de homogeneidade utilizada neste trabalho (ver item 3.4) foi aplicada a séries independentes, constatou-se, posteriormente, que a não definição de um período base não trouxe nenhum prejuízo aos propósitos da pesquisa.

### 3.3 - Estabelecimento das Séries a serem Investigadas para Várias Durações.

Após a seleção dos postos pluviométricos, foi feito um exame detalhado, em cima das medições diárias dos cinco postos tomados como representativos (ver item 1.2), da quantidade de dias consecutivos com chuvas de várias durações. Desse modo, foram contadas separadamente, conforme a sua duração, em termos de dias consecutivos com chuvas, todas as medições pluviométricas registradas nos postos representativos, desde a sua instalação até dezembro do ano de 1982.

Procurando-se elucidar a contagem do número de dias com chuvas consecutivas para o posto representativo de Santa Luzia, faz-se uso da tabela 3.2, em anexo, que apresenta os totais diários precipitados no período chuvoso considerado do ano de 1962.

Nº DE DIAS CONSECUTIVOS COM CHUVAS (DURAÇÃO)	TOTAIS OBSERVADOS
1	17
2	02
3	--
4	02

Pode ser visto no quadro acima que, no uso da tabela 3.2, a contagem de 2 (dois) dias consecutivos, não foi considerada como duas de 1 dia para esta duração, ou melhor, cada período com chuvas observadas foi contado apenas uma vez.

Essa análise tinha como objetivo definir as durações das séries a serem utilizadas no desenvolvimento da pesquisa. Os resultados obtidos demonstram que, para quatro postos representativos, a frequência observada acumulada das chuvas com durações de um até cinco dias é superior a 95%, com exceção do posto Santa Rita que apresenta uma frequência acumulada em torno de 92%, ou seja, mais de 95% dos períodos de chuvas sem interrupções observadas, têm durações infe

riores a 6 (seis) dias consecutivos. Entenda-se por período de chuvas, o intervalo de dias com chuvas.

Os resultados não trouxeram surpresas, pois já era de se esperar um maior número de dias consecutivos com chuvas para o litoral, conforme as características climáticas do Estado (ver item 2.2).

Tendo-se como base os números alcançados, decidiu-se investigar as durações de 1, 2, 3, 4 e 5 dias, para o estabelecimento das séries de máximos diários anuais precipitados, sem a preocupação agora de serem dias consecutivos de chuvas, pois o objetivo era simplesmente obter o valor máximo precipitado correspondente a cada duração, para cada ano, no período chuvoso considerado. Obtendo-se assim, cinco séries de máximos multidiários anuais, para cada um dos trinta postos, perfazendo um total de 150 (cento e cinquenta) séries a serem investigadas.

O número de elementos das séries, para cada posto, correspondeu ao número de anos observados para o mesmo (tab. 3.1), com exceção daquelas que serão discutidas mais tarde. Estando assim, cada elemento de uma série, representando o valor máximo diário precipitado em um ano, para a duração em estudo.

Cada elemento de uma série foi obtido através do somatório móvel dos totais diários precipitados em um ano, no período chuvoso (janeiro a junho), sendo retirado dessa maneira o maior valor observado, ou seja, caso a duração que estivesse sendo investigada fosse de dois dias, por

exemplo, iniciariamos com o somatório dos totais precipitados nos dias 1 e 2 do mês de janeiro do ano em questão. Em seguida somariamos os totais precipitados nos dias 2 e 3 e assim, sucessivamente, até o dia 30 de junho, retirando-se com isso a maior soma observada, que seria um elemento da série com duração de dois dias.

A fim de exemplificar melhor o que foi dito, passa-se a demonstrar através de um exemplo, a obtenção de cada elemento das séries de máximos diários anuais, correspondentes às cinco durações investigadas, para o posto de Santa Luzia no ano de 1962.

A tabela 3.2 apresenta as medições diárias para os meses de janeiro a junho. Utilizando-se esta tabela pode-se construir o seguinte quadro:

DURAÇÃO (DIAS)	PERÍODO EM QUE OCORREU O TOTAL MÁXIMO PRECIPITADO PARA CADA DURAÇÃO.	SOMA DOS VALORES PRECIPITADOS CORRESPONDENTES A CADA PERÍODO (mm) (ELEMENTO DA SÉRIE)
1	22/03	65.0
2	22 e 23/03	65.0
3	22 a 24/03	73.0
4	22 a 25/03	73.0
5	22 a 26/03	73.0

Com os elementos assim obtidos, construíram-se as cento e cinquenta séries (5 para cada posto pluviométrico)

trico selecionado) de máximos diários anuais e partiu-se para a realização de uma análise preliminar dos elementos das séries com duração de 1 dia, a fim de se eliminarem valores inconsistentes, ou seja, valores oriundos de erros causados por inadvertência ou falta de cuidados nas medições, etc. Não tendo sido feita antes, devido à grande massa de informações que formavam os dados originais.

Alguns valores duvidosos, que serão comentados mais tarde, foram detectados, o que obrigou a retirada de todos os elementos correspondentes ao ano em todas as séries do posto, quando o mesmo assim o permitia (postos com mais de 45 anos de observações, tendo sido o valor duvidoso encontrado no início ou fim do período observado). Do contrário, o valor do elemento foi substituído pelo segundo valor máximo observado no somatório móvel dos totais precipitados para o ano e a duração correspondente. Procurando-se, com isso, evitar uma grande variação no número de elementos de cada série.

Deve-se salientar, no entanto, que a investigação das causas de inconsistência dos valores, como também, o preenchimento de falhas, encontram-se fora das pretensões deste trabalho.

Os postos pluviométricos que apresentaram elementos com valores duvidosos foram:

NOME DO POSTO	ANO(S) DO VALOR DUVIDOSO
Aguiar	1959
Alagoa Nova	1972
Barra de Santa Rosa	1960
Bom Jesus	1962
Picuí	1940
Porcos	1933
São João do Tigre	1964
Sumé	1935
Taperoá	1923 - 1924 - 1925
Umbuzeiro	1923

Portanto, 1/3 dos postos pluviométricos se leccionados possuíam valores duvidosos entre os seus dados, já que a análise foi feita sobre as séries com duração de 1 dia, cujos valores dos elementos representam apenas o valor máximo precipitado para cada ano, não correspondendo assim, à soma de valores.

Os valores considerados duvidosos nesta pesquisa são os seguintes:

1 - Ano sem chuvas, ou seja, o valor máximo precipitado no ano foi zero. Neste caso, se enquadram os postos de Taperoá, Umbuzeiro e Porcos, cujas séries tiveram o seu número de elementos diminuídos de um número igual ao de anos em que aconteceu tal fato.

2 - O total precipitado em 1 (hum) dia está muito acima da capacidade de armazenamento do equipamento de medição, normalmente utilizado na região, o pluviômetro "Ville de Paris". Nesta situação estão os postos de Alagoa Nova, Picuí, Barra de Santa Rosa e Sumé, cujo valor do elemento, correspondente ao ano, foi substituído pelo segundo valor máximo observado, isto sendo estendido para todas as durações, a fim de eliminar-se a influência deste valor duvidoso sobre as séries.

Para os postos pluviométricos localizados nas cidades de Aguiar, Bom Jesus e São João do Tigre, que apresentaram o primeiro tipo de valor duvidoso, ou seja, ano sem chuvas, porém em anos diferentes do início e término do período de observação considerado, adotou-se um novo procedimento que consistiu na substituição do valor desse elemento, considerado duvidoso, pela média aritmética dos demais valores constantes da série. Isso em razão desses postos terem apenas 45 anos de observações, não permitindo assim, a simples eliminação dos valores que, além de diminuir o número de elementos das séries, causaria uma quebra nas mesmas.

Os critérios adotados na formação das 150 (cento e cinquenta) séries não influenciaram na sua qualidade, apenas na sua composição em termos de número de elementos, as quais ficaram divididas em:

75 séries com 50 elementos;

5 séries com 49 elementos;

5 séries com 47 elementos;

15 séries com 46 elementos;

50 séries com 45 elementos.

### 3.4 - Testes de Homogeneidade das Séries

#### 3.4.1 - OBJETIVO

O termo homogeneidade, aqui utilizado, tem como sentido a verificação da existência ou não de perturbações nas séries, causadas por fenômenos naturais ou artificiais, evitando assim a análise de frequência em séries não estacionárias.

Para tanto, o hidrólogo dispõe, na estatística, de diversos tipos de testes. Entre eles, podem-se destacar, como mais comumente utilizados, os testes de hipóteses paramétricos e não-paramétricos. Os testes paramétricos são considerados mais poderosos, porém só podem ser aplicados a amostras que atendem a certos requisitos (Kite, 1977). Os testes de hipótese examinam propriedades estatísticas de uma série de tempo, investigando geralmente a estacionaridade da tendência central e da dispersão, sem identificar as causas.

Um teste de hipótese, seja paramétrico ou não-paramétrico, geralmente é realizado percorrendo-se as seguintes etapas:

- 1) Formulação de uma hipótese nula ( $H_0$ );
- 2) Cálculo da variável do teste;
- 3) Escolha de um nível de significância ( $\alpha$ ) com a definição da região de rejeição da hipótese nula;
- 4) Decisão do teste.

A aplicabilidade dos testes, como também, as vantagens e desvantagens de cada um, são tratadas detalhadamente por Koch e Rêgo (1985).

Neste trabalho, optou-se pela aplicação dos testes não-paramétricos, devido estes não fazerem restrições quanto ao tipo de distribuição de probabilidade a que os dados de uma amostra devam estar ajustados.

Os testes não-paramétricos foram aplicados a todas as séries seguindo a metodologia apresentada por Koch e Rêgo (1985). Foi adotado um nível de confiança ( $S = 1 - \alpha$ ) igual a 95%, o que implica em um erro do tipo I, ou seja, o erro que se comete ao se rejeitar a hipótese nula sendo esta verdadeira de 5%.

#### 3.4.2 - VALOR SINGULAR

Na estatística, define-se valor singular como sendo aquele que se situa distante da esperança matemática  $E(x)$  dos valores  $X(x(1), x(2), \dots, x(n))$  da amostra.

Com o objetivo de eliminar este tipo de não-homogeneidade das séries, já que um valor singular tem que ser considerado não representativo para um processo hidrológico, considerado estocástico, aplicou-se às séries o teste do valor singular de Dixon.

Para a realização desse teste, na forma unilateral, adotou-se um fator de frequência (K) igual a 4, correspondendo a um nível de significância ( $\alpha$ ) igual a 5%, pois o tipo de distribuição que se ajustava aos elementos das séries era desconhecida.

### 3.4.3 - TENDÊNCIA CENTRAL NÃO-ESTACIONÁRIA

Esta condição de não-homogeneidade é visível quando ocorre uma alteração numérica do valor da esperança matemática  $E(x)$ .

A fim de se verificar o comportamento dos elementos das séries, quanto à tendência central não-estacionária, aplicou-se o teste "U" de Wilcoxon, Mann e Whitney, na forma bilateral, dividindo-se cada série em duas partes, com iguais números de elementos, quando assim a série o permitia (séries com um número par de dados); Caso contrário, a divisão das séries se deu de tal forma, que uma amostra ficou com  $(N-1)/2$  elementos e a outra com o restante  $(N+1)/2$ , sendo N o número de elementos da série.

#### 3.4.4 - DISPERSÃO NÃO-ESTACIONÁRIA

Quando a dispersão dos valores de uma amostra em relação a esperança matemática  $E(x)$  cresce ou decresce continuamente, se diz que ocorreu uma dispersão não-estacionária.

O teste não-paramétrico aplicado às séries, divididas em duas amostras, conforme critérios explicados no sub-item anterior, foi o teste de Siegel e Tukey, na sua forma bilateral. Porém, este teste somente foi aplicado, quando a hipótese nula formulada para o teste anterior (teste "U") não foi rejeitada, segundo Koch e Rêgo (1985).

Os resultados obtidos com a aplicação dos testes não-paramétricos a todas as séries encontram-se no anexo 2, tabelas 3.3 a 3.7.

#### 3.4.5 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Pode-se ver nas tab. 3.3 a 3.7 que algumas séries apresentaram uma não homogeneidade dos seus elementos, segundo os testes aplicados.

Porém, devido ao fato de não se ter postos pluviométricos na região pesquisada, atendendo aos critérios utilizados na escolha dos mesmos (ver sub-item 3.2), que pudessem vir a substituir os postos, nos quais algumas séries apresentaram uma não homogeneidade, decidiu-se continuar a

pesquisa com as séries dos 30 (trinta) postos escolhidos inicialmente, passando-se a observar com maior cuidado o comportamento, na análise de frequência, daquelas consideradas não homogêneas. Esta observação permitiu uma recomendação no uso de alguns postos para fins de regionalização (ver sub-item 7.2).

## 4 - ANÁLISE DA FREQUÊNCIA DAS SÉRIES

### 4.1 - Objetivo

Na hidrologia, o engenheiro é levado freqüentemente a tomar decisões acerca de populações, baseadas nas informações de amostras. Essas decisões são denominadas "de ci sões est at íst i c as". Um exemplo de uma decisão estatística, das mais importantes, é o da escolha da melhor distribuição probabilística que represente uma população baseada em amostras provenientes desta população, sendo necessário assim uma análise da freqüência da amostra.

Entenda-se por população, todos os valores que uma variável aleatória pode assumir e amostra como sendo uma pequena parte representativa desta população.

Três suposições básicas estão implícitas em qualquer análise de freqüência:

- a) Os dados a serem analisados descrevem eventos aleatórios;
- b) Os processos naturais envolvidos são estacionários com respeito ao tempo;
- c) Os parâmetros populacionais podem ser estimados a partir das amostras.

A análise de frequência aplicada a todas as séries aqui utilizadas, teve como objetivo descobrir a interrelação existente entre precipitação (P), duração (D) e probabilidade ( $P_{ab}$ ) no estado da Paraíba. Para tanto, verificou-se o ajustamento de 8 (oito) distribuições contínuas de probabilidade, normalmente utilizadas, a todos os elementos das séries.

As distribuições de frequência utilizadas foram: Gauss, Gumbel, Pearson III, Gama e suas formas logarítmicas.

## 4.2 - Ajustamento das várias Distribuições de Probabilidade

### 4.2.1 - ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS

Existem pelo menos quatro técnicas, em uso corrente, para estimativa dos parâmetros de uma distribuição:

- a) Método dos momentos;
- b) Método da máxima verossimilhança;
- c) Método dos mínimos quadrados;
- d) Método gráfico.

Entre elas, optou-se pelo método dos momentos que calcula os parâmetros das distribuições em função dos parâmetros da amostra (média, desvio padrão, coeficiente de assimetria). Esta propriedade é que faz com que este método seja considerado por alguns estatísticos, como um método menos preciso do que o método da máxima verossimilhança, que calcula os parâmetros das amostras, baseado nos parâmetros das distribuições.

Tal consideração deve-se ao fato de que os dados de uma amostra estão sujeitos a erros, logo a estimativa dos parâmetros das distribuições baseadas em parâmetros desses dados estariam automaticamente absorvendo esses erros.

Porém, não é objetivo deste trabalho a avaliação dos erros existentes nos dados originais e sim, desenvolver uma metodologia que nos forneça o valor da precipitação ( $P$ ) em função da duração ( $D$ ) e probabilidade ( $P_{ab}$ ). Justificando assim a escolha pelo método mais rápido de ser aplicado.

Em estudo recente, Silva e Souza (1986), aplicando o modelo gama incompleto a totais diários de chuva em postos localizados no estado da Paraíba, obtiveram bons resultados ao estimar os parâmetros desse modelo pelos métodos de máxima verossimilhança e dos momentos. Resultados esses medidos pelo desvio máximo entre os valores teóricos e empíricos.

#### 4.2.2 - TESTE DE KOLMOGOROV - SMIRNOV

A estimativa dos parâmetros de uma lei de distribuição estatística e a verificação da sua adequação, levam-nos a pesquisar um teste de ajustamento para a amostra de variáveis aleatórias, permitindo escolher entre as várias funções de repartição aquela que representa os elementos dessa amostra, utilizando-se em geral o teste desenvolvido em 1933 por Kolmogorov - Smirnov e o do qui-quadrado ( $\chi^2$ ).

O teste de ajustamento de kolmogorov-Smirnov, considerado por alguns estatísticos como o mais poderoso (Costa Neto, 1977), foi o escolhido para testar o ajustamento das oito distribuições de probabilidade aos elementos das séries.

O teste consta simplesmente no cálculo da maior diferença absoluta existente entre as probabilidades teórica  $P(x)$  e empírica  $F(x)$  para os dados da amostra.

$$d = \max \{ | F(x) - P(x) | \} \quad (4.1)$$

e da sua comparação com um valor crítico tabelado (Kite, 1977) que é função do número de dados da amostra ( $N$ ) e do nível de significância adotado ( $\alpha$ ).

Esse teste serviu como primeiro critério de avaliação do ajustamento das distribuições de probabilidade escolhidas a todos os elementos das cento e cinquenta séries, sendo adotado para realização do mesmo, um nível de significância ( $\alpha$ ) igual a 5%.

Para o cálculo da frequência empírica ou observada  $F(x)$  dos elementos das séries, foi utilizada, após a ordenação dos mesmos em ordem crescente, a frequência Kimball, ou seja:

$$F(x) = m/(N + 1) \quad (4.2)$$

onde,

$m$  = numeral ordinal correspondente a ordem do elemento;

$N$  = número total de elementos da série.

Com relação a probabilidade teórica  $P(x)$  de cada elemento, utilizou-se a metodologia empregada por Kite (1977), para todas as distribuições.

Pretendia-se com a aplicação desse teste de ajustamento, verificar aquela distribuição de probabilidade que melhor representasse os elementos das séries de todos os postos pluviométricos pesquisados. Porém, seus resultados só permitiram a eliminação de três distribuições (Gauss, Log. Gama e Log. Gumbel), consideradas como as de piores ajustamentos aos elementos de todas as séries. Sendo necessário, assim, a investigação através de novos critérios, que pudessem indicar a "melhor".

Os resultados alcançados com a aplicação do teste de ajustamento de Kolmogorov-Smirnov para todas as séries, encontram-se no anexo 2, tabelas 3.3. a 3.7.

## 4.3 - Escolha da Melhor Distribuição

### 4.3.1 - CRITÉRIOS

Após a aplicação do teste de Kolmogorov - Smirnov, que permitiu somente a eliminação de três distribuições de probabilidade, procurou-se criar novos critérios que pudessem indicar qual seria a "melhor" distribuição representativa para todo o estado da Paraíba, ou pelo menos, para regiões.

Os critérios criados, levando em consideração a necessidade de estimativa de valores esperados de precipitações com probabilidade de ocorrência acima de 50% (ver item 4.4), o que implica em ser considerada como melhor distribuição de probabilidade, aquela que melhor se ajuste aos  $N/2$  elementos finais de cada série, foram os seguintes:

- a) método gráfico;
- b) Observação do número de ordem do elemento de cada série, onde ocorreu a maior diferença  $|F(x) - P(x)|$  e o valor dessa diferença, para todas as distribuições. Logo, dentre as distribuições, aquela que tivesse apresentado o menor valor entre as diferenças absolutas, no elemento de menor número de ordem, seria considerada como a melhor para representar os elementos da série.

c) Comparação entre as distribuições, do somatório das diferenças absolutas existentes entre as probabilidades empírica e teórica dos elementos da metade superior de cada série. Sendo assim, considerada como melhor distribuição para representar os elementos da série, aquela que apresentasse o menor somatório.

O método gráfico, que consta na plotação das freqüências observadas dos dados da amostra sobre as curvas das distribuições probabilísticas em papéis apropriados, permitindo com isso, uma verificação visual do ajustamento dos dados a cada distribuição, foi aplicado apenas para as sé-ries dos cinco postos representativos.

#### 4.3.2 - RESULTADOS

O primeiro critério utilizado, ou seja, o método gráfico, permitiu a eliminação da distribuição Log. Pearson, visto que a curva das probabilidades teóricas desta distribuição atingiu 100% para todas as séries dos postos representativos, o que significa dizer que a probabilidade de um certo valor de precipitação ser ultrapassado ou alcançado seria igual a zero. Fato este que, na estatística, falando em termos hidrológicos, seria impossível. Como exemplo, pode-se ver a fig. 4.1 que apresenta as curvas de proabilidades teóricas das distribuições logarítmicas para o

posto de Santa Luzia (duração 2 dias), na qual segundo a distribuição Log. Pearson nunca devem acontecer precipitações com alturas superiores aproximadamente a 130 mm.

Estando agora com apenas quatro distribuições probabilísticas (Pearson III, Gama, Gumbel e Log. Gauss), passou-se à escolha daquela que pudesse representar o universo de elementos de todas as séries pesquisadas para o Estado. Contudo, os critérios adotados no sub-item anterior pouco mostraram, em termo de qual seria a "melhor" das quatro para representar todo estado da Paraíba ou regiões. A solução encontrada então foi a de escolher para cada posto a sua "melhor" distribuição representativa.

Entretanto, para a maioria dos postos pluviométricos encontrou-se quase sempre duas distribuições que poderiam representar os elementos das cinco séries, correspondentes às durações de 1 a 5 dias com chuvas. Portanto, mais uma vez, tinha-se que adotar uma posição para definir a "melhor" e partiu-se para verificar entre as cinco séries de cada posto, o número de vezes em que uma certa distribuição X era melhor do que uma Y e o número de vezes em que uma distribuição Y era melhor do que a X.

Depois, investigou-se o erro absoluto médio que se cometeria na estimativa dos valores, associados a intervalos de retorno pré-definidos (ver item 4.4), ao se substituir a distribuição X por Y ou vice-versa, optando assim pela distribuição que representasse o maior número de durações para o posto e que, ao substituir uma outra, apre

sentasse o menor erro médio absoluto.

A seguir passa-se a expor um exemplo ilustrativo da escolha da melhor distribuição representativa para um posto.

Exemplo: Posto - BANANEIRAS

DURAÇÃO DAS SÉRIES EM DIAS	MELHOR DISTRIBUIÇÃO	SEGUNDA MELHOR DISTRIBUIÇÃO	ERRO * (%)
1	Gumbel	Log. Gauss	4,69
2	Log. Gauss	Gumbel	1,02
3	Log. Gauss	Gumbel	1,58
4	Gumbel	Log. Gauss	3,52
5	Gumbel	Log. Gauss	5,20

\* Erro médio absoluto cometido na estimativa de valores, ao se substituir a melhor distribuição pela segunda melhor.

Logo, vê-se que a melhor distribuição para representar os elementos das séries do posto Bananeiras seria a distribuição Gumbel, pois esta é a "melhor" distribuição para três durações e ao substituir a distribuição Log. Gauss nas durações de 2 e 3 dias apresenta o menor erro médio absoluto, em torno de 1,30%.

O mapa 4.1, mostra as distribuições probabilísticas escolhidas para representar os elementos das cinco séries, de cada posto pluviométrico estudado.

#### 4.4 - Estimativa de Precipitações através da Melhor Distribuição.

Após a escolha da distribuição de probabilidade representativa dos elementos de cada posto, partiu-se para a estimativa de valores de precipitações, associados aos seguintes intervalos de retorno (T): 5, 10, 20, 50, 100 e 200 anos.

Entenda-se por intervalo de retorno ou recorrência de um evento com uma certa magnitude, o intervalo médio de tempo entre ocorrências deste evento. Matematicamente o intervalo de retorno se relaciona com a probabilidade deste evento ser alcançado ou ultrapassado ( $P_{ab}$ ) através da expressão:

$$T = 1 / (1 - P_{ab}) \quad (4.3)$$

A estimativa dos valores de precipitações foi feita utilizando-se os parâmetros (média, desvio padrão, coeficiente de assimetria) das cento e cinquenta séries obtidas, ou seja, para cada uma das cinco séries do posto, correspondentes às cinco durações estudadas, estimaram-se, através da distribuição de probabilidade, os valores esperados das precipitações para os intervalos de retorno já mencionados. Estas estimativas tinham como objetivo fornecer subsídios para o desenvolvimento de uma metodologia que nos desse o valor da precipitação (P) em função da duração (D) e do

intervalo de retorno (T) para qualquer local do estado da Paraíba. Tal assunto é tratado no capítulo seguinte.

Na estimativa das precipitações, foi utilizado uma correção do valor de  $T = 5$  anos, sugerida por Langbein, Ven Te Chow (1964), devido ao fato dos dados originais corresponderem a valores máximos anuais, enquanto que, as precipitações obtidas através da distribuição de probabilidade para um intervalo de retorno de cinco anos, apesar de serem valores máximos, não são necessariamente máximos anuais.

$$T_5 \text{ corrigido} = e^{1/T} / (e^{1/T} - 1) \quad (4.4)$$

Logo,

$$T_5 = e^{1/5} / (e^{1/5} - 1) = 5,52$$

A metodologia utilizada para obtenção dos valores das precipitações foi a descrita por Kite (1977), que faz uso da famosa equação de Ven Te Chow:

$$X_T = \bar{X} + K \cdot S_x \quad (4.5)$$

onde,

$X_T$  = Valor esperado ou estimado

$\bar{X}$  = Média da amostra

$K$  = Fator de frequência, que é função do intervalo de retorno e das características da distribuição

$S_x$  = Desvio padrão da amostra

Obtidos os valores de precipitações estimados para cada posto e para todas as durações, iniciou-se a correção dos mesmos, através da sua multiplicação, por um coeficiente conforme recomendação do Deutscher Verband fuer Wasserwirtschaft und Kulturbauwesen (1983), que justifica a sua necessidade, devido o erro que é cometido ao se trabalhar com um dado considerado diário, quando na verdade, o fenômeno (precipitação) pode ter ocorrido em um intervalo de tempo menor.

Os coeficientes utilizados para correção dos valores estimados das precipitações encontram-se no quadro a seguir:

DURAÇÃO	COEF. ADOTADO
1 dia	1,14
2 dias	1,07
3 dias	1,04
4 dias	1,03
5 dias	1,03

FONTE: DVWK (1983)

## 5 - CÁLCULO DA PRECIPITAÇÃO EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO E DO INTERVALO DE RETORNO

### 5.1 - Definições

No início de cada capítulo precedente, ou quando necessário, tem-se sempre procurado definir os conceitos e termos hidrológicos no trabalho utilizado. Visa-se, com isso, proporcionar ao leitor, menos familiarizado com a hidrologia, condições para um bom entendimento da pesquisa ora desenvolvida.

Com essa finalidade passa-se a apresentar o significado de alguns conceitos e termos que serão usados neste capítulo.

Modelo matemático — É a representação matemática, geralmente através de uma função, do comportamento de uma variável aleatória no decorrer do tempo.

Regressão — É um método que permite através de uma "**função regressiva**" a estimativa de uma variável considerada dependente a partir de uma ou mais ditas independentes.

Correlação — Método que indica o grau de relação linear existente entre as variáveis envolvidas na regressão, através do coeficiente ou índice de correlação.

Contudo, para um melhor entendimento recomenda-se Spiegel (1974).

Tendo-se como objetivo a realização de uma posterior regionalização (capítulo 6) com os valores de precipitações calculados no capítulo anterior, para todos os postos, procura-se aqui desenvolver uma metodologia que possa de maneira prática representar esses valores. Para tanto, usaram-se dois procedimentos, um gráfico e outro analítico, sendo no final escolhido aquele que se achou mais viável.

## 5.2 - Procedimento Gráfico

Após o cálculo dos valores das precipitações esperadas, associadas a intervalos de retorno, para todos os postos e durações, plotaram-se os valores de P (precipitações) assim obtidos em função de D (duração) e T (intervalo de retorno), para os cinco postos representativos, em papéis gráficos tais como: linear, semi-logarítmico e logarítimico, procurando-se com isso uma configuração dos pontos que melhor permitisse um ajustamento visível de uma curva, a fim de que essa viesse a representar os valores calculados.

Pode-se assim observar que a melhor configuração dos pontos foi obtida no papel logarítmico.

### 5.3 - Procedimento Analítico

Neste segundo procedimento desenvolveram-se (2) dois modelos matemáticos, através do uso das regressões múltiplas e simples, respectivamente, para representar os valores das precipitações em função da duração e intervalo de retorno. Utilizou-se no entanto para o cálculo das curvas de regressões, o método dos mínimos quadrados, que consiste na verificação do somatório dos quadrados das diferenças entre os valores obtidos através da curva e os valores reais. Sendo considerada como "melhor curva de ajustamento" ou "curva de mínimos quadrados", entre as variáveis envolvidas, aquela que apresente o menor somatório (Spiegel, 1974).

#### 5.3.1 - REGRESSÕES MÚLTIPLAS

A primeira metodologia consistiu em procurar condensar os pontos ( $P = f(D,T)$ ) de cada posto, em uma equação matemática fácil de ser manuseada. Para tanto, verificou-se entre as regressões múltiplas abaixo, aquela que permitia a construção da melhor curva de ajustamento:

- Regressão Exponencial

$$P = a.e^{(b.D + c.T)} \quad (5.1)$$

- Regressão Geométrica

$$P = a \cdot D^b \cdot T^c \quad (5.2)$$

onde,

P = Precipitação em mm

D = Duração do total precipitado em dias

T = Intervalo de retorno em anos

a,b,c = Coeficientes que dependem do posto pluviométrico.

Os resultados obtidos vieram confirmar a melhor configuração dos pontos, observada no sub-item anterior, ou seja, a melhor correlação dos pontos foi obtida na regressão geométrica múltipla, com um coeficiente de correlação (r) médio em torno de 99% para todos os postos, o qual segundo a classificação de Chaddock (Némec, 1972) pode ser considerada como uma correlação muito forte.

A tabela 5.1 apresenta os valores dos coeficientes a, b e c da equação 5.2, das curvas de mínimos quadrados, como também, os respectivos valores dos coeficientes de correlação, para todos os postos pesquisados.

### 5.3.2 - REGRESSÕES SIMPLES

Nesta segunda metodologia procurou-se aplicar as regressões citadas anteriormente acrescidas da regressão

linear, entre os próprios parâmetros (média, desvio padrão, coef. de assimetria) das cinco séries do posto, porém na sua forma simples, ou seja, uma variável dependente (parâmetro) e outra independente (duração).

- Regressão Linear

$$Y = a.D + b \quad (5.3)$$

- Regressão Exponencial

$$Y = a.e^{b.D} \quad (5.4)$$

- Regressão Geométrica

$$Y = a.D^b \quad (5.5)$$

onde,

Y = Parâmetro em estudo

D = Duração em dias

a,b = Coeficientes

Obtida a melhor regressão de cada parâmetro para os postos, ou seja, encontrada uma curva compensada para representar a distribuição dos parâmetros, calcularam-se seus novos valores, correspondentes às durações estudadas e utilizando-se da distribuição de probabilidade escolhida para o posto, estimaram-se os valores de precipitações associados aos intervalos de retorno pesquisados.

Mais uma vez a regressão geométrica foi a que apresentou em média um coeficiente de correlação mais alto, em torno de 99% para as regressões das médias e dos

desvios padrões de todas as séries dos postos. Com relação às regressões aplicadas aos coeficientes de assimetria das séries, a melhor regressão obtida foi a linear, com um coeficiente de correlação médio igual a 75%, que segundo a classificação citada anteriormente pode ser considerada como forte.

Sendo um método trabalhoso de ser aplicado, empregou-se o mesmo inicialmente apenas para os postos representativos (os postos localizados nas cidades de Aguiar, Bananeiras, Santa Luzia, Santa Rita e Soledade).

A tabela 5.2 apresenta os coeficientes de correlação obtidos nas regressões aplicadas entre os parâmetros das cinco séries dos postos representativos.

#### 5.4 - Discussão dos Resultados

O procedimento gráfico tem a vantagem da simplicidade de demonstração dos valores das precipitações calculados através das próprias distribuições de probabilidade. Por outro lado, o ajustamento visual de uma curva a pontos, torna o procedimento altamente subjetivo. Logo, tendo-se em vista esta desvantagem, como também, a dificuldade que se teria de apresentar neste trabalho as 180 (cento e oitenta) curvas, seis para cada posto, correspondentes aos pontos relativos a cada intervalo de retorno, e a fim de facilitar uma posterior regionalização, deixou-se este procedimento

de lado e partiu-se para a escolha de uma das duas metodologias empregadas no procedimento analítico.

As duas metodologias utilizadas, no procedimento analítico, com a finalidade de se obter uma função que interrelacionasse diretamente ou indiretamente, precipitação, duração e intervalo de retorno, foram aplicadas na estimativa de valores esperados de precipitações para os cinco postos tomados como representativos.

Em ambas, os resultados finais obtidos podem ser considerados satisfatórios. Porém, na segunda metodologia a correlação obtida para a regressão entre os coeficientes de assimetria das séries não foi muito boa, devido ao fato do coeficiente de assimetria de uma amostra poder assumir valor negativo, o que impossibilita o uso das regressões geométricas e exponenciais. Tal fato deve ser levado em consideração na aplicação dessa metodologia, principalmente quando a distribuição probabilística leva em consideração, para estimativa de valores, o valor do coef. de assimetria da amostra (ex: Pearson III).

Para os postos representativos, os valores estimados pelo segundo método, do procedimento analítico, apresentaram em média, diferenças menores do que o primeiro, com relação aos valores calculados através da própria distribuição de probabilidade escolhida para cada posto (fig. 5.1 a 5.10).

No entanto, levando-se em consideração a maior facilidade de apresentação final dos resultados, como também, a necessidade de uma investigação maior no uso da regressão entre os coef. de assimetria das séries, para o segundo método, optou-se pelo uso da primeira metodologia para a realização da regionalização.

## 6 - REGIONALIZAÇÃO

### 6.1 - Objetivo

A regionalização ou análise regional consiste na transferência espacial de informações para uma região, a partir de eventos observados em locais dessa região, em outras palavras, através do uso da regionalização é possível a definição de eventos em locais onde nenhuma observação tenha sido feita.

Com este objetivo, procurou-se, neste capítulo, utilizando-se dos resultados pontuais obtidos para os trinta postos pluviométricos estudados (mapa 3.1), com o uso da primeira metodologia do procedimento analítico, descrita no capítulo anterior, efetivar uma regionalização que suprisse a falta de informações existentes no estado da Paraíba, no que diz respeito, às precipitações multidiárias esperadas, associadas a intervalos de retorno, para fins de irrigação, operação de reservatórios, dimensionamento de açudes e barreiros, etc.

### 6.2 - Mapa dos Coeficientes

A regionalização foi feita a partir dos resultados obtidos para os trinta postos pluviométricos pesquisa

dos (tabela 5.1), através da confecção de mapas com isolinhas para os coeficientes a, b e c da equação 5.2 para toda a região estudada. Tais mapas encontram-se no anexo 1, mapas 6.1 a 6.3.

Entretanto, no traçado das isolinhas entre os coeficientes "a" da eq. 5.2 dos postos estudados, duas regiões de transição nos trouxeram dúvidas quanto ao traçado correto das isolinhas desse coeficiente:

- Região localizada entre os postos de Bananeiras, Mamanguape, Sapé e Alagoa Nova, no traçado das isolinhas de magnitude 80 (oitenta) e 85 (oitenta e cinco).

- Região localizada entre os postos de Porcos, Olho D'água e Imaculada no traçado da isolinha de magnitude 85 (oitenta e cinco).

Tais dúvidas, devem-se à falta de maiores informações nessas regiões, que seriam obtidas com a utilização de um maior número de postos pluviométricos para as mesmas.

A seguir, passa-se a demonstrar o uso dos mapas dos coeficientes no cálculo da precipitação esperada em função da duração e intervalo de retorno para qualquer local do estado da Paraíba.

Tomando-se como exemplo o valor da precipitação que deve ser esperada para uma duração de 2 dias, associada a um intervalo de retorno de 100 anos, em um posto pluviométrico.

viométrico fictício, instalado na cidade de Caturité, cuja localização geográfica é  $36^{\circ}$  de longitude W e  $7^{\circ} 24'$  de latitude S.

Portanto, com as coordenadas geográficas do local onde se deseja o valor da precipitação associada a uma duração e um intervalo de retorno, entra-se nos mapas 6.1 a 6.3 e fazendo-se uso da interpolação de valores entre as isolinhas, retiram-se respectivamente os valores dos coeficientes **a**, **b** e **c**:

$$a = 67,0$$

$$b = 0,189$$

$$c = 0,207$$

Obtidos os valores dos coeficientes **a**, **b** e **c** utiliza-se a equação 5.2 e calcula-se a precipitação pontual esperada:

$$P = a \cdot D^b \cdot T^c$$

$$P = 67,0 \cdot 2^{0,189} \cdot 100^{0,207}$$

$$P = 198,1 \text{ mm } (\cong 200 \text{ mm})$$

### 6.3 - Mapas com a Duração e o Intervalo de Retorno previamente escolhidos.

Vê-se assim, que o uso do método é simples, podendo-se até, conforme a necessidade do usuário, construir

mapas com isolinhas de precipitações para durações e intervalos de retorno pré-definidos. Bastando, para isso, calcular os valores das precipitações esperadas para os postos estudados e a seguir traçar linhas entre eles de igual precipitação.

Para fim ilustrativo, foi construído um mapa das precipitações esperadas em todo o estado da Paraíba, com duração de 2 dias e intervalo de retorno de 100 anos (mapa 6.4).

## 7 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 7.1 - Conclusões

- O manuseio das medições pluviométricas do Estado, como também, aplicação dos testes não-paramétricos, nos levam a duvidar da qualidade da maioria das mesmas.

- A baixa densidade de postos pluviométricos com pelo menos 45 anos de observações ininterruptas, foi um fator restritivo na pesquisa.

- Os critérios adotados para testar o ajustamento das distribuições de probabilidade a todas as séries, demonstraram que não existe uma distribuição probabilística que possa ser considerada como a "melhor" para representar os dados de precipitações multidiárias do Estado ou de sub-regiões do mesmo.

- A segunda metodologia do procedimento analítico (ver sub-item 5.3.2) utilizada para o cálculo de  $P = f(D, T)$ , apesar de ter apresentado diferenças menores nos valores estimados, para os postos representativos, além de ser mais trabalhosa, necessita de estudos mais aprofundados, tanto para verificação do problema levantado na regressão dos coef. de assimetria das séries, como na sua apresentação final para permitir uma posterior regionalização.

- Enfim, pode-se aceitar a níveis satisfatórios, como base para a estimativa de valores de precipitações multidiárias para o estado da Paraíba, os valores obtidos através da equação 5.2.

## 7.2 - Recomendações

- Os postos pluviométricos localizados nas cidades de Alagoa Nova, Catolé do Rocha, Malta e São João do Tigre, devem ser evitados, se possível, de serem tomados como base para estimativa dos coeficientes  $a$ ,  $b$  e  $c$  da eq. 5.2. Esta recomendação deve-se ao fato, da maioria das séries desses postos não terem apresentado uma boa homogeneidade nos seus elementos.

- Os valores dos coeficientes  $a$ ,  $b$  e  $c$  da eq. 5.2 devem ser calculados com uma aproximação de até três casas decimais, a fim de diminuir a diferença entre os valores assim estimados e os valores obtidos através da própria distribuição de probabilidade escolhida para o posto; diferença esta que não ultrapassou 5% em média para os postos representativos estudados.

- Nas regiões fronteiriças do Estado, como também, nas regiões de transições discutidas no item 6.2, os valores da precipitação devem ser estimados cuidadosamente, podendo-se inclusive comparar os resultados aqui calculados com os de outras metodologias, a fim de uma melhor averiguação

do valor real da precipitação esperada, associada a um intervalo de retorno, para esses locais.

- No uso da primeira metodologia do segundo procedimento de cálculo da precipitação em função da duração e intervalo de retorno, no que diz respeito à função geométrica múltipla utilizada na regressão, pode-se procurar outras formas de expressões geométricas que nos forneçam um melhor coeficiente de correlação entre as variáveis envolvidas, possibilitando desse modo, uma maior precisão dos coeficientes da eq. 5.2.

- Aos órgãos competentes, recomenda-se desenvolver esforços para promover uma melhoria na qualidade dos dados pluviométricos.

## 8 - BIBLIOGRAFIA

- Bonini, S., E. Bonini (1972): **TEORIA E EXERCÍCIOS - ESTATÍSTICA** - Edições Loyola - São Paulo.
- Chow, V. T. (1964): **HANDBOOK OF APPLIED HYDROLOGY**  
Ed. McGraw - Hill Book Company - USA.
- Costa Neto, P. L. O. (1977): **ESTATÍSTICA**  
Ed. Edgard Blücher Ltda - São Paulo.
- Draper, N. R. e Smith (1981): **APPLIED REGRESSION ANALYSIS**  
Copyright By John Wiley & Sons - USA.
- DVWK (1983): **Empfehlungen zur Niederschlagsauswertung aus Starkregen in Abhaengigkeit von Wiederkehrzeit und Dauer (Entwurf)** - Bonn.
- Figueiredo, M. L. (1978): **GEOGRAFIA DA PARAÍBA**  
Ed. Santa Fé Ltda, pag. 8 - 21 - Campina Grande - Pb.
- Jaccon, G. (1982): **AS PRECIPITAÇÕES ANUAIS DA REGIÃO PARAIBANA** - SUDENE/DRN - Recife - Pe.
- Kite, G. W. (1977): **FREQUENCY AND RISK ANALYSES IN HIDROLOGY**  
Water Resourcer Publication - Colorado - USA.

- Koch, U. e J.C. Rêgo (1985): Aplicação de Testes Não - Pa  
ramétricos para Verificar a Homogeneidade de Séries  
Hidrometeorológicas.  
RBE - CRH - Vol. 3, Nº 1 - São Paulo.
- Némec, J. (1972): ENGINEERING HYDROLOGY  
Ed. McGraw - Hill Publishing Company Limited - USA.
- Nimer, E. (1979): Pluviometria e Recursos Hídricos de Per  
nambuco e Paraíba - FIBGE - Rio de Janeiro.
- Silva, B.B. (1985): Estudo da Precipitação no Estado da Pa  
raíba: Regimes Pluviais e Caracterização de Anos Secos e  
Chuvosos - Dissertação de Mestrado - UFPb - Campina Gran  
de - Pb.
- Silva, B.B. & Souza, F.A.S. (1986): Aplicação do modelo ga  
ma a totais diários de chuva no Estado da Paraíba - CON  
GRESSO INTERAMERICANO DE METEOROLOGIA, 1/CONGRESSO BRASI  
LEIRO DE METEOROLOGIA, 4. Brasília, 20 a 24 de outubro,  
236 - 241.
- Spiegel, M. R. (1974): ESTATÍSTICA  
Ed. McGraw-Hill do Brasil Ltda - São Paulo.
- Varejão - Silva, M.A.; Braga, C.C.; Aguiar, M.J.; Nietzsche,  
M.H. & Silva, B.B. (1984): Atlas Climatológico do Estado  
da Paraíba - UFPb - FINEP - BNB - Campina Grande - Pb.
- Yevjevich, V. (1972): PROBABILITY AND STATISTICS IN HYDROLOGY  
Water Resouces Publications - Colorado - USA.

9 - ANEXOS

9.1 - ANEXO 1  
FIGURAS E MAPAS

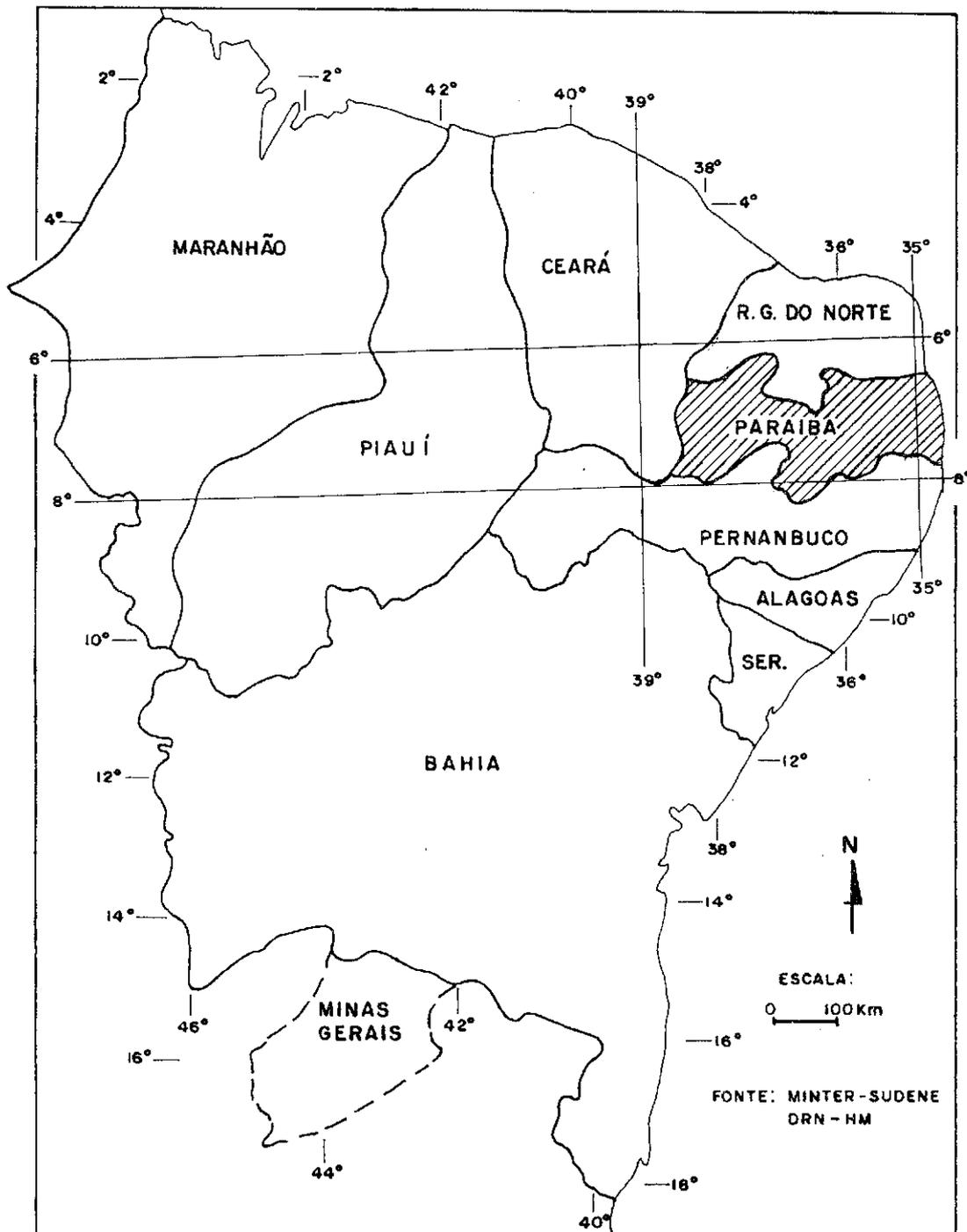


Fig. 2.1 - Localização da região estudada.

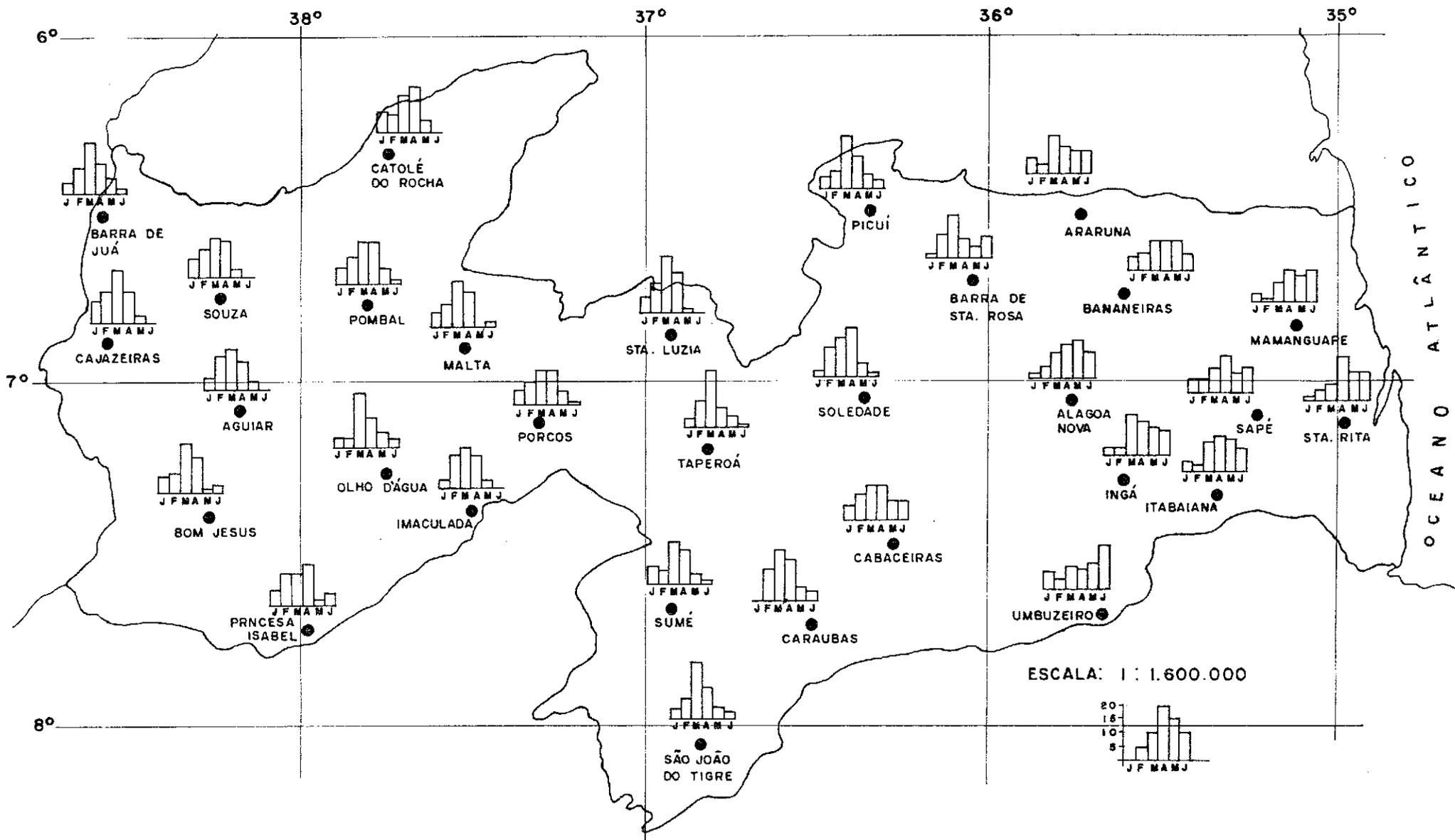


Fig. 2.2 - Máxima chuva de 1 dia observada.

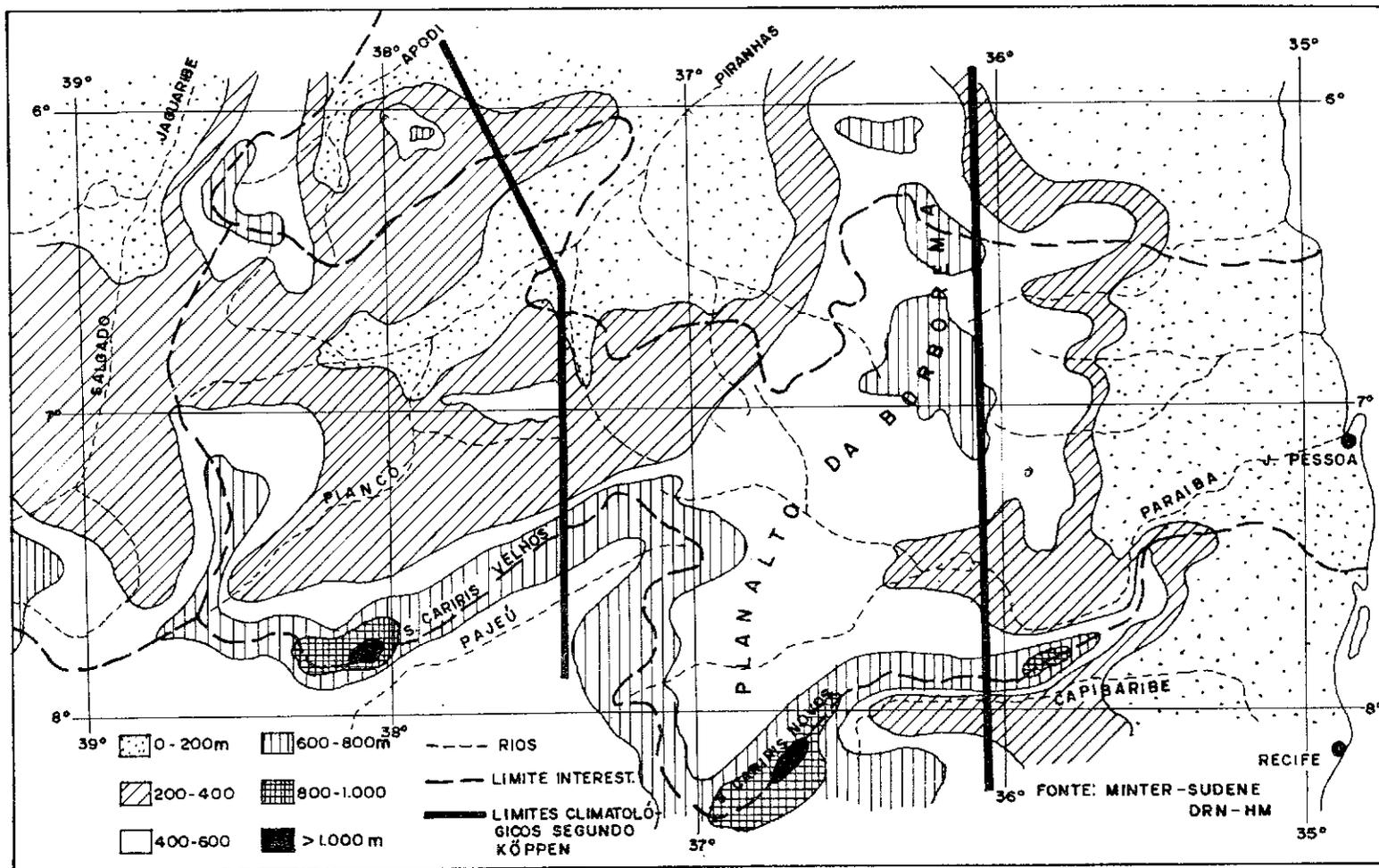


Fig. 2.3 - Hidrografia e relevo do Estado da Paraíba.

FONTE: MINTER - SUDENE  
DRN - HM

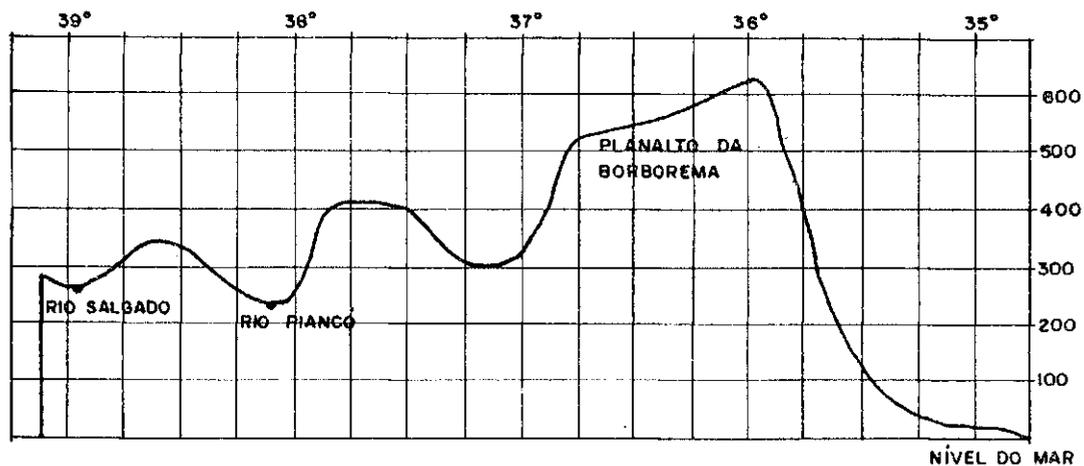


Fig. 2.4 a - Perfil topográfico leste-oeste (7° S).

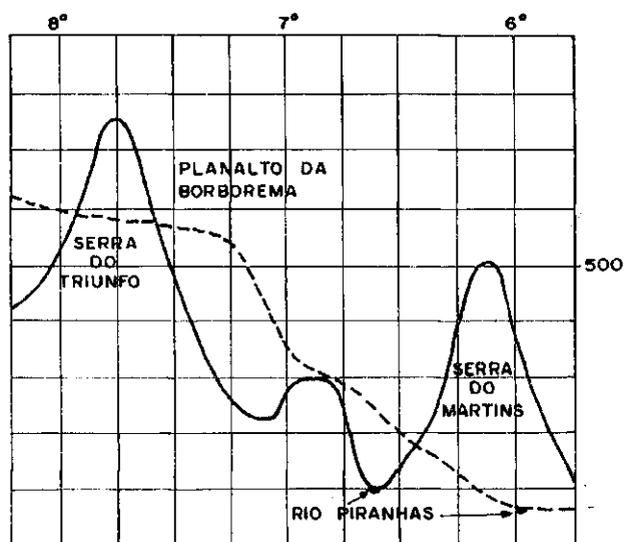


Fig. 2.4b - Perfis topográficos norte-sul.

— LONGITUDE 38° W. Gr.  
- - - LONGITUDE 37° W. Gr.

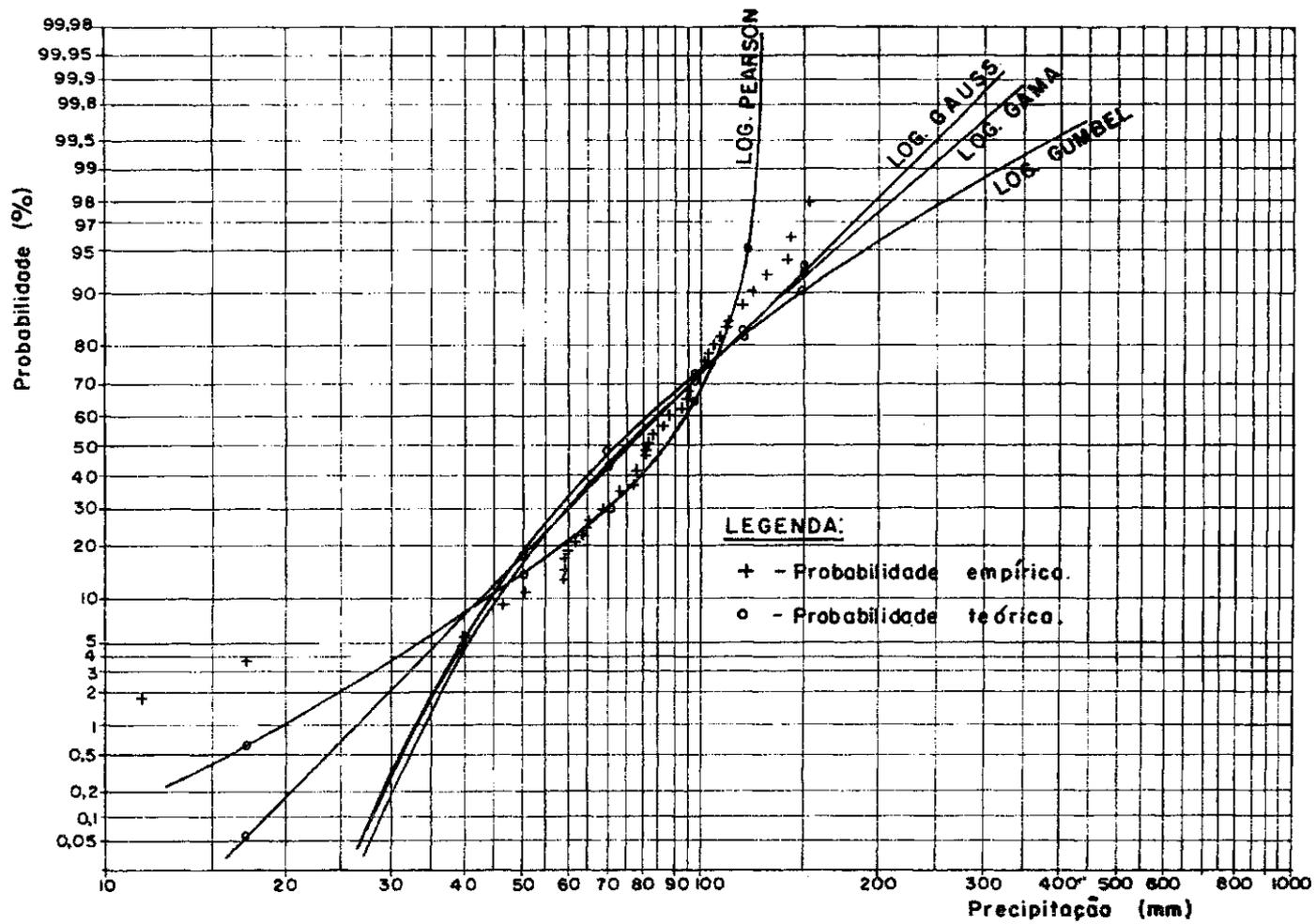
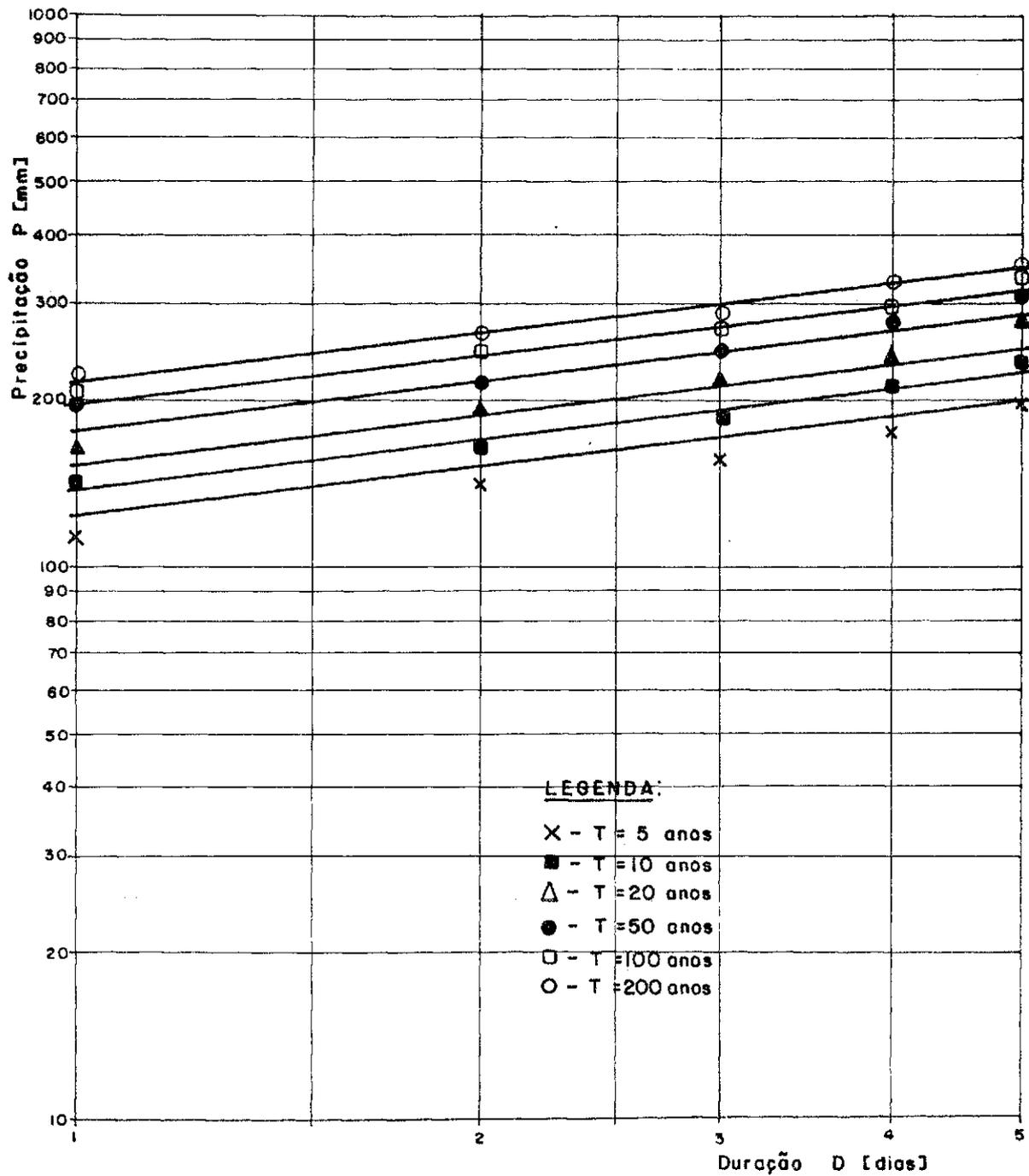


Fig. 4.1 - Distribuições logarítmicas.  
POSTO: SANTA LUZIA  
DURAÇÃO 2 DIAS



**Fig. 5.1 - Precipitação (P) em função da duração (D) e do intervalo de retorno (T).**  
 POSTO: AGUIAR  
 DISTRIBUIÇÃO - GAMA  
 1ª MÉTODO

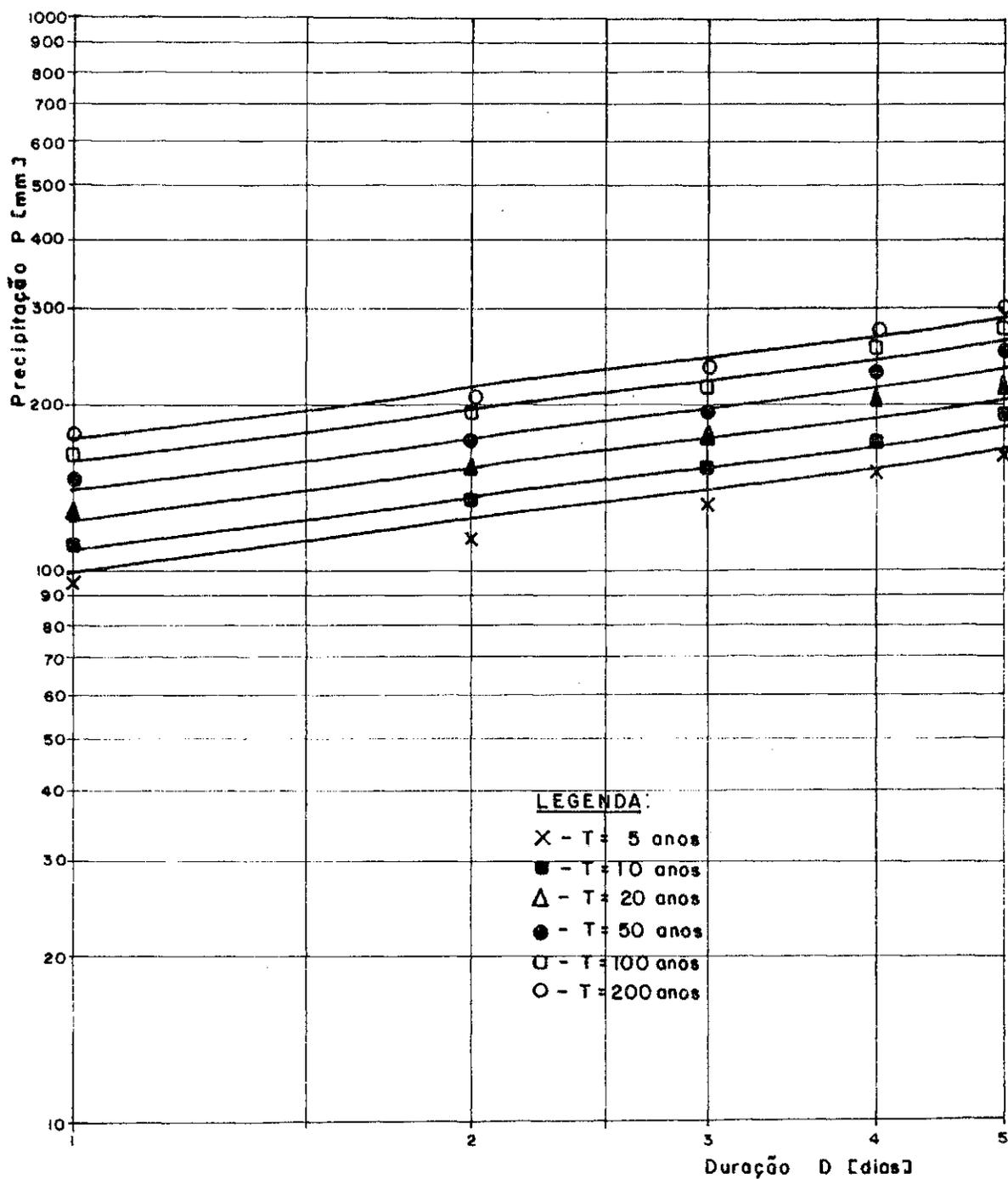


Fig. 5.2 - Precipitação (P) em função da duração (D) e do intervalo de retorno (T).

POSTO: BANANEIRAS  
DISTRIBUIÇÃO - GUMBEL  
1º MÉTODO

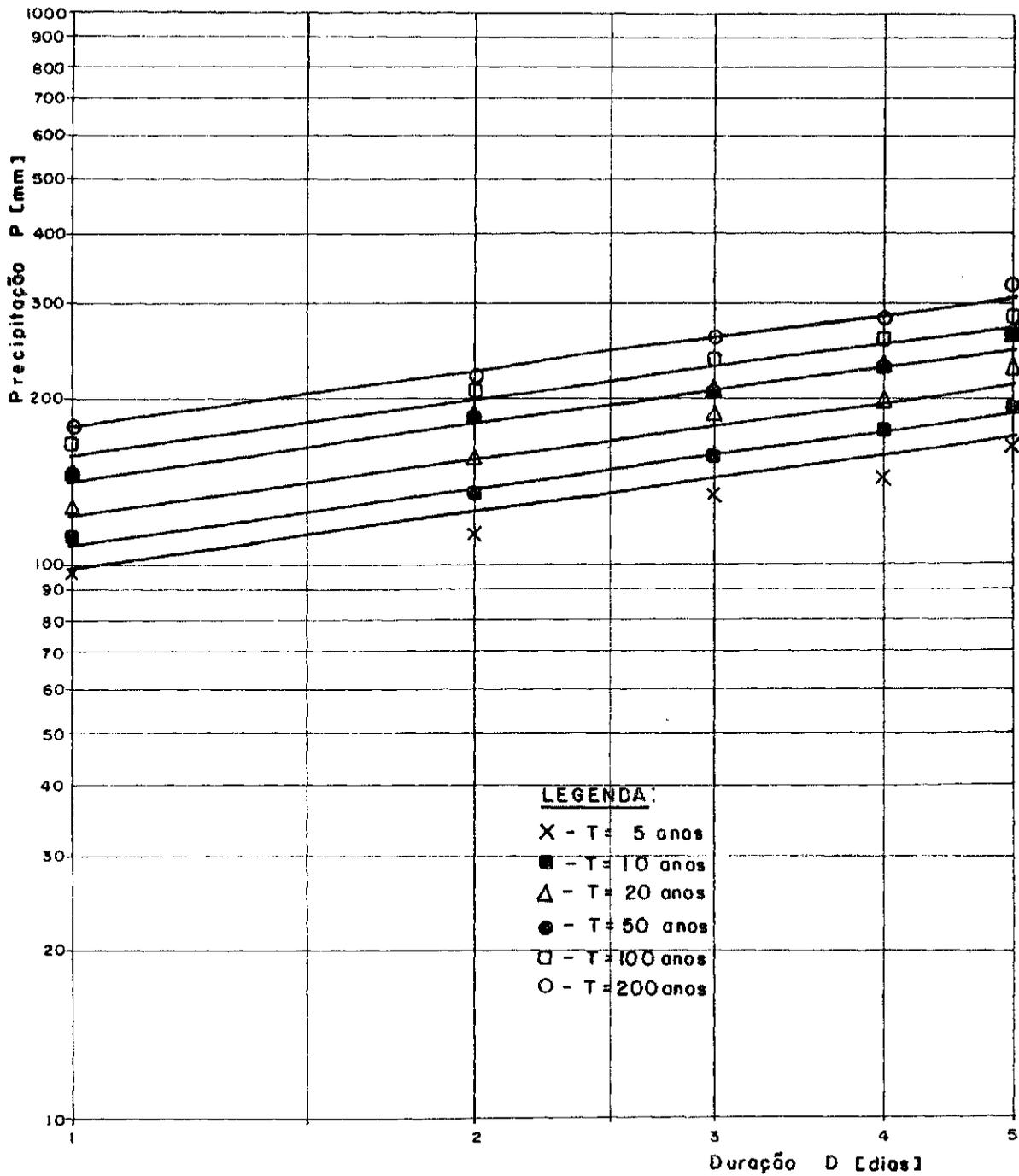


Fig. 5.3 - Precipitação (P) em função da duração (D) e do intervalo de retorno (T).  
 POSTO: SANTA LUZIA  
 DISTRIBUIÇÃO - GUMBEL  
 1º MÉTODO

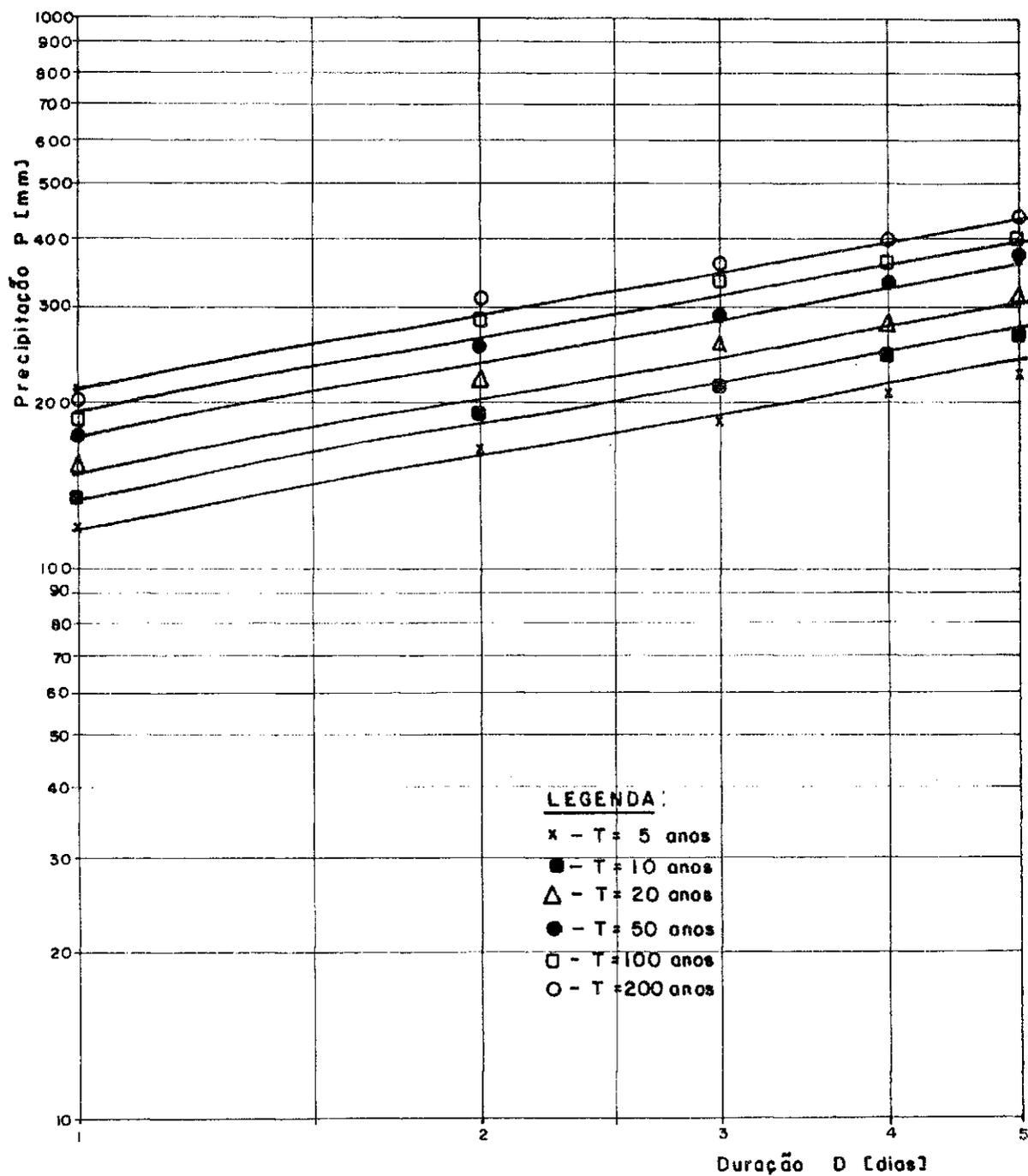


Fig. 5.4 - Precipitação (P) em função da duração (D) e do intervalo de retorno (T).

POSTO: SANTA RITA  
DISTRIBUIÇÃO - LOG. GAUSS  
1ª MÉTODO

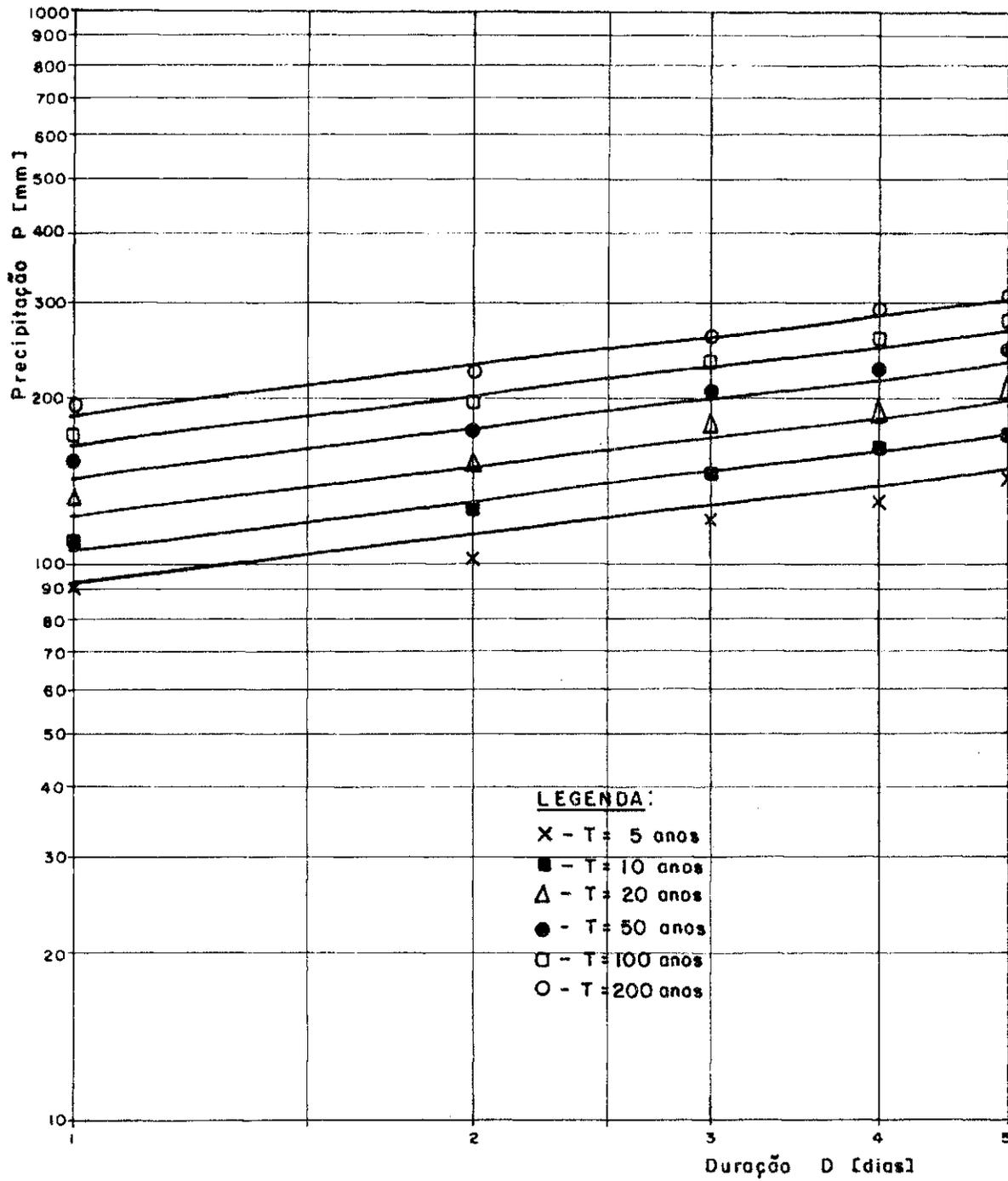


Fig. 5.5 - Precipitação (P) em função da duração (D) e do intervalo de retorno (T).

POSTO: SOLEDADE  
DISTRIBUIÇÃO - GUMBEL  
1º MÉTODO

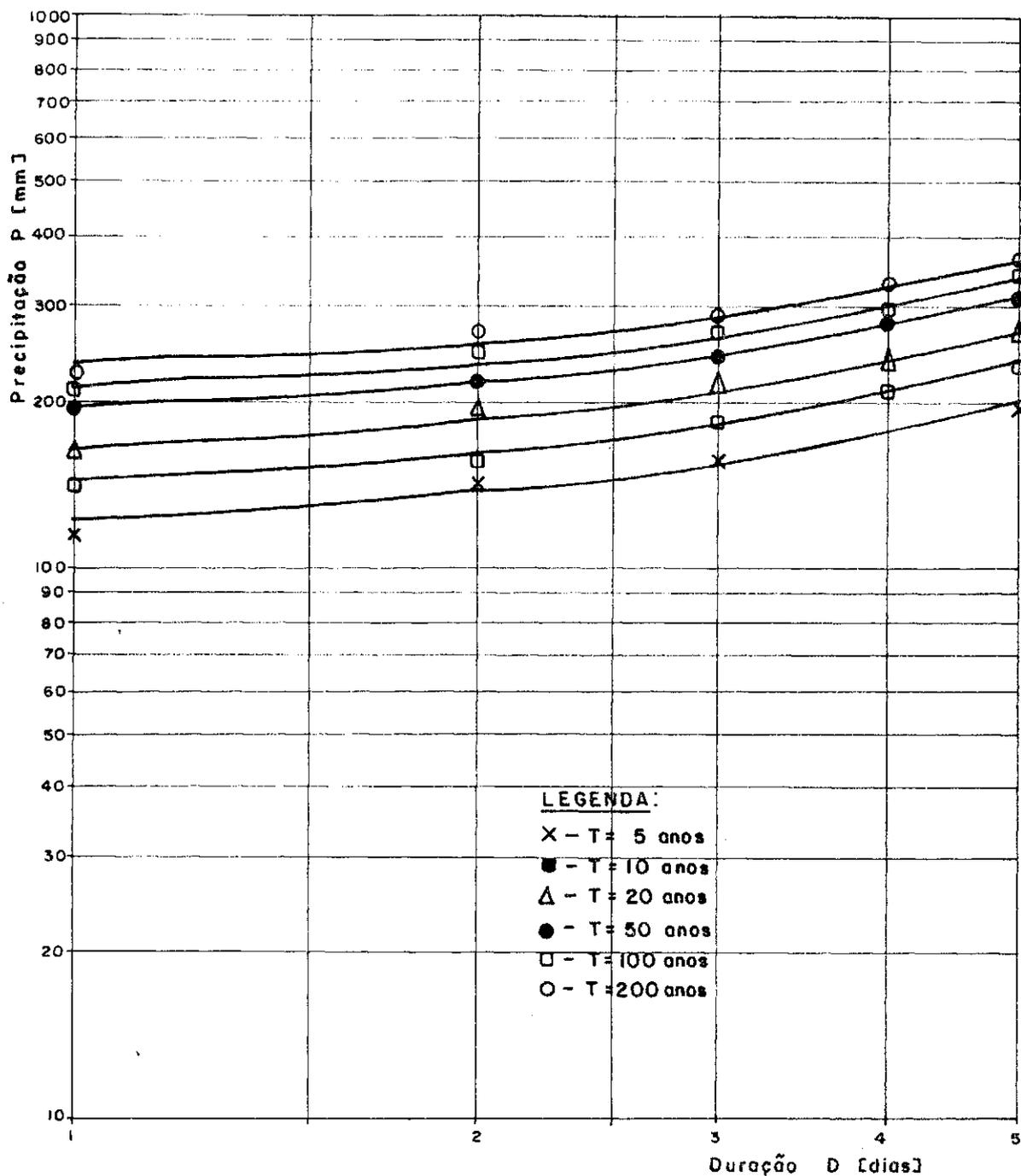


Fig. 5.6 - Precipitação (P) em função da duração (D) e do intervalo de retorno (T).  
 POSTO: AGUIAR  
 DISTRIBUIÇÃO - GAMA  
 2º MÉTODO

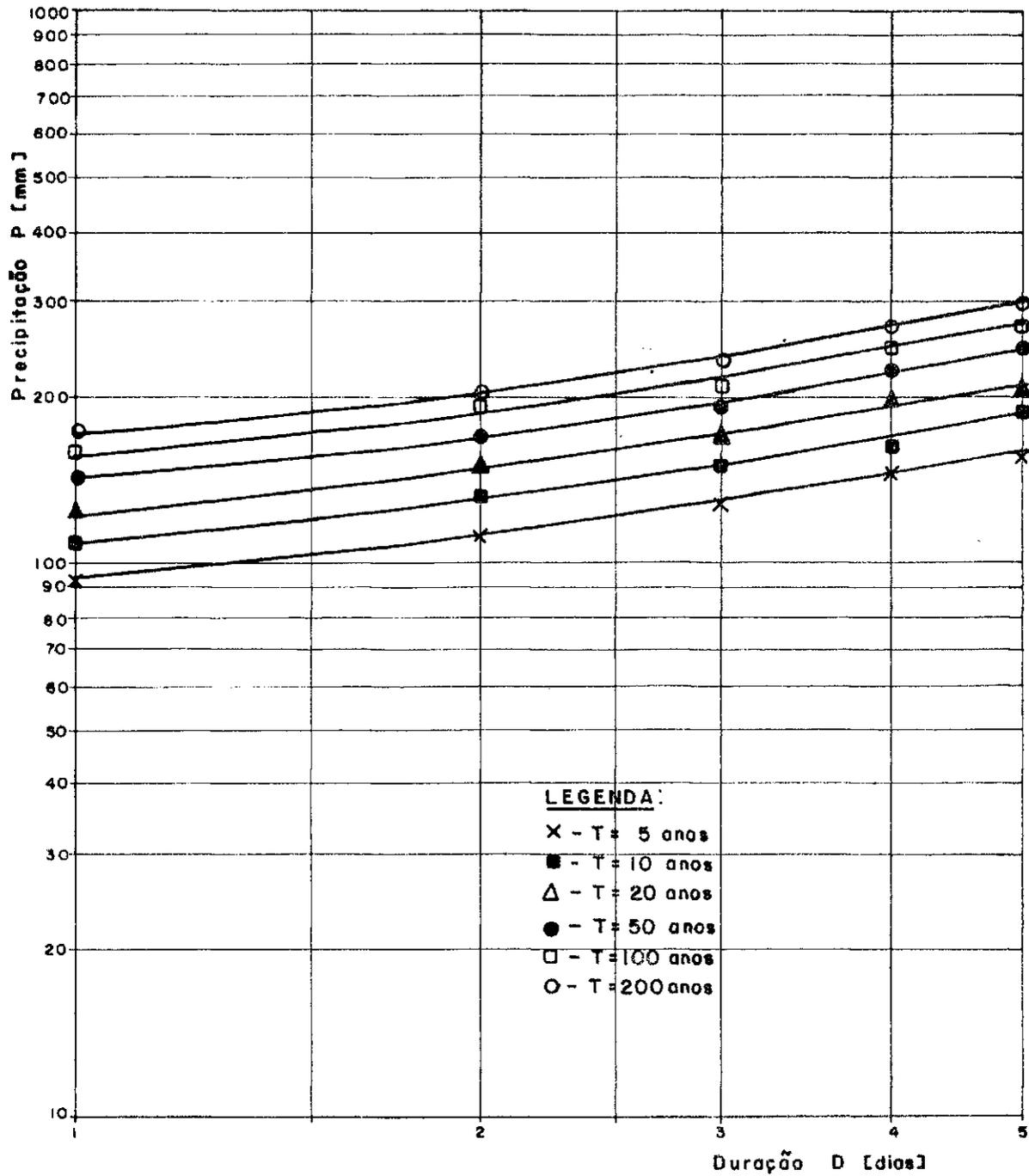


Fig. 5.7 - Precipitação (P) em função da duração (D) e do intervalo de retorno (T).  
 POSTO: BANANEIRAS  
 DISTRIBUIÇÃO - GUMBEL  
 2º MÉTODO

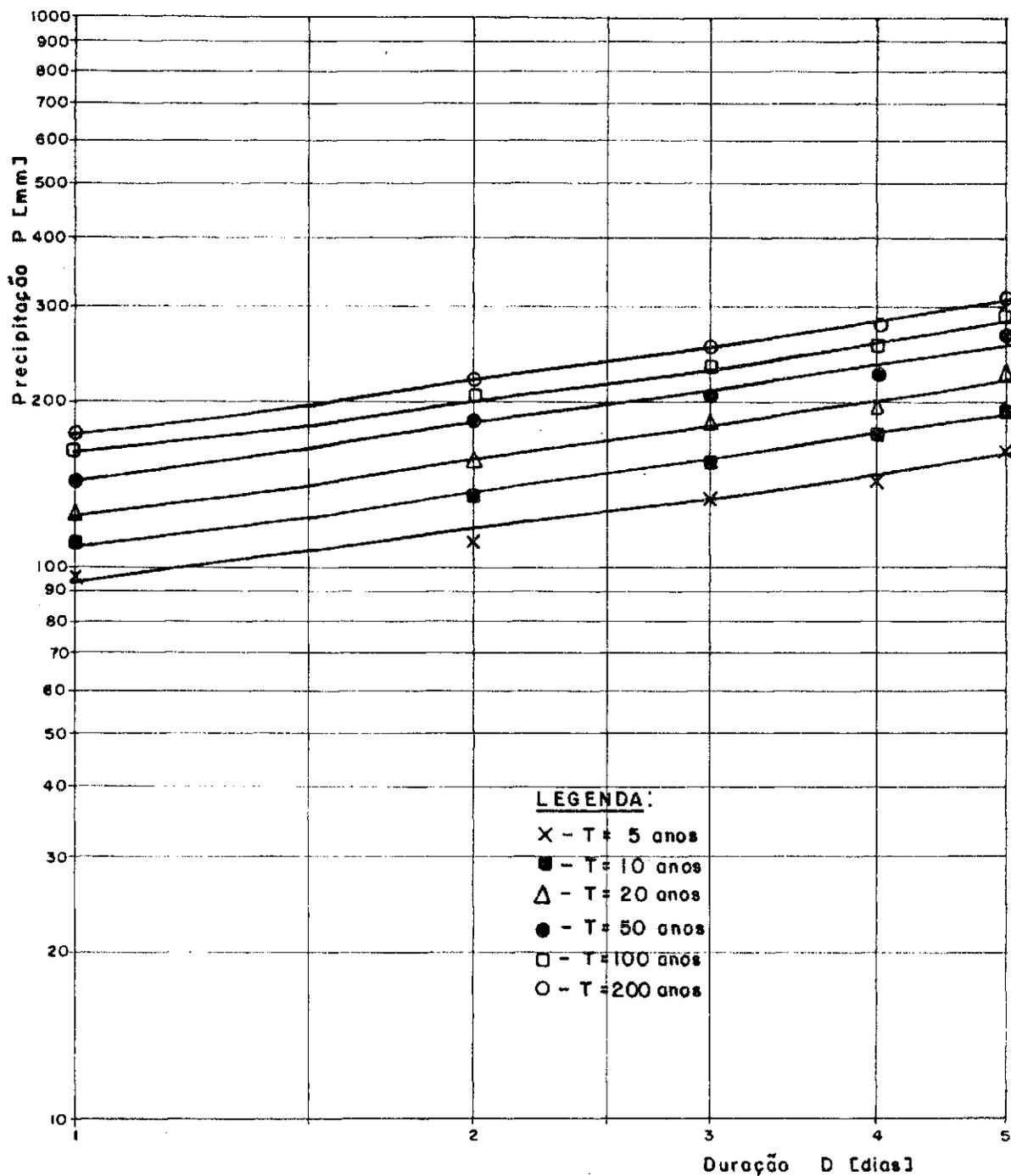


Fig. 5.8 - Precipitação (P) em função da duração (D) e do intervalo de retorno (T).

POSTO: SANTA LUZIA  
DISTRIBUIÇÃO - GUMBEL  
2º MÉTODO

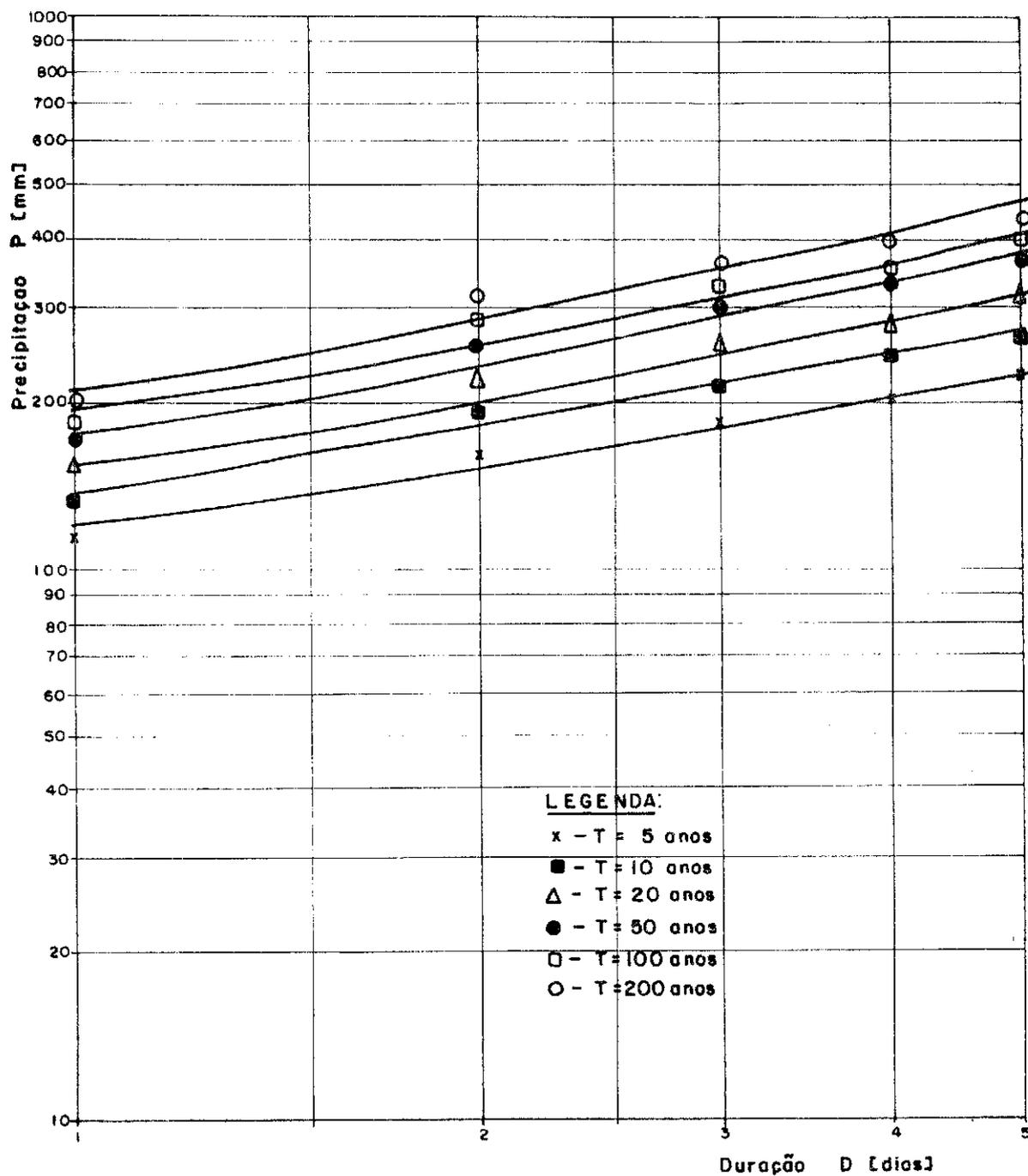


Fig. 5.9 - Precipitação (P) em função da duração (D) e do intervalo de retorno (T).  
 POSTO: SANTA RITA  
 DISTRIBUIÇÃO - LOG. GAUSS  
 2º MÉTODO

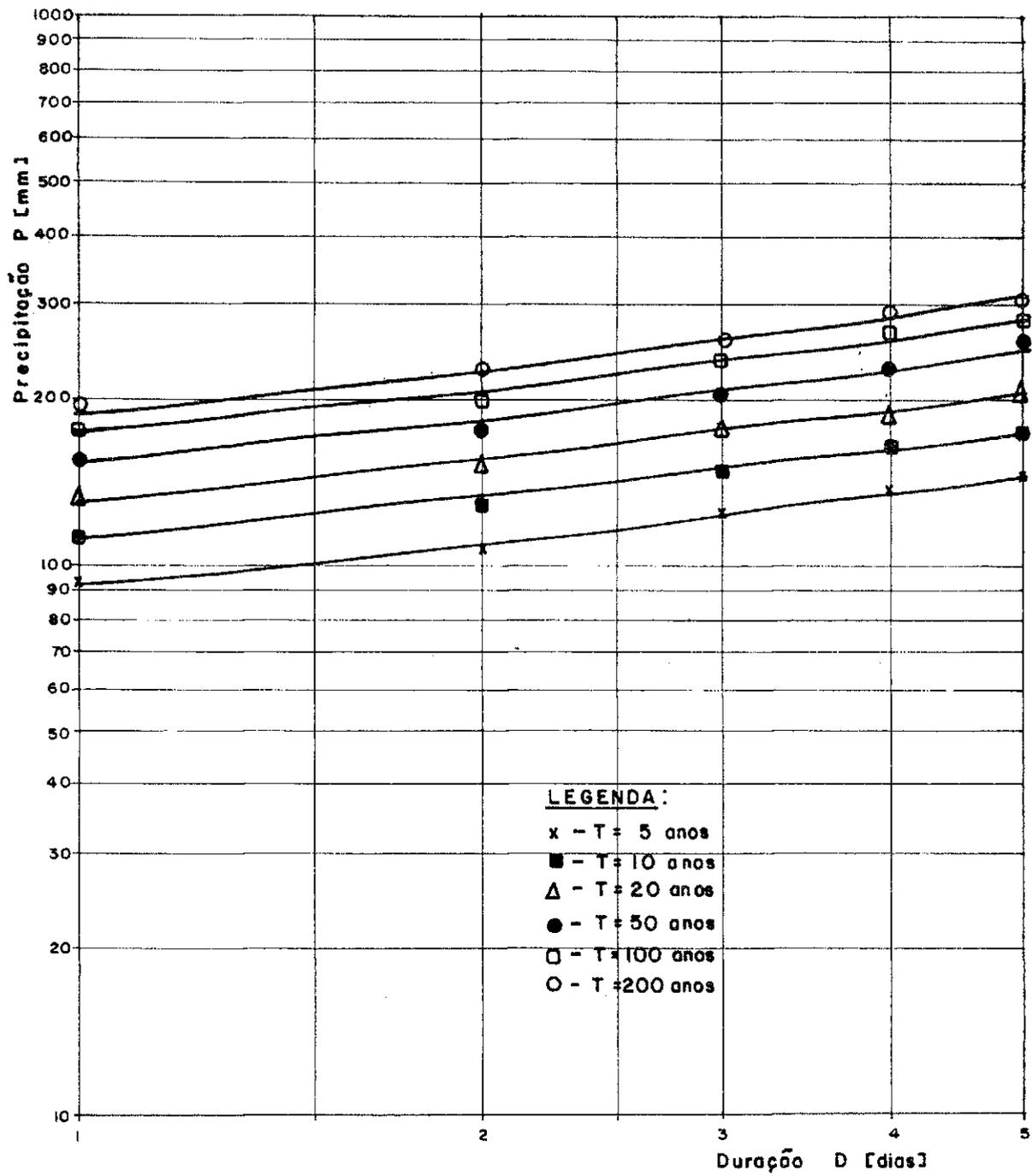
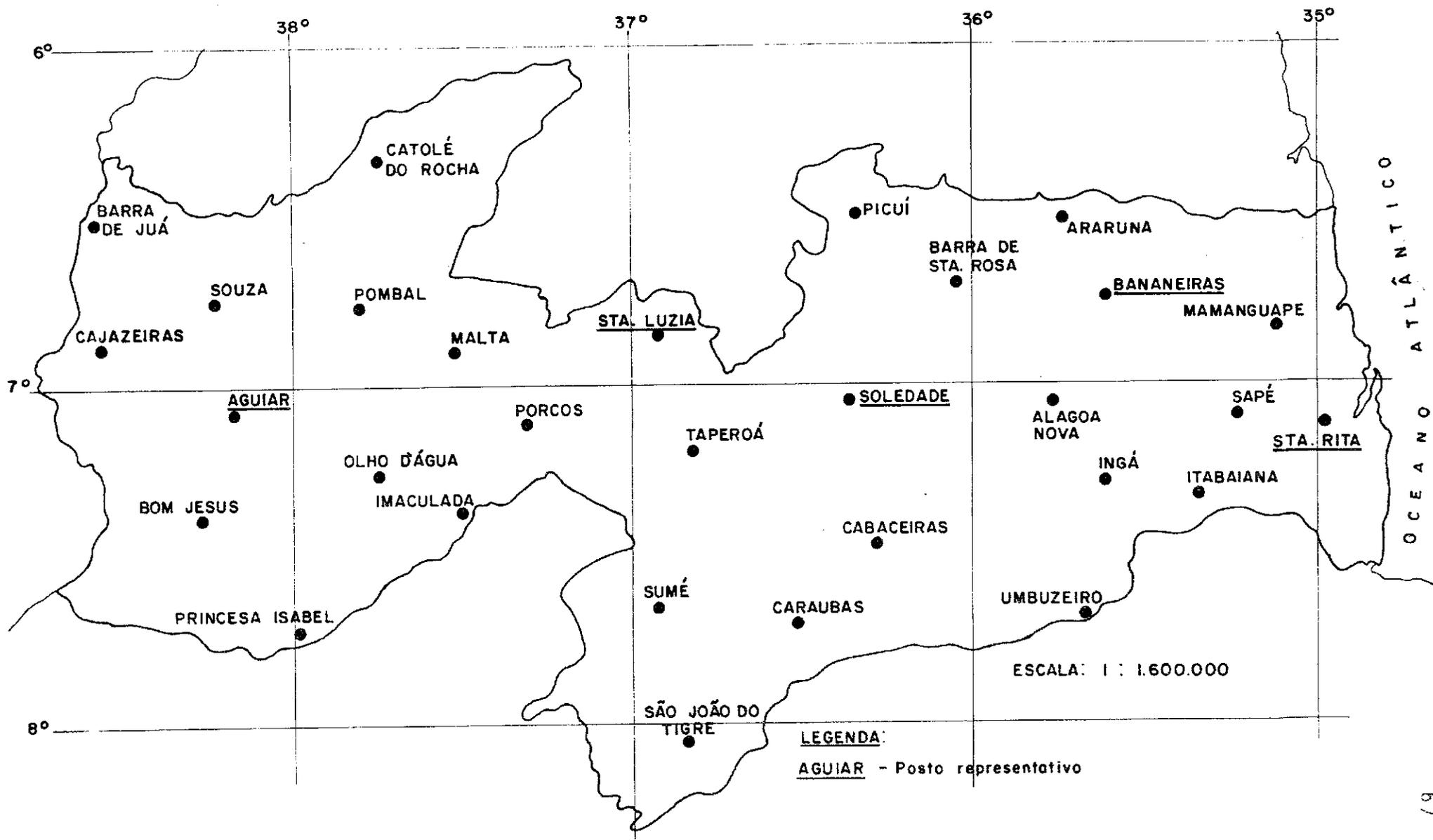
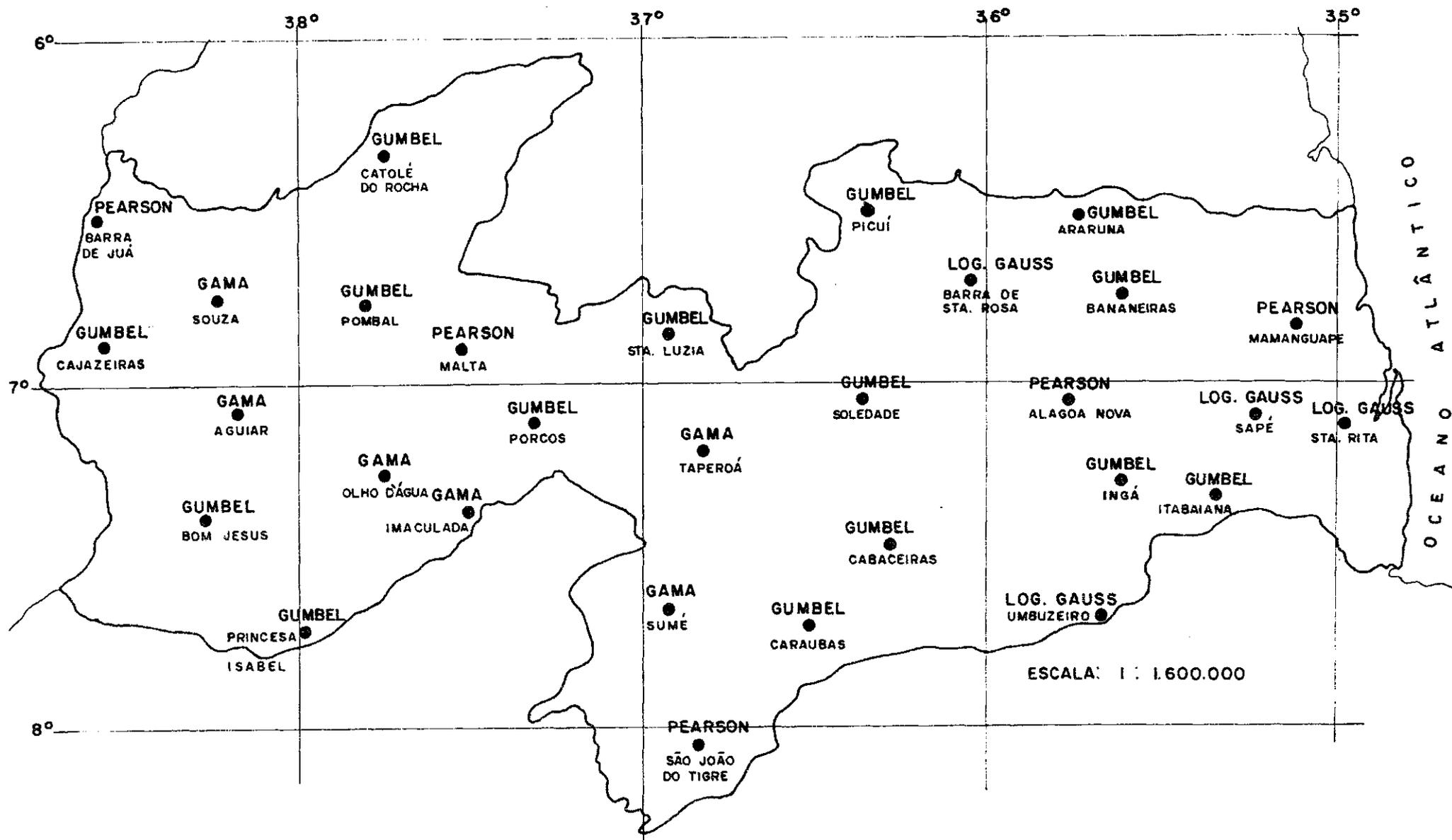


Fig. 5.10 - Precipitação (P) em função da duração (D) e do intervalo de retorno (T).

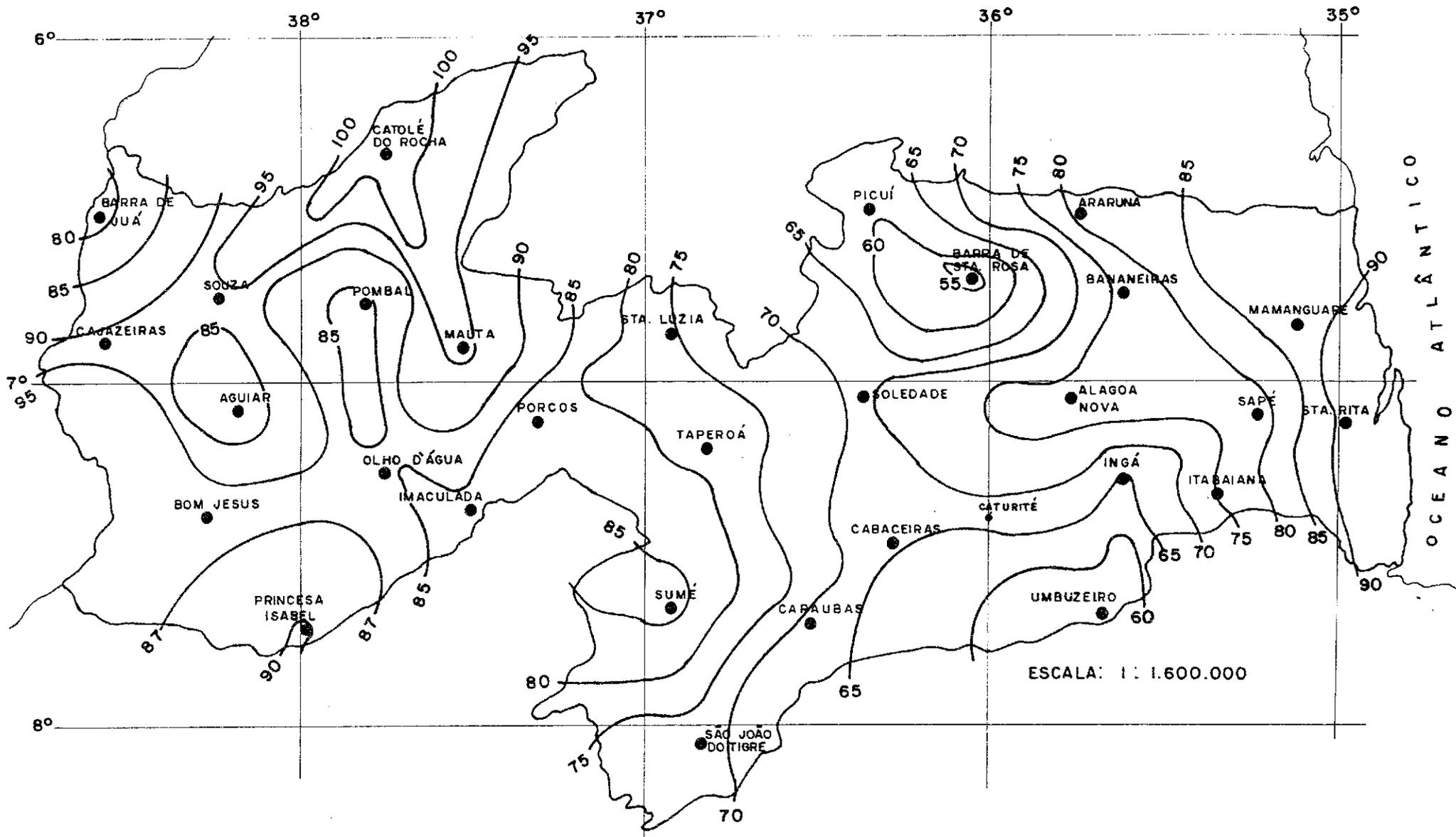
POSTO: SOLEDADE  
DISTRIBUIÇÃO - GUMBEL  
2º MÉTODO



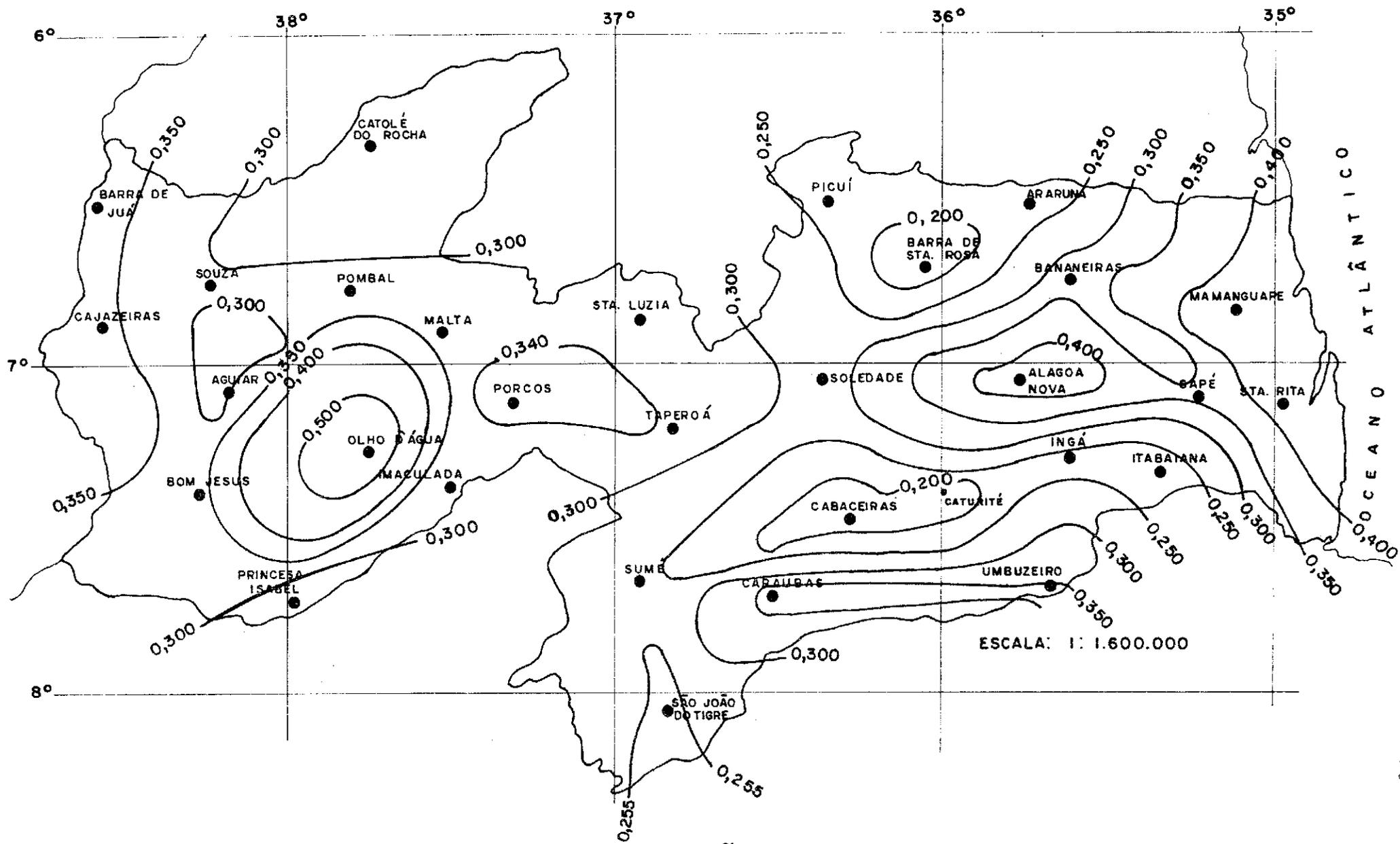
MAPA 3.1 - Postos pluviométricos selecionados para desenvolvimento da pesquisa.



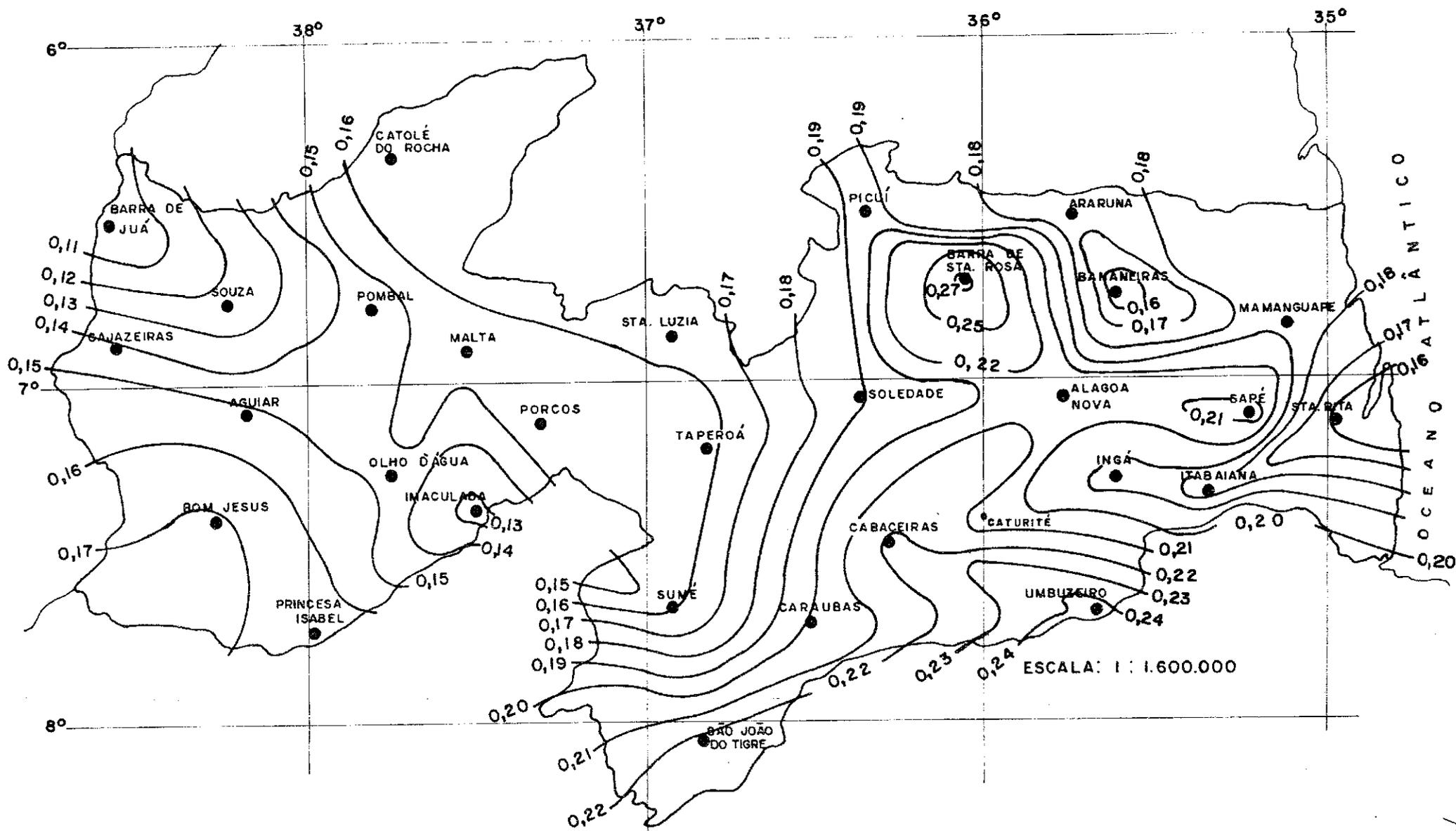
MAPA 4.1 - Distribuição probabilística representativa dos elementos das séries dos postos.



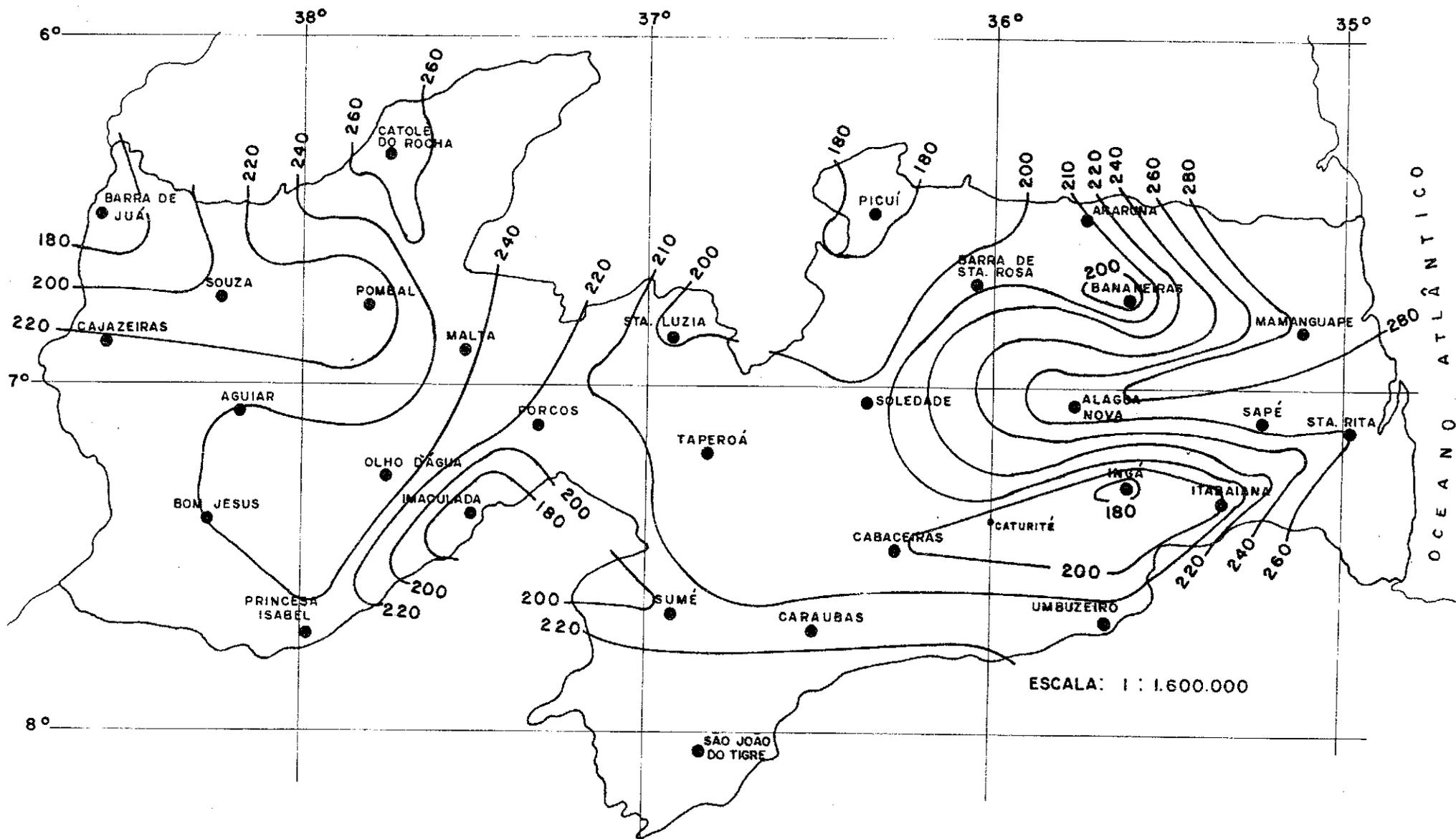
MAPA 6.1 - Isolinhas do coeficiente  $a$  da equação 5.2.



MAPA 6.2 - Isolinhas do coeficiente  $b$  da equação 5.2.



MAPA 6.3 - Isolinhas do coeficiente  $c$  da equação 5.2.



MAPA 6.4 - Precipitações para a duração de 2 dias e intervalo de retorno de 100 anos.

**9.2 - ANEXO 2****TABELAS**

---

- Postos com 50 anos de observações (1933 a 1982)

Barra de Juá	Ingá
Caraúbas	Sapé
Cabaceiras	Itabaiana
Cajazeiras	Princesa Isabel
Pombal	Santa Luzia
Araruna	Bananeiras
Soledade	Alagoa Nova

- Postos com 50 anos de observação (1923 a 1972)

Picuí	Taperoá
Umbuzeiro	

- Postos com 46 anos de observações (1933 a 1978)

Catolé do Rocha	Souza
Barra de Santa Rosa	Porcos

- Postos com 45 anos de observações (1938 a 1982)

Malta	São João do Tigre
Aguiar	Bom Jesus
Olho D'água	Imaculada

- Postos com 45 anos de observações (1932 a 1976)

Mamanguape	Sumé
Santa Rita	

---

Tab. 3.1 - Distribuição dos postos conforme o número de anos observados.

\*\*\* BANCO DE DADOS HIDROCLIMATOLÓGICOS DO NORDESTE \*\*\*  
 \* SISTEMA DE PLUVIOMETRIA \*

PLUVIOMETRIA DIÁRIA - ANO 1982

ESTADO - PARAÍBA

POSTO - SANTA LUZIA

MUNICÍPIO - SANTA LUZIA

CÓDIGO - 3838715

INSTALADO EM 1911 P/ DNOCS

DIAS\MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
1	.	.	.	.	.	.
2	.	.	.	.	.	.
3	.	.	.	8.5	4.0	.
4	.	.	.	.	.	.
5	.	.	.	6.4	.	.
6	.	.	.	.	.	.
7	.	.	.	.	.	.
8	.	.	.	55.0	.	.
9	.	7.5	.	.	6.0	.
10	.	.	.	15.0	.	.
11	12.0	38.0	.	.	.	.
12	.	.	10.5	.	.	.
13	.	.	.	.	.	.
14	.	.	3.2	.	.	.
15	5.0	.	17.4	.	.	.
16	.	.	.	.	.	.
17	.	.	.	.	.	.
18	.	.	.	.	.	.
19	.	.	2.6	.	.	.
20	.	.	.	.	.	.
21	.	.	.	10.5	.	.
22	.	.	65.0	6.7	.	.
23	.	.	.	14.7	.	.
24	.	.	8.0	5.0	.	.
25	.	.	.	.	.	.
26	.	.	.	13.8	.	.
27	.	4.5	.	.	.	.
28	.	1.6	23.0	.	12.0	.
29	3.0	.	11.3	.	.	.
30	.	.	18.5	.	.	.
31	.	.	10.0	.	.	.

Tab. 3.2

FONTE - SUDENE

## TABELAS 3.3 A 3.7

RESULTADOS DOS TESTES DE HOMOGENEIDADE E DO AJUSTAMENTO  
DAS DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADE

## LEGENDA DAS TABELAS

- + Homogênea ou ajusta-se
- Não Homogênea ou Não-Ajusta-se
- NÃO - Não foi possível aplicar o teste

## HOMOGENEIDADE

- 1 - Valor Singular
- 2 - Tendência Central
- 3 - Dispersão dos Valores

## DISTRIBUIÇÕES

- A - Dist. Gauss
- B - Dist. Log. Gauss
- C - Dist. Pearson III
- D - Dist. Log. Pearson III
- E - Dist. Gama
- F - Dist. Log. Gama
- G - Dist. Gumbel
- H - Dist. Log. Gumbel

Nº DE ORDEM	NOME - POSTO	HOMOGENEIDADE			DISTRIBUIÇÕES							
		1	2	3	A	B	C	D	E	F	G	H
01	AGUIAR	+	Não	Não	+	-	+	+	+	-	+	-
02	ALAGOA NOVA	-	-	Não	+	+	+	+	+	+	+	+
03	ARARUNA	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
04	BANANEIRAS	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
05	BARRA DE JUÁ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
06	BARRA DE STA. ROSA	-	Não	Não	-	+	-	+	+	+	-	-
07	BOM JESUS	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
08	CABACEIRAS	-	Não	Não	+	-	+	+	+	-	+	-
09	CAJAZEIRAS	+	-	Não	+	+	+	+	+	+	+	-
10	CARAUBAS	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	-
11	CATOLÉ DO ROCHA	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
12	INGÁ	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
13	IMACULADA	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
14	ITABAIANA	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
15	MALTA	+	-	Não	-	+	+	+	+	+	+	+
16	MAMANGUAPE	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
17	OLHO D'ÁGUA	+	Não	Não	+	-	+	+	-	-	-	-
18	PICUÍ	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
19	POMBAL	+	-	Não	-	+	-	+	+	+	+	+
20	PORCOS	+	+	-	+	-	+	+	+	-	+	-
21	PRINCESA ISABEL	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
22	SANTA LUZIA	+	Não	Não	-	-	+	-	+	-	-	-
23	SANTA RITA	-	+	+	-	+	+	+	-	+	-	+
24	SÃO JOÃO DO TIGRE	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
25	SAPÉ	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-
26	SOLEDADE	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
27	SOUZA	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
28	SUMÉ	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-
29	TAPERÓÁ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
30	UMBUZEIRO	-	Não	Não	+	+	+	+	+	-	+	-

Tab. 3.3 - Duração 1 dia.

Nº DE ORDEM	NOME - POSTO	HOMOGENEIDADE			DISTRIBUIÇÕES							
		1	2	3	A	B	C	D	E	F	G	H
01	AGUIAR	+	Não	Não	+	-	+	+	+	-	+	-
02	ALAGOA NOVA	-	-	Não	+	+	+	+	+	+	+	+
03	ARARUNA	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
04	BANANEIRAS	+	Não	Não	+	+	+	+	+	+	+	-
05	BARRA DE JUÁ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
06	BARRA DE STA. ROSA	-	+	+	-	-	-	+	+	-	+	-
07	BOM JESUS	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
08	CABACEIRAS	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-
09	CAJAZEIRAS	+	-	Não	+	+	+	+	+	+	+	-
10	CARAUBAS	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-
11	CATOLÉ DO ROCHA	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
12	INGÁ	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
13	IMACULADA	+	Não	Não	+	+	+	+	+	+	+	-
14	ITABAIANA	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
15	MALTA	-	-	Não	-	+	+	+	+	+	+	+
16	MAMANGUAPE	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
17	OLHO D'ÁGUA	+	Não	Não	+	+	+	+	+	+	+	-
18	PICUÍ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
19	POMBAL	+	-	Não	+	+	+	+	+	+	+	+
20	PORCOS	+	Não	Não	+	+	+	+	+	+	+	+
21	PRINCESA ISABEL	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+
22	SANTA LUZIA	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-
23	SANTA RITA	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-
24	SÃO JOÃO DO TIGRE	-	-	Não	-	+	+	+	+	+	+	+
25	SAPÉ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
26	SOLEDADE	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
27	SOUZA	+	Não	Não	+	+	+	+	+	-	+	-
28	SUMÉ	+	Não	Não	+	+	+	+	+	-	+	-
29	TAPERÓÁ	+	Não	Não	+	+	+	+	+	+	+	+
30	UMBUZEIRO	-	+	+	-	-	-	+	+	-	+	-

Tab. 3.4 - Duração 2 dias.

Nº DE ORDEM	NOME - POSTO	HOMOGENEIDADE			DISTRIBUIÇÕES							
		1	2	3	A	B	C	D	E	F	G	H
01	AGUIAR	+	Não	Não	+	-	+	+	-	-	+	-
02	ALAGOA NOVA	-	-	Não	-	+	+	+	+	+	+	+
03	ARARUNA	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
04	BANANEIRAS	+	Não	Não	+	+	+	+	+	-	+	-
05	BARRA DE JUÁ	+	Não	Não	+	-	+	+	-	-	-	-
06	BARRA DE STA. ROSA	-	+	+	+	-	-	+	+	-	+	-
07	BOM JESUS	-	-	Não	+	+	+	+	+	+	+	+
08	CABACEIRAS	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-
09	CAJAZEIRAS	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10	CARAUBAS	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-
11	CATOLÉ DO ROCHA	+	-	Não	+	+	+	+	+	+	+	+
12	INGÁ	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
13	IMACULADA	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	-
14	ITABAIANA	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
15	MALTA	+	-	Não	-	+	+	+	-	+	-	+
16	MAMANGUAPE	-	+	+	-	+	+	+	-	+	-	+
17	OLHO D'ÁGUA	+	-	Não	+	+	+	+	+	+	+	-
18	PICUI	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-
19	POMBAL	+	Não	Não	+	+	+	+	+	+	+	+
20	PORCOS	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
21	PRINCESA ISABEL	+	Não	Não	-	+	+	+	+	+	+	+
22	SANTA LUZIA	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-
23	SANTA RITA	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
24	SÃO JOÃO DO TIGRE	-	-	Não	-	+	+	+	+	+	+	-
25	SAPÉ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
26	SOLEDADE	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
27	SOUZA	+	Não	Não	+	+	+	+	+	-	+	-
28	SUMÉ	+	Não	Não	+	-	+	+	-	-	-	-
29	TAPERÓÁ	+	Não	Não	+	+	+	+	+	+	+	+
30	UMBUZEIRO	-	+	+	-	-	-	+	-	-	+	-

Tab. 3.5 - Duração 3 dias.

Nº DE ORDEM	NOME - POSTO	HOMOGENEIDADE			DISTRIBUIÇÕES							
		1	2	3	A	B	C	D	E	F	G	H
01	AGUIAR	+	Não	Não	+	+	+	+	-	-	+	-
02	ALAGOA NOVA	-	-	Não	-	+	+	+	+	+	+	+
03	ARARUNA	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+
04	BANANEIRAS	+	Não	Não	+	+	+	+	+	-	+	-
05	BARRA DE JUÁ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
06	BARRA DE STA. ROSA	-	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-
07	BOM JESUS	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
08	CABACEIRAS	+	+	+	+	-	+	+	-	-	+	-
09	CAJAZEIRAS	+	-	Não	+	+	+	-	+	-	+	-
10	CARAUBAS	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-
11	CATOLÉ DO ROCHA	+	-	Não	-	+	-	-	-	+	+	+
12	INGÁ	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
13	IMACULADA	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	-
14	ITABAIANA	+	Não	Não	+	+	+	+	+	+	+	-
15	MALTA	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
16	MAMANGUAPE	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
17	OLHO D'ÁGUA	+	-	Não	+	+	+	+	+	+	+	+
18	PICUI	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+	-
19	POMBAL	+	Não	Não	+	+	+	+	+	-	+	-
20	PORCOS	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
21	PRINCESA ISABEL	+	Não	Não	+	+	+	+	+	+	+	+
22	SANTA LUZIA	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-
23	SANTA RITA	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
24	SÃO JOÃO DO TIGRE	+	-	Não	-	+	+	+	+	-	+	-
25	SAPÉ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
26	SOLEDADE	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
27	SOUZA	+	Não	Não	+	+	+	+	+	+	+	-
28	SUMÉ	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-
29	TAPEROÁ	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-
30	UMBUZEIRO	-	+	+	-	-	-	+	-	-	+	-

Tab. 3.6 - Duração 4 dias.

Nº DE ORDEM	NOME - POSTO	HOMOGENEIDADE			DISTRIBUIÇÕES							
		1	2	3	A	B	C	D	E	F	G	H
01	AGUIAR	+	Não	Não	+	-	+	+	+	-	+	-
02	ALAGOA NOVA	-	-	Não	-	+	+	+	+	+	+	+
03	ARARUNA	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
04	BANANEIRAS	+	Não	Não	+	-	+	+	+	-	+	-
05	BARRA DE JUÁ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
06	BARRA DE STA. ROSA	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-
07	BOM JESUS	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-
08	CABACEIRAS	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+	-
09	CAJAZEIRAS	+	-	Não	+	+	+	+	+	+	+	+
10	CARAUBAS	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
11	CATOLÉ DO ROCHA	+	-	Não	+	+	+	+	+	+	+	+
12	INGÁ	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
13	IMACULADA	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	-
14	ITABAIANA	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
15	MALTA	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
16	MAMANGUAPE	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
17	OLHO D'ÁGUA	+	-	Não	+	+	+	+	+	+	+	-
18	PICUÍ	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-
19	POMBAL	+	Não	Não	+	+	+	+	+	+	+	-
20	PORCOS	+	Não	Não	+	+	+	+	+	+	+	-
21	PRINCESA ISABEL	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
22	SANTA LUZIA	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-
23	SANTA RITA	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
24	SÃO JOÃO DO TIGRE	+	-	Não	-	+	+	+	+	+	+	-
25	SAPÉ	+	Não	Não	+	+	+	+	+	+	+	-
26	SOLEDADE	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
27	SOUZA	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-
28	SUMÉ	+	Não	Não	-	-	+	+	-	-	-	-
29	TAPEROÁ	+	Não	Não	+	-	+	+	+	-	+	-
30	UMBUZEIRO	-	Não	Não	-	-	-	+	-	-	-	-

Tab. 3.7 - Duração 5 dias.

Nº DE ORDEM	NOME DO POSTO	COEFICIENTES			CORRELAÇÃO (r)
		a	b	c	
01	Aguiar	98.444	.284	.151	.985
02	Alagoa Nova	78.968	.441	.207	.988
03	Araruna	80.655	.225	.173	.990
04	Bananeiras	76.600	.330	.154	.991
05	Barra de Juá	78.450	.375	.098	.981
06	Barra de S. Rosa	52.628	.170	.274	.991
07	Bom Jesus	85.902	.340	.172	.989
08	Cabaceiras	65.344	.150	.222	.985
09	Cajazeiras	90.757	.369	.146	.990
10	Caraúbas	67.076	.364	.200	.989
11	Catolé do Rocha	103.681	.254	.169	.979
12	Ingá	63.681	.236	.185	.991
13	Imaculada	83.485	.311	.126	.991
14	Itabaiana	75.462	.208	.177	.990
15	Malta	96.297	.329	.157	.988
16	Mamanguape	89.111	.444	.189	.990
17	Olho D'água	85.446	.601	.148	.994
18	Picuí	60.835	.240	.192	.990
19	Pombal	82.694	.315	.144	.992
20	Porcos	82.482	.350	.157	.992
21	Princesa Isabel	90.160	.284	.167	.992
22	Santa Luzia	75.480	.335	.161	.992
23	Santa Rita	92.520	.442	.159	.990
24	São J. Tigre	71.139	.251	.223	.987
25	Sapê	79.423	.352	.212	.992
26	Soledade	69.536	.287	.189	.989
27	Souza	94.302	.304	.121	.989
28	Sumé	86.772	.259	.155	.988
29	Taperoá	79.022	.339	.157	.990
30	Umbuzeiro	54.493	.354	.244	.992

Tab. 5.1 - Valores dos coeficientes a, b e c da equação 5.2 e seus respectivos índice de correlação.

NOME DO POSTO	REGRESSÃO	ÍNDICE DE CORRELAÇÃO (r)		
		MÉDIA	D. PADRÃO	ASSIMETRIA
AGUIAR	Linear	99.7%	99.9%	89.2%
	Exponencial	98.6%	99.5%	-
	Geométrica	99.7%	99.0%	-
BANANEIRAS	Linear	99.4%	99.8%	82.4%
	Exponencial	97.9%	99.3%	-
	Geométrica	99.9%	98.8%	-
SANTA LUZIA	Linear	99.4%	99.4%	85.3%
	Exponencial	98.1%	98.1%	-
	Geométrica	99.8%	99.6%	-
SANTA RITA	Linear	96.2%	71.5%	53.9%
	Exponencial	95.6%	71.5%	-
	Geométrica	99.8%	83.6%	-
SOLEDADE	Linear	98.8%	99.3%	63.0%
	Exponencial	97.6%	98.1%	59.4%
	Geométrica	99.8%	99.6%	52.6%

Tab. 5.2 - Coeficientes de correlação obtidos no uso da regressão simples entre os parâmetros das séries dos postos representativos.