

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
PRÓ-REITORIA PARA ASSUNTOS DO INTERIOR  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
CAMPUS II - CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

## RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

ALUNO : CLÁUDIO JOSÉ DA SILVA DE SOUSA  
MATRÍCULA : Nº 901.1207-9  
SUPERVISORA : Profa. MÁRCIA MARIA RIOS RIBEIRO  
COORDENADOR ; Prof. RICARDO CORREIA LIMA

CAMPINA GRANDE - PB

JANEIRO/1995



Biblioteca Setorial do CDSA. Setembro de 2021.

Sumé - PB

## **AGRADECIMENTOS**

À **DEUS**, presente em todos os momentos, conduzindo-me pelos melhores caminhos pelas veredas de sua justiça.

Aos meus familiares, professores e amigos, pelo companheirismo e incentivo durante o estágio.

## APRESENTAÇÃO

Este relatório diz respeito ao estágio supervisionado realizado por **CLÁUDIO JOSÉ DA SILVA DE SOUSA**, matrícula no Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal da Paraíba - Campus II, sob o número de matrícula 901.1227-4, realizado no **Laboratório de Hidráulica da Área de Engenharia de Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Civil**, sob regime semanal de 20 horas, tendo como Supervisora a Professora **MÁRCIA MARIA RIOS RIBEIRO** e como Coordenador o Professor **RICARDO CORREIA LIMA**.

As atividades realizadas durante o estágio compreenderam o período de 26 de setembro de 1993 a 26 de dezembro de 1994, perfazendo um total de 240 horas.

## Í N D I C E

	Páginas
AGRADECIMENTOS.....	i
APRESENTAÇÃO.....	ii
1.0 - INTRODUÇÃO.....	1
PARTE I - CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DO AÇUDE SACO.....	1
2.0 - CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFICAS.....	3
2.1 - CARACTERÍSTICAS GERAIS.....	3
2.1.1 - Localização.....	3
2.1.2 - Coordenadas geográficas.....	3
2.1.3 - Cidades principais.....	3
2.2 - CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS.....	3
2.2.1 - Área da Bacia.....	4
2.2.2 - Forma da Bacia.....	5
2.2.2.1 - Coeficiente de compacidade.....	6
2.2.2.2 - Fator de forma.....	7
2.3 - CARACTERÍSTICAS DE DRENAGEM.....	9
2.3.1 - Sistema de drenagem.....	9
2.3.2 - Ordem dos cursos d'água.....	9
2.3.3 - Densidade de drenagem.....	10
2.4 - CARACTERÍSTICAS DE RELEVO.....	12
2.4.1 - Altitudes da Bacia.....	13
2.4.2 - Perfil longitudinal do rio.....	13
2.4.3 - Declividade do rio principal.....	13
2.5 - CARACTERÍSTICAS DO SOLO.....	15
2.6 - CARACTERÍSTICAS DE VEGETAÇÃO.....	16

3.0	- CARACTERÍSTICAS HIDROMETEOROLÓGICAS.....	16
3.1	- Identificação dos Postos Pluviométricos da Região.....	16
3.2	- Análise dos Dados de Precipitação dos Postos da Região para o Período 1979/1993.....	17
3.2.1	- Preenchimento detalhadas.....	17
3.2.2	- Consistência da série de precipitação dos totais anuais do Posto Princesa Isabel (PB)	20
3.3	- Precipitação Média da Região.....	27
3.3.1	- Método Aritmético.....	28
3.3.2	- Método de Thiessen.....	32
3.3.3	- Comparação dos resultados.....	40
3.3.4	- Gráfico dos totais precipitados em cada ano	41
3.3.5	- Comparação dos totais precipitados como valor precipitado médio da bacia.....	41
3.4	- Evapotranspiração.....	42
3.4.1	- Cálculo da evapotranspiração mensal para 1979 na Bacia do Açude Saco.....	42
3.4.2	- Gráfico Evapotranspiração x Tempo.....	48
3.4.3	- Gráfico Precipitação x Tempo.....	49
3.4.4	- Análise do Gráfico Evapotranspiração x Tempo	50
PARTE II - SISTEMA HIDROLÓGICO.....		56
1.0	- Introdução.....	57
2.0	- Sistema Hidrológico.....	58
2.1	- Descrição do Aparelho.....	58
2.2	- Acessórios do Aparelho.....	61
2.3	- Escolha da Areia para Bacia.....	61

3.0	- CHUVA-VAZÃO.....	62
3.1	- Conceito e Tipos de Hidrogramas.....	62
3.2	- Experimentos.....	66
3.2.1	- Análise dos experimentos.....	68
4.0	- LIMITAÇÕES DO APARELHO.....	70
5.0	- CONCLUSÃO.....	71
6.0	- BIBLIOGRAFIA.....	71
ANEXOS.....		72

## 1.0 - INTRODUÇÃO

A caracterização da Bacia do Açude Saco foi feita através de suas características Fisiográficas e Hidrometeorológicas.

As características Fisiográficas foram levantadas através da carta Natal Jaguaribbe (SUDENE, folha 24/25) subdividindo-se em características gerais (localização, coordenadas geográficas, cidades principais); características geométricas (área da Bacia, forma da Bacia), características de drenagem (sistema de densidade de drenagem, ordem dos cursos d'água), características de relevo (altitudes, perfil longitudinal e declividade do rio principal); características de solo e vegetação.

As características Hidrometeorológicas, englobam: preenchimento de falhas e verificação da consistência das séries pluviométricas; determinação da precipitação média, evapotranspirações mensais e vazões da Bacia.



**PARTE I - CARACTERÍSTICAS DA BACIA DO AÇÚDE SACO**

**- CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS**

**- CARACTERÍSTICAS HIDROMETEOROLÓGICAS**

**2.0 - CARACTERÍSTICAS FISIográfICAS**

**2.1 - CARACTERÍSTICAS GERAIS**

**2.1.1 - Localização**

A Bacia do Açude Saco é uma sub-bacia da Bacia do Piáncó, que por sua vez é sub-bacia do Piranhas que desemboca no litoral do Rio Grande do Norte. Está localizada no sudeste da Paraíba nas proximidades do estado de Pernambuco. (SUDENE, folha 24/25, 1972).

**2.1.2 - Coordenadas Geográficas**

A Bacia do Açude Saco está situado entre os meridianos 38°10' e 37°50' de longitude Oeste e os paralelos 7°, e 8°00' de latitude Norte.

**2.1.3 - Cidades Principais**

Dentre as cidades principais destacam-se Princesa Isabel, Nova Olinda, Tavares, Manaíra e Curral Velho (Paraíba), Santa Cruz e Triunfo (Pernambuco).

**Observação: O Mapa de Características Gerais encontra-se no Anexo I.**

## 2.2 - CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

### 2.2.1 - Área da Bacia

O mapa apresentado encontra-se na escala de 1:100.000 (SUDENE, 1972), ou seja, 1cm na carta equivale a 100.000 cm no campo. Então antes de efetuar-se o cálculo da área, deve-se converter a escala para km.

Como:

1 km = 10 cm tem-se que 1cm \_\_\_\_\_ 0,1 km. De posse deste dado e com o auxílio do planímetro, calculou-se a área da bacia seguindo as etapas:

- Chamando de  $A_0$  a área do quadrado delimitado por dois meridianos e paralelos consecutivos;  $A_1$ , a área da bacia a ser determinada;  $L_0$  a leitura do planímetro quando contornado o quadrado e  $L_1$  a leitura da planímetro correspondente a bacia.

- Através desses dados calcula-se a área da bacia mediante o emprego da seguinte relação:

$$\frac{A_0}{A_1} \approx \frac{L_0}{L_1}$$

donde se tem que

$$A_1 = A_0 \cdot \frac{L_1}{L_0}$$

substituindo - se os valores de

$$A_0 = 25 \text{ km}^2 \qquad \frac{A_1}{A_0} = \frac{L_1}{L_0}$$

$$A_1 = 351,37 \text{ km}^2$$

$$L_0 = 025,4 \qquad A_1 = A_0 \frac{L_1}{L_0}$$

$$L_1 = 357,00$$

na equação temos que  $A_1 = 351,37 \text{ km}^2$

### 2.2.2 - Forma da bacia

A determinação da forma da bacia se faz necessária para que, a partir dela, seja definido o tempo de concentração da bacia, ou seja, o tempo em que toda a bacia está contribuindo na seção de referência.

Assim, a definição da forma se faz através de alguns coeficientes que a relacionam com figuras geométricas conhecidas. O coeficiente de compacidade a relaciona com um círculo, enquanto o fator de forma a relaciona com um retângulo.

### 2.2.2.1 - Coeficiente de Compacidade

Entende-se por coeficiente de compacidade a relação entre o perímetro da bacia e uma circunferência de círculo de área igual a da bacia (Pinto et al).

A obtenção do perímetro da bacia é feita contornando a mesma com o curvímeter, fazendo-se a leitura no relógio após ter-se computado o trajeto. O relógio está calibrado em cm, então se faz necessário converte-se a escala para km, para tanto é só seguir o mesmo critério adotado quando da obtenção da área. No caso da bacia do Açude Saco 1 cm \_\_\_\_\_ 1 km, então o perímetro encontrado para mesma é de 41km. Aplicando esse valor na equação abaixo temos:

$$V_C = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

onde

$V_C$  = coeficiente de compacidade

$P$  = Perímetro da bacia

$A$  = Área

$$R_C = \frac{0,28 \times 41}{\sqrt{351,37}} = 0,61$$

Fazendo-se uma análise no resultado pode-se concluir que como o número afasta-se da unidade, a forma da Bacia do Açude Saco distancia-se de uma bacia circular, apresentando

menores tendências para cheia, logo seu tempo de concentração será elevado.

#### 2.2.2.2 - Fator de Forma

Esse coeficiente é obtido dividindo-se a largura média da bacia pelo seu comprimento axial. Entende-se por largura média, a área da bacia dividido pelo comprimento da maior curso de água e comprimento axial; o comprimento do maior rio. Esses valores são obtidos através do curvímetro, quando se segue o maior curso d'água da bacia. (Pinto et al, 1976)

Então temos que:

$$\bar{L} = \frac{A}{L}$$

onde  $\bar{L} \rightarrow$  largura me'dia

$L \rightarrow$  comp. maior rio

$$\bar{L} = \frac{351,37 \text{ km}^2}{41 \text{ km}} \quad A \rightarrow \text{a'rea da bacia}$$

$$\bar{L} = 8,57 \text{ km}$$

$$K_f = \frac{\bar{L}}{L}$$

onde  $K_f \rightarrow$  fator de forma

$$K_f = \frac{A}{L} \cdot \frac{1}{L} = \frac{A}{L^2} = \frac{851,37 \text{ km}^2}{41^2} = 0,21$$

substituindo os valores obtidos na equação acima, temos

$$K_f = 0,21$$

Analisando-se o resultando, vê-se que a Bacia do Açude Saco é não tendencioso a ennchente, uma vez que o fator de forma é um número baixo, demonstrando que o comprimento do curso principal, Riacho Gravatá, quando ao quadrado, é muito superior a área.

Conclui-se, então, que a bacia em estudo tem uma forma alongada.

### **2.3 - CARACTERÍSTICAS DE DRENAGEM**

As caraterísticas de drenagem são definidas a partir do conhecimento do sistema de drenagem, densidade de drenagem e ordem dos cursos d'água.

#### **2.3.1 - Sistema de Drenagem**

O sistema de drenagem de uma bacia é constituído pelo rio principal e seus tributários (afluentes). A Bacia do Açude Saco é constutida pelo Riacho Gravatá; curso d'água principal, e pelos riachos, afluentes principais.

#### **2.3.2 - Ordem dos Cursos d'água**

O estudo da ordem dos cursos d'água, é uma característica fisiográfica, que reflete o grau de ramificação da bacia. Para sua perfeita definição é necessário que se faça um



detalhamento, na qual estejam incluído todos os canais, não importando o tipo de curso d'água que esteja drenando a Bacia.

Adotando-se o critério de Horton, modificado por Strahler para ordenamento da rede de drenagem, observa-se que a bacia em estudo tem grau de ramificação 5, mantido a partir da contribuição do riacho de ordem 4. Isso demonstra existência de uma grande sub-bacia na Bacia do Açude Saco.

### **2.3.3 - Densidade de Drenagem**

Antes de iniciar-se o estudo da densidade de Drenagem, faz-se-á uma ligeira explanação a respeito dos rios que drenam as regiões da bacia.

De acordo com a carta SUDENE, 1972 (Natal - Jaguaribe folhas 24-25), vê-se que a maioria dos cursos são intermitentes; que em épocas chuvosas transbordam todos os tipos de aquífero, por ter o lençol acima ao leito fluvial, e durante a estiagem o escoamento cessa em virtude de o lençol localizar-se abaixo do leito fluvial.

Para medição da densidade de drenagem efetua-se o somatório de todos os cursos d'água da bacia, através do caminhamento dos mesmos com o curvímetro, obtendo-se o valor desejado.

A seguinte relação calcula a densidade de Lungem:

$$D_d = \frac{\Sigma L}{A}$$

onde

$\Sigma L \rightarrow$  somatório dos cursos d'água (397 km)

$A \rightarrow$  area da bacia dada em  $\text{km}^2$  351,370  $\text{km}^2$

$$D = \frac{397 \text{ km}}{351,37 \text{ km}^2}$$

$$D = 1,13 \text{ km} / \text{km}^2$$

Esse coeficiente apresenta a seguinte variação de 0,50  $\text{km}/\text{km}^2$ .

Relacionando o valor obtido a variação acima, conclui-se que a Bacia do Açude Saco é uma bacia bem drenada uma vez que, o resultado obtido acima (1,13  $\text{km}/\text{km}^2$ ) está bem próximo do valor entre os casos extremos:

$$\frac{0,50 + 3,50}{2} = 2,00 \text{ km} / \text{km}^2$$

O valor da densidade de drenagem, indica que cada quilômetro quadrado da bacia é drenado por 1,13km de rio. No entanto, analisando o resultado conjuntamente às condições climáticas, observa-se que, apesar de bem drenada, a bacia tem um potencial hídrico reduzido, por ser a maioria dos seus rios intermitentes, em decorrência da elevada taxa de evaporação que ocorre na região.

Observação: O mapa de sistema de drenagem e ordem dos cursos d'água encontra-se no Anexo 1.

## **2.4 - CARACTERÍSTICAS DE RELEVO**

A definição do relevo de uma bacia hidrográfica através de curvas de nível, constitui um dado importante na análise de diversos fenômenos que ocorrem na bacia. Dentre esses podemos citar: a ocorrência de cheias; vazões mais ou menos elevadas; aumento ou diminuição da capacidade de infiltração do solo, todos esses são funções da declividade da bacia, do rio. Além disto a evaporação, precipitação e temperatura estão relacionadas com a altitude da bacia.

Nas características de drenagem pode-se estudar:

- As altitudes da bacia
- O Perfil longitudinal do rio
- A Declividade do rio principal

### **2.4.1 - Altitudes da Bacia**

As altitudes foram obtidas mediante observação, chegando-se a conclusão de que os pontos de elevadas altitudes na bacia do Açude Saco acham-se localizados próximo a nascente do Riacho Gravatá, (850-800)m, além de muitos outros situados nos limites da bacia, com altitudes variando entre (550 a 710) m e

atingindo maiores valores nas proximidades do limite com o Estado de Pernambuco (Sul da Bacia).

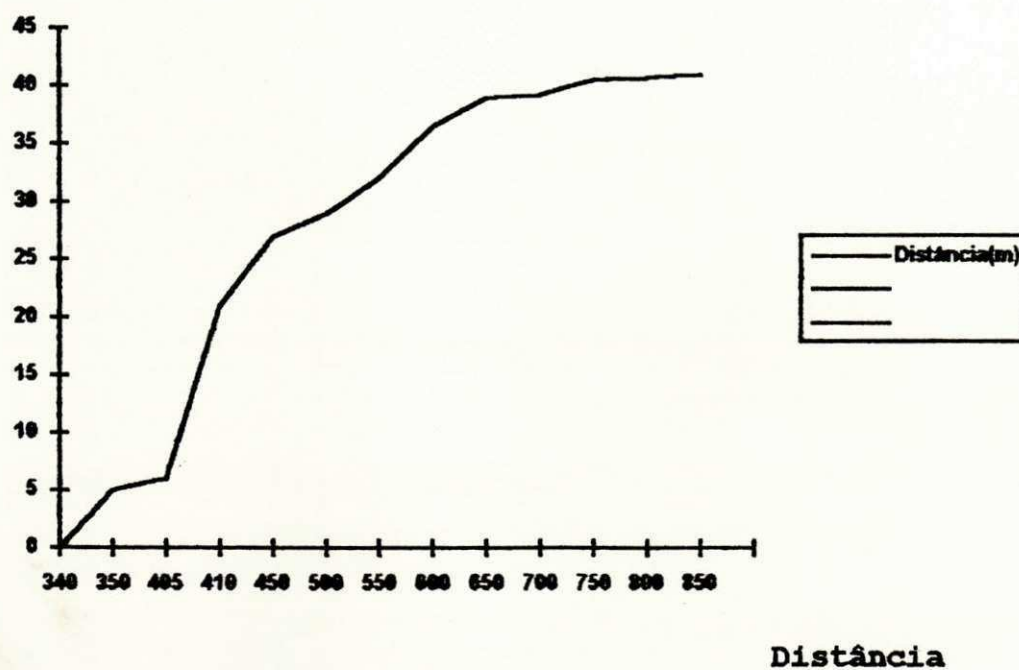
#### 2.4.2 - Perfil Longitudinal do rio

Através da observação das curvas de nível e curvimetria ao longo do percurso do Riacho Gravatá, foram obtidos os dados necessários ao traçado do perfil longitudinal do mesmo.

Adotando-se como ponto de partida a seção de referência da Bacia, fez-se o caminhamento do Riacho Gravatá até a nascente, observando-se os pontos onde o mesmo interceptava as curvas de níveis, anotando-se suas cotas. Com o auxílio do curvímetro mediu-se as distâncias entre os pontos interceptados e a seção de referência, obtendo-se então os pares distâncias e cotas verificados abaixo.

COTA (m)	DISTÂNCIA (km)
340	0 (Seção de Ref.)
350	5
405	6
410	21
450	27
500	29
550	32
600	36,5
650	38
700	39,2
750	40,5
800	40,7
850	41 km

Plantando-se os valores acima num sistema de eixos coordenados obtem-se o diagrama do perfil longitudinal do Riacho Gravatá.



#### 2.4.3 - Declividade do Rio Principal

Através das altitudes máxima e mínima e da distância entre elas determina-se a declividade do rio principal de acordo com a fórmula baixo.

$$S_1 = \frac{\text{Cota max} - \text{cota min}}{\text{Distancia}}$$

Aplicando-se os valores obtidos para Bacia do Açude Saco na fórmula acima, tem-se que:

$$S_1 = \frac{(850 - 340)\text{m}}{41 \times 10^3 \text{m}} = 0,012 \text{ m / m}$$

Esse resultado indica que a cada metro ao longo do Riacho Gravatá tem-se uma elevação de 0,012m de altura. Então por se tratar de uma declividade relativamente baixa, pode o terreno ser considerado plano, aumentando com isso, o tempo de percurso da água ao longo do Rio, devido a diminuição da velocidade de escoamento, além de originar hidrogramas largos e pouco pronunciados devido ao amortecimento da onda de vazão.

## 2.5 - CARACTERÍSTICAS DO SOLO

### LEVANTAMENTO DO SOLO DA BACIA DO AÇUDE SACO

De acordo com o mapa Exploratório de solos (Jaguaribe/Natal folhas SB 24/25), constatamos que o solo predominante na bacia do açude saco são solos lateríticos eutróficos R-86 e por vezes podzólico vermelho-amarelo eutrófico Pe38.

## 2.6 - CARACTERÍSTICAS DE VEGETAÇÃO

### LEVANTAMENTO DA VEGETAÇÃO DA BACIA DO AÇUDE SACO:

De acordo com o Mapa de Vegetação/Jaguaribe/Natal folhas SB 24/25\*), verificamos que a vegetação dominante na bacia do Açude Saco é de caatinga (arbórea aberta com palmeira).

## 3.0 - CARACTERÍSTICAS HIDROMETEOROLÓGICAS

### 3.1 - IDENTIFICAR OS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS DA REGIÃO PAR.

Os postos pluviométricos da região em estudo (Bacia do Açude Saco) são:

Nova Olinda ao Norte;  
Princesa Isabel ao Sul;  
Manáira a Leste

**3.2 - ANALISAR OS DADOS DE PRECIPITAÇÃO DOS POSTOS DA REGIÃO PARA O PERÍODO DE 1979-1993.**

Antes do processamento dos dados coletados nos postos pluviométricos, há necessidade de certas análises serem executadas. Entre essas análises destacam-se:

- Preenchimento de folhas
- Verificação da consistência da série pluviométrica.

**3.2.1 - Preenchimento de folhas**

Durante o processamento dos dados pluviométricos há necessidade de trabalhar-se com séries contínuas. Essa continuidade nas séries muitas vezes não é possível, em virtude de problemas tais como: estrago do aparelho e ausência de observador.

Os postos pluviométricos para Bacia em estudo apresentam séries pluviométricas que vão de 1911 a 1993. Ver Anexo 4. No entanto, neste trabalho, a análise se restringiu ao período de 1979-1993. Observando a série para o período desejado verificam-se as falhas nos seguintes Postos:

- Posto Manaíra Janeiro de 1988
- Posto Manaíra Dezembro de 1990
- Posto Princesa Isabel Julho de 1992

Um método bastante utilizado para efetuar-se o preenchimento das lacunas tem como base os registros



pluviométricos de estações localizadas o mais 'próximo possível daquela que apresenta falha nos dados de precipitação.

De acordo com o procedimento a seguir:

1 - Supondo que a precipitação  $x(P_X)$  seja proporcional ao das estações vizinhas A, B num mesmo período que serão representadas por  $P_A$ ,  $P_B$ .

2 - Seja o coeficiente de proporcionalidade a relação entre  $r_x$  e as médias  $r_a$ ,  $r_b$ .

3 - Adota-se como valor  $P_x$  a média entre os valores acumulados a partir de A e B de acordo com a fórmula abaixo:

$$P_x = \frac{1}{2} \left( \frac{r_x P_A}{r_A} + \frac{r_x P_B}{r_B} \right)$$

Aplicando a canaçoão acima para preenchimento da falha de:

**MANAÍRA JANEIRO DE 1986.**

Chamando:

X - Posto Manaíra

A - Posto Nova Olinda

B - Posto Princesa Isabel

$M_x$  - Média anual (Manaíra) = 677,8mm

$M_a$  - Média anual (Nova Olinda) = 762,8mm

$M_b$  - Média anual (Princesa Izabel) = 891,2mm

$P_x$  - Precipitação Posto Manaíra (Jan.1986)=

$P_A$  - Precipitação Posto Nova Olinda

(Jan.1986)=1286.

PB - Precipitação do Posto Princesa Isabel  
(Jan.1986) = 1441.

tem-se que:

$$P_x = \frac{1}{2} \left( \frac{677,8 \times 128,6}{762,8} + \frac{677,8 \times 142,1}{891,2} \right)$$

Então a precipitação do posto Manaíra p/ Janeiro de 1986 e 111,2mm.

#### **MANAÍRA DEZEMBRO DE 1990**

Mx - Média anual (Manaira) = 677,8mm

M<sub>A</sub> - Média anual (N.Olinda) = 762,8mm

M<sub>B</sub> - Média anual (P.Isabel) = 891,2mm

P<sub>x</sub> - Precipitação Posto Manaíra (Dez.1990)=?

P<sub>A</sub> - Precipitação Posto N.Olinda (Dez.1990)=0

P<sub>B</sub> - Precipitação Posto P.Isabel (Dez.1990)=0

$$P_x = \frac{1}{2} \left( \frac{677,8 \times 0}{762,8} + \frac{677,8 \times 0}{891,2} \right)$$

Então a precipitação dp posto manaira p/ dez.1990 é 0.

#### **PRINCESA ISABEL - JULHO DE 1992**

x - Posto P. Isabel

A - Posto Manaira

B - Posto N.Olinda

$M_x$  - Média anual (P.Isabel) - 891,2mm

$M_a$  - Média anual (Manaira) - 677,8mm

$M_B$  - Média anual (N.Olinda) - 762,8mm

$P_x$  - Precipitação do posto P.Isabel (Julho 1992)

?

$P_a$  - Precipitação do posto Manaira (Julho 1992)=0.

$P_b$  - Precipitação do posto N.Olinda (Julho 1992)=

0.

Logo,

$$P_x = \frac{1}{2} \left( \frac{881,2 \times 0}{677,8} + \frac{881,2 \times 0}{762,8} \right)$$

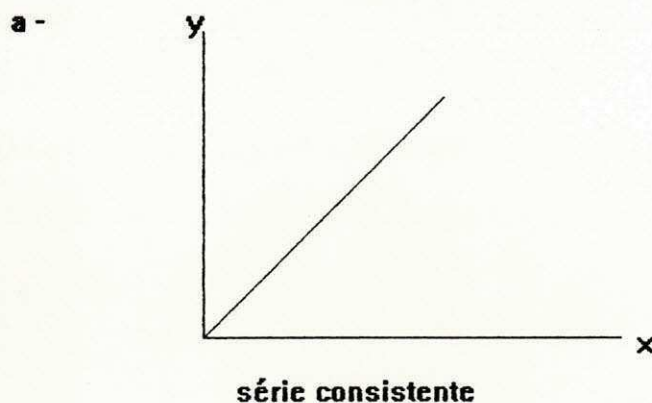
Então a precipitação do posto Princesa Isabel para Julho de 1992 é 0.

### 3.2.2 - **Consistência da série de precipitação dos totais anuais do posto Princesa Isabel (PB).**

Após o preenchimento das séries pluviométricas é necessário analisar as suas consistências dentro de uma visão regional, isto é, comprovar o grau de homogeneidade dos dados disponíveis em um ou mais postos com relação as observação registradas em postos vizinhos.

Através da análise das duplas massas as discrepâncias podem ser verificadas plotando-se em um gráfico os valores dos totais anuais acumulados versus média acumulada dos totais anuais. De acordo com a declividade da reta pode-se concluir que:

a) Série consistente:

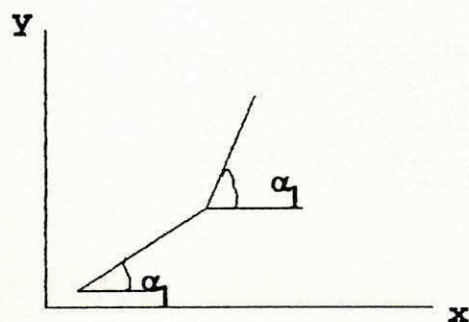


Quando os valores do posto a consistir são proporcionais aos observados na base de comparação.

b) Séries Inconsistentes

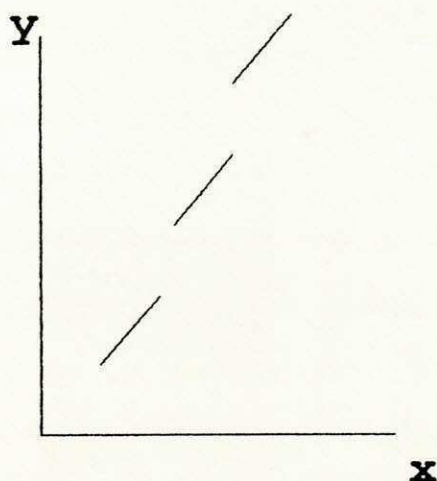
Para que uma série seja dada como inconsistente, é necessário que se façam presentes pelo menos cinco pontos necessários fora do alinhamento da suposta reta, determinando as seguintes situações as serem verificadas abaixo:

**b.1 -**



Mudança de tendência: Os gráficos que resultarem em tal configuração indicam a presença de erros sistemáticos nos postos pluviométricos tais como: mudanças nas condições de observação, alterações climáticas no local provocados pela presença de reservatórios artificiais etc.

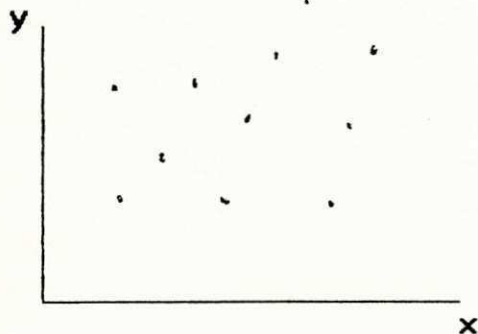
b.2 -



Alinhamento dos postos em retas paralelas. Tal configuração é resultante de erros de transcrição de um ou mais dados de comparação de postos com regimes pluviométricos

diferentes, caso no qual as retas apresentam-se aproximadamente horizontais ou verticais.

**b.3 -**



**Distribuição errática dos postos -** Essa distribuição demonstra não existir nenhuma associação entre os dados pluviométricos em virtude da comparação de postos, com regimes pluviométricos diferentes, ou seja, localizados em regiões distintas.

Para efetuar-se a consistência da série de precipitação do Posto P. Isabel para o período de 1979 a 1993 foram selecionados os Postos Manaíra e N. Olinda para aplicação do método das duplas massas.

Em primeira instância foram determinados os totais anuais para os três postos com o auxílio das séries de precipitação. Considerou-se os anos cujas séries apresentavam-se incompletas. Acumulando-se os totais anuais do posto P Isabel e posteriormente a média anual dos postos, obteve-se os dados a serem plotados no gráfico (total anual acumulado x média acumulada dos totais anuais) partiu-se do período mais recente ao período mais remoto uma vez que as inconsistências geralmente verificaram-se nos anos mais remotos.

$$P_a = \frac{r_a}{r_o} \times P_o$$

onde

$P_a$  → precipitação a ser ajustada às condições atuais

$r_a$  → coeficiente angular da reta referente ao período mais recente

$r_o$  → coeficiente angular da reta referente ao período mais remoto

$P_o$  → dados observados a serem corrigidos.

Uma vez determinado o valor de  $P_a$  faz-se uma desacumulação para obtenção da precipitação homogeneizada, referente ao determinado ano do posto cuja consistência desejar-se efetuar.

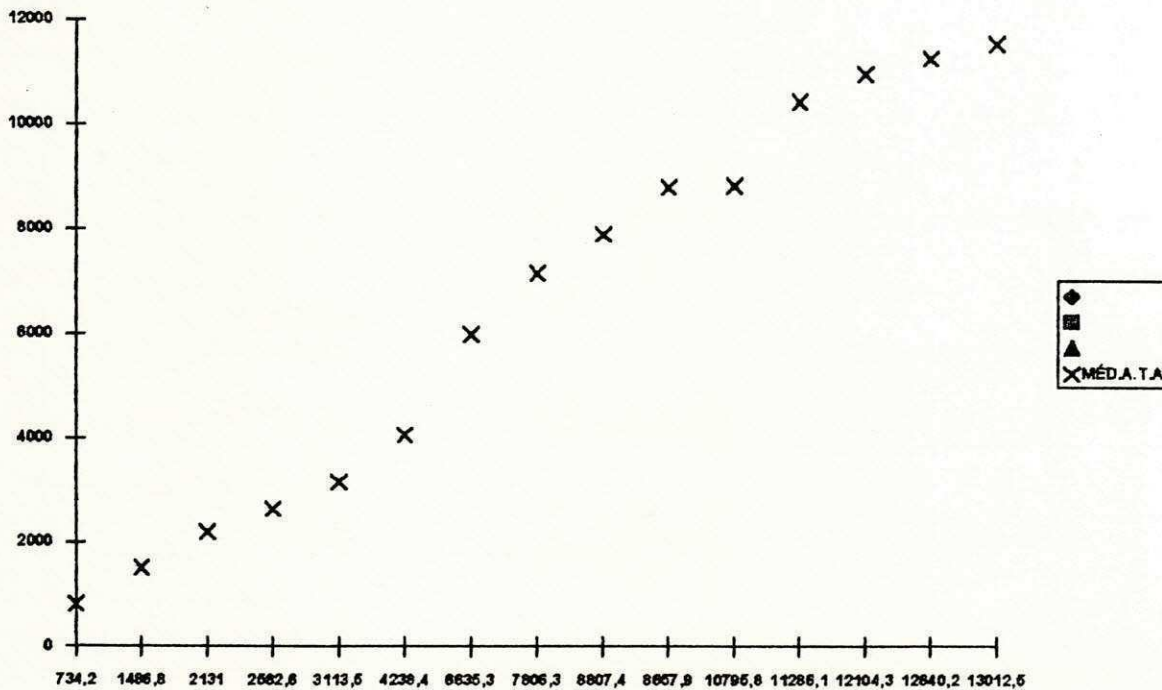
P2 Total Anual	Posto X (Princesa Isabel)	Posto A (Nova Olinda)	Posto B (Manaira)
1979	734,20	874,4	824,5
1980	752,60	700,3	631,8
1981	644,20	817,9	575,90
1982	461,60	402,9	419,70
1983	520,90	575,1	463,0
1984	1125,80	854,2	718,6
1985	2395,90	1690,9	1715,2
1986	1271,00	1228,0	1001,7
1987	901,10	793,7	547,4
1988	850,50	1091,2	764,8
1989	1137,90	1228,7	1045,4
1990	490,30	613,9	412,4
1991	818,10	123,2	647,90
1992	535,90	82,7	300,9
1993	372,30	264,4	156,30

<b>Ano</b>	<b>Total Anual Acumulado</b>	<b>Média Totais Anuais</b>	<b>Média Acumulada Totais Anuais</b>
1979	734,2	811,0	811,0 - 186
1980	1486,8	694,9	1505,9 - 175
1981	2131,0	712,7	2218,6 - 163
1982	2592,6	428,1	2646,7 - 156
1983	3113,5	519,7	3166 - 147
1984	4239,4	893,6	4066,0 - 132
1985	6635,3	1934,0	6000,0 - 100
1986	7906,3	1166,9	7166,9 - 81
1987	8807,4	747,4	7914,3 - 68
1988	9657,9	902,2	8816,5 - 53
1989	10795,8	1137,3	8853,8 - 34
1990	11286,1	505,5	10459,3 - 26
1991	12104,3	529,8	10388,1 - 17
1992	12640,2	306,5	10285,6 - 12
1993	13012,5	264,3	11559,9 - 7



GRÁFICO (TOTAL ANUAL ACUMULADO x MÉDIA ACUMULADA DOS TOTAIS ANUAIS

Total Anual Acumulado



Média Acumulada dos Totais Anuais

ANÁLISES DOS GRÁFICOS

De acordo com o gráfico das duplas massas, verificam-se a existência de três pontos fora do alinhamento da reta, o que não deixa de tornar a série de precipitação do posto Princesa Isabel referente ao período de 1979 a 1993 consistente de acordo com o item 3.2.2(a) da teoria anteriormente abordada.

Caso a série se apresentasse inconsistente ter-se-ia que ajustar à condição atual as observações através da seguinte equação:

### 3.3 - Precipitação Média da Bacia

Calcular a precipitação média na bacia no período 1979/1983. Usar o método da média-aritmética e o método de Thiessen. Apresentar o gráfico dos totais precipitados em cada ano (1979/1993). Comparar estes dados com o valor precipitado médio da bacia.

Após ter-se trabalhado os dados pluviométricos e pluviográficos referente a uma determinada região, necessário se faz o cálculo da precipitação média, que ao contrário das estimativas pontuais anteriormente obtidas, consiste em lâmina de água uniforme sobre toda a área considerada, associada a um período de tempo (hora, dia, mês e ano).

Dentre os diversos métodos existentes usar-se-á os métodos:

- Aritmético;
- Método de Thiessen.

### 3.3.1 - Método Aritmético

Através dos resultados obtidos em diferentes pluviômetros distribuídos uniformemente sobre uma determinada área, procede-se então a média aritmética desses dados, mediante a seguinte fórmula:

$$P_m = \frac{1}{n} \sum P_i$$

onde:

$P_m$  = precipitação média para determinada área em mm;

$n$  = número de pluviômetros;

$\sum P_i$  = somatório das precipitações referente aos  $n$  postos pluviométricos.

O método aritmético é usado quando dispõe-se de uma distribuição uniforme dos aparelhos (pluviômetros) na área que deve ser plana ou suavemente ondulada, além das medidas coletadas nos pluviômetros não diferenciarem muito do valor médio.

- Deseja-se determinar a precipitação média pelo método aritmético na Bacia do Açude Saco, referente ao período de 1979/1993, para tanto considera-se os dados pluviométricos provenientes dos postos Manaíra, Princesa Isabel e Nova Olinda.

- De posse dos totais anuais de cada posto, procedem-se o cálculo da precipitação média anual através da seguinte fórmula:

$$P_m = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3}$$

onde:

$P_m$  = precipitação média referente a determinado ano;

$T_1$  = total anual do posto  $P_1$  (Manáira);

$T_2$  = total anual do posto  $P_2$  (Nova Olinda);

$T_3$  = total anual do posto  $P_3$  (Princesa Isabel).

Através das precipitações médias anuais, calculou-se a precipitação média na bacia através da média aritmética dos resultados obtidos acima como pode ser verificado na página seguinte.

Cálculo da precipitação média no período de 1979/1993:

$T_1$  = total anual do posto  $P_1$  (Manáira);

$T_2$  = total anual do posto  $P_2$  (Nova Olinda);

$T_3$  = total anual do posto  $P_3$  (Princesa Isabel).

para cada ano  $\frac{T_1 + T_2 + T_3}{3}$  em mm

$$1979 \rightarrow \frac{734,20 + 874,4 + 824,5}{3} = 811,0$$

$$1980 \rightarrow \frac{752,60 + 700,3 + 631,8}{3} = 684,9$$

$$1981 \rightarrow \frac{644,20 + 817,9 + 575,90}{3} = 712,7$$

$$1982 \rightarrow \frac{461,60 + 402,9 + 419,70}{3} = 428,1$$

$$1983 \rightarrow \frac{520,90 + 575,1 + 463,0}{3} = 519,7$$

$$1984 \rightarrow \frac{1125,9 + 854,2 + 718,6}{3} = 899,6$$

$$1985 \rightarrow \frac{2395,90 + 1690,9 + 1715,2}{3} = 1934,0$$

$$1986 \rightarrow \frac{1271,90 + 1228,0 + 1001,7}{3} = 1166,9$$

$$1987 \rightarrow \frac{801,10 + 793,7 + 547,4}{3} = 747,4$$

$$1988 \rightarrow \frac{850,5 + 1081,2 + 764,8}{3} = 802,2$$

$$1989 \rightarrow \frac{1137,90 + 1228,7 + 1045,4}{3} = 1137,3$$

$$1990 \rightarrow \frac{490,3 + 613,9 + 412,4}{3} = 505,5$$

$$1991 \rightarrow \frac{818,20 + 123,2 + 647,90}{3} = 529,8$$

$$1992 \rightarrow \frac{535,90 + 82,7 + 300,90}{3} = 306,5$$

$$1993 \rightarrow \frac{372,3 + 264,4 + 156,30}{3} = 264,3$$

$$\text{PRECIPITAÇÃO M\u00c9DIA} = \frac{\sum P}{15} = 770,7$$

**AN\u00c1LISE DOS RESULTADOS OBTIDOS PELO M\u00c9TODO ARITM\u00c9TICO:**

Ano	Precipita\u00e7\u00e3o M\u00e9dia Anual (mm)	Precipita\u00e7\u00e3o M\u00e9dia na Regi\u00e3o (mm)	Desvios
1979	811,0	770,7	40,3
1980	684,9	770,7	- 75,8
1981	712,7	770,7	- 58,0
1982	428,1	770,7	-342,6
1983	519,7	770,7	-251,0
1984	899,6	770,7	128,9
1985	1934,0	770,7	1163,3
1986	1166,9	770,7	396,2
1987	747,4	770,7	- 23,3
1988	902,2	770,7	131,5
1989	1137,3	770,7	366,6
1990	505,5	770,7	- 265,2
1991	529,8	770,7	- 240,9
1992	208,5	770,7	- 464,2
1993	264,3	770,7	- 506,4

Através dos desvios calculados observa-se, segundo a teoria abordada que como a precipitação média em alguns casos afasta-se muito da precipitação média anual, conclui-se então que o método aritmético foge às suas limitações quanto as características de relevo da bacia ou quanto a disposição dos postos pluviométricos na mesma.

### 3.3.2 - Método de Thiessen

Consiste em distribuir um peso aos totais precipitados em cada posto, proporcionais à área de influência de cada um, cuja determinação é feita através do seguinte procedimento gráfico:

- 1 - Identificação dos postos pluviométricos;
- 2 - Liga-se os postos por retas de tal forma que um posto una-se com os adjacentes;
- 3 - Determinação do ponto médio das retas que unem os postos;
- 4 - A partir do ponto médio, traça-se uma perpendicular, definindo com os limites da bacia as áreas de influência de cada posto.

Com as áreas definidas tem-se a precipitação média da Bacia de acordo com a fórmula

abaixo:

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

onde

$\bar{h}$  → precipitação média

$P_i$  → precipitação referente ao posto correspondente a Área  $A_i$

$\sum A_i$  → somatório das áreas correspondente a cada posto e igual a Área da Bacia.

O método de Thiessen por levar em consideração a não uniformidade dos postos apresenta resultados mais precisos que o método aritmético, embora, apresente limitação no que diz respeito ao relevo da região, apresentando bons resultados para terrenos levemente acidentados.

#### **APLICAÇÃO DA TEORIA A BACIA DO AÇUDE SACO.**

Deseja-se determinar a precipitação média da região, pelo método de Thiessen, para o período de 1979/1993.

Inicialmente fez-se o cálculo das áreas de influência dos três postos anteriormente identificados (Manáira, P. Isabel, Nova Olinda), com o auxílio do planímetro; adotando-se um procedimento similar ao da definição da área da Bacia, a saber:

Através da carta NATAL, JAGUARIBE (SUDENE, 1972), planimetrometrou-se as áreas  $A_0$ ,  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  correspondentes, respectivamente, ao quadrado de área conhecida e os postos Manáira, Princesa Isabel e Nova Olinda, obtendo-se as leituras  $L_0$ ,  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$ . Foram feitas três leituras, eliminando-se o valor mais discrepante e efetuando-se a média dos valores restantes.



Dessa maneira foram encontradas as seguintes leituras, que se seguem abaixo:

$$L_0 \text{ (QUADRADO)} = 25,4 \text{ anteriormente obtida.}$$

$$L_1 \text{ (MANAIRA)} = 0,00$$

$$0,00$$

$$L_2 \text{ (PRINCESA ISABEL)} = 251,4$$

$$254,0 - \text{DESPREZADO}$$

$$L_2 = \frac{251,4 + 251,0}{2}$$

$$L_2 = 251,2$$

$$L_3 \text{ (NOVA OLINDA)} = 0934 - L_3 = 93,4 + 93,3 = 93,4$$

$$093,3$$

$$096,6 - \text{DESPRESADO}$$

$$L_3 = \frac{93,4 + 93,3}{2}$$

$$L_3 = 93,4$$

Através da relação de promoções abaixo, foram calculadas as áreas de influência do posto Manaira que por ser muito pequena em relação as demais, não foi possível a obtenção de leituras a partir do planímetro em virtude das limitações do aparelho. Em vista dessa tal área foi calculada subtraindo-se do total as áreas  $A_2$  e  $A_3$ . Os cálculos seguem abaixo.

$$\frac{A_0}{L_0} = \frac{A_1}{L_1} = \frac{A_2}{L_2} = \frac{A_3}{L_3}$$

$$\frac{A_0}{L_0} = \frac{A_2}{L_2} = A_2 = \frac{A_0 L_2}{L_0} = 25 \times \frac{33,4}{25,4} = 81,33 \text{ km}^2$$

então tem - se que:

$$A_3 = \frac{A_0 L_3}{L_0} = \frac{25 \times 33,4}{25,4} = 91,93 \text{ km}^2$$

$$A_1 = A - (A_2 + A_3)$$

$$A_1 = 351,37 - (247,24 + 91,93)$$

$$A_1 = 12,20 \text{ km}^2$$

A partir das áreas de influência e dos totais anuais precipitados para cada posto retirados das séries pluviométricas em anexo, calculou-se as precipitação médias anuais de acordo com a fórmula abaixo:

$$P_m = \frac{\sum P_i A_i}{A_i}$$

Para o cálculo da precipitação média da Bacia fez-se a média aritmética dos valores obtidos acima, de acordo com a fórmula descrita abaixo:

$$\bar{b} = \frac{\sum P_m}{15}$$

$\sum P_m$  - somatório das precipitações médias anuais.

**15** - número de precipitação do decorrer do período (1979/1993).

## 3.3.2 - Método de Thiessen

$$P = \frac{P_1 \cdot A_1 + P_2 \cdot A_2 + P_3 \cdot A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \quad (\text{em mm})$$

$$1979 \rightarrow \frac{874,4 \times A_1 + 834,20 \times A_2 + 824,5 \times A_3}{A} = 774,0$$

$$1980 \rightarrow \frac{700,3 \times A_1 + 752,6 \times A_2 + 631,8 \times A_3}{A} = 734,7$$

$$1981 \rightarrow \frac{817,8 \times A_1 + 644,2 \times A_2 + 575,8 \times A_3}{A} = 713,4$$

$$1982 \rightarrow \frac{402,8 \times A_1 + 461,60 \times A_2 + 419,70 \times A_3}{A} = 448,8$$

$$1983 \rightarrow \frac{575,2 \times A_1 + 520,9 \times A_2 + 463,0 \times A_3}{A} = 533,1$$

$$1984 \rightarrow \frac{854,2 \times A_1 + 1125,8 \times A_2 + 718,6 \times A_3}{A} = 1040,7$$

$$1985 \rightarrow \frac{1690,8 \times A_1 + 2385,9 \times A_2 + 1715,2 \times A_3}{A} = 2187,8$$

$$1986 \rightarrow \frac{1228x A_1 + 1271,0x A_2 + 1001,7x A_3}{A} = 1250,0$$

$$1987 \rightarrow \frac{783,7x A_1 + 901,1x A_2 + 547,4x A_3}{A} = 860,7$$

$$1988 \rightarrow \frac{1091,2x A_1 + 850,5x A_2 + 764,8x A_3}{A} = 810,5$$

$$1989 \rightarrow \frac{1228,7x A_1 + 1137,9x A_2 + 1045,4x A_3}{A} = 1158,4$$

$$1990 \rightarrow \frac{613,8x A_1 + 490,3x A_2 + 412,4x A_3}{A} = 518,8$$

$$1991 \rightarrow \frac{123,2x A_1 + 818,2x A_2 + 647,9x A_3}{A} = 630,5$$

$$1992 \rightarrow \frac{82,7x A_1 + 535,9x A_2 + 200,9x A_3}{A} = 409,2$$

$$1993 \rightarrow \frac{264,4x A_1 + 372,3x A_2 + 156,3x A_3}{A} = 336,6$$

$$ME'DIA \rightarrow 833,6$$

## MÉTODO DE THIESSEN (DESVIOS)

ANO	$P = \frac{\sum P_i A_i}{\sum A_i}$	MEDIA = $\frac{\sum P}{15}$ (mm)	DESVIO $\pm$
1979	774	833,6	59,6
1980	734,7	833,6	98,9
1981	713,4	833,6	120,2
1982	448,8	833,6	384,8
1983	533,1	833,6	300,5
1984	1040,7	833,6	207,1
1985	2187,8	833,6	1354,2
1986	1250,0	833,6	416,4
1987	860,7	833,6	27,1
1988	810,5	833,6	23,1
1989	1158,4	833,6	324,8
1990	518,8	833,6	314,8
1991	630,5	833,6	203,1
1992	409,2	833,6	424,4
1993	336,6	833,6	497,0
			<b><math>\Sigma</math>DESVIOS =</b> <b>4756,0</b>

### 3.3.3 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS PELOS MÉTODOS ARITMÉTICO E THIESSEN.

Uma vez comparados os resultados de ambos os métodos, observou-se através do somatório dos desvios que a precipitações encontraram-se mais no entorno da média no método aritmético que no método de THIESSEN, como pode ser verificado através das tabelas.

Adotar-se-a para precipitação média na Bacia, ao valor encontrado pelo método de Thissen.

$$P_m = 833,6 \text{ mm.}$$

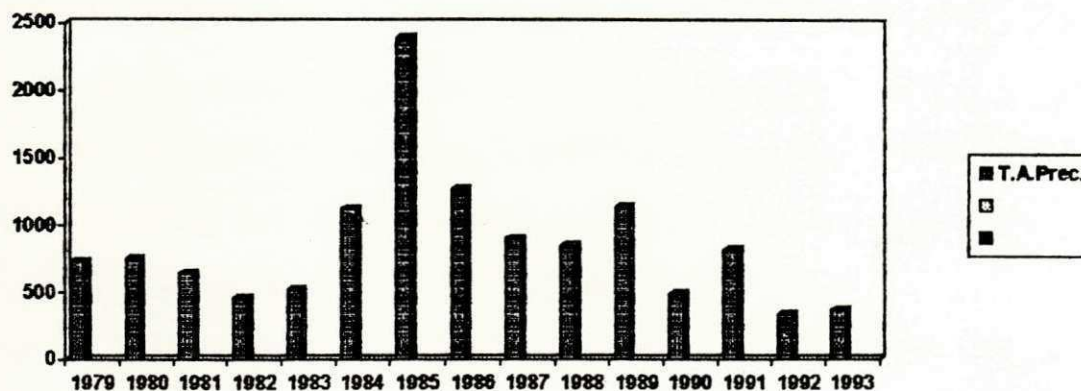
#### GRÁFICO DOS TOTAIS PRECIPITADOS EM CADA ANO

Foi esboçado a partir dos totais anuais precipitados no posto Princesa Isabel, retirados das séries pluviométricas, por ter a maior área de abrangência e portanto melhor representação da Bacia do Açude Saco.

Do mesmo, a linha tracejada representa o valor da precipitação média da Bacia.

**3.3.4 - GRÁFICO DOS TOTAIS PRECIPITADOS EM CADA ANO  
TOTAIS PRECIPITADOS - POSTO PRINCESA ISABEL**

Totais Anuais Precipitados (mm) - (Esc.-----1:200)



Escala 1:100 anos

**3.3.5 - COMPARAÇÃO DOS TOTAIS PRECIPITADOS COM O VALOR PRECIPITADO MÉDIO DA BACIA.**

De acordo com o gráfico em anexo, observa-se que durante o período de 1984/1989 os valores precipitados anuais mantiveram-se acima do valor precipitado médio da Bacia, num total de 2671,4mm, ou seja, 20,5% do total precipitado ao longo do período de 1977/1993, sendo que dos 20,5%, 12% foi verificado no ano de 1985.



### 3.4 - EVAPOTRANSPIRAÇÃO

#### 3.4.1 - Cálculo da Evapotranspiração Mensal na Bacia do Açude Saco

Entende-se por evapotranspiração a quantidade de água transferida para a atmosfera por evaporação e transpiração, que por ser um processo complexo e bastante dinâmico, torna-se difícil e extremamente caro, medir-se com precisão a quantidade de água que é retirada do solo e das plantas devido ao aumento da energia cinética das partículas que escapam da superfície em virtude da radiação solar recebida pela mesma. (TUCCI, 1993).

Dentre os procedimentos usualmente empregados para avaliar a perda de água por evapotranspiração adotar-se-a o método de Thornthwaite que correlaciona dados de evapotranspiração potencial, medida em evapotranspirômetros e em bacias hidrográficas, com dados de temperatura média mensal e comprimento do dia, através da seguinte fórmula:

$$ETP = 7C.16\left(\frac{10.t}{I}\right)^2$$

Onde:

ETP - evapotranspiração potencial para o período de 30 dias e comprimento de 12 horas.

Fc - fator de correção em função da latitude e mês do ano tabelados.

I - índice de calor correspondente à soma de 12 índices mensais.

T - temperatura média mensal °C.

a - equação cúbica da forma.

$$a = 0,675 \cdot 10^{-6} I^3 - 0,771 \cdot 10^{-4} I^2 + 1,792 \cdot 10^{-2} I + 0,49.$$

**APLICAÇÃO DA TEORIA ABORDADA AO CÁLCULO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO MENSAL REFERENTE AO ANO 1979 NA BACIA DO AÇUDE SACO.**

Através do atlas climatológico da Paraíba, foram retiradas as temperaturas médias mensais para aquele ano referente a bacia em estudo, obtendo-se os seguintes dados:

- JAN - 24°C
- FEV - 24°C
- MAR - 24°C
- ABR - 24°C
- MAI - 23°C
- JUN - 22°C
- JUL - 22°C
- AGO - 22°C
- SET - 24°C
- OUT - 25°C
- NOV - 25°C
- DEZ - 25°C

COM AS TEMPERATURAS MÉDIAS MENSAIS FOI CALCULADO O ÍNDICE DE CALOR, I, REFERENTE A SOMA DOS DOZE ÍNDICES MENSIS ABAIXO DESCRIMINADOS. (PINTO,.....)

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1,514}$$

onde:

t - temperatura média mensal.

JAN	- i =	11,4
FEV	- i =	10,7
MAR	- i =	10,7
ABRI	- i =	10,7
MAI	- i =	10,1
JUN	- i =	9,4
JUL	- i =	9,4
AGO	- i =	9,4
SET	- i =	10,7
OUT	- i =	11,4
NOV	- i =	11,4
DEZ	- i =	11,4

Calculados os índices mensais, passa-se ao cálculo do índice de calor I de acordo com a fórmula abaixo:

$$I = \sum_{1}^{12} i$$

$$I = 127,1$$

Atavés do índice de calor torna-se possível a determinação do valor de "a" referente a equação cúbica da forma.

$$a = 0,675 \times 10^{-6} I^3 - 0,771 \times 10^{-4} I^2 + 1,792 \times 10^{-2} I + 0,49.$$

$$a = 2,9$$

Fatores de correção presentes na equação de Thornthwaite foram retirados da tabela 52 pag.92 do livro HIDROGIA APLICADA (SWAMI MARCONDES VILLELA E ARTHUR MATAS) em função da latitude da Bacia, aproximando-a para 10° N e dos meses do ano, obtendo-se os seguintes valores. (VILLELA e MATTOS, 1973).

JAN - 4,08

FEV - 0,97

MAR - 1,05

ABR - 0,99

MAI - 1,01

JUN - 0,96

JUL - 1,00

AGO - 1,01

SET - 1,00

OUT - 1,06

NOV - 1,05

DEZ - 1,10

Esses fatores tem por finalidade ajustar o valor encontrado da evapotranspiração ao número de dias do mês e a duração do brilho solar nos vários meses do ano. (PINTO, ...).

Substituindo os valores anteriormente encontrados na Equação de Thornthwaite determinou-se as evapotranspirações (mm) mensais abaixo relacionadas.

$$\text{JAN - ETP} = 16 \times 1,08 \left( \frac{10 \times 25}{127,1} \right)^{2,9} = 122,9 \text{mm}$$

$$\text{FEV - ETP} = 16 \times 0,97 \left( \frac{10 \times 24}{127,1} \right)^{2,9} = 98,1 \text{mm}$$

$$\text{MAR - ETP} = 16 \times 1,05 \left( \frac{10 \times 24}{127,1} \right)^{2,9} = 106,1 \text{mm}$$

$$\text{ABR - ETP} = 16 \times 0,99 \left( \frac{10 \times 24}{127,1} \right)^{2,9} = 100,1 \text{mm}$$

$$\text{MAI - ETP} = 16 \times 1,01 \left( \frac{10 \times 23}{127,1} \right)^{2,9} = 90,2 \text{mm}$$

$$\text{JUN - ETP} = 16 \times 0,96 \left( \frac{10 \times 22}{127,1} \right)^{2,9} = 75,4 \text{mm}$$

$$\text{JUL - ETP} = 16 \times 1,00 \left( \frac{10 \times 22}{127,1} \right)^{2,9} = 78,5 \text{mm}$$

$$\text{AGO - ETP} = 16 \times 1,01 \left( \frac{10 \times 22}{127,1} \right)^{2,9} = 79,3 \text{mm}$$

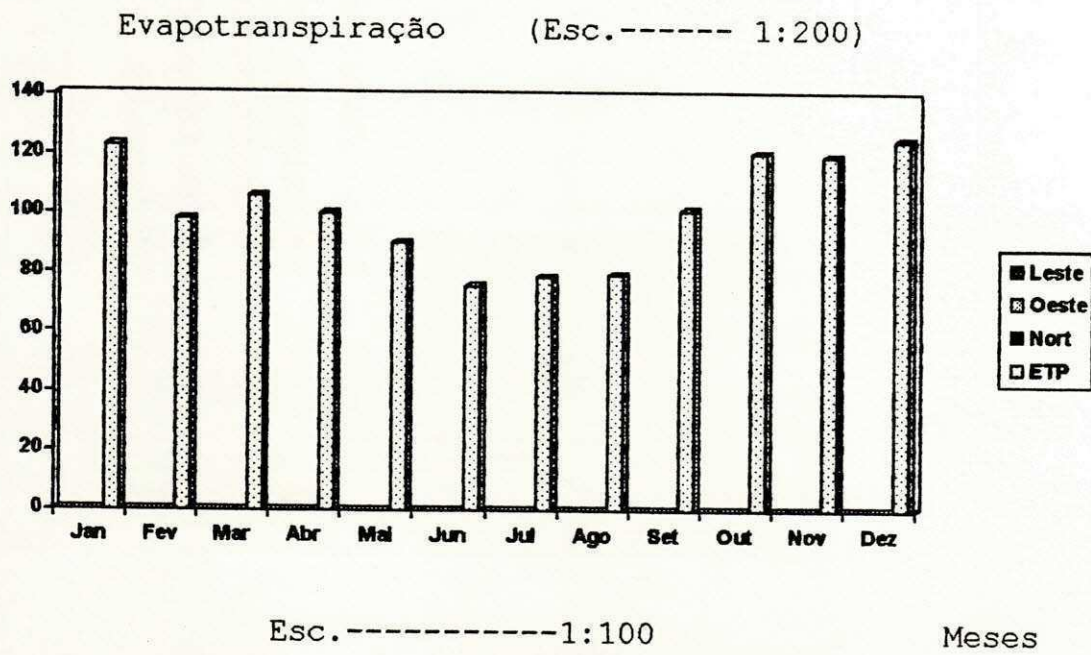
$$\text{SET - ETP} = 16 \times 4,00 \left( \frac{10 \times 24}{127,1} \right)^{2,9} = 101,1 \text{mm}$$

$$\text{OUT - ETP} = 16 \times 1,06 \left( \frac{10 \times 25}{127,1} \right)^{1,514} = 120,6 \text{mm}$$

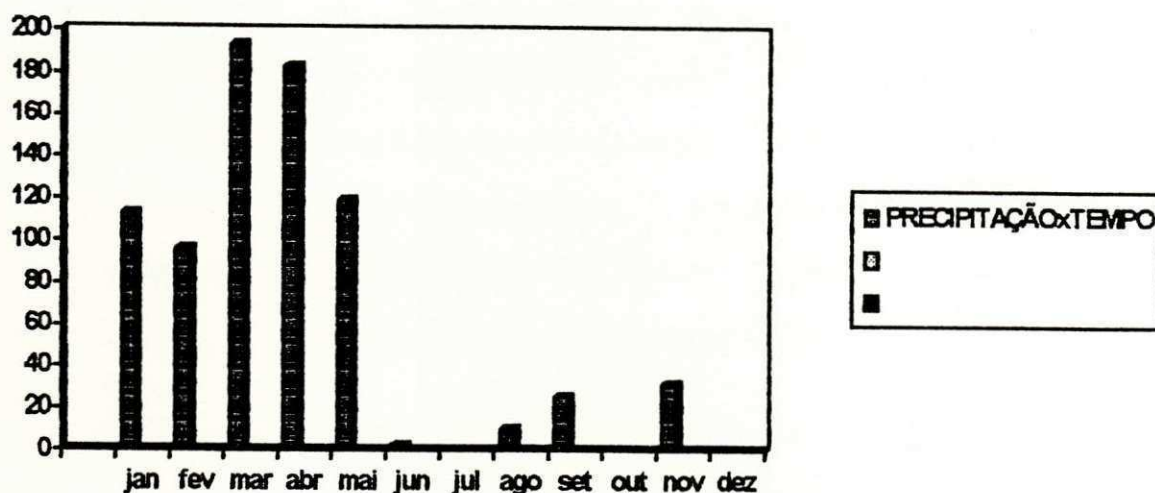
$$\text{NOV - ETP} = 16 \times 1,05 \left( \frac{10 \times 25}{127,1} \right)^{1,514} = 119,5 \text{mm}$$

$$\text{DEZ - ETP} = 16 \times 1,10 \left( \frac{10 \times 25}{127,1} \right)^{1,514} = 125,2 \text{mm}$$

3.4.2 - Gráfico evapotranspiração x tempo p/1979



## 3.4.3 - Gráfico Precipitação x Tempo



MÊS	MANAIRA (mm)	P. ISABEL (mm)	N. OLINDA (mm)	ΣP.AI/ΣAI (mm)	ETP (mm)
JAN	129,6	126,5	74,5	113,0	122,9
FEV	67,0	93,1	107,2	95,9	98,1
MAR	201,2	153,2	300,6	193,4	106,1
ABR	319,0	140,0	280,3	182,9	100,1
MAI	94,4	145,6	51,0	119,1	90,2
JUN	8,6	2,0	3,0	2,5	75,4
JUL	1,3	0,5	0,0	0,4	78,5
AGO	3,4	0,3	36,5	9,9	79,3
SET	0,0	30,0	16,2	25,3	101,1
OUT	0,0	0,0	0,0	0,0	120,6
NOV	0,0	43,0	5,1	31,6	119,5
DEZ	0,0	0,0	0,0	0,0	125,2



#### **3.4.4 - Análise do Gráfico Evapotranspiração x tempo**

Analísou-se o gráfico ETP x tempo comparando-o com o de precipitação x tempo referente ao ano de 1979, cujos dados foram obtidos da série pluviométrica para os Postos Manáira, Princesa Isabel e Nova Olinda), utilizando-se o método de Thiessen para o cálculo das precipitações médias mensais a serem plotadas no gráfico.

Os cálculos bem como o gráfico estão apresentados.

Observou-se o acréscimo ou decréscimo da evapotranspiração está de acordo com os acréscimos ou decréscimos da precipitação em cada mês.

#### **4.0 - CONCLUSÃO**

A Bacia do Açude Saco por está localizada em uma região semi-árida apresenta baixos índices de precipitação e elevadas taxas de evaporação ao longo do ano, com exceção do período que vai de Janeiro a Abril. Esse fenômeno se traduz no sistema de drenagem da Bacia que é formada em sua maioria por rios intermitentes.

## 5.0 - BIBLIOGRAFIA

SUDENE - Folhas 24/25 Jaguaribe/Natal - Mapa Topográfico.  
1972.

RADAMBRASIL - Folhas 24/25 Jaguaribe/Natal - Mapas: Exploratório de Solos, Vegetação. Rio de Janeiro, 1981.

TUCCI, C. E. R. - Hidrologia Ciência e Aplicação. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH: EDUSP, 1993.

VILLELA, S. M. e MATTOS, A. - Hidrologia Aplicada. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1975.

PINTO, N. L. de S.; JALT, A.C.T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F.L. S. - Hidrologia Básica. São Paulo, Edgard Blücher, 1976.

## ANEXOS

### 1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO

### SISTEMA DE DRENAGEM

● Nova Olinda



● Manaira

Tavares ●

● Princesa Isabel

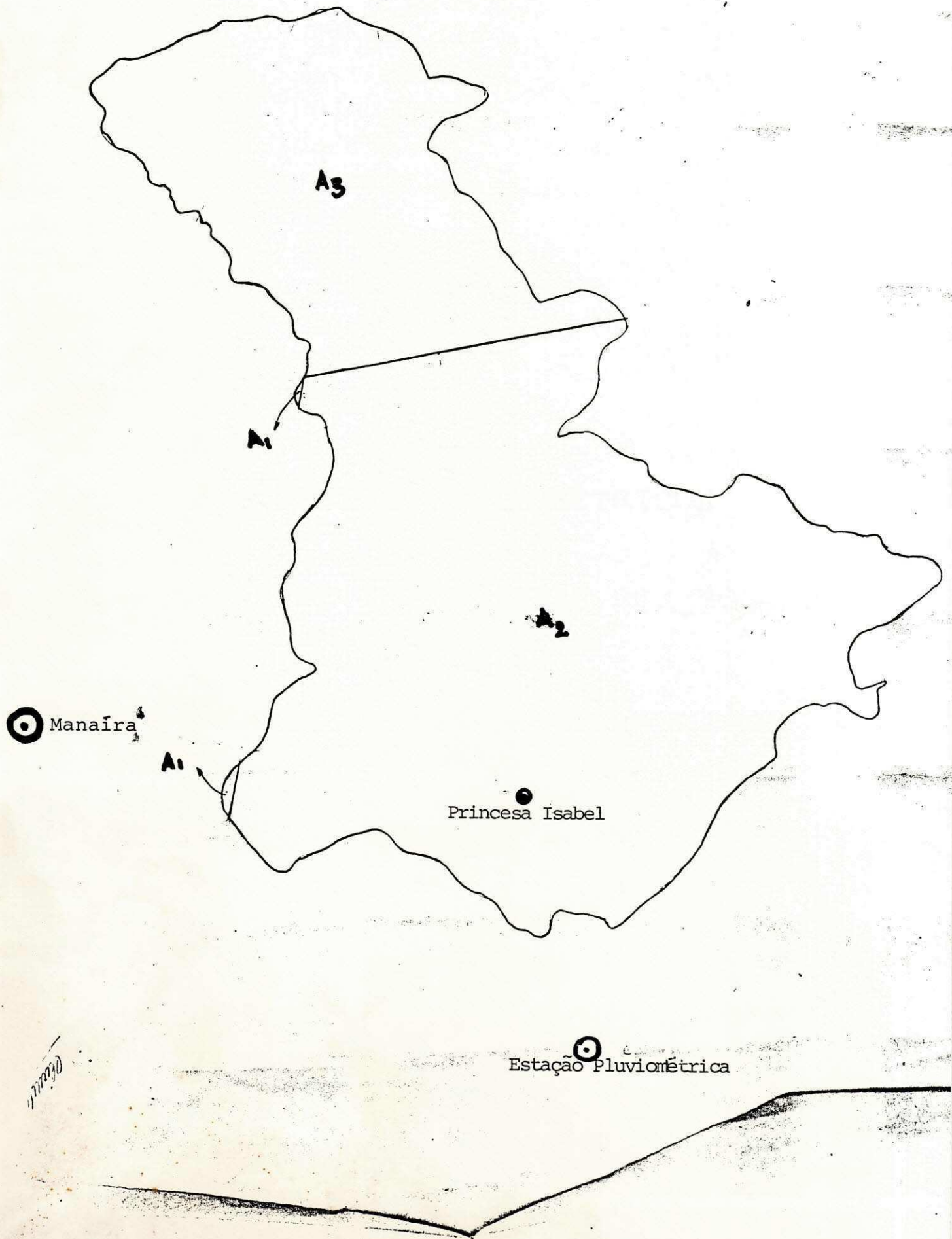
● Triunfo

● Flores

## ANEXO

### 2 - ÁREAS DE INFLUÊNCIAS DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS

Nova Olinda



*Manaira*

ANEXO

3 - SÉRIES PLUVIOMÉTRICOS

## 853467 MANAIRA

ANO	1	2	3	4	742	3810	605	8	9	10	11	12
1970	127.2	84.0	69.1	63.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1971	152.4	374.3	221.7	213.7	28.7	28.6	30.0	.0	1.8	.0	.0	13.0
1972	105.4	94.9	191.8	114.0	61.0	52.5	28.0	18.2	.0	.0	.0	164.6
1973	-9.9	3.6	15.8	47.2	44.0	82.7	27.0	.0	14.0	54.0	4.6	92.7
1974	234.3	307.5	345.9	150.4	59.8	.0	9.0	.0	-9.9	.0	74.0	35.6
1975	114.1	274.3	189.2	188.5	38.2	20.8	73.4	.0	.0	.0	64.0	102.5
1976	39.0	190.3	210.4	80.0	7.0	.0	.0	.0	25.0	31.3	17.9	36.0
1977	59.4	80.5	227.7	206.8	79.6	45.1	25.5	.0	.0	5.0	.0	89.2
1978	51.0	94.4	157.4	154.2	135.3	12.0	16.0	.0	6.0	17.2	.0	53.2
1979	129.6	67.0	201.2	319.0	94.4	8.6	1.3	3.4	.0	.0	.0	.0
1980	147.6	164.2	124.0	.0	.0	18.0	27.0	.0	6.0	22.0	68.0	55.0
1981	113.7	78.3	268.6	32.0	.0	.0	9.0	2.0	.0	.0	5.0	67.3
1982	18.0	35.0	161.3	82.6	25.0	4.2	23.8	3.0	5.3	1.4	10.0	50.1
1983	83.0	123.0	103.0	80.3	41.2	9.0	8.0	.0	.0	.0	6.0	9.5
1984	62.1	59.6	237.7	261.1	59.5	.0	4.3	23.3	.0	.0	11.0	.0
1985	257.1	360.8	255.2	399.3	142.6	107.2	10.8	.0	15.0	3.4	5.7	158.1
1986	-9.9	212.4	257.4	277.4	4.8	18.1	21.6	19.5	5.0	3.0	71.3	.0
1987	68.5	89.0	197.5	122.4	8.0	46.0	16.0	.0	.0	.0	.0	.0
1988	30.9	106.6	271.0	196.1	20.4	22.0	14.5	.0	.0	.0	6.0	97.3
1989	211.3	40.5	219.2	122.5	149.4	11.3	12.3	.0	.0	5.0	45.0	228.9
1990	15.0	105.0	48.6	126.7	55.6	37.0	.0	.0	18.3	.0	6.2	-9.9
1991	130.5	265.8	65.3	36.0	89.0	.0	.0	.0	.0	.0	61.3	.0
1992	101.8	83.1	14.0	65.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	37.0
1993	49.0	11.3	24.0	29.0	24.0	5.0	.0	4.0	10.0	.0	.0	.0



## 853499 PRINCESA ISABEL

744 3801 660

ANO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1970	142.1	88.3	74.5	83.0	13.0	6.0	16.3	.0	.0	10.3	50.0	25.0
1971	64.4	80.6	170.2	235.7	97.0	42.7	68.9	.0	31.0	3.0	.0	.3
1972	110.2	163.2	79.2	70.8	87.4	64.5	14.6	47.6	.0	18.0	.0	122.7
1973	147.6	54.7	164.3	401.5	79.4	68.3	17.0	10.0	49.2	7.0	3.0	110.8
1974	160.0	294.5	278.9	147.7	134.9	3.6	.0	.0	3.0	36.0	82.0	113.1
1975	60.0	177.9	261.8	247.3	43.3	47.8	103.2	10.0	.0	14.2	.0	6.7
1976	38.0	149.7	121.7	72.3	33.0	.4	.4	.3	32.0	15.3	17.0	32.0
1977	59.2	118.0	56.6	229.1	185.2	77.0	52.3	3.0	.4	.0	3.0	-9.9
1978	43.0	84.0	199.0	125.0	83.2	60.0	100.9	.2	48.0	3.0	.2	33.0
1979	126.5	93.1	153.2	140.0	145.6	2.0	.5	.3	30.0	.0	43.0	.0
1980	121.3	152.2	175.0	16.0	17.0	45.6	42.0	.0	3.0	15.0	80.5	85.0
1981	53.7	77.0	337.3	68.0	4.0	.0	22.0	.0	.0	.0	18.5	63.7
1982	38.6	29.5	80.3	129.0	104.6	6.0	16.4	8.0	9.5	.0	.3	39.4
1983	47.0	171.8	154.4	60.2	20.0	10.2	25.7	16.3	.0	.0	.0	15.3
1984	16.3	36.8	308.9	507.9	154.5	5.0	5.0	30.0	5.0	11.0	40.5	5.0
1985	442.9	691.6	190.8	469.4	156.0	131.0	33.0	5.0	31.4	.0	5.0	239.8
1986	142.1	243.9	348.1	331.8	34.9	28.2	39.6	41.4	.0	12.0	49.0	.0
1987	74.1	229.5	278.6	136.9	7.0	74.0	77.0	24.0	.0	.0	.0	.0
1988	48.0	83.3	187.3	302.1	15.0	26.2	28.2	.0	.0	16.2	18.3	125.9
1989	70.3	21.3	322.3	198.0	281.7	16.3	33.6	16.5	.0	49.6	.0	128.3
1990	19.4	53.1	40.5	201.4	43.6	54.6	34.2	.0	31.3	12.2	.0	.0
1991	111.0	306.7	151.3	87.0	77.5	17.7	4.0	14.5	.0	.0	48.5	.0
1992	221.9	114.6	56.3	73.0	.0	16.9	-9.9	.0	39.2	.0	.0	14.0
1993	134.5	25.0	13.8	63.4	76.4	17.4	35.0	.0	6.8	.0	.0	.0

843992 NOVA OLINDA

728 3803 315

ANO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1970	229.4	161.5	188.8	262.3	4.4	.0	.0	.0	.0	114.2	9.4	35.5
1971	373.4	537.3	459.2	611.8	81.2	92.6	29.9	.0	40.6	25.7	39.9	38.9
1972	124.9	142.7	362.5	319.2	90.1	69.2	125.4	31.4	.0	33.7	.0	44.2
1973	281.4	203.7	174.8	478.6	91.9	37.7	23.8	24.6	-9.9	20.5	16.6	73.4
1974	296.4	325.6	280.9	393.6	125.3	44.9	.0	.0	.0	24.4	53.8	119.6
1975	90.1	181.9	433.4	442.3	133.5	145.9	143.5	23.6	26.5	.0	.5	.0
1976	21.3	360.8	312.2	237.9	42.5	.0	.0	.0	185.6	92.5	.0	127.4
1977	163.9	306.0	368.8	477.8	303.4	97.4	77.7	.0	.0	19.4	18.4	165.3
1978	88.2	176.6	166.6	143.3	66.3	37.8	84.4	.0	36.0	.0	15.5	25.3
1979	74.5	107.2	300.6	280.3	51.0	3.0	.0	36.5	16.2	.0	5.1	.0
1980	71.1	322.5	180.1	38.3	.0	20.4	.0	.0	.0	5.2	49.5	13.2
1981	111.7	88.7	496.4	79.8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	16.5	124.8
1982	18.4	21.2	96.6	182.1	24.7	.0	11.0	.0	.0	12.2	9.2	27.5
1983	81.6	111.3	167.7	102.1	9.1	.0	57.2	4.0	.0	.0	.0	42.1
1984	62.6	9.3	291.7	327.3	108.1	5.3	6.2	3.1	8.7	12.0	5.4	14.5
1985	236.9	329.0	193.4	310.6	152.7	120.0	20.5	.0	.0	17.2	22.0	288.6
1986	128.6	315.8	319.1	278.1	50.6	14.7	52.2	23.6	.0	.0	43.2	2.1
1987	124.2	157.7	216.1	208.2	14.5	64.7	8.3	.0	.0	.0	.0	.0
1988	71.9	109.0	342.0	381.4	10.6	16.7	21.1	.0	.0	7.5	2.1	128.9
1989	41.4	127.3	185.4	268.1	262.1	18.2	14.2	.0	.0	50.2	.0	261.8
1990	28.5	62.7	102.4	321.9	30.1	.0	8.8	37.2	22.3	.0	.0	.0
1991	38.5	84.7	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1992	34.7	48.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1993	.0	23.0	40.3	27.1	74.5	.0	24.0	.0	.0	53.0	17.9	4.6

PARTE II

SISTEMA HIDROLÓGICO

- CHUVA-VAZÃO

**PARTE II**

**SISTEMA HIDROLÓGICO**

**- CHUVA VAZÃO**

## 1.0 INTRODUÇÃO

Através do Sistema Hidrológico pode-se simular em pequena escala uma bacia hidrográfica e através desta, alguns processos físicos como:

I - A relação entre a precipitação e o escoamento superficial com permeabilidade variada.

II - Extração da água subterrânea através de poços, bem como a determinação do coeficiente de permeabilidade de areia do aparelho.

## 2.0 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 DESCRIÇÃO DO APARELHO

O sistema modelo é completo de:

a) Um tanque raso central, de forma retangular, representando a bacia hidrográfica, com volume de 240 litros.

b) Reservatório de abastecimento, localizado abaixo da bacia com capacidade de 305 litros.

c) Dois tubos paralelos acoplados por bicos pulverizadores separados igualmente, anteparados sobre o tanque.

d) Bomba elétrica montada ao lado do reservatório de abastecimento.

e) Cinco válvulas de controle de vazão (registros), sendo duas destas para experiências relacionadas com poços.

f) Medidor de descarga pluviométrica.

g) Um filtro localizado entre o registro de entrada d'água e o medidor de descarga pluviométrica.

h) Medidor de vazão de escoamento.

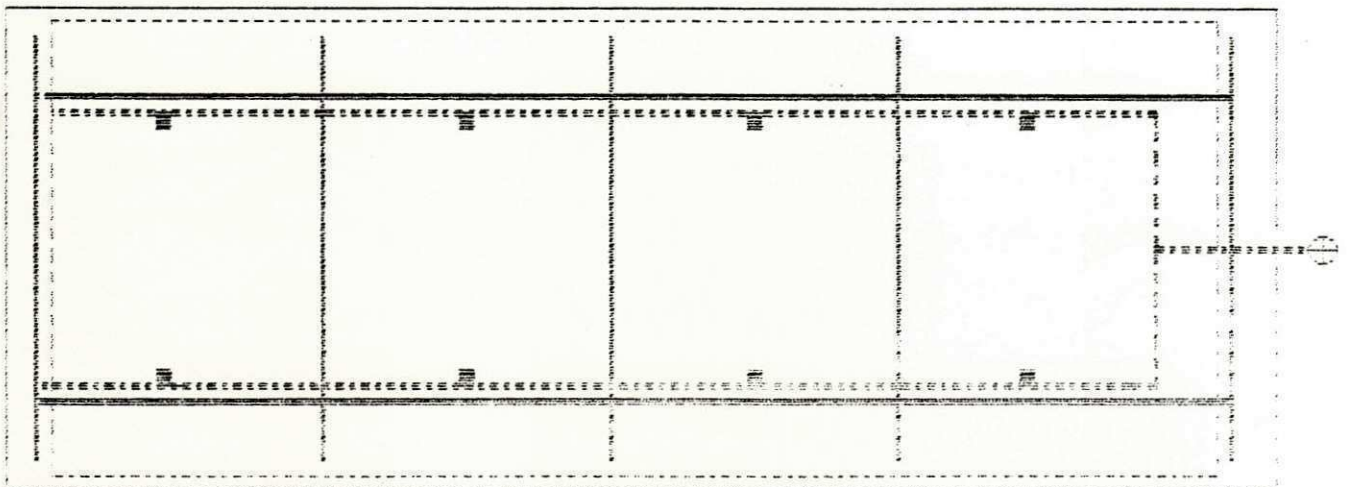
i) Recipiente de compensação, colocado entre a saída da bacia e o canal de medição.

j) Vinte manômetros paralelos fixados em um dos lados do tanque.

k) Capa de plástico circundando acima do tanque para obter aproveitamento máximo possível da água durante a simulação da chuva. (MANUAL DO SISTEMA HIDROLÓGICO S12-00).

l) Três cronômetros.

**FIGURA - 1**



- > Caixa de areia que simula a bacia hidrográfica
- > Bicos simuladores de chuva
- ⊕> Válvula de controle de descarga pluviométrica
- ▲> Anteparos
- .....> Tubo de PVC (D=3/4 polegadas)



## 2.2           **ACESSÓRIOS DO APARELHO**

O sistema hidrológico é composto dos seguintes acessórios.

a) Um lençol plástico para tornar a bacia impermeável.

b) Um anel aberto, com diâmetro de 500mm e altura de 60mm.

c) Um anel fechado de altura 50mm e um artifício no qual é acoplado um tubo transparente.

d) Uma bandeja retangular.

e) Um anel retangular.

f) Um anel retangular grande.

## 2.3           **ESCOLHA DA AREIA P/BACIA.**

**(MANUAL SISTEMA HIDROLÓGICO S12-00).**

(MANUAL SISTEMA HIDROLÓGICO S12-00).

O tamanho e a classificação da areia usada na bacia podem mudar conforme as necessidades da experiência uma areia fina tem menor coeficiente de permeabilidade, conseqüentemente um escoamento baixo e uma declividade do lençol freático mais inclinada.

É importante que toda areia usada seja lavada para remoção de silte e sal existentes.

Para as experiências de escoamento devem ser usados diâmetros na faixa de 2 a 5 mm, já as experiências de lençol freático, é melhor entre 0,6 a 2 mm.

Daí é conveniente usar diâmetro aproximadamente de 2 mm, adequado a todas as experiências.

### **3.0 CHUVA-VAZÃO**

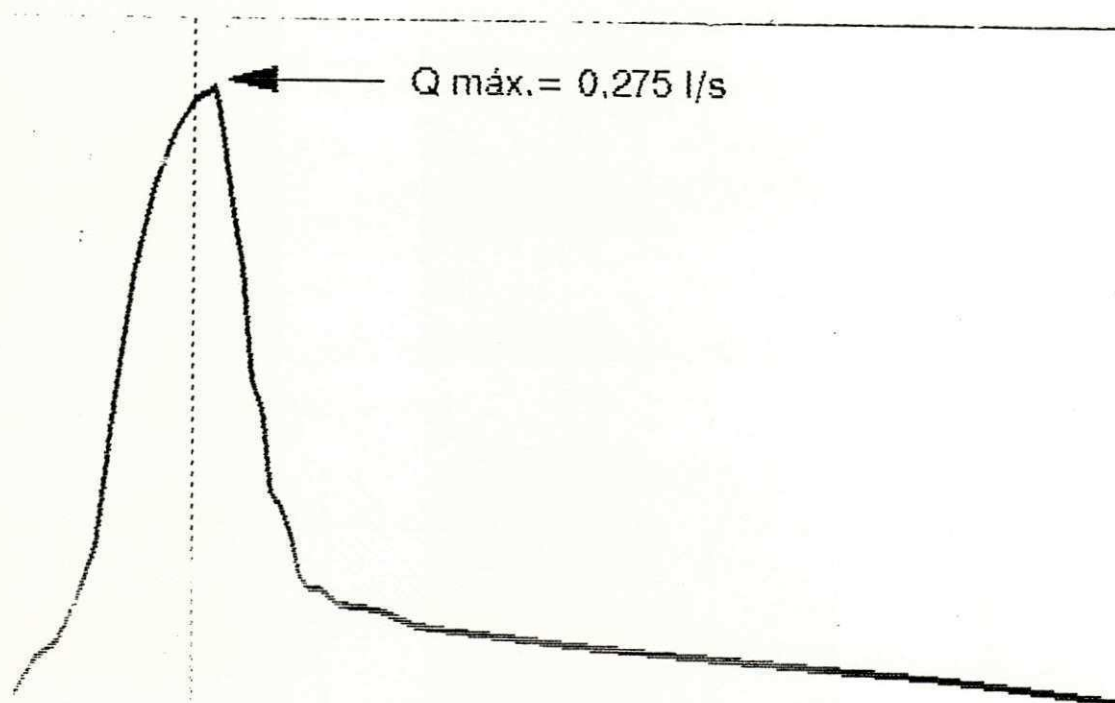
Entende-se por chuva vazão a relação existente entre a precipitação e o escoamento superficial.

Da precipitação que atinge a superfície do solo; parte é interceptada pela vegetação; parte fica retida nas depressões. Do excedente de água retida, parte se infiltra e parte escoam superficialmente, correndo ao ponto de concentração da bacia. Este por ser o ponto de menor cota da bacia, torna-se um lugar propício a instalação de estações fluviométricas, onde são efetuadas as medições de descarga da bacia.

### **3.1 HIDROGRAMA**

Os dados coletados nas estações fluviométricas, não são plantados em um gráfico, que relaciona a vazão no tempo chamado hidrogramas, sendo variável de acordo com as características da bacia.

O hidrograma típico de uma bacia é apresentado na figura abaixo.



Nele verifica-se a existência de dois ramos um de ascensão e outro de recissão.

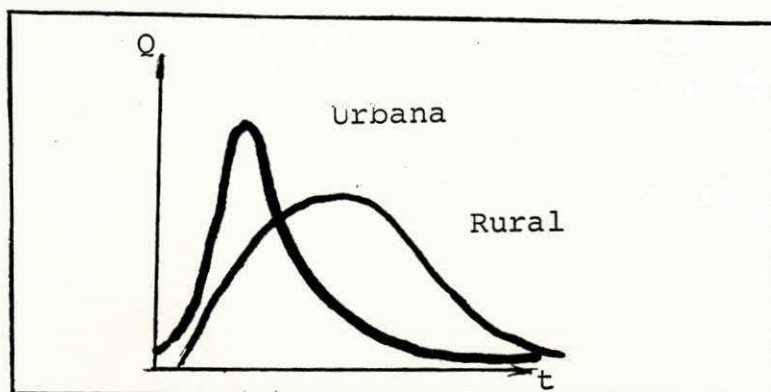
O ramo de ascensão constitui o primeiro trecho do hidrograma e vai desde o ponto de início de escoamento ao ponto de máximo, quando toda bacia está contribuindo na seção de referência. Esse ponto de pico para chuvas simples, é igual ao tempo de concentração da bacia.

O segundo trecho do hidrograma é chamado ramo de recissão ou depleção e estende-se até o ponto de máxima curvatura, onde a partir do qual tem-se somente escoamento subterrâneo.

No hidrograma, pode-se separar o escoamento superficial do escoamento de base. Um método bastante simples consiste em unir-se o ponto de início de escoamento ao ponto de máxima curvatura.

De acordo com as características da bacia tem-se os seguintes tipos de hidrogramas.

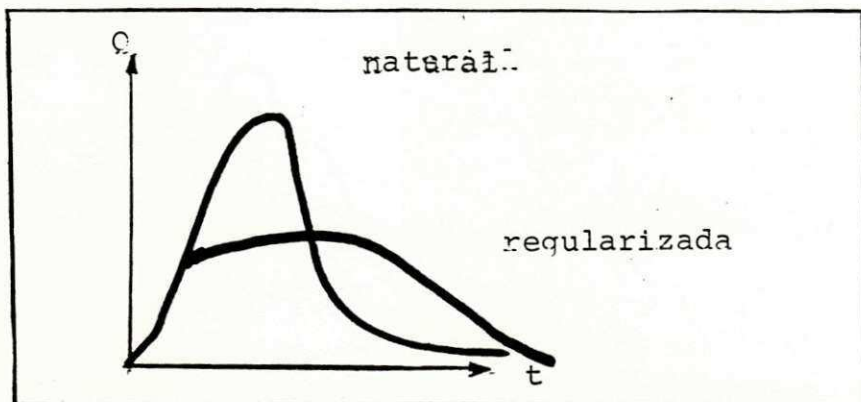
**a) Bacias rural e urbana.**



Nas bacias rurais a abertura vegetal retém o escoamento superficial e aumenta as perdas por evapotranspiração diminuindo o pico.

As bacias urbanas por terem menos cobertura vegetal e uma rede de canais mais eficiente o escoamento superficial aumenta, elevando o pico do hidrograma.

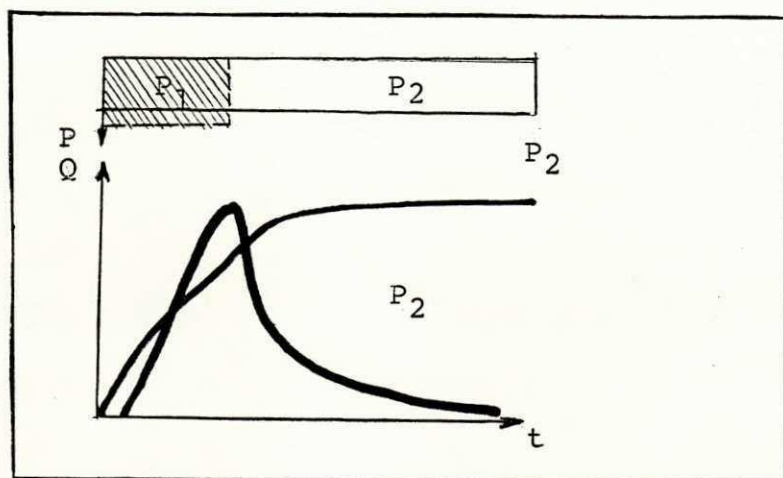
**b) Regularização**



65

A construção de reservatórios para uso mais racional da água tende amortecer a onda de vazão, distribuindo o volume de água e por sua vez, produzir hidrogramas mais suaves.

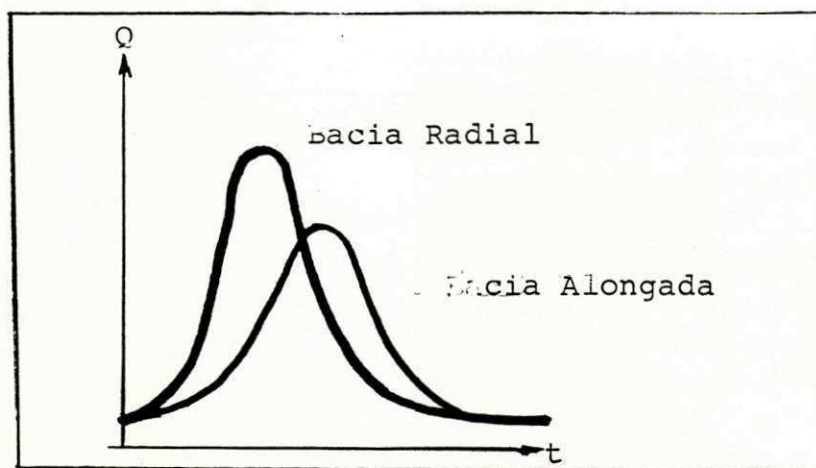
c) Variação da duração.



Em vista de  $P_1$  ser igual ao tempo de concentração da bacia o hidrograma apresenta um valor de pico.

Quando a precipitação é constante a capacidade de armazenamento e o tempo de concentração da bacia são atingidos estabilizando o valor de pico ( $P_2$ ).

d) Efeito da forma.



Bacia radial apresentam menor tempo de concentração, possuindo tendências a cheias.

Bacia alongada possuem um tempo de concentração maior e são atingidas por chuvas frontais que se estendem por grandes áreas.

### 3.2 EXPERIMENTOS

Os experimentos foram realizados no período de 25/11/94 a 12/12/94, conjuntamente com os alunos da disciplina HIDROLOGIA APLICADA, como parte dos trabalhos de aula. Os alunos dividiram-se em grupos de seis, a fim de facilitar o acesso às explicações e observações da simulação de precipitação.

Antes de iniciar-se o relato das experiencias far-se-á uma explanação sobre o procedimento de uso do aparelho.

#### PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL P/CHUVAS DE CURTA DURAÇÃO.

Uma vez que a simulação, compreendeu apenas chuvas de curta duração tem-se.

- a) Ajuste as válvulas e canos de vertedouro.
- b) Ligue a bomba.

c) Abra a válvula principal até obter a descarga desejada. Para os experimentos aproximadamente 10l/min.

d) Espere até haver um estado em que todos os bicos pulverizadores estiverem funcionando igualmente (o que ocorre em torno de 5 a 105).

e) A partir de então, acione um dos cronômetros para marcar o tempo de chuva.

f) Quando a areia atingir um estado de saturação, terá início o escoamento superficial, sendo marcado seu tempo quando ocorrer um gotejamento no vertedouro.

g) Com o início do escoamento superficial, faz leituras de 10cm 10 segundos, com auxílio dos cronômetros, para obtenção dos dados referentes ao ramo de ascensão do hidrograma.

h) Quando o pico desejado do hidrograma for atingido desliga-se a bamba, marca-se o tempo de chuva. Simultaneamente com o auxílio de dois cronômetros faz-se leituras de 5 em 5 minutos para obtenção dos dados a serem plantados no ramo de recessão.

OBS:

- Caso a areia esteja muito saturada, faz a retirada da mesma, colocando-se uma nova camada.

- No momento da colocação da camada de areia deve-se ajustar a declividade da bacia, caso queira aumentar ou diminuir o pico do hidrograma.

### 3.2.1 - Análise dos experimentos

#### a) Experiência no Sistema Hidrológico

Chuva de curta duração

Data: 25/11/94 - (Manhã)

HIDROGRAMA VIDE ANEXO 1

De acordo com o Hidrograma, o tempo de início de escoamento foi de 96s, em virtude de estar a areia não saturada. Decorridos 196s, verificou-se uma vazão máxima da ordem de 0,68 l/S, momento em que toda a bacia estava contribuindo no vertedouro. A partir de 700, a vazão no vertedouro provinha unicamente do escoamento de base em função de ter cessado o escoamento superficial.

#### b) Experiência no Sistema Hidrológico

Chuva de Curta Duração

Data: 25/11/94 - (Tarde)

HIDROGRAMA VIDE ANEXO 2

Esta experiência foi realizada horas depois da primeira, logo a camada de areia estava saturada. Em decorrência disso o tempo de início do escoamento foi curto, da ordem de 34s. A vazão máxima atingiu 0,53 l/S, decorridos 109s, instante no qual foi desligado o aparelho. A contribuição do escoamento superficial no vertedouro foi verificada até marca dos 570s, momento a partir do qual o escoamento de base é único.

#### c) Experiência no Sistema Hidrológico



Chuva de curta duração

Data: 25/11/94

HIDROGRAMA VIDE ANEXO 4

Durante essa experiência verificou-se que, iniciado o escoamento superficial parte da água permaneceu retida em função da camada de areia na parte inferior da bacia estar abaixo da tela, funcionando a mesma, como reservatório de acumulação. O hidrograma no início do ramo de ascensão e final do ramo de depleção apresenta tendência para região regularizada. A parte central do hidrograma apresenta uma rápida ascensão, em virtude de o escoamento transpor a tela, aumentando assim a vazão no vertedouro. A vazão de pico é atingida na marca dos 205s, momento em que a bomba é desligada. Nesse instante inicia-se o ramos de depleção, onde a vazão no vertedouro tem uma queda rápida nos primeiros instantes, amortecendo-se gradualmente em virtude de ser liberada uma vazão máxima na tela de proteção.

d) Experiência no Sistema Hidrológico

Chuva de curta duração

Data: 01/12/94

HIDROGRAMA VIDE ANEXO 4

e) Experiência no Sistema Hidrológico

Chuva de curta duração

Data: 05/12/94 - (Manhã)

HIDROGRAMA VIDE ANEXO 5

f) Experiência no Sistema Hidrológico

Chuva de curta duração

Data: 05/12/94 - (Tarde)

#### HIDROGRAMA VIDE ANEXO 6.

As experiências **d**, **e** e **f** apresentam comportamentos semelhantes à experiência **c**, diferindo apenas, nos tempos de início de escoamento e chuva e na vazão de pico, como pode ser observado nos hidrogramas (ANEXOS 4, 5 e 6).

#### 4.0 LIMITAÇÕES DO APARELHO

O sistema Hidrológico, por se tratar de um modelo reduzido, apresenta algumas limitações que a distanciam de uma bacia real.

A cortina cuja função é ter-se um máximo aproveitamento da precipitação, causa pequenas concentrações de água no solo.

Os bicos pulverizadores para pequenas vazões, concentram a precipitação em um único trecho da bacia, não abrangendo as demais porções.

A tela de proteção, cuja função é evitar que a areia seja carregada pelo escoamento, funciona como um reservatório, provocando alterações na configuração do hidrograma.

Estando a areia muito saturada a contribuição no vertedouro será primeiramente devido ao escoamento subterrâneo, devido ao escoamento superficial ficar represada em função da tela.

## 5.0 - CONCLUSÃO

O Sistema Hidrológico constitui um modelo comparativo, entre os fenômenos hidrológicos realizados em uma Bacia Hidrográfica real e o modelo reduzido, salvo pelas suas limitações que acarretam desvios na análise dos resultados.

## 6.0 - BIBLIOGRAFIA

GOMES, H. P. Manual de Instrução do Sistema Hidrológico, S12-00.

TUCCI, C.E.R. Hidrologia Ciência e Aplicações. Porto Alegre, Ed. da Universidade: ABRH: SOUSP, 1983.

VILLELA, S.M. e MATOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1975.

**ANEXOS**

A N E X O 1

EXPERIÊNCIA NO SISTEMA HIDROLÓGICO

CHUVA CURTA DURAÇÃO

DATA: 25/11/94 - (MANHÃ)

EXPERIÊNCIA NO SISTEMA HIDROLÓGICO  
CHUVA DE CURTA DURACÃO  
DATA: 25.11.94  
TURMA: MANHÃ

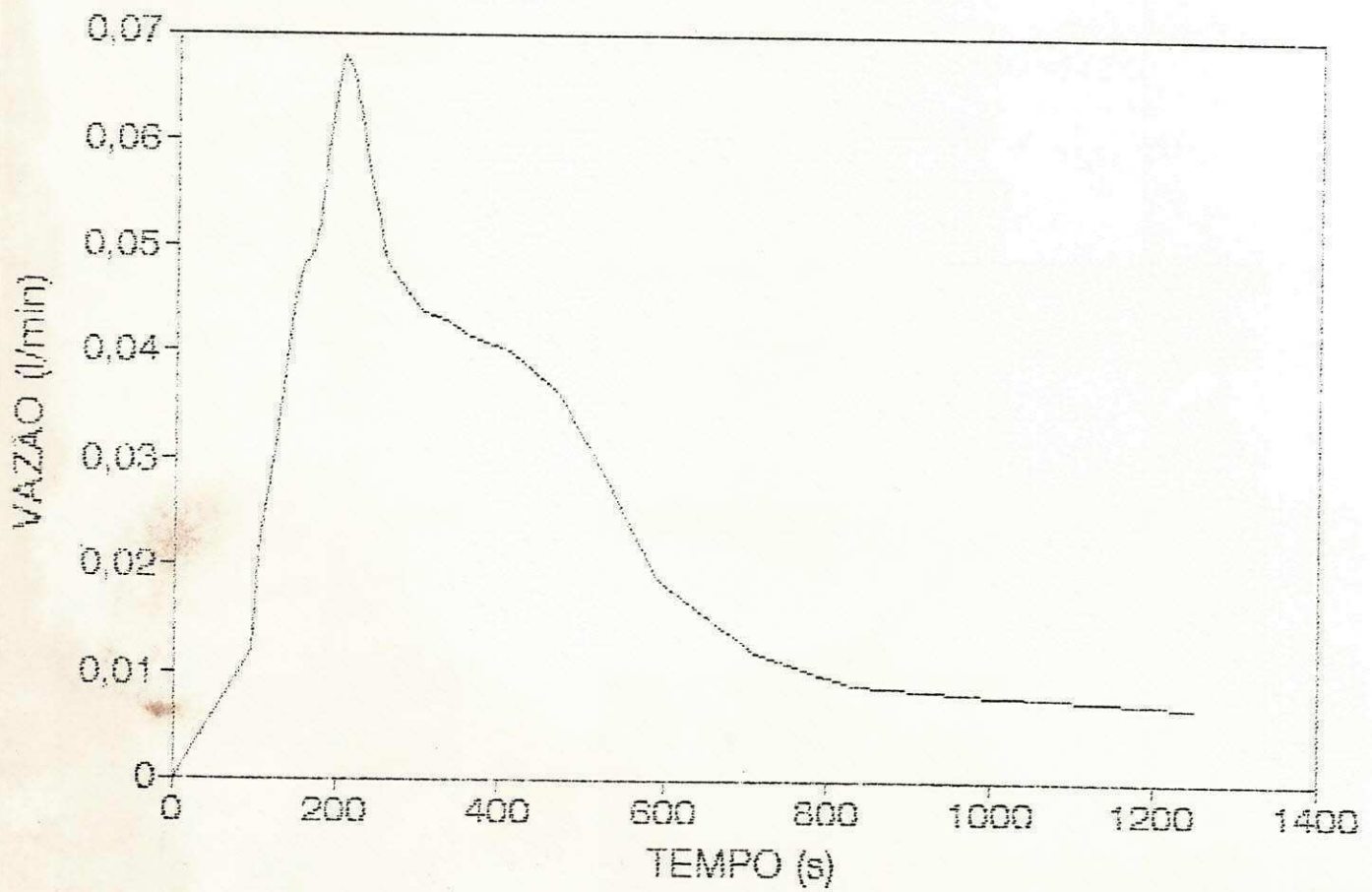
TEMPO DE INICIO DE ESCOAMENTO: 96 s  
TEMPO DE CHUVA: 196 s

DADOS DE ENTRADA

TEMPO (s)	VAZÃO (l/m)
0	0
96	0,012
106	0,023
116	0,027
126	0,032
136	0,039
146	0,045
156	0,048
166	0,049
176	0,052
186	0,059
191	0,062
196	0,065
201	0,067
206	0,068
211	0,067
216	0,066
221	0,064
226	0,062
231	0,059
236	0,057
241	0,055
246	0,053
251	0,051
256	0,049
261	0,048
281	0,046
301	0,044
331	0,043
371	0,041
411	0,04
471	0,036
531	0,028
591	0,019
711	0,012
831	0,009
1011	0,008
1251	0,007

25, 11 1961

### EXPERIENCIA NO SISTEMA HIDROLOGICO CHUVA DE CURTA DURACAO



**ANEXO 2****EXPERIÊNCIA NO SISTEMA HIDROLÓGICO****CHUVA DE CURTA DURAÇÃO****DATA: 25/11/94 - (TARDE)**



EXPERIÊNCIA NO SISTEMA HIDROLÓGICO  
CHUVA DE CURTA DURAÇÃO  
DATA: 25.11.94  
TURMA: TARDE

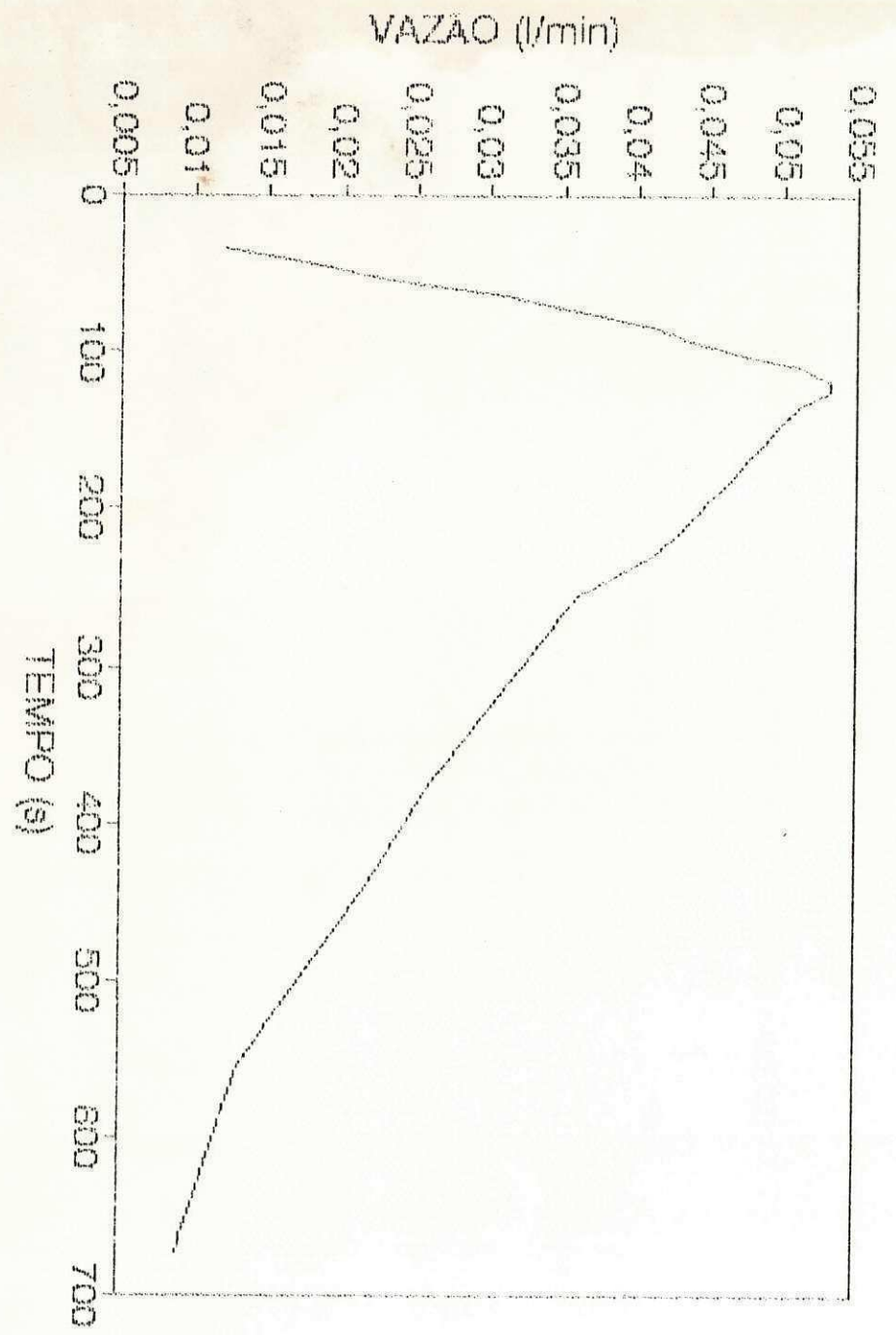
TEMPO DE INÍCIO DE ESCOAMENTO: 34 s  
TEMPO DE CHUVA: 109 s

DADOS DE ENTRADA

TEMPO (s)	VAZÃO (l/min)
34,0	0,012
44,0	0,018
54,0	0,023
64,0	0,031
74,0	0,036
84,0	0,041
94,0	0,044
104,0	0,048
109,0	0,051
114,0	0,052
119,0	0,053
124,0	0,053
129,0	0,052
134,0	0,051
144,0	0,050
154,0	0,049
164,0	0,048
174,0	0,047
184,0	0,046
194,0	0,045
204,0	0,044
214,0	0,043
229,0	0,041
254,0	0,036
314,0	0,031
374,0	0,026
434,0	0,022
554,0	0,013
674,0	0,009

25/11/19 14:10:18

# EXPERIENCIA NO SISTEMA HIDROLOGICO CHUVA DE CURTA DURACAO



**ANEXO 3**

**EXPERIÊNCIA NO SISTEMA HIDROLÓGICO**

**CHUVA DE CURTA DURAÇÃO**

**DATA: 28/11/94**

EXPERIENCIA NO SISTEMA HIDROLOGICO

CHUVA DE CURTA DURACAO

TURMA: MANHA

DATA: 28.11.94

TEMPO DE INICIO DE ESCOAMENTO: 75 s

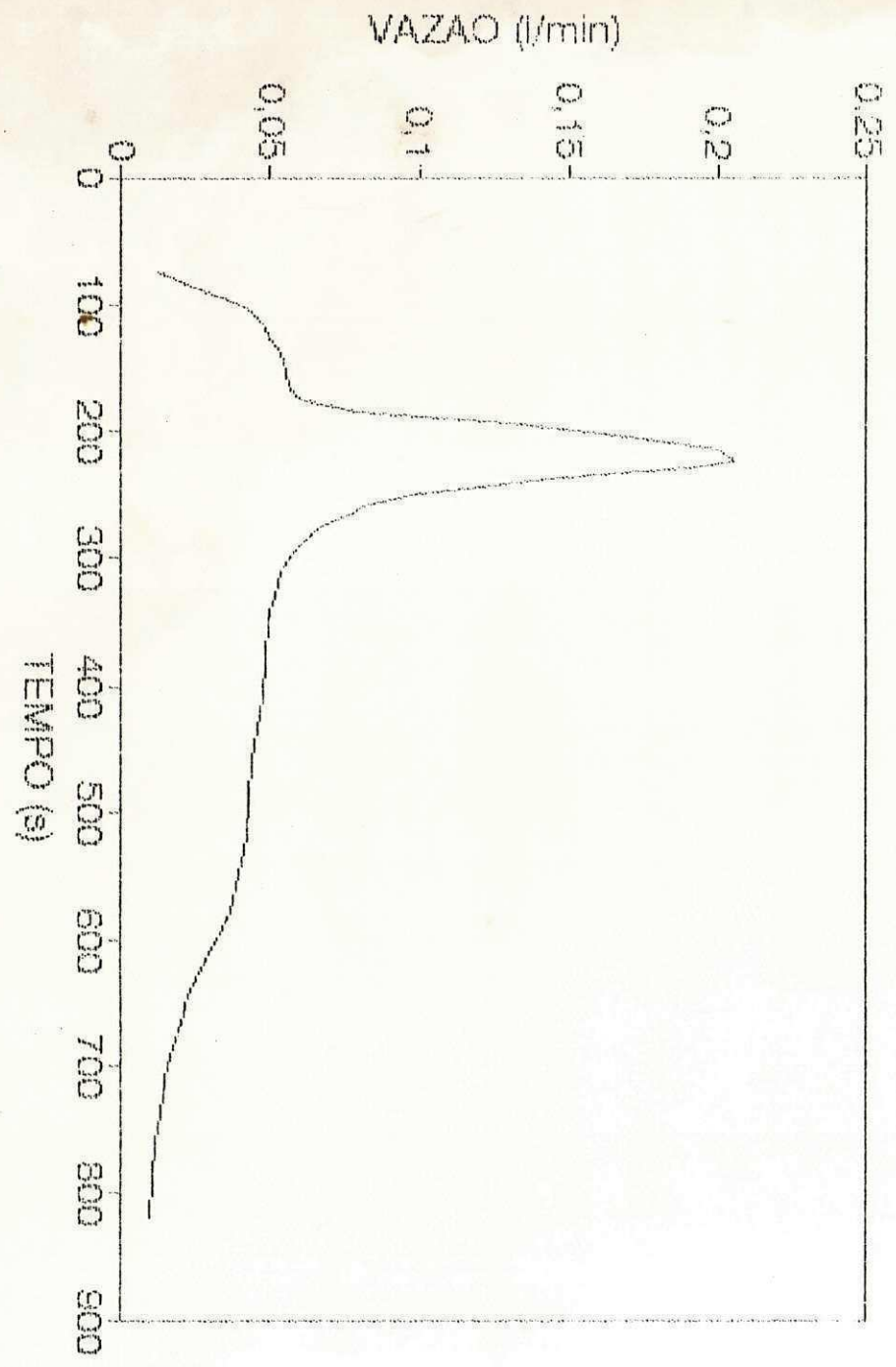
TEMPO DE CHUVA: 205 s

DADOS DE ENTRADA

TEMPO (s)	VAZAO (l/min)		
75,0	0,012	260,0	0,061
85,0	0,023	265,0	0,078
95,0	0,035	270,0	0,073
105,0	0,043	275,0	0,068
115,0	0,047	280,0	0,065
125,0	0,049	285,0	0,063
135,0	0,052	290,0	0,060
145,0	0,054	295,0	0,058
155,0	0,055	300,0	0,057
165,0	0,056	305,0	0,056
175,0	0,059	310,0	0,053
185,0	0,079	330,0	0,051
195,0	0,130	350,0	0,049
205,0	0,170	380,0	0,048
215,0	0,200	410,0	0,047
225,0	0,205	460,0	0,044
230,0	0,190	520,0	0,042
235,0	0,160	580,0	0,037
240,0	0,137	640,0	0,023
245,0	0,120	700,0	0,015
250,0	0,100	760,0	0,011
255,0	0,090	820,0	0,009

28/11/2011

### EXPERIENCIA NO SISTEMA HIDROLOGICO CHUVA DE CURTA DURACAO



**ANEXO 4**

**EXPERIÊNCIA NO SISTEMA HIDROLÓGICO**

**CHUVA DE CURTA DURAÇÃO**

**DATA: 01/12/94**

EXPERIENCIA NO SISTEMA HIDROLOGICO

CHUVA DE CURTA DURACAO

DATA: 01.12.94

TEMPO DE INICIO DE ESCOAMENTO: 34 s

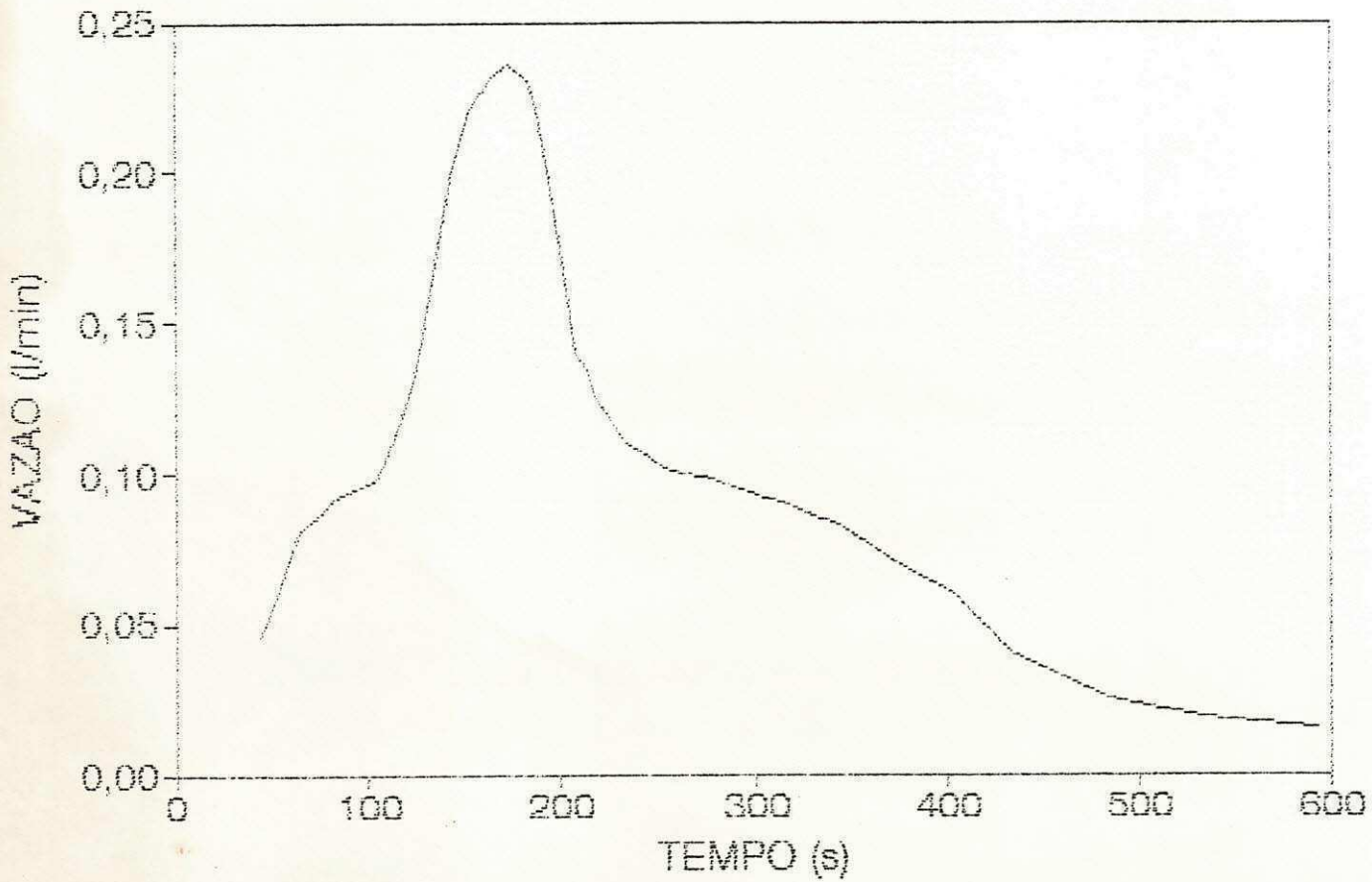
TEMPO DE CHUVA: 185 s

DADOS DE ENTRADA

TEMPO (s)	VAZAO (l/min)		
44,0	0,045	219,0	0,125
54,0	0,060	224,0	0,120
64,0	0,080	234,0	0,110
74,0	0,085	244,0	0,106
84,0	0,092	254,0	0,102
94,0	0,095	264,0	0,100
104,0	0,098	274,0	0,099
114,0	0,110	294,0	0,095
124,0	0,130	314,0	0,090
134,0	0,160	344,0	0,082
144,0	0,200	374,0	0,070
154,0	0,220	404,0	0,059
164,0	0,230	434,0	0,040
174,0	0,235	484,0	0,025
184,0	0,230	534,0	0,019
189,0	0,220	594,0	0,015
194,0	0,200		
199,0	0,180		
204,0	0,160		
209,0	0,140		
214,0	0,135		

51/2

### EXPERIENCIA NO SISTEMA HIDROLOGICO CHUVA DE CURTA DURACAO





**ANEXO 5****EXPERIÊNCIA NO SISTEMA HIDROLÓGICO****CHUVA DE CURTA DURAÇÃO****DATA: 05/12/94 - (MANHÃ)**

EXPERIENCIA NO SISTEMA HIDROLOGICO

CHUVA DE CURTA DURACAO

DATA: 05.12.94

TURMA: TARDE

TEMPO DE INICIO DE ESCOAMENTO: 42 s

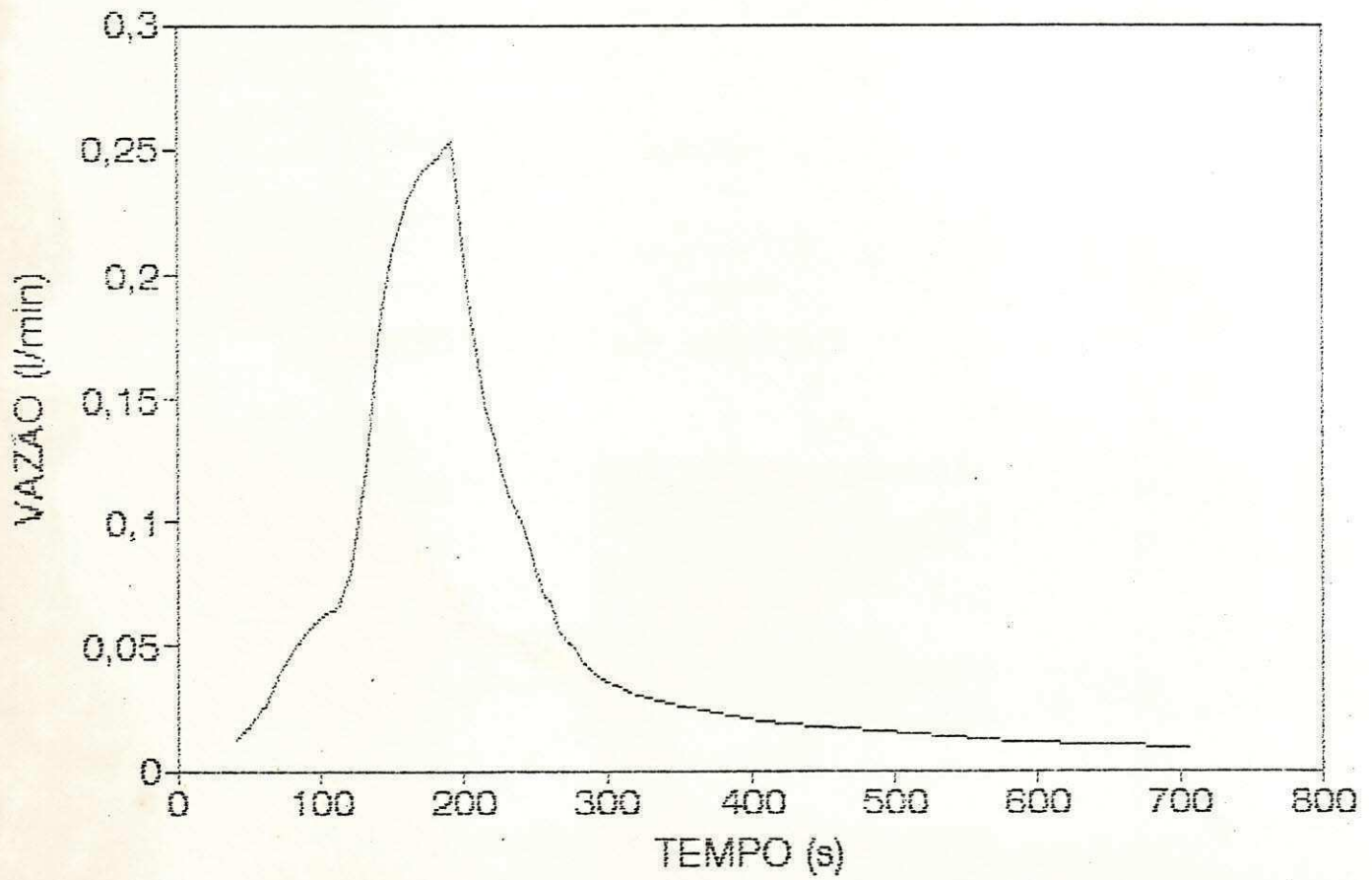
TEMPO DE CHUVA: 187 s

DADOS DE ENTRADA

TEMPO (s)	VAZAO (l/min)		
42,0	0,012	227,0	0,122
52,0	0,018	232,0	0,110
62,0	0,027	237,0	0,105
72,0	0,039	242,0	0,098
82,0	0,049	247,0	0,088
92,0	0,056	252,0	0,080
102,0	0,061	257,0	0,070
112,0	0,065	262,0	0,067
122,0	0,079	267,0	0,057
132,0	0,120	272,0	0,052
142,0	0,180	277,0	0,050
152,0	0,210	282,0	0,045
162,0	0,230	287,0	0,042
172,0	0,240	297,0	0,037
182,0	0,245	307,0	0,034
187,0	0,250	317,0	0,031
192,0	0,252	337,0	0,028
197,0	0,230	367,0	0,024
202,0	0,205	407,0	0,020
207,0	0,180	467,0	0,016
212,0	0,160	587,0	0,011
217,0	0,145	707,0	0,009
222,0	0,135		

5/12/2006

## EXPERIENCIA NO SISTEMA HIDROLOGICO CHUVA DE CURTA DURAÇÃO



**ANEXO 6**

**EXPERIÊNCIA NO SISTEMA HIDROLÓGICO**

**CHUVA DE CURTA DURAÇÃO**

**DATA: 05/12/94 - (TARDE)**

EXPERIÊNCIA NO SISTEMA HIDRÓLOGICO  
CHUVA DE CURTA DURAÇÃO  
DATA: 05.12.94  
TURMA MANHÃ

TEMPO DE INICIO DE ESCOAMENTO: 64 s  
TEMPO DE CHUVA: 264 s

DADOS DE ENTRADA

TEMPO (s)	VAZÃO (l/min)		
64,00	0,020	289,00	0,220
74,00	0,032	294,00	0,180
84,00	0,040	299,00	0,165
94,00	0,050	304,00	0,140
104,00	0,055	309,00	0,130
114,00	0,063	314,00	0,120
124,00	0,066	319,00	0,110
134,00	0,070	324,00	0,107
144,00	0,072	329,00	0,105
154,00	0,076	334,00	0,103
164,00	0,080	339,00	0,100
174,00	0,085	349,00	0,099
184,00	0,087	359,00	0,098
194,00	0,093	374,00	0,091
204,00	0,110	394,00	0,088
214,00	0,130	414,00	0,082
224,00	0,165	444,00	0,071
234,00	0,195	474,00	0,063
244,00	0,210	504,00	0,033
254,00	0,217	534,00	0,023
264,00	0,220	594,00	0,015
274,00	0,227	654,00	0,010
284,00	0,233	774,00	0,008

05/10/2008

## EXPERIÊNCIA NO SISTEMA HIDROLÓGICO CHUVA DE CURTA DURAÇÃO

