

UFPb. - Campus II - CCT.

Departamento de Enga. Civil

Relatorio de Estagio Supervisionado

Aluno: Celso Augusto G. Santos

Matricula: 851.1071-9

*Celso Augusto G. Santos*

Assinatura

Professor Supervisor:

Raimundo Sergio Santos Gois



Biblioteca Setorial do CDSA. Setembro de 2021.

Sumé - PB

## DECLARAÇÃO

Declaramos para os devidos fins de fazer prova junto à UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA, que o aluno Celso Augusto Guimarães Santos, matrícula 8511071-9 do curso de Engenharia Civil, desenvolveu estudos nesta Área de Engenharia de Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Civil, sob a condição de estagiário, tendo neste período participado de estudos hidrológicos na pesquisa intitulada "Estudos de Métodos para Quantificar as Potencialidades e as Disponibilidades Hídricas da Região Semi Árida do Nordeste do Brasil", Tendo dado ênfase à parte computacional destes estudos.

O referido estágio foi desenvolvido nas seguintes condições:

1. Período de Estágio:

01 de outubro de 1988 a 24 de Dezembro de 1989

2. Frequência:

O estagiário trabalhou no regime de 12 (doze) horas por semana.

3. Parecer sobre o estágio:

a) Frequência.....ótima

b) Pontualidade .....boa

c) Responsabilidade.....ótima

d) Desempenho.....ótimo

Campina Grande, 20 de março de 1990

.....*Raimundo Sérgio Santos Góis*.....  
Prof. Raimundo Sérgio Santos Góis  
Área de Eng. de Recursos Hídricos  
DEC/CCT/UFPB

## SUMÁRIO

1. Introdução .....	03
2. Revisão Bibliográfica .....	03
2.1 Características Físicas .....	03
2.1.1. Área de Drenagem .....	03
2.1.2. Coeficiente de Compacidade .....	04
2.1.3. Fator de Forma .....	04
2.1.4. Densidade de Drenagem .....	04
2.1.5. Coeficiente de Torrencialidade .....	05
2.1.6. Extensão Média de Escoamento Superficial ....	05
2.1.7. Retângulo Equivalente .....	05
2.1.8. Sinuosidade do Curso d'água .....	05
2.1.9. Índice de Declividade Média (Roche) .....	06
2.2. Preenchimento de Falhas .....	06
2.3. Análise de Duplas Massas .....	06
2.4. Precipitação Média sobre a Bacia .....	07
2.4.1. Método Aritmético .....	08
2.4.2. Método de Thiessen .....	08
2.4.3. Método das Isoietas .....	08
2.5. Modelos .....	09
2.5.1. Modelo Chuva-Deflúvio .....	09
2.5.2. Modelo Vazão Específica-Vazão Específica ....	09
2.5.1. Modelo Tank Model .....	09

3. Metodologia .....	11
3.1. Preparação dos Dados .....	11
3.2. Aplicação dos Modelos .....	13
3.2.1. Modelo Chuva-Deflúvio .....	13
3.2.2. Modelo Vazão Específica-Vazão Específica .....	14
3.2.3. Modelo Tank Model .....	14
4. Conclusão .....	<del>14</del> 15
5. Agradecimentos .....	<del>14</del> 15
6. Anexos .....	<del>15</del> 16





## 1. INTRODUÇÃO

Modelo é uma representação do comportamento do sistema (qualquer engenho que responda através de uma saída a uma entrada).

O presente trabalho tem como objetivo estudar modelos matemáticos para a bacia de Mamanguape, concentrando-se na saída de vazão, através da entrada de dados como precipitação, área e outros.

O conjunto das bacias estudadas sob o nome de "Bacia de Mamanguape" é composta por: Ponte do Leitão, com uma área de 3492,5 Km<sup>2</sup> situado a 6°51'00'' de latitude e 35°29'00'' de longitude e Mulungu com 1.267,5 km<sup>2</sup> localizado a 7°01'00'' de latitude e 35°29'00'' de longitude. A bacia está disposta na região geral oeste-leste, tendo nessa direção um comprimento da ordem de 40 Km e sua maior dimensão no sentido norte-sul é de cerca de 123 Km.

Seus principais afluentes localizam-se em sua margem esquerda, sendo o principal o rio Araçagi ou Jacaré. Esse rio, tem suas nascentes na região mais chuvosa da bacia, razão pela qual seus deflúvios na confluência com o rio principal são superiores aos destes.

A precisão dos dados obtidos por um modelo está ligada a vários fatores, que influem em maior ou menor intensidade. O modelo é escolhido de acordo com o objetivo do estudo, nível de precisão do mesmo, e familiaridade com o modelo, pois o melhor modelo costuma ser aquele que o usuário tem maior sensibilidade, entre aqueles que, tecnicamente podem ser usados. Diz-se que o modelo simula adequadamente o comportamento de uma bacia hidrográfica, quando as diferenças entre as vazões calculadas e as vazões observadas ficam contidas em certa faixa de "erro aceitável".

## 2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Faz-se necessário mostrar de maneira geral, definições para entender-se o procedimento do estudo como um todo, visando aprimorar e aprender melhor as teorias já estudadas, além de ampliar nossa visão dos métodos a serem utilizados, de forma que, possamos chegar a conclusões claras e precisas.

### 2.1. Características Físicas

Estas características permitem comparar as bacias entre si.

#### 2.1.1. Área de Drenagem (A)

A área de drenagem de uma bacia é a área plana (projeção

horizontal) incluída entre seus divisores topográficos. A área de uma bacia é o elemento básico para o cálculo das outras características físicas. É normalmente determinado por planimetria.

### 2.1.2. Coeficiente de Compacidade ( $K_c$ )

É a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia.

$$\text{Substituindo (1) em (2), tem-se: } K_c = 0,28P / A \quad (3)$$

Onde P e A são respectivamente perímetro em Km e área da bacia em Km<sup>2</sup>. Este coeficiente é adimensional, varia com a forma da bacia, independentemente do seu tamanho. Um coeficiente mínimo igual a unidade corresponderia a uma bacia circular.

### 2.1.3. Fator de Forma ( $K_f$ )

É a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia. Mede-se o comprimento da bacia (L) quando se segue o curso d'água mais longo desde a desembocadura até a cabeceira mais distante da bacia. A largura média ( $L^-$ ) é obtida quando se divide a área pelo comprimento da bacia.

$$K_f = L^- / L \quad (4), \text{ mas } L^- = A / L \quad (5), \text{ logo: } K_f = A / L^2 \quad (6)$$

O fator de forma constitui outro índice indicativo da maior ou menor tendência para enchentes de uma bacia. Uma bacia com um fator de forma baixo é menos sujeita que outra de mesmo tamanho porém com maior fator de forma.

### 2.1.4. Densidade de drenagem ( $D_d$ )

É um índice que indica o grau de desenvolvimento de um sistema de drenagem. É expresso pela relação entre o comprimento total dos cursos d'água de uma bacia e a sua área total.

$$D_d = L' / A \quad (7)$$

Varia inversamente com a extensão do escoamento superficial e, portanto, fornece uma indicação da eficiência de drenagem da bacia. Este índice varia de 0,5Km/Km, para bacias com drenagem pobre, a 3,5 ou mais, para bacias excepcionalmente bem drenadas.

### 2.1.5. Coeficiente de Torrencialidade ( $C_t$ )

É a relação entre o número de rios de 1ª ordem e a área da mesma bacia.

$$C_t = N_0 \text{ de rios de 1ª ordem} / \text{área da bacia}$$

Este coeficiente indica que quanto maior for o número de rios de 1ª ordem, há maior drenagem e conseqüentemente maior probabilidade de enchentes.

É válido salientar que são consideradas de 1ª ordem as correntes formadoras, ou seja, os pequenos canais que não tenham tributários.

#### 2.1.6. Extensão Média do Escoamento Superficial (1)

Este índice é definido como sendo a distância média em que a água teria que escoar sobre os terrenos de uma bacia, caso o escoamento se desse em linha reta, desde onde a chuva caiu até o ponto mais próximo no leito de um curso d'água qualquer da bacia. Considerando que uma bacia de área A possa ser representada por uma área retangular (fig 1) tendo um curso d'água de extensão L, passando pelo seu centro, a extensão do escoamento superficial, l, será dado pela expressão:

$$l = A/4L$$

Embora a extensão do escoamento superficial que efetivamente ocorre sobre os terrenos possa ser bastante diferente dos valores determinados, devido a diversos fatores de influência, este índice constitui uma indicação da distância média do escoamento superficial.

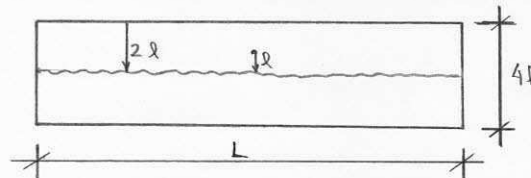


Fig. 1 - Extensão Média do Escoamento Superficial

#### 2.1.7. Retângulo Equivalente

Considerando que uma bacia de área A possa ser representada por uma área retangular, pode-se calcular seus lados por:

$$\text{lado maior: } L_{ec} = (K_{ec}\sqrt{A}/1,12)(1 + \sqrt{1 - (1,12/K_{ec})}) \quad (11)$$

$$\text{lado menor: } l_{ec} = (K_{ec}\sqrt{A}/1,12)(1 - \sqrt{1 - (1,12/K_{ec})}) \quad (12)$$

Foi introduzido com o intuito de melhor comparar a influência das características da bacia sobre o escoamento.

#### 2.1.8. Sinuosidade do Curso d'água

É a relação entre o comprimento do rio principal L e o comprimento de um talvergue ( $L_t$ ). É um fator controlador da velocidade de escoamento.

$$\text{Sin} = L/L_t$$



### 2.1.9. Índice de Declividade Média (Roche) ( $I_p$ )

É dada pela expressão:

$$I_p = (Z_o - Z_{1.000}) / L_e \quad (13)$$

Onde:  $Z_o$  - cota mais elevada.  
 $Z_{1.000}$  - cota mais baixa  
 $L_e$  - comprimento do retângulo equivalente

Se a declividade é baixa, a velocidade de escoamento é pequena e os rios escoam lentamente, não havendo então uma boa contribuição para a vazão na saída da bacia.

### 2.2. Preenchimento de Falhas

Muitas estações pluviométricas apresentam falhas em seus registros devido a ausência do observador ou por defeitos nos aparelhos. Entretanto, como há necessidade de se trabalhar com séries contínuas, essas falhas devem ser preenchidas. Um método bastante utilizado para refazer esta estimativa tem como base os registros pluviométricos de três estações localizadas o mais próximo possível da estação que apresenta falha nos dados de precipitação.

Designando por X a estação que apresenta falha e por A, B e C as estações vizinhas, pode-se determinar a precipitação  $P_x$  da estação X pela média ponderada do registro das três estações vizinhas, onde os pesos são as razões entre as precipitações normais anuais.

$$P_x = 1/3(N_x \cdot P_A / N_A + N_x \cdot P_B / N_B + N_x \cdot P_C / N_C) \quad (14)$$

Onde N é a precipitação normal anual

### 2.3. Análise de Duplas Massas

A análise de duplas massas é o método utilizado para se verificar a homogeneidade dos dados, isto é, se houve alguma anormalidade na estação pluviométrica, tais como mudança de local ou das condições do aparelho ou ainda modificação no método de observação.

Esse método consiste em construir-se uma curva dupla-acumulativa, na qual são relacionados os totais anuais acumulados de um determinado posto e a média acumulada dos totais anuais de todos os postos da região considerada homogênea, sob o ponto de vista meteorológico.

Um exemplo desse método é mostrada na figura 2, onde a curva obtida apresenta uma mudança na declividade, o que significa que houve alguma anormalidade, devendo portanto os dados serem corrigidos para as condições atuais da seguinte forma:

$$P_m = M_m \cdot P_o / M_o \quad (15)$$

Onde:  $P_a$  - são as observações ajustadas à condição atual de localização, exposição ou método de observação do posto  
 $P_o$  - dados observados a serem corrigidos  
 $M_a$  - coeficiente angular da reta no período mais recente  
 $M_o$  - coeficiente angular da reta no período em que se fizeram observações  $P_o$ .

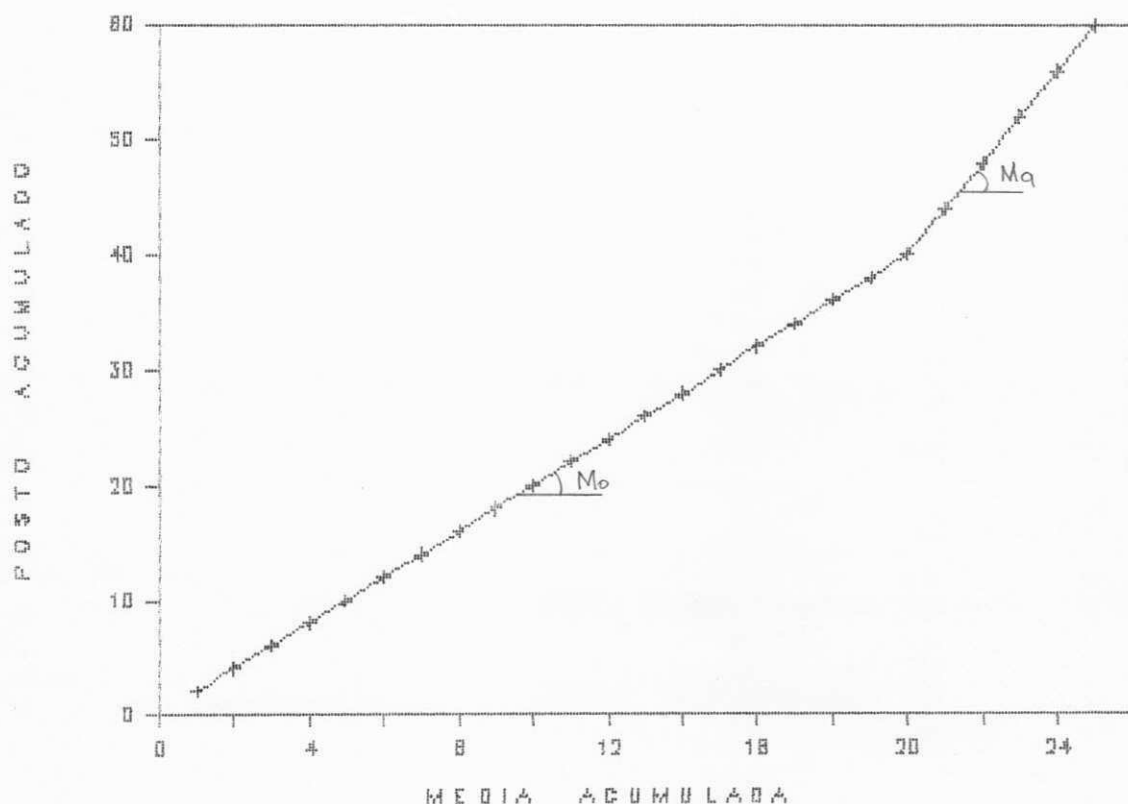


Fig.2-Verificação da Homogeneidade dos Dados

Embora possa acontecer que o número de anos em que o posto foi operado nas condições iniciais seja maior do que nas atuais, é mais interessante corrigir os dados referindo-se às últimas. Isso porque, a qualquer instante, pode-se fazer uma inspeção local e conhecer o estado de operação e conservação do mesmo na atualidade.

#### 2.4. Precipitação Média sobre a Bacia

A altura média de precipitação em uma área específica é necessária em muitos tipos de problemas hidrológicos. Existem três métodos para essa determinação: o método aritmético, o método de Thiessen e o método das Isoietas.

### 2.4.1. Método Aritmético

Esse método é o mais simples: consiste em determinar-se a média aritmética entre as quantidades medidas na área. Este método só apresenta uma boa estimativa se os aparelhos forem distribuídos uniformemente e a área for plana ou de relevo muito suave. É necessário também que a medida efetuada em cada aparelho individualmente varie pouco da média, em torno de 10%.

### 2.4.2. Método de Thiessen

Esse método que pode ser utilizado mesmo para uma distribuição não uniforme dos aparelhos, consiste em atribuir um fator de peso aos totais precipitados em cada aparelho, proporcionais à área de influência de cada um.

Essas áreas de influência ( pesos ) são determinados em mapas da bacia contendo as estações, unindo-se os postos adjacentes por linhas retas e, em seguida, traçando-se as mediatrizes dessas formando polígonos. Os lados dos polígonos são os limites das áreas de influência de cada estação.

A precipitação média é calculada pela média ponderada, entre a precipitação  $P_i$  de cada estação e o peso a ela atribuído  $A_i$ , que é a área de influência de  $P_i$ ,

$$h^- = \sum (P_i \cdot A_i) / A_T \quad (16)$$

sendo  $h^-$  a precipitação média e  $A_T$  a área total da bacia.

O método de Thiessen, embora seja mais preciso do que o aritmético, também apresenta limitações, pois não considera as influências orográficas, ele simplesmente admite uma variação linear da precipitação entre as estações e designa cada porção da área para a estação mais próxima.

### 2.4.3. Método das Isoietas

É o método mais preciso para avaliar a precipitação média. Nesse método, em vez dos pontos isolados de precipitação, determinados pelos aparelhos de medida, utilizam-se as curvas de igual precipitação ( isoietas ); o traçado dessas curvas é extremamente simples e semelhantes ao das curvas de níveis, onde a altura de chuva substitui a cota do terreno. Na construção dos mapas de isoietas, o analista deve considerar os efeitos orográficos e a morfologia do terreno de modo que o mapa final represente um modelo de precipitação real do que poderia ser obtido de medidas isoladas.

A precipitação média sobre uma área é calculada ponderando-se a precipitação média entre as isoietas sucessivas ( normalmente fazendo a média dos valores de duas isoietas ) pela área entre as isoietas, totalizando-se esse produto e dividindo-se pela área total, ou seja:

$$h^- = \sum (h_i + h_{i+1} / 2) \cdot A_i / A \quad (17)$$

Sendo  $h_i$  o valor da isoietas de ordem  $i$  e  $h_{i+1}$  o da isoietas de ordem  $i+1$ ,  $A_i$  é a área entre as duas isoietas e  $A$  a área total.

A precisão desse método depende altamente da habilidade do analista.

## 2.5 Modelos

O modelo permite simular condições planejadas e soluções para problemas existentes.

São classificados, geralmente, em:

a) Físicos: Representam o sistema por um protótipo em escala menor, na maior parte dos casos. Na hidráulica, a teoria da semelhança é utilizada para o estabelecimento dos modelos reduzidos.

b) Analógicos: Valem-se da analogia das equações que regem diferentes fenômenos para modelar, no sistema mais conveniente, o fenômeno mais complexo. A analogia entre as equações do escoamento hidráulico e de um circuito elétrico permite a representação do sistema hidráulico, complexo e caro, por um circuito de custo reduzidos.

c) Matemáticos: Também chamado de digitais ( usam normalmente o computador ) são os que representam a natureza do sistema através de equações matemáticas. São versáteis, pois pode-se facilmente modificar a sua lógica, obtendo-se resultados de diferentes situações de um mesmo sistema ou de diferentes situações de um mesmo sistema ou de diferentes sistemas, além de grande velocidade de processamento dos dados pelo o computador.

Será enfatizado neste trabalho os modelos matemáticos, com o intuito de gerar dados de vazão.

### 2.5.1. Modelo Chuva-Deflúvio

É desenvolvido com o objetivo de permitir seu uso para projetos de engenharia em bacias rurais e urbanas. O modelo é simples, com poucos parâmetros, baseado em metodologias conhecidas, e tem a finalidade de facilitar o seu uso para de diferentes características.

### 2.5.2. Modelo Vazão Específica-Vazão Específica

É um modelo com os mesmos objetivos do Modelo Chuva-Deflúvio, e com as mesmas características, onde devemos calcular a vazão específica de uma bacia hidrográfica ( Vazão dividido pela área da bacia) e a de uma sub-bacia e plotar o gráfico, este gráfico tende à uma curva de 45°. Com este gráfico podemos verificar a relação da bacia com sua sub-bacia e vice-versa, e com isto preencher algumas falhas existentes ou gerar alguns dados.

### 2.5.3. Modelo Tank Model

O Tank Model é um modelo determinístico empírico, do tipo caixa preta, que estima a vazão de um rio, utilizando dados de precipitação e evapotranspiração. O ciclo hidrológico é representado por uma sequência de níveis de armazenamento representado por tanques.

A determinação dos parâmetros do modelo são feitos através do método de tentativa e erro. Como o modelo representa um fenômeno físico é fundamental o conhecimento das características fisiográficas da bacia.

O tank-model é um modelo chuva-deflúvio determinístico empírico do tipo caixa-preta, que estima a vazão de um rio, utilizando dados de precipitação e evapotranspiração. O ciclo hidrológico é representado por uma sequência de níveis de armazenamento representados por reservatórios.

No nosso estudo, o escoamento foi analisado através de 3 reservatórios alinhados verticalmente.

A água precipitada cai diretamente no 1 reservatório que representa a superfície do solo. (o tank model considera a água retida por interceptação como perdas). A água precipitada no solo junto com a água (caso exista) de uma precipitação anterior constituem ( $X_1$ ). Essa água dependendo das condições de saturação do solo infiltrará pouco ou muito, sendo que geralmente existem perdas por infiltração ( $B_1$ ).

Sabe-se que vários são os fatores que influenciam para que haja escoamento superficial. Dependendo da intensidade da precipitação, da quantidade de água armazenada já existente no solo, ou seja das condições atuais do solo, da evapotranspiração, entre outros, a água portanto poderá atingir dois valores:

Caso atinja  $H_2$ , tem-se início o escoamento sub-superficial ( $Y_2$ ), onde parte da água pode sofrer o processo da evapotranspiração, parte pode percolar alimentando o lençol freático e o restante alimentará um curso d'água qualquer; caso atinja valores acima de  $H_1$  tem-se escoamento superficial, sendo o coeficiente de escoamento simbolizado neste caso por ( $Y_1$ ). O coeficiente de perdas por infiltração no reservatório 1 é ( $B_1$ ). O volume infiltrado alimentará o segundo reservatório que está representando um aquífero.

O segundo reservatório, recebe a água percolada proveniente do 1 reservatório pelo processo de infiltração, que junto com a água proveniente de um evento antecedente (caso exista), estabelece o valor de  $X_2$ . Caso o valor de  $X_2$  atinja o valor da altura d'água existente no reservatório 2 para que ocorra escoamento ( $H_3$ ), haverá escoamento sendo representado o volume escoado por um coeficiente ( $Y_3$ ). As perdas por infiltração no reservatório 2, são representados por  $B_2$ .

O terceiro reservatório recebe a água percolada do segundo reservatório ( $B_2$ ), pelo processo de infiltração, que junto com a água proveniente de um evento antecedente (caso exista), estabelece o valor de  $X_3$ . Caso o valor de  $X_3$  atinja o valor de  $H_4$ , começa um escoamento subterrâneo representado seu coeficiente por  $Y_4$ . As perdas no reservatório 3 representadas por  $B_3$  retornarão ao ciclo hidrológico a longo prazo.

Para uma boa calibração deste modelo é importante que se tenha um grande conhecimento das características físicas, das características do solo, e ainda mais que se tenha um bom grau de familiarização (usuário - modelo).



### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Preparação dos dados

Escolheu-se uma bacia compatível com os seguintes critérios:

.Postos que estivessem 6 (seis) anos ou mais de dados de vazão observados.

.Área menor que 5.000 km<sup>2</sup>

.Disponibilidade de dados de precipitação

.Localização na Paraíba

.Estudos feitos anteriormente num aspecto geral

Englobando todas essas sugestões, encontrou-se a Bacia de Mamanguape, satisfazendo entre outras de melhor maneira, todos esses critérios.

A Bacia de Mamanguape ( fig. 3 ) é uma bacia litorânea, formada pelas sub-bacias: Ponte do Leitão, com 6°51' de latitude e 35°29' de longitude e; Mulungu, localizado a 7° 01' de latitude e 35°29' de longitude, com características físicas apresentadas no quadro abaixo.

Bacia	A	Kc	Kf	Dd	l	Sin	Ip	Le	le
P. do Leitão	3.492,5	1,37	0,35	0,18	1,38	1,09	4,98	114,50	30,50
Mulungu	1.267,5	0,02	0,30	0,19	1,32	1,07	9,00	58,24	21,76

Onde: A - área da bacia, em km<sup>2</sup>  
 Kc - coeficiente de compacidade (  $Kc=0,28P/A$  )  
 Kf - fator de forma (  $Kf=A/L^2$  )  
 Dd - densidade de drenagem, em km/km<sup>2</sup> (  $Dd=L'/A$  )  
 l - extensão média do escoamento superficial, em km  
 Sin - sinuosidade do curso d'água (  $Sin=L/Lt$  )  
 Ip - índice de declividade média, em m/m  
 Le - lado maior do retângulo equivalente em km  
 le - lado menor do retângulo equivalente em km

Nota: 1.P - perímetro da bacia  
 L - comprimento da linha de fundo  
 L' - comprimento de todos os rios  
 2.Para: Ponte do Leitão - P =290 km  
 L =100 km  
 L'=630 km  
 Mulungu - P =160 km  
 L = 65 km  
 L'=240 km

Depois de escolhida a bacia, transportou-se os dados originais de precipitação da fita magnética para disquete e os armazenaram em arquivos do dBase. Em seguida relacionou-se os postos vizinhos em grupo de três com a finalidade de preencher as falhas existentes, através da equação (14):

$$P_x = 1/3(N_x \cdot P_A/N_A + N_x \cdot P_B/N_B + N_x \cdot P_C/N_C)$$

Onde: N - é a precipitação normal ou anual  
 X - estação que apresenta falhas

A, B e C - estações vizinhas

P<sub>i</sub> - precipitação do posto i

Os postos ficaram relacionados da seguinte forma (ver fig. 3):

Mamanguape:

.Santa Rita  
.Sapé  
.Aracagi

Aracagi:

.Sapé  
.Alagoa Grande  
.Serraria

Mulungu:

.Sapé  
.Alagoa Grande  
.Areia

Alagoa Grande:

.Areia  
.Campina Grande  
.Sapé

Alagoa Nova:

.Alagoa Grande  
.Campina Grande  
.Pocinhos

Pocinhos:

.Barra de Santa Rosa  
.Campina Grande  
.Alagoa Nova

Campina Grande:

.Ingá  
.Pocinhos  
.Alagoa Grande

Areia:

.Alagoa Grande  
.Serraria  
.Barra de Santa Rosa

Serraria:

.Areia  
.Barra de Santa Rosa  
.Pocinhos

Remígio:

.Pocinhos  
.Areia  
.Alagoa Grande

Mesmo com esse agrupamento, nem todas as falhas foram preenchidas, fazendo-se necessário agrupá-los em 2 ( dois ), reduzindo a expressão, por:

$$P_{x} = 1/2(N_{x} \cdot P_{a} / N_{a} + N_{x} \cdot P_{b} / N_{b}) \quad (18)$$

Além disto foi preciso utilizar postos que tiveram suas precipitações corrigidas pela equação (14), com a finalidade de tornar os dados coerentes.

Com todas as falhas preenchidas, passou-se para o estudo de Análise de Duplas Massas. Para tanto, plotou-se para todos os

postos ( exclusive os postos fora da bacia: Campina Grande, Ingá, Sapé, Santa Rita e Barra de Santa Rosa (fig. 3) ) os gráficos Precipitação Anual Acumulada ( média das estações da região ) versus Precipitação Anual acumulada da estação X. Verificou-se que alguns postos não apresentava mudança na declividade da reta e outros sim. Para estes, significa que houve alguma anormalidade, tais como mudança de local ou das condições de exposição do aparelho às precipitações. As observações foram corrigidas, usando a expressão (15):

$$P_m = M_m \cdot P_o / M_o \quad (\text{Curvas em anexo})$$

Por ser mais interessante corrigiu-se os dados com referência às condições atuais, embora houvessem casos em que o número de anos no qual o posto foi operado nas condições iniciais tenha sido maiores.

Uma vez feita essas observações e correções, os dados foram processados. Em seguida usou-se o Método de Thiessen para encontrar a precipitação média, onde traçou-se os polígonos usando apenas os postos que se encontram dentro da bacia ( fig 3 ) e a expressão (16):

$$h = \frac{\sum P_i \cdot A_i}{\sum A_i}$$

Também calculamos a média aritmética para as bacias e o método das Isoietas foi pego do relatório do DNCOS, com isso foi observado que a melhor média que se aplicaria aos nossos estudos era a Média de Thiessen, pois o Método Aritmético tem suas restrições quanto à áreas não planas, relevos sem serem suaves e aparelhos não distribuídos uniformemente, e os da isoietas porque foram traçadas para uns anos muito afastado do último ano ao qual possuímos dados de precipitação (1980).

Feito todo esse estudo, aplicaremos os modelos matemáticos para a bacia de Mamanguape e com isso gerar dados de vazão:

### 3.2. Aplicação dos Modelos

Aplicamos os seguintes modelos:

#### 3.2.1. Chuva-Deflúvio

A utilização de um modelo chuva-deflúvio, para a bacia em estudo é de difícil escolha, já que não existem estudos ou pesquisas sobre quais os modelos que melhor se ajustam a região.

Para determinarmos este modelo chuva-deflúvio devemos plotar o gráfico Precipitação Média Mensal ( determinada anteriormente por Thiessen ) versus a Lâmina Escoda (mm) determinada a partir da vazão observada ( dados em anexo ), obtendo-se uma curva exponencial, passando pela maior concentração de pontos (fig. 16). Porém é difícil prolongar uma curva exponencial de modo confiável, faz-se então necessário linearizar essa curva utilizando o papel bi-logaritmo e daí tira-se uma reta que melhor se ajusta a essa reta.

Obs: A lâmina escoada é obtida pela razão entre a vazão observada e a área da bacia ( dados em anexo ).

Este processo ainda ficou de difícil determinação da reta, então foi aplicado um programa em Basic, onde entramos com os dados e ele nos forneceu as seguintes informações:

Equações:

- Regressão Linear :  $y = a + b.X$
- Regressão Exponencial :  $Y = a. e^{b.X}$  ( $a > 0$ )
- Regressão Logarítmica :  $Y = a + b.logX$
- Regressão Geométrica :  $Y = a.X^b$  ( $a > 0$ )

Coefficientes:

$$b = ( (X.Y) - (X).(Y)/N ) / ( X^2 - (X)^2/N )$$

$$a = Y - b.X$$

$$R^2 = ( a. Y + b. X.Y - (Y)^2/N ) / ( Y^2 - (Y)^2/N )$$

Executando o programa de ajustamento de curvas, encontramos:

Equação	Pt. do Leitão			Mulungu		
	a	b	R <sup>2</sup>	a	b	R <sup>2</sup>
Linear	-27,87	0,29	0,16	-6,38	0,06	0,11
Exponencial	0,91	0,02	0,56	0,18	0,02	0,36
Logarítmica	-8,35	6,05	0,12	-13,96	4,13	0,36
Geométrica	0,14	0,91	0,73	0,00	1,52	0,32

Devido aos valores obtidos acima, resolvemos não aplicar este modelo, pois a melhor regressão dada foi a geométrica para Ponte do Leitão, com 73%.

Mas, fica-se dado as equações (coeficientes), para quem quiser tentar e comparar os dados.

### 3.2.2. Vazão Específica-Vazão Específica

Primeiramente foi calculado a vazão para cada bacia ( Mulungu e ponte do Leitão) utilizando um programa em dBASE III-Plus feito especialmente para este Projeto, após esta etapa plotamos os dados ( utilizando o software LOTUS 1-2-3 ) e pudemos observar que esta curva tende à uma curva de 45° (observe figura em anexo) e alguns pontos ficaram fora desta curva, com isso eliminamos estes dados e obtivemos uma melhor curva a qual serviu para preenchermos 3 falhas existentes.

Neste projeto este modelo só teve esta utilidade, além de confirmar a tendência à 45° da curva, mostrando um bom comportamento para as bacias.

### 3.2.3. Tank Model

Analisando os resultados obtidos (fluviogramas) que estão em anexo, podemos concluir que os dados calculados em geral se ajustam bem àqueles observados. É claro que para alguns anos este ajuste não foi tão ideal, mas podemos atribuir as maiores diferenças observadas ao processo de coleta de dados, dados estes que mesmo homogeneizados não nos deu condições de um melhor ajuste para determinados anos. É portanto de suma importância para o hidrólogo a boa captação destes dados, de modo que os mesmos sejam os mais reais possíveis e possamos diminuir as incertezas das análises qdo de um estudo hidrológico.

Os dados gerados podem ser melhorados com um aprofundamento do estudo, no qual incluíamos uma função objetiva que poderá nos informar, se possível e dependendo dos nossos objetivos o comportamento desta relação chuva-deflúvio, na bacia em estudo. Na verdade a calibragem não é tão simples e quanto mais conhecimentos tivermos da bacia, melhor condições de calibragem.

## 4. Conclusão

Ao final deste estágio, podemos concluir que deixamos os dados destas duas bacias disponíveis para qualquer aplicação, além de aplicarmos alguns modelos para as mesmas.

Foram desenvolvidos vários programas específicos para este projeto, mas que puderam ser perfeitamente utilizados para outras bacias, sendo apenas necessário algumas modificações. Estes programas estão disponíveis no laboratório de hidráulica da Universidade Federal da Paraíba, Campus II.

Ao término deste estágio, ficamos satisfeito, pela quantidade de dados que foram trabalhados para estas duas bacias.

## 5. Agradecimentos:

A todos que fazem parte do Laboratório de Recursos Hídricos, em especial às pessoas que trabalharam diretamente nesta pesquisa comigo:

Prof. Raimundo Sérgio Santos Góis;

Eliane de Sousa Conrado.

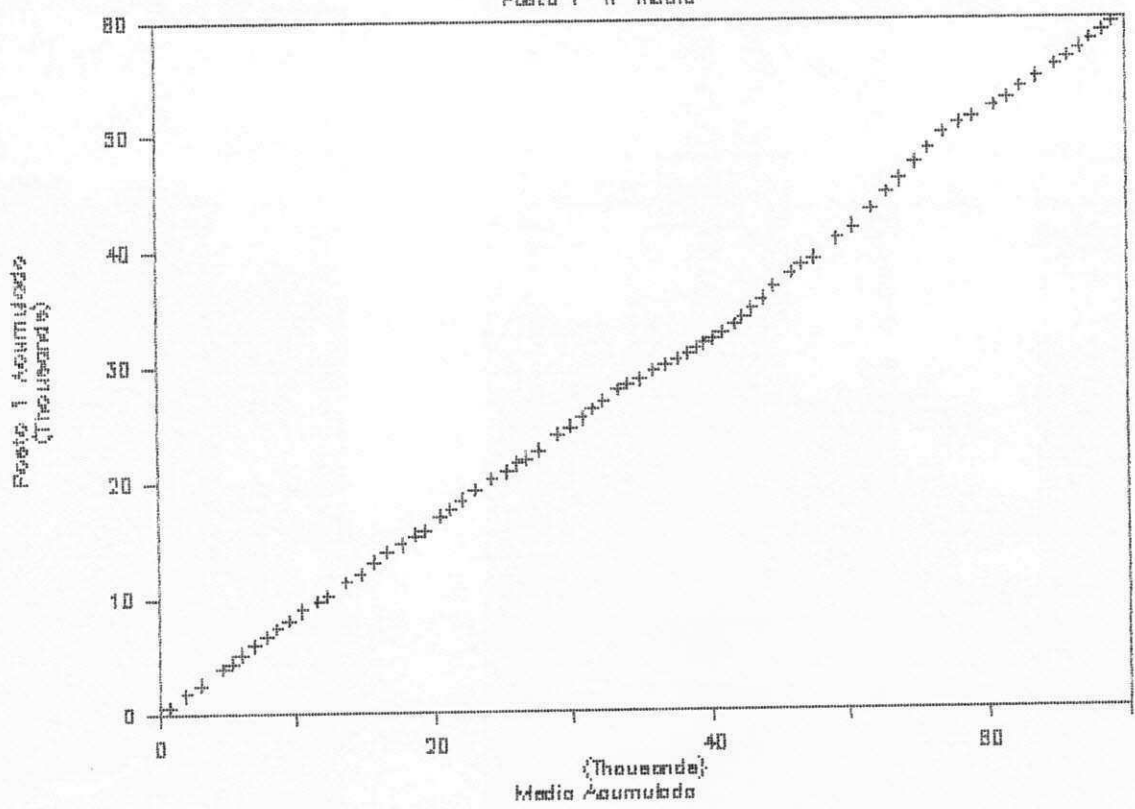
Solange



A N E X O S

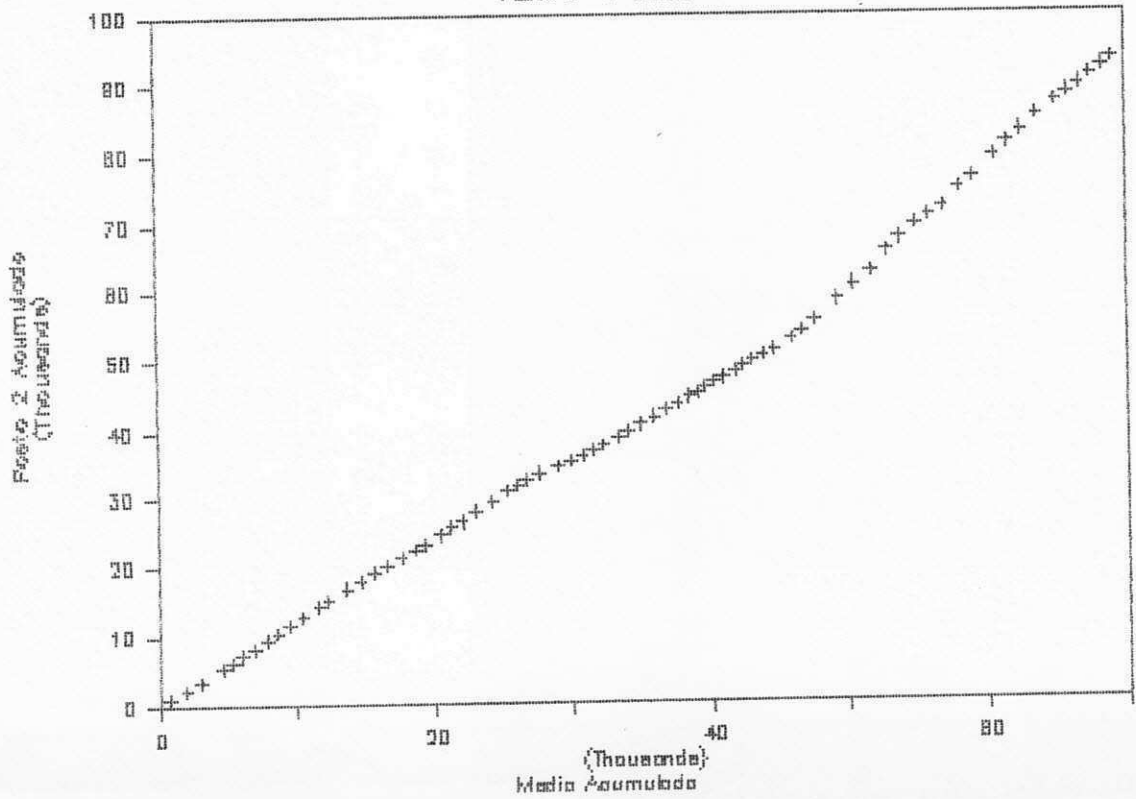
# Precipitacoes Acumuladas

Ponto 1 X Medio



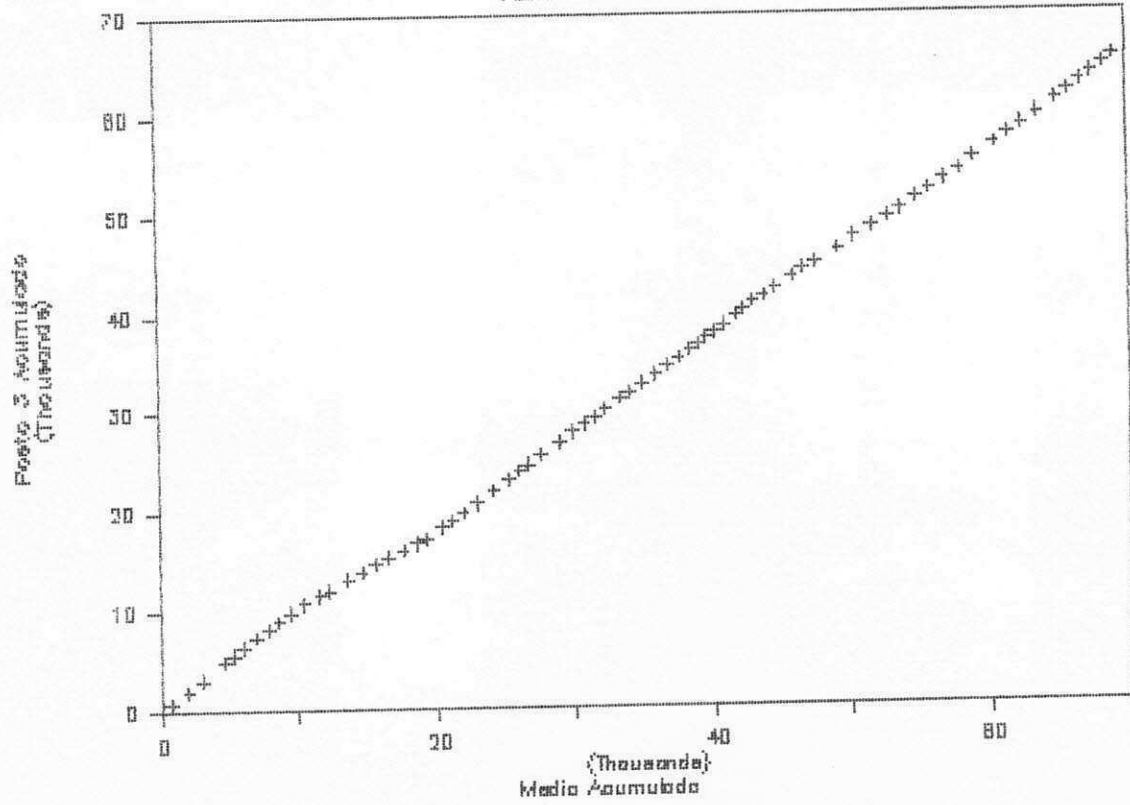
# Precipitacoes Acumuladas

Ponto 2 X Medio



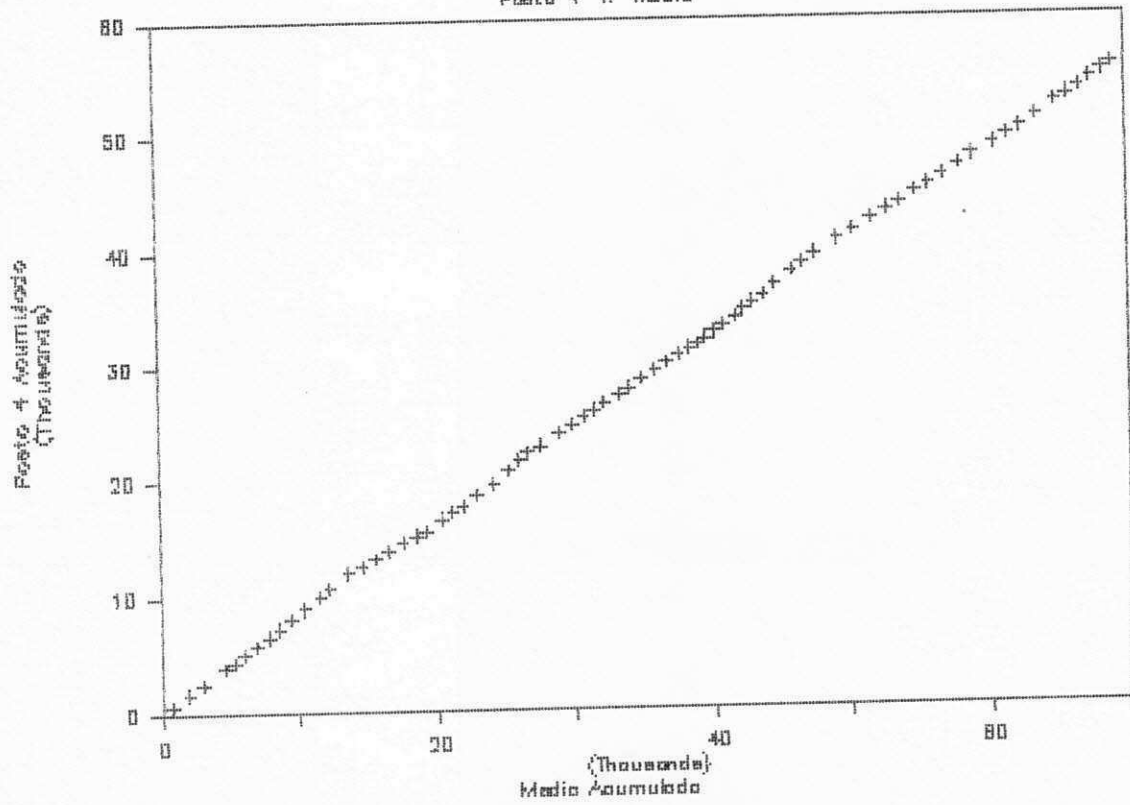
# Precipitacoes Acumuladas

Posto 3 X Media



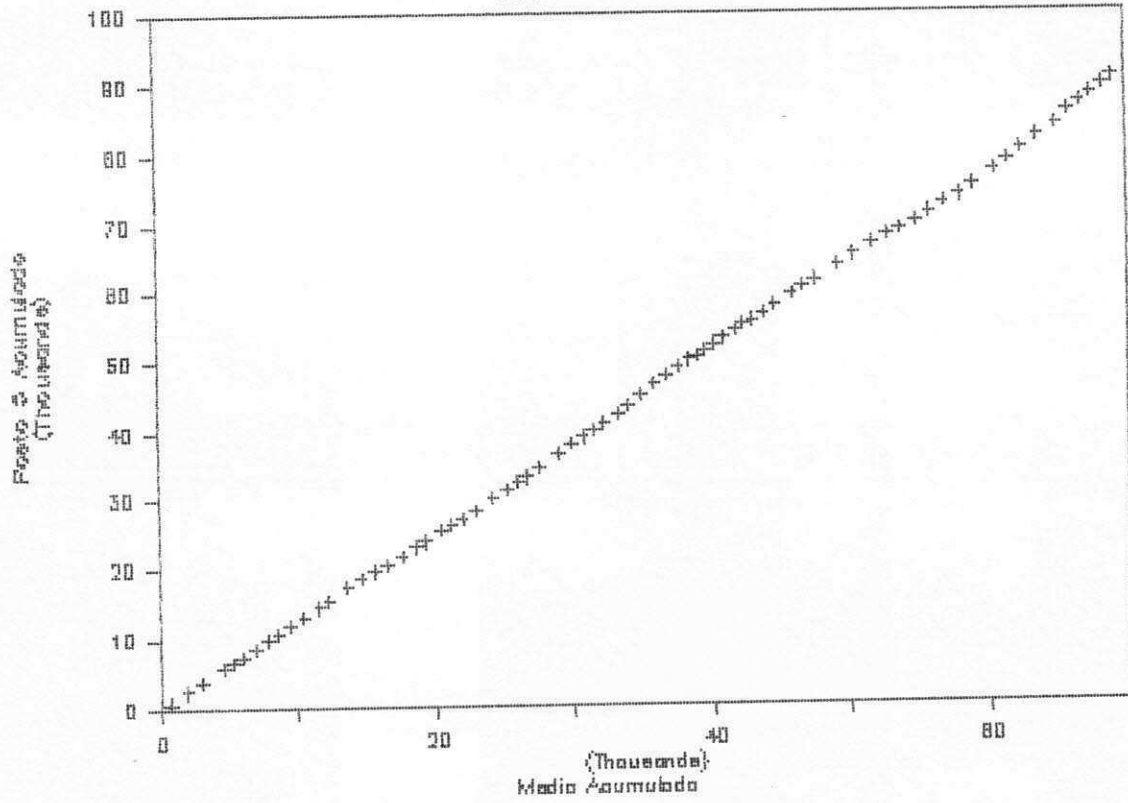
# Precipitacoes Acumuladas

Posto 4 X Media



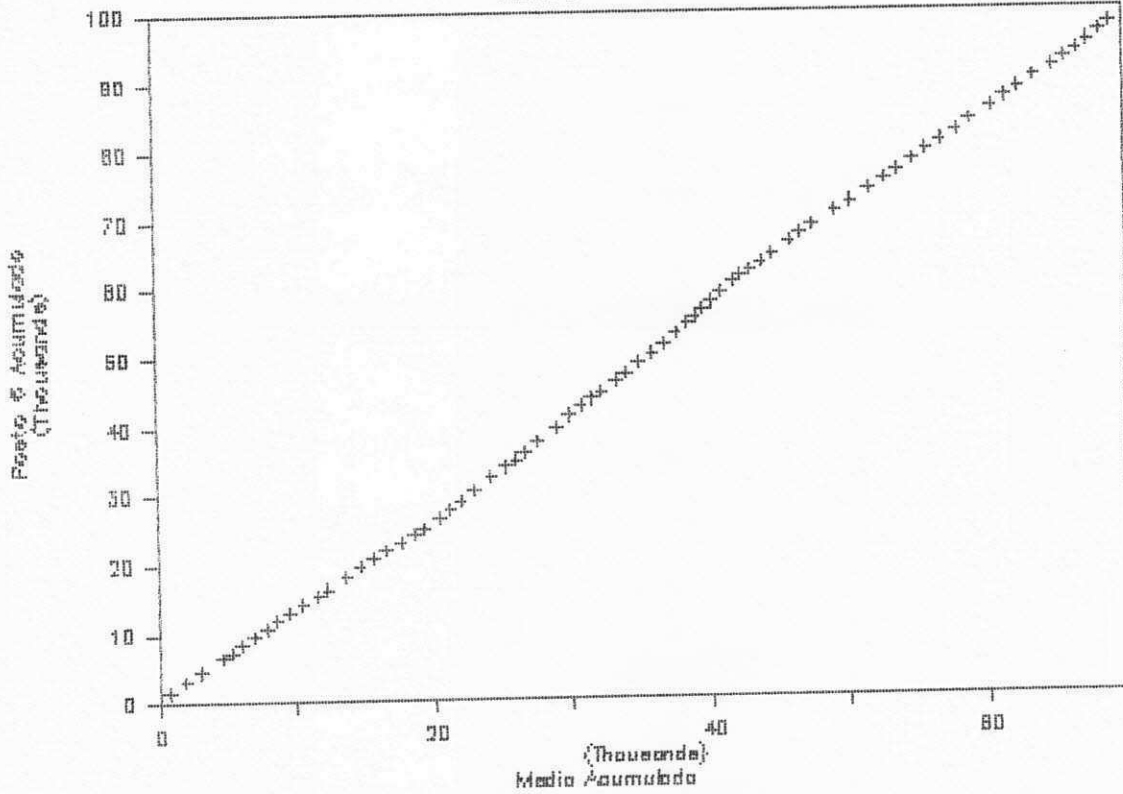
# Precipitacoes Acumuladas

Posto 5 % Media



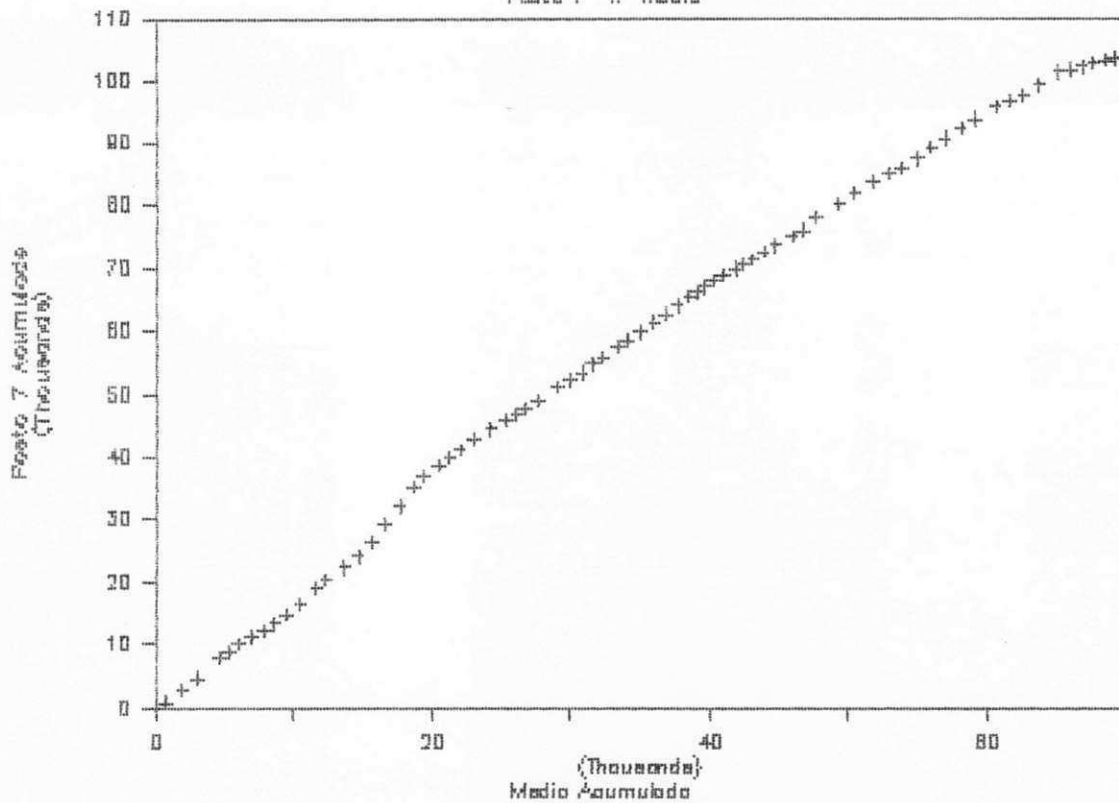
# Precipitacoes Acumuladas

Posto 6 % Media



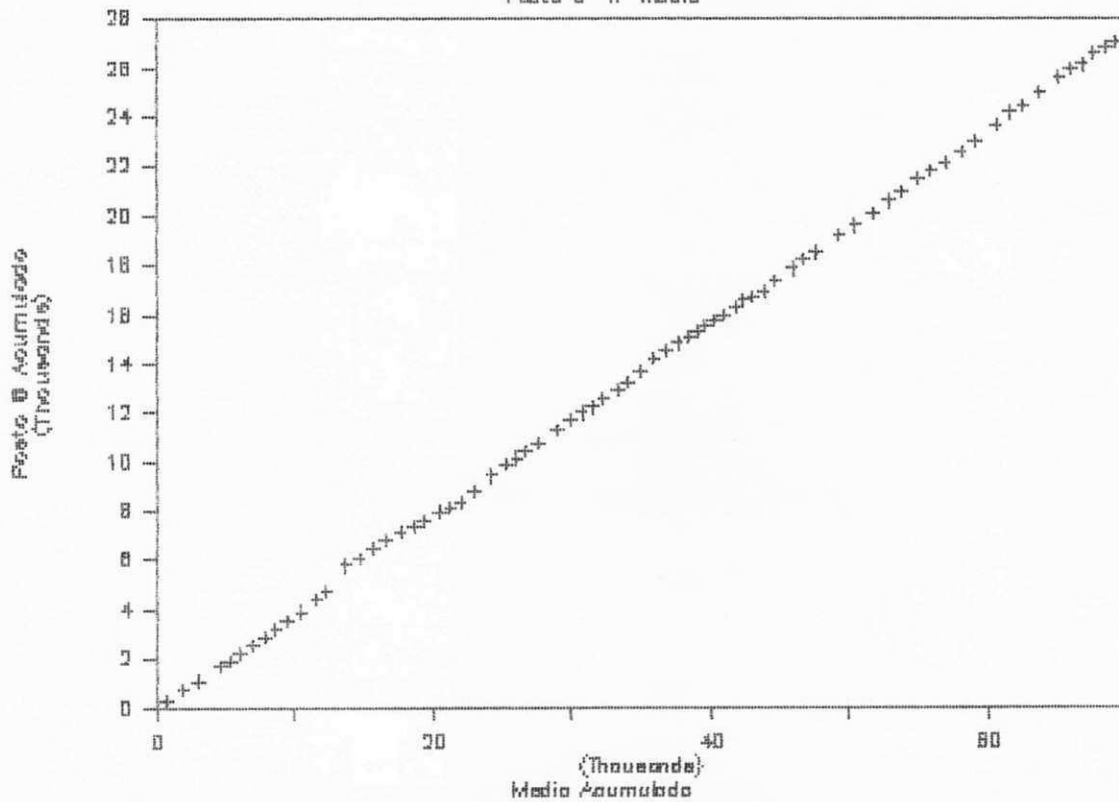
# Precipitacoes Acumuladas

Ponto 7 X Medio



# Precipitacoes Acumuladas

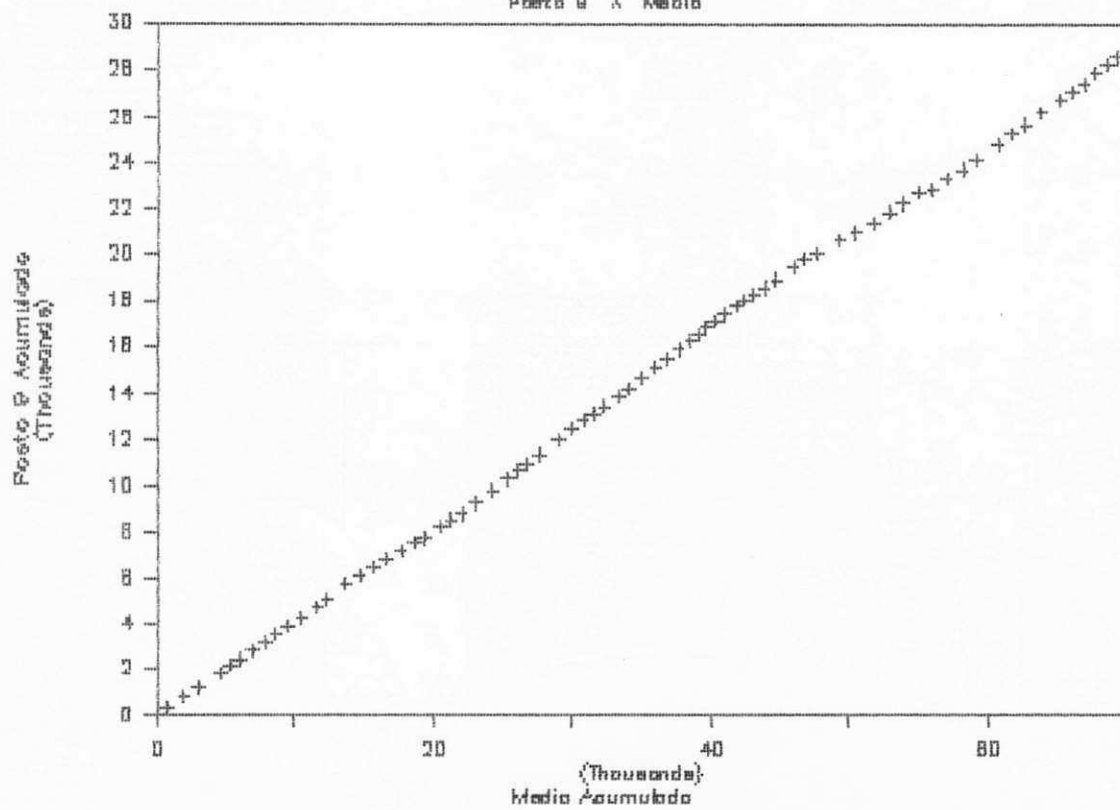
Ponto 8 X Medio





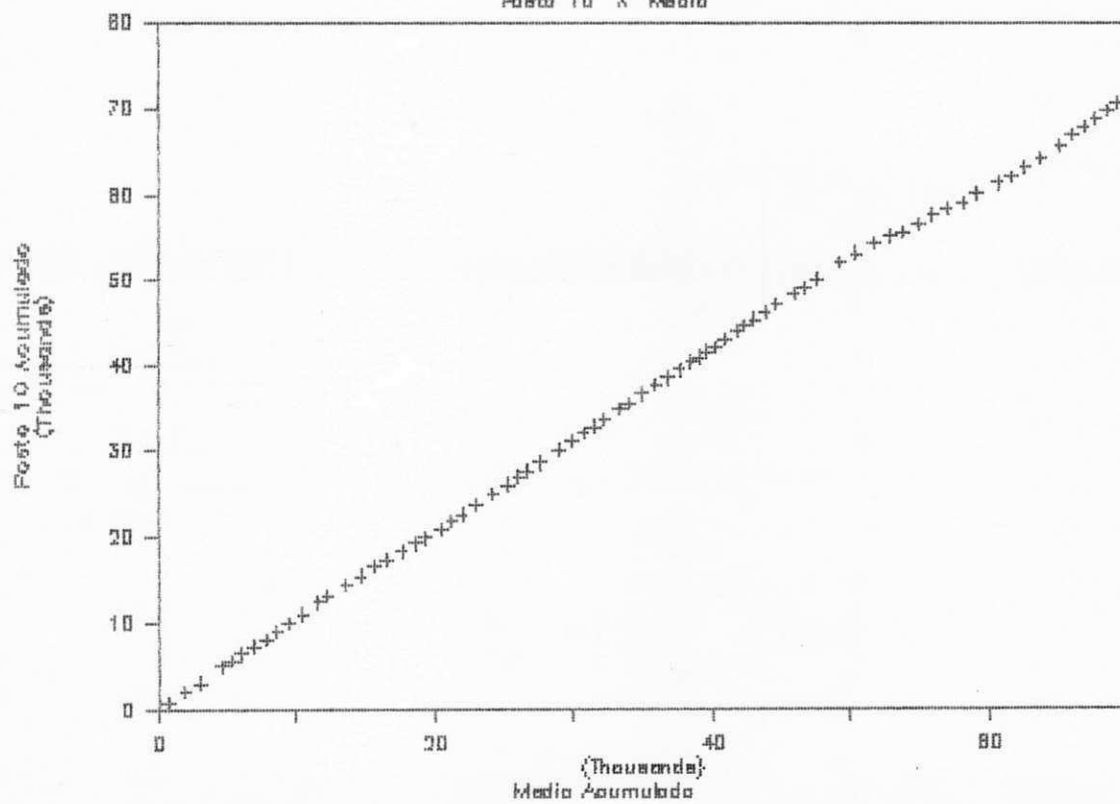
# Precipitacoes Acumuladas

Posto 8 X Medio



# Precipitacoes Acumuladas

Posto 10 X Medio



PLUVIOMETRIA MENSAL  
 MEDIA DE THIESSEN DE MULUNGU - ESTADO DA PARAIBA

IMPRESSO EM 19.03.90

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1911	83.1	46.3	141.0	19.7	88.7	63.8	55.2	121.1	11.2	10.6	12.7	68.9	722.3
1912	80.0	181.0	150.0	98.6	181.2	158.0	95.6	87.9	43.6	16.1	35.6	2.1	1129.7
1913	18.5	133.9	101.7	163.5	82.3	111.2	152.7	95.1	14.5	13.8	8.8	24.0	920.0
1914	157.2	71.6	126.0	121.9	173.0	245.4	213.9	294.0	44.8	3.3	12.9	1.7	1465.7
1915	39.6	3.4	19.6	114.3	113.1	99.6	118.0	80.7	19.4	2.3	7.9	32.9	650.8
1916	8.6	19.8	189.1	87.0	167.7	223.5	42.5	13.3	2.5	1.6	5.0	8.0	768.6
1917	71.0	172.3	177.8	51.0	114.0	69.8	60.8	25.2	50.7	6.6	16.2	26.4	841.8
1918	78.6	115.2	61.1	74.8	141.1	174.3	68.7	88.4	49.1	2.4	1.0	13.7	868.4
1919	28.8	11.1	3.7	55.4	20.9	169.8	179.1	129.8	109.8	22.3	12.0	14.7	757.4
1920	38.9	5.6	138.0	111.1	121.1	131.6	136.9	4.3	19.7	34.2	10.7	116.9	869.0
1921	65.6	70.8	151.2	81.8	128.5	81.9	121.7	41.8	59.3	2.2	21.2	51.5	877.5
1922	49.3	20.7	52.8	168.1	126.7	186.8	164.7	146.9	9.1	2.9	52.4	9.6	990.0
1923	36.2	118.6	11.1	71.4	35.5	131.7	123.7	44.6	14.2	7.9	30.9	5.0	630.8
1924	60.3	93.7	228.7	328.3	201.1	124.7	95.4	61.5	18.5	10.8	8.9	7.6	1239.5
1925	63.9	33.1	84.5	159.3	103.5	114.2	80.3	57.0	63.8	7.3	13.8	26.5	807.2
1926	54.2	127.8	191.7	212.5	75.2	133.8	47.3	31.8	20.8	8.5	5.0	23.3	931.9
1927	15.5	93.0	127.0	123.0	93.6	63.5	167.3	22.9	11.9	3.8	3.0	29.8	754.3
1928	128.6	20.6	125.4	144.6	129.1	69.4	71.3	40.0	56.5	16.5	6.0	13.8	821.8
1929	9.2	105.9	158.5	73.2	76.5	77.1	96.0	60.4	23.0	11.7	22.7	35.4	749.6
1930	31.0	37.4	92.9	68.4	53.9	125.1	56.9	8.2	1.6	20.6	17.2	22.6	535.8
1931	25.6	144.7	106.3	208.1	132.4	204.5	113.8	104.1	47.6	13.5	17.0	15.3	1132.9
1932	114.9	26.2	51.1	50.1	95.4	138.4	126.7	17.3	108.9	17.4	2.0	2.2	750.6
1933	81.2	105.8	21.6	152.9	67.1	73.1	73.1	28.3	30.9	7.3	10.4	20.4	672.1
1934	10.2	94.0	320.8	101.6	299.0	75.8	33.3	43.4	32.2	9.7	14.7	35.1	1069.8
1935	29.1	88.2	149.4	285.3	126.3	128.8	130.3	63.2	18.7	18.0	25.7	10.1	1073.1
1936	40.8	233.6	73.7	30.0	149.4	376.8	115.3	28.9	16.0	25.1	2.6	4.9	1097.1
1937	5.2	47.0	29.4	176.2	146.8	171.6	57.3	72.7	13.4	7.0	9.2	12.0	747.8
1938	51.4	15.9	116.4	128.4	78.5	37.5	30.3	70.0	35.3	11.8	23.3	8.4	607.2
1939	12.3	48.3	107.7	60.5	110.9	38.2	125.1	137.4	13.8	71.6	69.2	10.5	805.5
1940	54.5	88.8	141.8	151.7	269.7	183.4	100.9	86.5	36.8	6.7	1.2	27.6	1149.6
1941	6.1	23.8	226.0	147.9	69.1	93.4	93.8	79.0	22.8	23.8	20.9	30.5	837.1
1942	8.3	64.2	41.7	57.2	162.1	84.5	80.8	116.9	12.0	9.8	7.5	38.1	683.1
1943	55.0	75.5	42.6	42.3	84.0	81.2	153.2	50.6	55.4	8.3	9.4	19.3	676.8
1944	44.6	6.1	50.5	140.6	85.1	113.9	105.8	73.0	58.2	28.5	17.1	18.2	741.6
1945	27.9	132.3	57.4	79.1	204.4	200.9	118.8	79.7	32.4	26.5	19.0	7.8	986.2
1946	117.8	21.7	65.6	41.6	86.5	97.1	42.1	28.7	17.7	1.6	7.0	41.0	568.4
1947	66.8	34.0	138.9	90.5	149.3	105.7	79.4	33.3	40.7	7.9	40.3	51.4	838.2
1948	11.7	17.5	165.5	58.8	191.7	128.1	191.3	44.6	41.9	23.5	31.7	10.9	917.2
1949	46.0	10.6	37.5	125.4	217.2	104.0	41.9	108.0	21.6	10.6	57.9	11.9	792.6
1950	23.8	29.5	104.4	182.0	130.8	61.3	88.2	60.9	26.9	5.0	1.3	23.1	737.2
1951	10.9	14.4	19.9	56.7	136.5	341.4	86.2	38.1	10.5	10.7	36.9	30.8	793.0
1952	12.7	12.0	91.2	31.9	65.0	94.7	50.2	65.8	16.9	10.1	1.5	6.5	458.5
1953	16.1	2.0	33.0	66.3	98.3	168.8	83.9	56.3	3.7	6.0	55.5	1.1	591.0

Continua ...

Continuacao

PLUVIOMETRIA MENSAL

IMPRESSO EM 19.03.90

MEDIA DE THIESSEN DE MULUNGU - ESTADO DA PARAIBA

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1954	11.0	8.8	35.2	53.1	249.3	115.1	71.5	33.4	5.3	0.1	6.2	1.6	590.6
1955	23.4	29.1	161.3	70.8	79.0	74.0	70.6	69.3	12.6	38.0	7.4	14.1	649.6
1956	33.5	62.3	128.8	164.2	86.0	102.3	114.6	103.8	30.3	5.5	2.2	10.0	843.5
1957	62.3	0.2	114.3	146.2	24.8	82.2	55.6	40.5	9.0	3.8	4.7	22.5	566.1
1958	11.0	24.0	30.3	26.2	187.6	84.9	178.4	62.7	26.7	0.3	1.1	4.8	638.0
1959	28.3	35.5	49.0	96.2	102.8	89.9	106.7	101.0	19.4	0.2	10.5	5.6	645.1
1960	21.2	4.7	153.3	133.1	88.0	175.0	137.2	37.2	24.4	0.4	6.8	21.9	803.2
1961	259.1	70.1	190.4	115.7	125.5	115.4	173.3	72.5	51.3	30.1	4.5	8.5	1216.4
1962	7.4	86.0	61.3	48.8	121.9	159.8	93.2	53.7	94.7	4.0	0.9	18.8	750.5
1963	9.2	133.5	155.5	120.8	74.4	67.8	101.2	52.5	9.4	3.5	29.5	100.9	858.2
1964	139.3	196.0	177.1	227.1	172.8	393.1	237.2	144.5	146.7	2.9	4.5	2.7	1843.9
1965	70.9	71.4	107.1	182.1	133.7	356.6	96.3	110.5	50.7	5.9	38.2	64.4	1287.8
1966	99.3	206.7	47.6	74.4	118.7	165.1	297.0	47.7	114.5	14.1	38.2	47.1	1270.4
1967	29.2	66.1	198.1	211.7	133.3	231.1	257.2	238.1	51.1	83.2	0.9	34.0	1534.0
1968	103.8	92.4	183.4	205.2	162.1	42.3	208.2	33.6	14.7	10.3	3.0	19.6	1078.6
1969	83.1	43.3	124.5	120.9	186.4	305.7	327.1	82.4	24.1	10.0	7.0	8.1	1322.6
1970	16.8	46.4	153.9	185.3	55.8	133.1	178.3	198.2	17.2	2.4	2.2	2.8	992.4
1971	16.7	20.0	59.5	176.0	132.1	121.4	104.5	81.0	47.0	63.9	71.6	12.5	906.2
1972	25.5	198.0	149.6	167.4	189.6	204.1	109.4	245.5	70.9	17.0	3.5	35.1	1415.6
1973	74.7	110.4	117.4	134.4	97.9	121.2	130.0	44.0	53.4	40.4	26.8	60.1	1010.7
1974	135.7	151.0	155.1	248.3	219.4	128.1	306.8	136.2	117.6	29.7	29.6	73.8	1731.3
1975	53.9	51.8	106.1	51.5	122.7	203.9	242.1	99.8	69.8	15.5	24.6	108.9	1150.6
1976	33.8	117.6	172.2	129.6	152.5	129.8	156.1	31.1	12.4	98.4	30.5	48.3	1112.3
1977	142.6	38.7	58.8	199.2	165.6	175.9	233.3	87.1	87.2	36.0	21.9	19.5	1265.8
1978	18.2	59.7	120.0	219.2	177.9	97.2	211.8	103.3	134.3	21.3	48.1	73.8	1284.8
1979	31.0	40.5	57.2	81.4	169.5	148.7	93.1	57.8	132.9	11.7	47.3	8.4	879.5
1980	82.7	94.2	139.9	132.4	86.3	104.7	30.1	42.0	32.6	44.9	15.3	21.2	826.3
1981	85.7	57.5	340.8	42.6	88.8	77.6	38.6	28.3	36.2	9.6	38.4	98.4	942.5
1982	41.4	121.7	46.0	110.2	129.1	162.0	77.2	107.9	60.4	4.4	26.1	26.9	913.3
1983	31.6	108.8	136.3	63.8	104.7	68.8	62.6	92.9	30.6	33.4	0.4	9.3	743.2

PLUVIOMETRIA MENSAL  
 MEDIA DE THIESSEN DE PONTE DO LEITAO - ESTADO DA PARAIBA

IMPRESSO EM 19.03.90

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1911	103.6	47.5	116.9	24.9	100.7	75.8	35.3	117.6	10.9	16.4	12.8	64.7	727.1
1912	74.0	194.5	191.9	116.6	221.2	162.8	102.8	109.2	44.9	15.9	44.3	4.6	1282.7
1913	12.7	152.7	136.4	183.3	106.5	145.1	182.8	95.6	18.6	16.8	9.5	30.0	1090.0
1914	200.6	75.2	126.5	141.8	174.6	333.1	260.1	343.7	40.2	3.6	9.5	4.1	1713.0
1915	35.7	3.2	19.5	108.2	121.3	121.3	116.8	94.0	22.7	2.0	10.3	41.8	696.8
1916	7.9	13.5	198.5	98.3	198.9	225.5	63.9	10.7	2.4	3.7	5.8	10.9	840.0
1917	59.1	181.4	208.5	53.1	133.9	82.7	64.5	26.2	45.3	5.1	17.5	22.9	900.2
1918	77.2	123.4	74.3	76.9	160.8	196.3	64.0	74.3	50.1	1.3	1.8	16.4	916.8
1919	30.6	13.3	2.2	59.5	15.2	174.7	197.2	135.7	123.7	34.3	10.6	18.5	815.5
1920	39.1	2.9	165.9	109.3	108.2	131.5	141.6	10.5	28.7	48.1	13.7	128.5	928.0
1921	74.2	82.0	151.3	97.1	170.2	83.5	142.5	58.3	72.6	1.9	42.2	53.8	1029.6
1922	56.1	28.7	47.1	247.8	200.0	220.7	160.3	155.4	12.9	2.8	54.1	6.9	1192.8
1923	49.3	99.7	12.5	93.4	39.0	156.9	133.3	48.0	15.0	8.5	33.2	15.2	704.0
1924	45.9	121.0	230.4	354.1	229.9	166.2	102.4	78.7	29.2	17.8	13.8	7.3	1396.7
1925	71.7	37.0	81.5	223.8	137.5	140.2	90.4	63.3	98.4	9.8	15.0	21.2	989.8
1926	51.3	131.6	206.8	215.2	117.1	174.3	72.5	41.0	26.8	9.4	10.1	21.8	1077.9
1927	14.5	102.8	141.5	177.1	132.8	105.9	220.5	37.2	15.8	9.5	9.6	27.0	994.2
1928	109.0	37.8	151.1	182.1	146.7	113.1	110.7	51.4	70.6	25.5	10.7	17.0	1025.7
1929	10.3	148.0	253.4	94.2	129.1	125.0	140.8	72.1	35.3	22.6	28.2	48.0	1107.0
1930	67.2	40.9	96.3	89.1	63.1	155.3	80.2	12.9	2.6	23.1	12.6	14.7	658.0
1931	25.0	166.5	122.3	255.4	145.6	255.4	102.1	89.1	39.4	11.9	16.6	14.1	1243.4
1932	108.1	34.0	55.9	51.7	106.9	168.2	131.4	15.2	100.4	14.3	2.1	2.0	790.2
1933	116.4	131.0	29.5	191.8	72.2	87.2	69.8	21.1	23.5	5.2	8.5	18.4	774.6
1934	7.6	145.8	322.5	123.0	281.6	68.2	25.5	34.0	24.2	10.2	16.0	43.8	1102.4
1935	31.8	122.4	195.3	338.3	128.2	180.4	131.4	56.0	13.2	17.4	20.7	8.9	1244.0
1936	19.7	214.4	82.5	37.7	135.4	381.3	111.0	27.2	16.3	19.1	2.5	4.1	1051.2
1937	3.4	48.1	50.6	227.5	137.0	178.2	64.4	79.3	8.5	6.5	14.2	12.7	830.4
1938	42.4	25.5	118.1	102.6	96.3	45.4	30.5	83.6	29.8	10.8	23.4	11.2	619.6
1939	13.2	54.8	129.3	78.9	121.7	46.6	149.4	160.2	16.9	80.4	70.8	14.6	936.8
1940	60.5	119.0	218.5	217.2	331.3	225.7	123.5	107.3	40.8	7.2	2.1	27.8	1480.9
1941	8.5	26.1	283.6	152.4	88.3	99.3	111.2	92.1	27.2	28.6	28.4	38.7	984.4
1942	3.9	78.7	59.6	57.3	230.2	107.7	84.8	121.8	13.8	11.2	7.9	49.4	826.3
1943	61.6	102.8	52.7	41.2	95.5	106.6	179.7	51.9	52.6	8.4	6.9	36.1	796.0
1944	58.4	5.8	66.9	145.3	117.9	128.1	118.2	80.1	49.5	30.0	15.2	20.3	835.7
1945	31.0	173.8	63.9	96.5	232.0	218.3	132.0	76.9	32.5	26.7	18.9	9.8	1112.3
1946	119.6	32.2	118.5	49.5	101.9	115.6	51.6	31.2	15.3	1.9	5.6	44.9	687.8
1947	65.6	40.4	173.1	115.5	179.8	111.5	89.6	36.7	37.0	8.7	58.1	58.7	974.7
1948	11.2	29.8	177.9	58.3	213.8	145.1	254.9	48.5	40.0	24.8	33.2	9.8	1047.3
1949	37.9	25.7	46.1	122.8	260.1	109.5	42.6	91.9	19.9	12.7	60.2	10.8	840.2
1950	20.2	26.2	148.8	226.9	152.0	61.4	88.0	68.3	27.7	5.7	1.7	26.4	853.3
1951	10.3	16.8	23.3	56.4	135.2	411.3	75.3	31.0	13.2	13.0	34.1	42.5	862.4
1952	24.5	12.0	93.3	49.7	80.4	119.1	50.8	72.6	16.4	11.3	1.6	11.3	543.0
1953	14.2	3.5	31.8	85.2	85.4	198.6	94.8	56.1	3.8	5.1	41.0	2.2	621.7

Continua ...

Continuacao

PLUVIOMETRIA MENSAL

IMPRESSO EM 19.03.90

MEDIA DE THIESSEN DE PONTE DO LEITAO - ESTADO DA PARAIBA

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1954	6.0	12.7	30.8	47.4	262.7	129.4	79.8	36.1	8.9	0.1	8.6	1.6	624.1
1955	17.7	29.3	179.8	100.3	88.4	96.9	83.3	68.0	11.5	41.2	8.1	12.6	737.1
1956	27.7	61.1	169.1	163.9	88.5	142.3	104.3	106.1	29.4	8.4	4.7	13.5	919.0
1957	59.9	1.1	123.3	159.6	28.5	78.9	52.4	48.3	5.1	3.4	3.8	26.9	591.2
1958	20.9	28.5	35.8	31.5	202.3	106.5	173.6	58.3	25.6	2.3	11.7	12.0	709.0
1959	40.5	54.9	77.6	117.9	109.1	114.3	147.8	100.1	27.2	3.5	9.0	14.2	816.1
1960	23.7	5.0	200.4	134.9	112.0	226.9	152.1	38.1	25.9	2.8	5.6	18.8	946.2
1961	235.2	111.1	185.6	136.1	166.3	125.1	161.5	58.8	38.1	25.4	2.8	9.6	1255.6
1962	6.3	90.5	74.8	56.1	138.3	177.5	78.2	59.5	89.5	7.1	0.7	22.8	801.3
1963	26.0	82.9	157.9	205.1	83.2	70.1	120.4	45.9	10.2	2.4	39.9	103.6	947.6
1964	194.2	197.2	177.8	243.0	197.9	323.9	290.2	129.8	125.0	6.1	6.1	3.7	1894.9
1965	81.8	46.1	76.7	218.3	133.9	356.1	96.3	80.4	69.4	10.8	19.9	54.7	1244.4
1966	84.8	165.0	39.5	87.6	124.9	230.8	338.2	73.8	106.1	10.4	42.2	57.5	1360.8
1967	30.2	45.8	196.6	168.7	144.5	212.5	174.4	147.2	29.3	74.6	7.0	33.8	1264.6
1968	88.7	76.0	162.6	149.5	152.0	50.7	149.5	25.1	10.7	9.7	1.6	18.9	895.0
1969	54.9	43.0	106.7	112.3	197.7	261.0	284.4	98.8	34.0	16.8	11.4	8.0	1229.0
1970	19.4	28.4	170.0	209.1	84.6	139.8	199.9	260.3	32.2	6.4	3.5	5.3	1158.9
1971	17.4	23.4	73.7	212.4	185.5	134.3	135.4	78.0	67.1	53.3	70.5	7.4	1058.4
1972	26.4	89.0	90.9	155.8	171.2	185.1	120.5	158.6	49.5	21.2	4.3	26.9	1099.4
1973	70.9	98.2	107.0	169.2	131.4	160.4	145.4	45.4	52.2	25.8	18.8	41.1	1065.8
1974	106.3	133.9	160.0	232.5	222.0	144.4	257.7	81.2	91.8	28.1	27.8	48.5	1534.2
1975	40.8	55.7	74.3	51.4	116.8	154.6	282.6	95.9	53.4	21.4	26.7	82.4	1056.0
1976	29.4	113.4	171.0	117.8	149.8	117.0	175.4	31.6	45.2	69.6	28.7	50.0	1098.9
1977	130.4	55.5	62.9	213.6	173.7	188.7	198.5	68.1	68.2	40.0	22.4	22.3	1244.3
1978	16.3	66.5	117.3	240.4	198.1	116.0	275.4	108.6	137.4	18.5	42.7	64.0	1401.2
1979	38.5	47.9	56.3	73.0	175.9	156.0	111.2	70.4	179.9	20.4	56.0	14.0	999.5
1980	89.0	123.4	137.1	126.6	80.8	125.1	33.5	42.2	27.9	38.0	12.4	20.6	856.6
1981	64.5	68.5	286.3	51.8	99.2	97.1	49.5	33.7	39.8	10.5	39.3	107.1	947.3
1982	33.8	113.1	48.4	94.3	120.5	148.3	78.4	105.0	78.6	4.2	31.8	24.7	881.1
1983	28.6	103.2	150.4	51.8	109.6	66.3	67.5	97.9	25.6	34.8	0.9	7.3	743.9



DESCARGA MEDIA MENSAL (M3/S) IMPRESSO EM 19.03.90  
 POSTO - MULUNGU - ESTADO DA PARAIBA

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1973	-1.0	1.5	0.9	5.2	4.4	6.9	13.4	1.1	0.8	0.7	0.2	0.1
1974	0.6	1.5	13.0	14.3	13.2	8.2	31.4	6.9	3.8	1.4	0.7	0.7
1975	0.0	0.0	0.7	0.2	1.7	3.7	24.3	4.5	1.2	0.4	0.3	1.0
1976	0.6	1.3	2.2	4.2	4.4	3.4	8.7	3.8	1.0	1.3	0.6	0.6
1977	1.2	0.9	0.5	3.5	9.5	9.1	16.8	3.6	3.6	0.7	0.2	0.1
1978	0.0	0.1	0.6	8.5	20.2	3.8	16.6	12.0	6.2	2.7	1.0	3.0
1979	1.2	1.2	1.1	1.0	3.6	4.9	4.6	1.6	4.3	0.7	0.7	0.4
1980	0.6	0.8	3.2	2.7	1.0	2.6	0.6	0.5	0.3	0.2	-1.0	-1.0

DESCARGA MEDIA MENSAL (M3/S) IMPRESSO EM 19.03.90  
 POSTO - PONTE DO LEITAO - ESTADO DA PARAIBA

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1970	0.5	0.2	14.1	18.6	7.1	10.2	14.6	87.9	5.9	2.0	1.0	0.5
1971	0.6	0.6	1.7	18.8	26.6	12.9	22.5	14.7	6.1	5.1	3.4	0.6
1972	0.3	0.7	2.0	3.8	35.9	18.0	24.7	12.7	9.2	3.2	1.4	1.2
1973	2.7	8.9	12.6	26.3	22.6	79.9	50.1	8.6	5.2	2.5	1.2	1.7
1974	2.5	7.8	58.5	154.0	84.8	51.7	209.0	20.6	17.9	6.0	4.2	5.4
1975	4.2	2.9	5.9	3.3	6.6	13.0	97.8	11.5	4.7	2.4	2.0	3.8
1976	2.4	4.2	10.2	13.5	34.9	14.5	34.1	11.1	2.7	3.3	1.3	1.9
1977	3.0	3.3	2.8	15.9	29.4	33.7	57.5	14.7	8.7	3.2	2.1	1.6
1978	1.2	2.0	3.9	40.5	60.2	16.5	107.0	36.6	15.8	8.4	5.2	6.8
1979	3.3	3.3	3.7	3.3	11.0	13.4	18.6	5.7	28.3	2.2	2.0	0.7
1980	2.1	2.9	8.8	7.1	4.4	16.8	3.1	2.1	0.8	0.6	-1.0	-1.0

VAZAO ESPECIFICA MENSAL  
 POSTO - MULUNGU - ESTADO DA PARAIBA

IMPRESSO EM 19.03.90

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1973	0.00079	0.00118	0.00071	0.00410	0.00347	0.00544	0.01057	0.00087	0.00063	0.00055	0.00016	0.00008
1974	0.00047	0.00118	0.01026	0.01128	0.01041	0.00647	0.02477	0.00544	0.00300	0.00110	0.00055	0.00055
1975	0.00000	0.00000	0.00055	0.00016	0.00134	0.00292	0.01917	0.00355	0.00095	0.00032	0.00024	0.00079
1976	0.00047	0.00103	0.00174	0.00331	0.00347	0.00268	0.00686	0.00300	0.00079	0.00103	0.00047	0.00047
1977	0.00095	0.00071	0.00039	0.00276	0.00750	0.00718	0.01325	0.00284	0.00284	0.00055	0.00016	0.00008
1978	0.00000	0.00008	0.00047	0.00671	0.01594	0.00300	0.01310	0.00947	0.00489	0.00213	0.00079	0.00237
1979	0.00095	0.00095	0.00087	0.00079	0.00284	0.00387	0.00363	0.00126	0.00339	0.00055	0.00055	0.00032
1980	0.00047	0.00063	0.00252	0.00213	0.00079	0.00205	0.00047	0.00039	0.00024	0.00016	0.00016	0.00016

VAZAO ESPECIFICA MENSAL  
 POSTO - PONTE DO LEITAO - ESTADO DA PARAIBA

IMPRESSO EM 19.03.90

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1970	0.00014	0.00006	0.00404	0.00533	0.00203	0.00292	0.00418	0.02517	0.00169	0.00057	0.00029	0.00014
1971	0.00017	0.00017	0.00049	0.00538	0.00762	0.00369	0.00644	0.00421	0.00175	0.00146	0.00097	0.00017
1972	0.00009	0.00020	0.00057	0.00109	0.01028	0.00515	0.00707	0.00364	0.00263	0.00092	0.00040	0.00034
1973	0.00077	0.00255	0.00361	0.00753	0.00647	0.02288	0.01435	0.00246	0.00149	0.00072	0.00034	0.00049
1974	0.00072	0.00223	0.01675	0.04409	0.02428	0.01480	0.05984	0.00590	0.00513	0.00172	0.00120	0.00155
1975	0.00120	0.00083	0.00169	0.00094	0.00189	0.00372	0.02800	0.00329	0.00135	0.00069	0.00057	0.00109
1976	0.00069	0.00120	0.00292	0.00387	0.00999	0.00415	0.00976	0.00318	0.00077	0.00094	0.00037	0.00054
1977	0.00086	0.00094	0.00080	0.00455	0.00842	0.00965	0.01646	0.00421	0.00249	0.00092	0.00060	0.00046
1978	0.00034	0.00057	0.00112	0.01160	0.01724	0.00472	0.03064	0.01048	0.00452	0.00241	0.00149	0.00195
1979	0.00094	0.00094	0.00106	0.00094	0.00315	0.00384	0.00533	0.00163	0.00810	0.00063	0.00057	0.00020
1980	0.00060	0.00083	0.00252	0.00203	0.00126	0.00481	0.00089	0.00060	0.00023	0.00017	0.00017	0.00017

LAMINA ESCOADA MENSAL ( mm )                      IMPRESSO EM 19.03.90  
 POSTO - MULUNGU                                                      -                      ESTADO DA PARAIBA

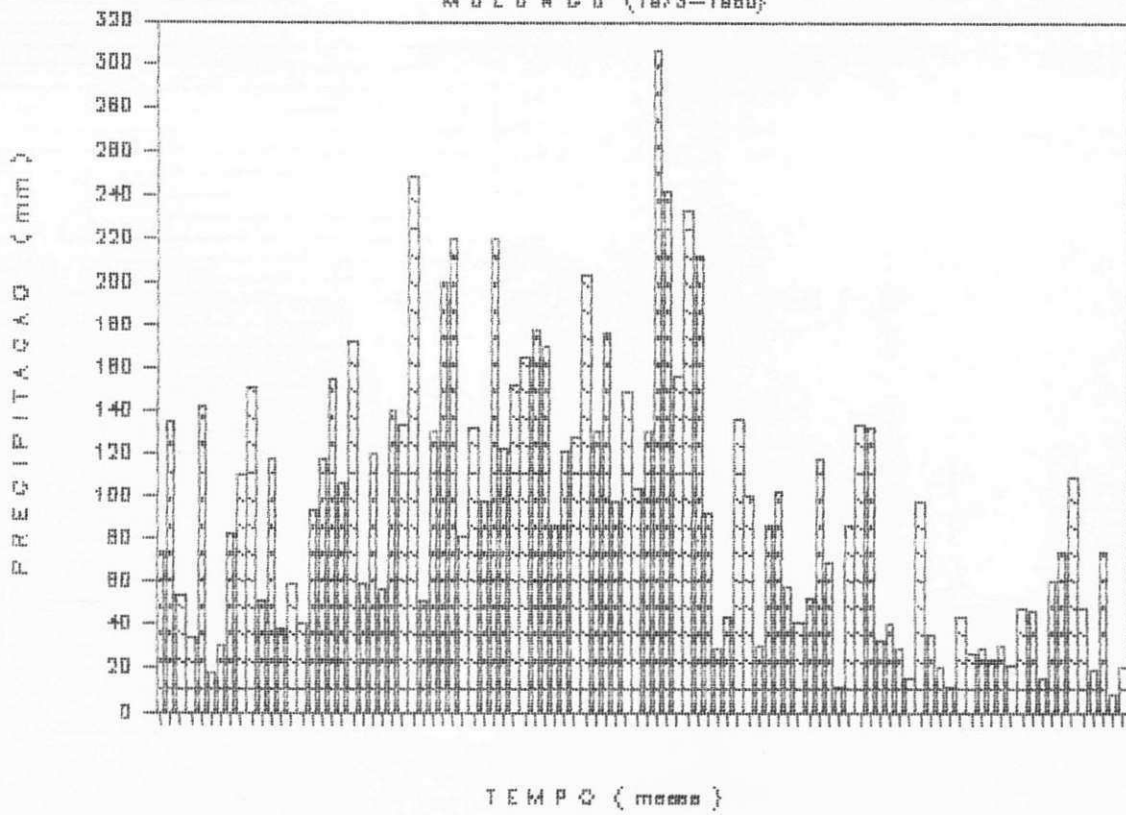
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1973	-1.0	3.1	1.8	10.6	9.0	14.1	27.4	2.2	1.6	1.4	0.4	0.2
1974	1.2	3.1	26.6	29.2	27.0	16.8	64.2	14.1	7.8	2.9	1.4	1.4
1975	0.0	0.0	1.4	0.4	3.5	7.6	49.7	9.2	2.5	0.8	0.6	2.0
1976	1.2	2.7	4.5	8.6	9.0	7.0	17.8	7.8	2.0	2.7	1.2	1.2
1977	2.5	1.8	1.0	7.2	19.4	18.6	34.4	7.4	7.4	1.4	0.4	0.2
1978	0.0	0.2	1.2	17.4	41.3	7.8	33.9	24.5	12.7	5.5	2.0	6.1
1979	2.5	2.5	2.2	2.0	7.4	10.0	9.4	3.3	8.8	1.4	1.4	0.8
1980	1.2	1.6	6.5	5.5	2.0	5.3	1.2	1.0	0.6	0.4	-1.0	-1.0

LAMINA ESCOADA MENSAL ( mm )                      IMPRESSO EM 19.03.90  
 POSTO - PONTE DO LEITAO                                              -                      ESTADO DA PARAIBA

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1970	0.4	0.1	10.5	13.8	5.3	7.6	10.8	65.2	4.4	1.5	0.7	0.4
1971	0.4	0.4	1.3	14.0	19.7	9.6	16.7	10.9	4.5	3.8	2.5	0.4
1972	0.2	0.5	1.5	2.8	26.6	13.4	18.3	9.4	6.8	2.4	1.0	0.9
1973	2.0	6.6	9.4	19.5	16.8	59.3	37.2	6.4	3.9	1.9	0.9	1.3
1974	1.9	5.8	43.4	114.3	62.9	38.4	155.1	15.3	13.3	4.5	3.1	4.0
1975	3.1	2.2	4.4	2.4	4.9	9.6	72.6	8.5	3.5	1.8	1.5	2.8
1976	1.8	3.1	7.6	10.0	25.9	10.8	25.3	8.2	2.0	2.4	1.0	1.4
1977	2.2	2.4	2.1	11.8	21.8	25.0	42.7	10.9	6.5	2.4	1.6	1.2
1978	0.9	1.5	2.9	30.1	44.7	12.2	79.4	27.2	11.7	6.2	3.9	5.0
1979	2.4	2.4	2.7	2.4	8.2	9.9	13.8	4.2	21.0	1.6	1.5	0.5
1980	1.6	2.2	6.5	5.3	3.3	12.5	2.3	1.6	0.6	0.4	-1.0	-1.0

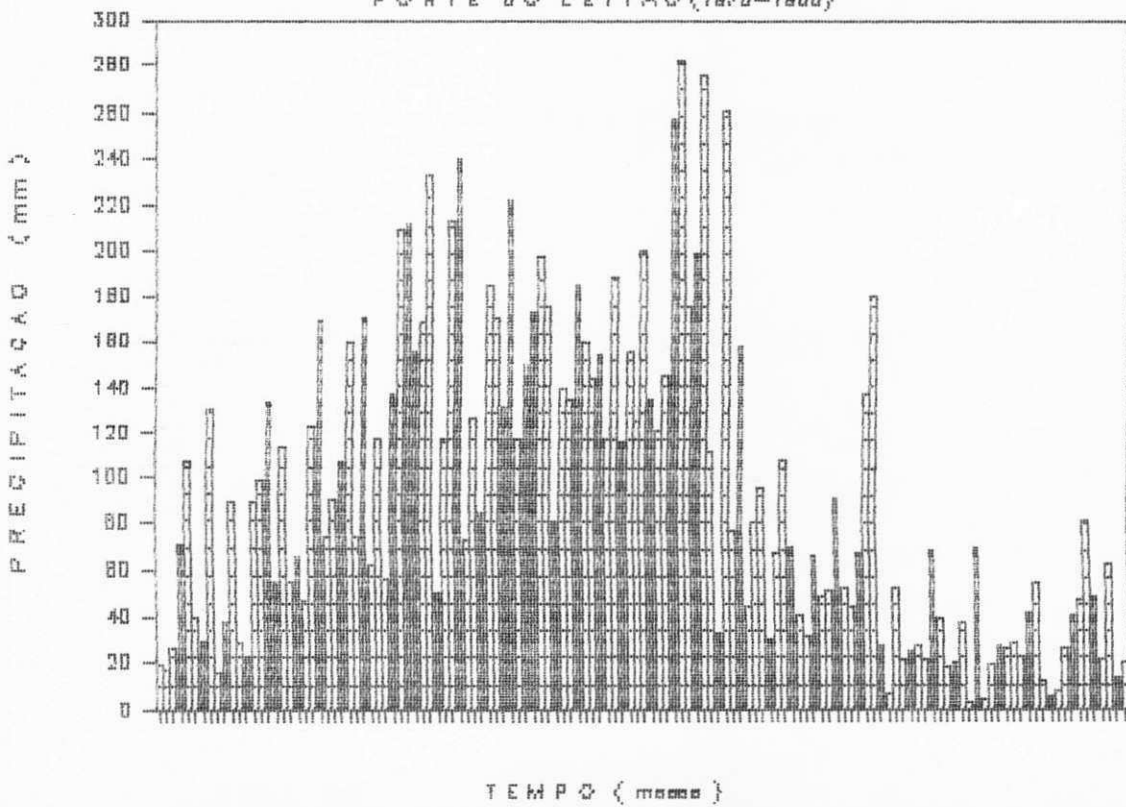
### Precipitacao X Tempo

WULUNGU (1873-1880)



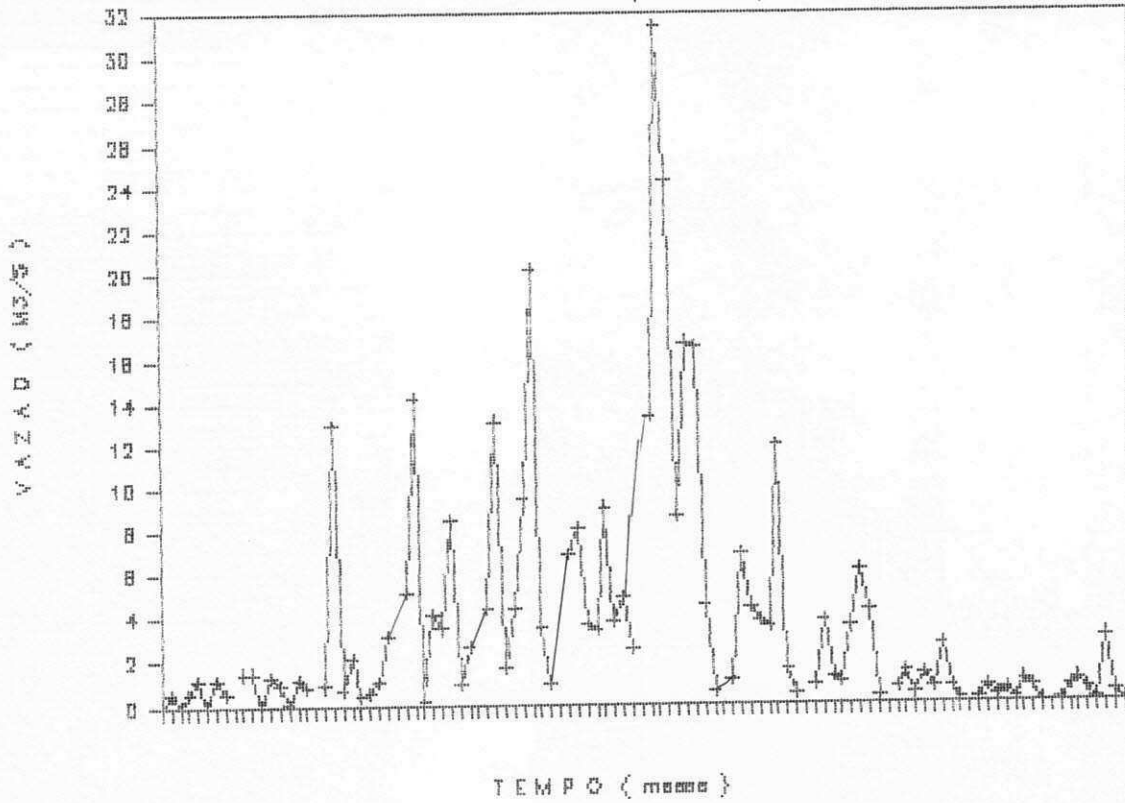
### Precipitacao X Tempo

PONTE DO LEITAO (1870-1880)



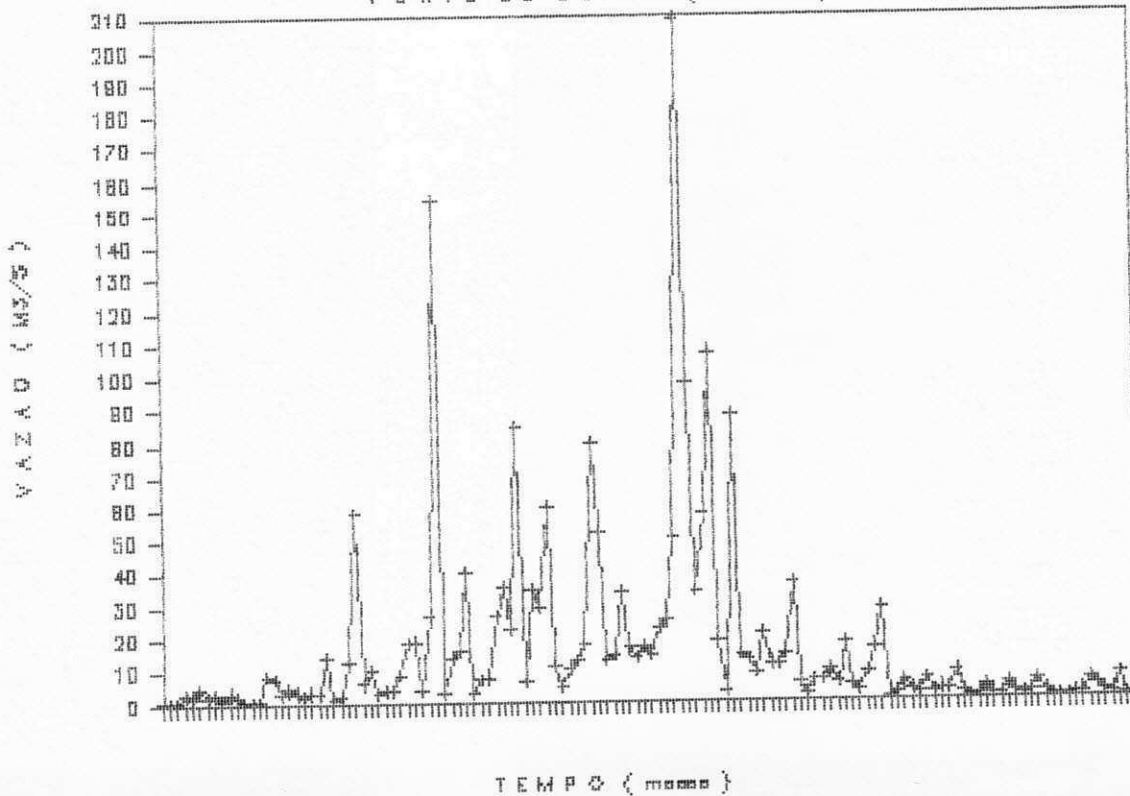
# VAZAO X TEMPO

MULUNGU (1873-1980)

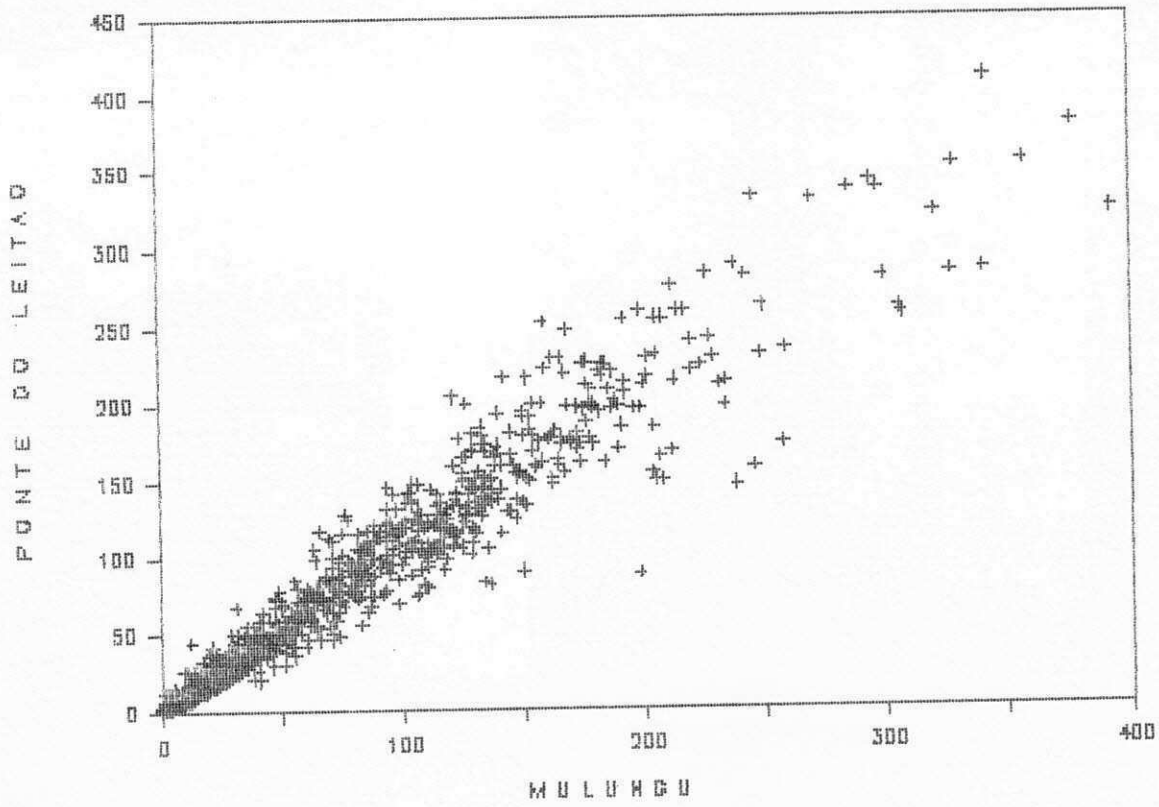


# VAZAO X TEMPO

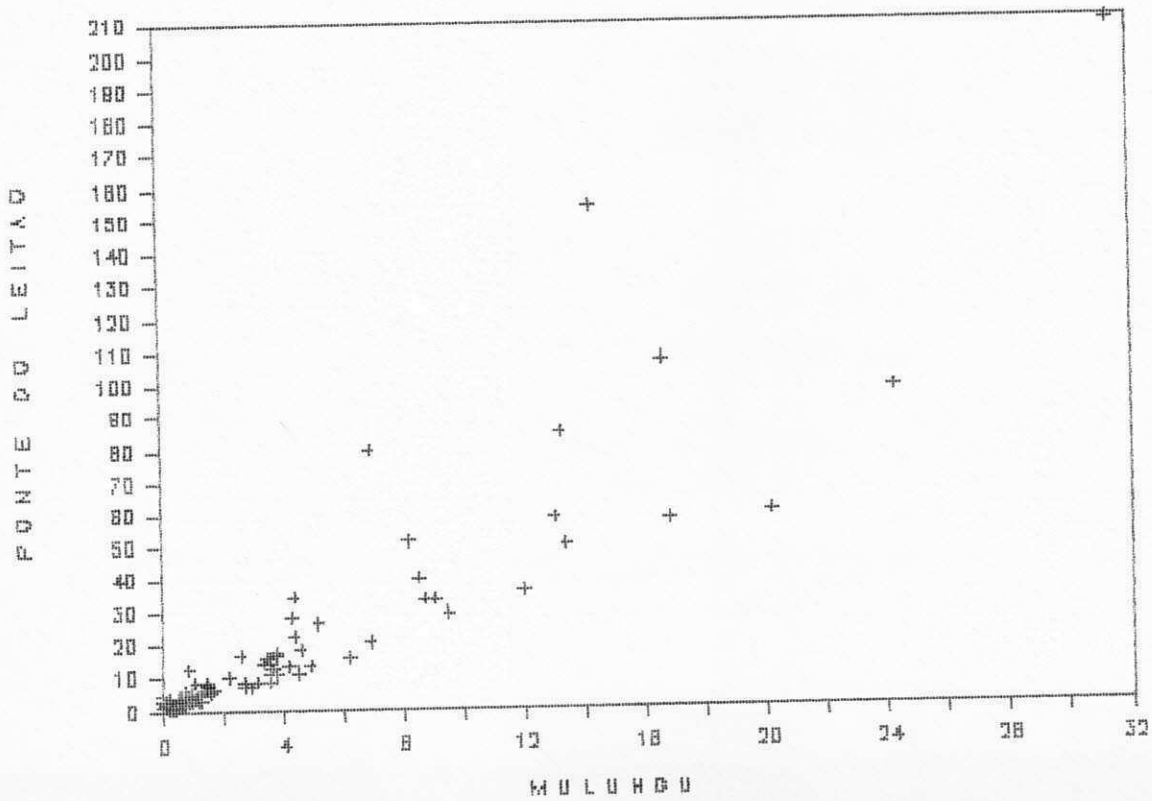
PONTE DO LEITAO (1870-1980)



### Precipitacao X Precipitacao

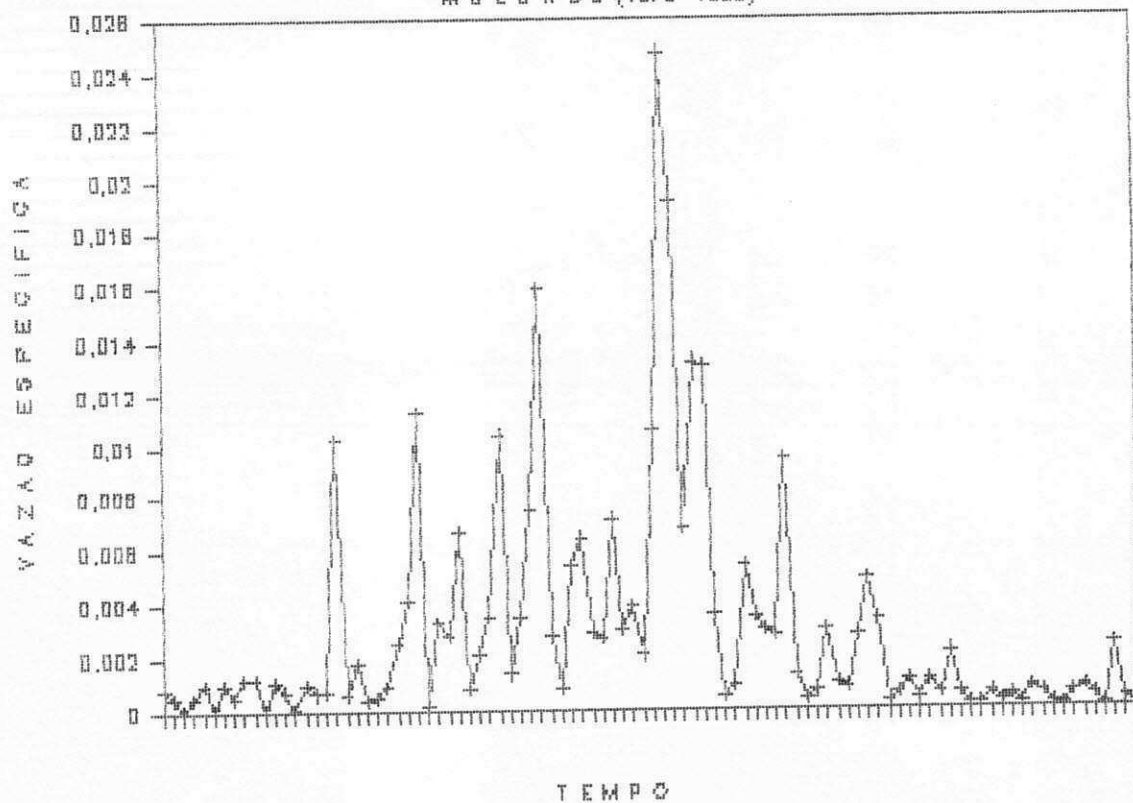


### Vazao X Vazao



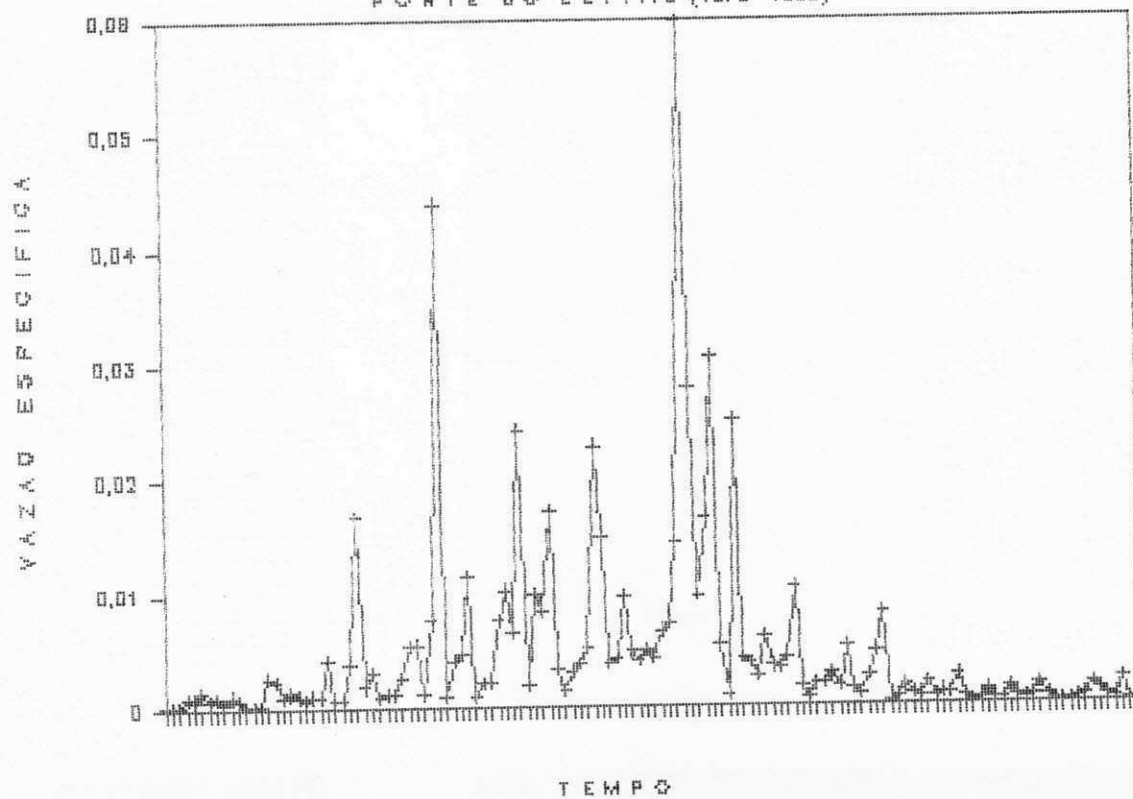
### Vazao Espec. X Tempo

MULUNDU (1973-1980)



### Vazao Espec. X Tempo

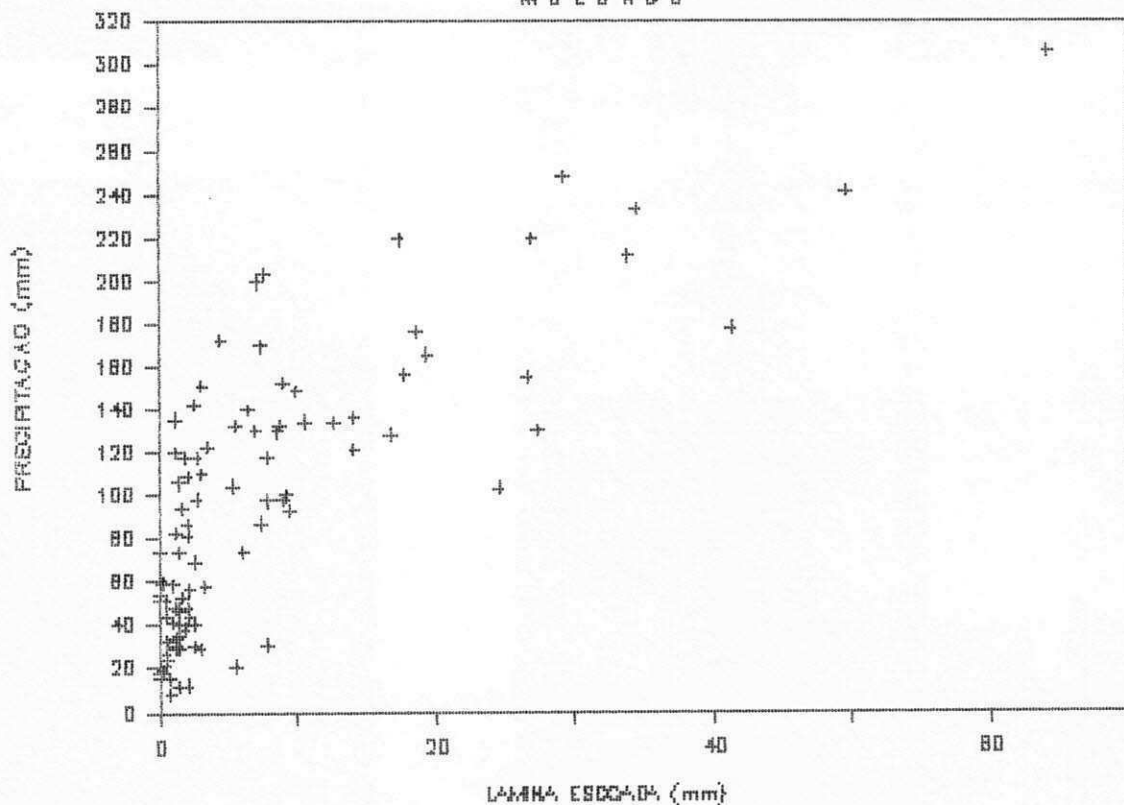
PONTE DO LEITAO (1970-1980)





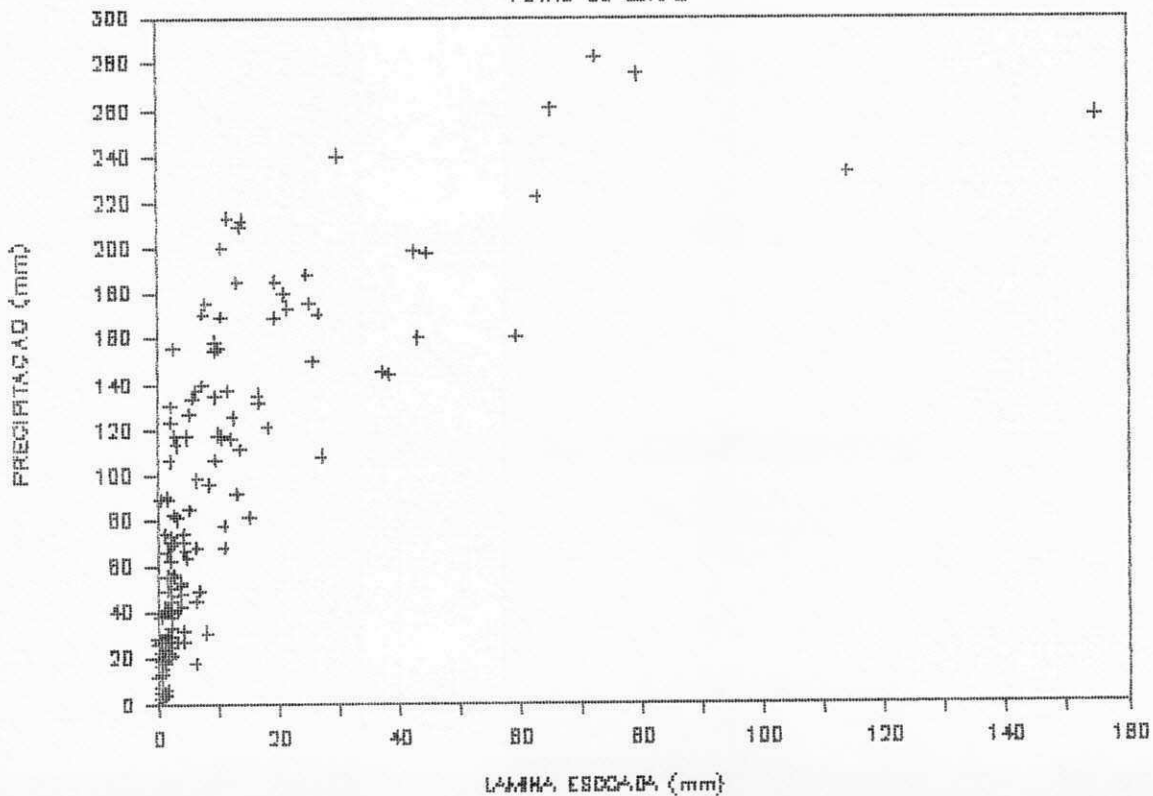
## Precipitação X Lamina Escoda

MOLUNGU

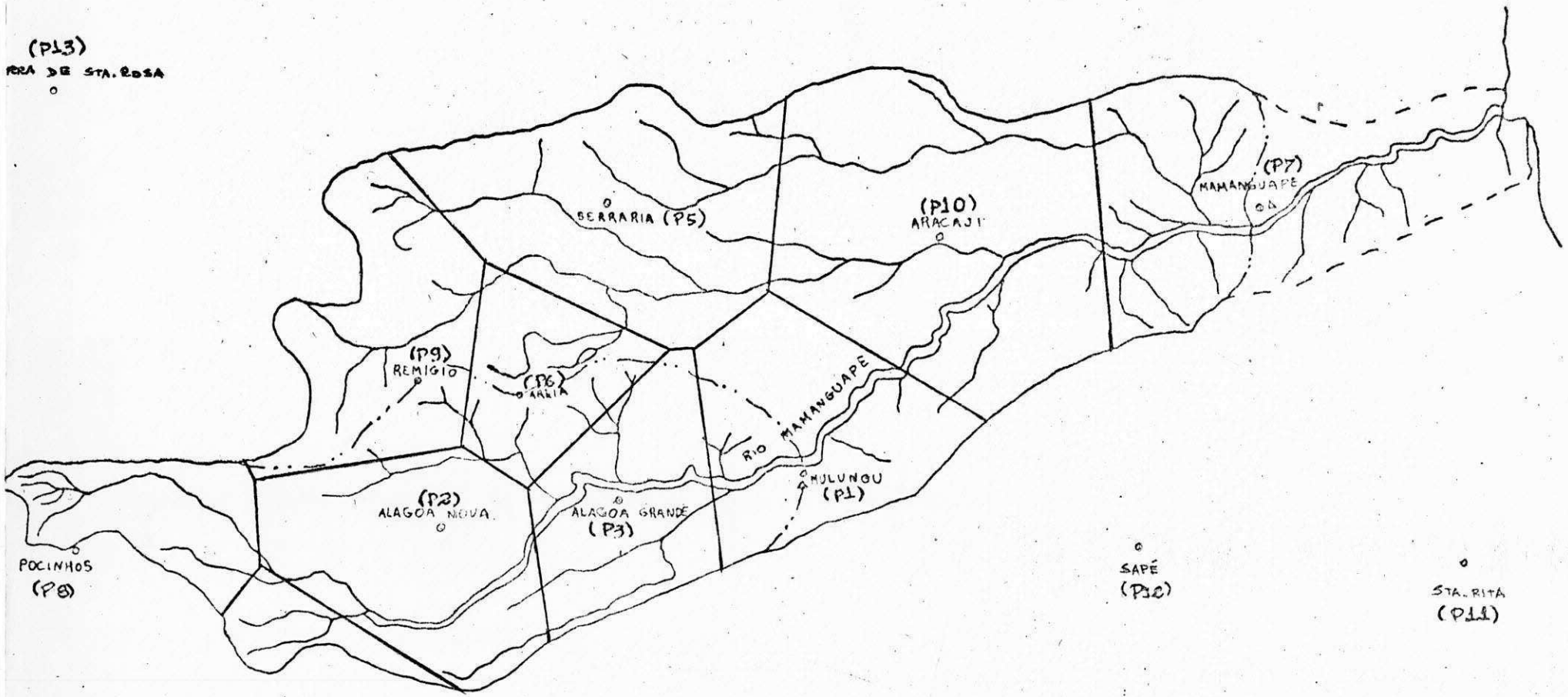


## Precipitação X Lamina Escoda

PONTE DO LEITÃO



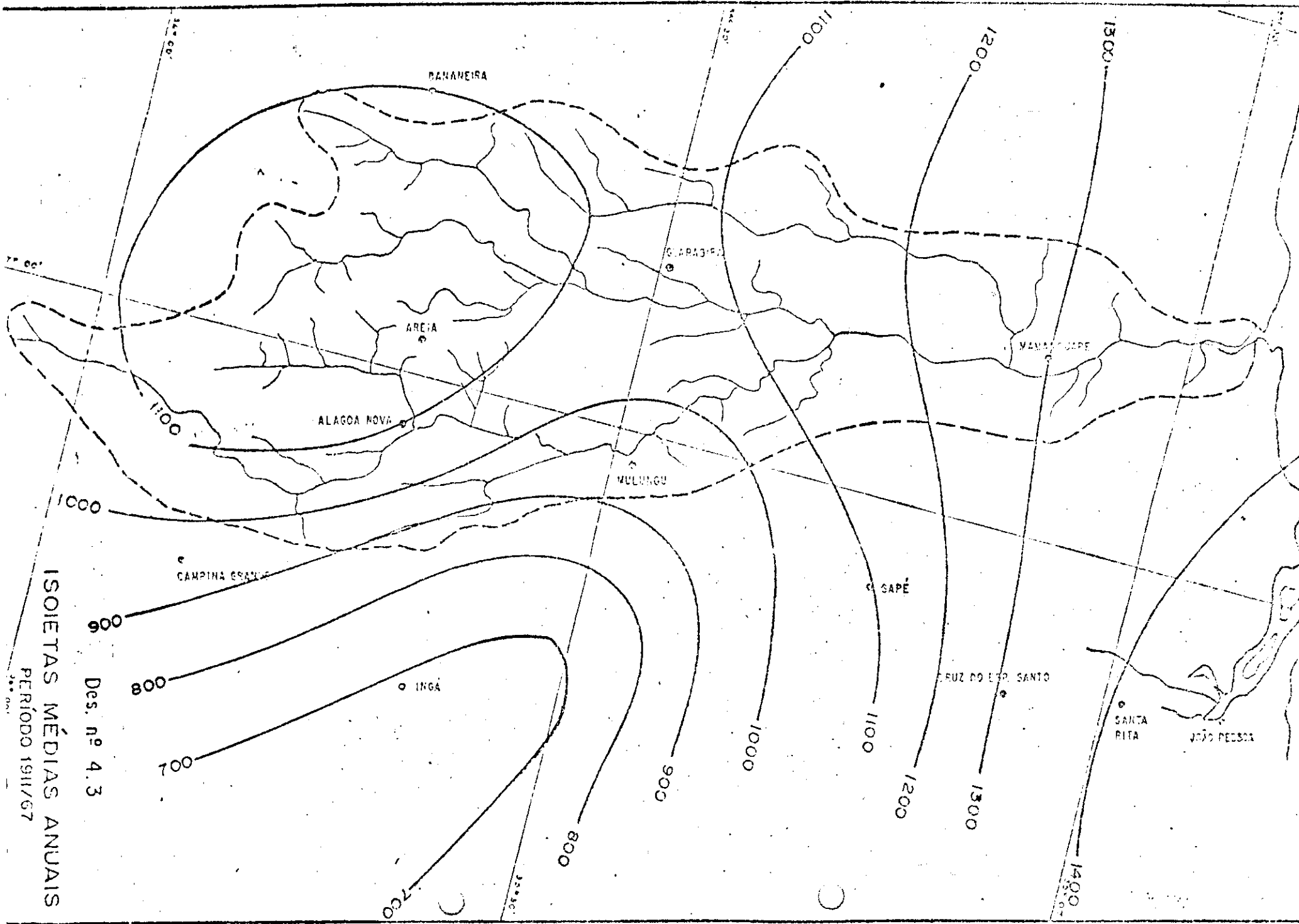
(P13)  
PRA DE STA. ROSA



CAMPINA GRANDE  
(P4)

fig-3

Bacia do Mamanguape - Pb.  
Escala: 1:500.000.  
Responsável: Celso Augusto  
Guimarães Santos



ISOIETAS MÉDIAS ANUAIS  
 PERÍODO 1911/67

Des. nº 4.3