



**Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências e Tecnologia
Departamento de Engenharia Civil
Área de Recursos Hídricos**

Estágio Supervisionado

**Aplicação do TANK MODEL na sub-bacia Jucazinho Carpina
do rio Capibaribe, rio Mamuaba e riacho Salobro.**

**Aldo Sidney Oliveira Albuquerque (Estagiário)
Rosires Curi, Ph.D, Professora do
DEC/CCT/UFPB(Orientadora)**

Campina grande –Paraíba

Março de 2001

**Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências e Tecnologia
Departamento de Engenharia Civil
Área de Recursos Hídricos**

Estágio Supervisionado

**Aplicação do TANK MODEL na sub-bacia Jucazinho
Carpina do rio Capibaribe, rio Mamuaba e riacho
Salobro.**

**Aldo Sidney Oliveira Albuquerque (Estagiário)
Rosires Curi , Ph.D, Professora do
DEC/CCT/UFPB(Orientadora)**



Biblioteca Setorial do CDSA. Maio de 2021.

Sumé - PB

Índice

CAPÍTULO I	5
1- Introdução.....	5
1.1-Apresentação.....	5
1.2-Objetivos da pesquisa.....	7
1.3-Ferramentas Utilizadas.....	7
CAPÍTULO II.....	8
2- Tank-Model.....	8
2.1-Tank-Model.....	8
2.2-Modelos.....	9
2.3-Algoritimos.....	13
2.4-Entrada de dados e condições iniciais.....	13
2.5-Discretização do modelo.....	14
CAPÍTULO III.....	15
3 – Calibração para diversos dados(Tank-Model).....	15
3.1 –Dados utilizados.....	15
3.1.1-Bacia hidrográfica do rio Mamuaba.....	15
3.1.2- Localização.....	15
3.1.3- Morfologia, relevo e altitude.....	16
3.1.4- Geologia, pedologia e cobertura vegetal.....	16
3.1.5-Climatógia, evaporação.....	17
3.1.6-Vazões.....	17
3.2.1-Bacia hidrográfica do rio Salobro.....	17
3.1.2- Localização.....	17
3.2.3- Morfologia.....	18
3.2.4- Geologia, pedologia e cobertura vegetal.....	18
3.2.5-Climatógia, evaporação.....	18
3.2.6-Vazões.....	19
3.3- Calibração (Tank-Model).....	19
3.4- Resultados.....	19
CAPÍTULO IV.....	20
4- O Smap.....	20
4.1-SMAP.....	20
4.2 – Calibração para diversos dados(SMAP).....	21
4.3 – Calibração (SMAP).....	21
4.4- Resultados.....	21
Capitulo V.....	22
5-Simulação.....	22
5.1- Resultados.....	26
6-Conclusões finais.....	27
Bibliografia.....	28

Anexos

- Anexo-1** - Precipitação média diária (mm)/ Bacia hidrográfica do rio Mamuaba-1972.
- Anexo-2** - Precipitação média diária (mm)/ Bacia hidrográfica do rio Mamuaba-1973.
- Anexo-3** – Lâminas escoadas médias diária (mm)/ Bacia hidrográfica do rio Mamuaba-1972.
- Anexo-4** – Lâminas escoadas médias diária (mm)/ Bacia hidrográfica do rio Mamuaba-1973.
- Anexo-5** – Precipitação, vazão e evaporação mensais (mm)/ para Bacia hidrográfica do rio Mamuaba- 71/72 a 74/75.
- Anexo-6** - Precipitação média diária (mm)/ Bacia hidrográfica do riacho Salobro- 73/74.
- Anexo-7** – Lâminas escoadas médias diária (mm)/ Bacia hidrográfica do riacho Salobro- 73/74.
- Anexo-8** – Precipitação, vazão e evaporação mensais (mm)/ para Bacia hidrográfica do riacho Salobro- 71/72 a 74/75.
- Anexo-9** - Parâmetros usando o modelo TANK MODEL com 4 reservatórios para a bacia hidrográfica do rio Mamuaba/ dados diários e mensais.
- Anexo 10** - Parâmetros usando o modelo TANK MODEL com 4 reservatórios para a bacia hidrográfica do riacho Salobro/ dados diários .
- Anexo 11** - Parâmetros usando o modelo TANK MODEL com 1 reservatórios para a bacia hidrográfica do rio Mamuaba/ dados diários e mensais.
- Anexo 12** - Parâmetros usando o modelo TANK MODEL com 1 reservatórios para a bacia hidrográfica do riacho Salobro / dados diários
- Anexo 13** – Parâmetros usando o modelo SMAP para a bacia hidrográfica do rio Mamuaba/ dados mensais.

CAPÍTULO I

1- Introdução

1.1-Apresentação

As modernas técnicas de simulação utilizadas na hidrologia tem proporcionado meios para o aprofundamento da análise e interpretação dos fenômenos hidrológicos, especialmente com o advento dos recursos computacionais.

Os modelos de simulação e os métodos de cálculos matemáticos baseados na utilização de computadores ampliaram consideravelmente o conhecimento das ciências físicas, especialmente a hidrologia.

Os modelos e as máquinas concebidos pelo homem na busca do desenvolvimento tem, como limites, o nível do conhecimento e da sua lógica alcançados pelo próprio homem. No entanto, a execução dos cálculos, análises e passos de lógica contidos no modelo são praticamente impossíveis de serem resolvidos sem a utilização dos computadores.

Na realidade, todo projeto no campo da engenharia pode ser caracterizado como um modelo de previsão de comportamento de um sistema. Portanto, um projeto de engenharia de recursos hídricos será tanto mais confiável quanto mais se aproximar da realidade .

Os modelos conceituais chuva-vazão são desenvolvidos para aproximar, através de suas estruturas, os mecanismos físicos gerais que governam o ciclo hidrológico. Eles tem se constituído numa importante ferramenta no estudo da hidrologia, e são utilizados para estudos científicos dos processos hidrológicos, visando resolver problemas de engenharia. Por estas razões, os modelos chuva-vazão tem sido largamente utilizados por engenheiros e técnicos que atuam na área de Recursos Hídricos.

Dentre os modelos mais usados e estudados podem-se destacar o₅

SAC-SMA do NWSRFS(National Weather Service River Forecast System) (Burnash et al., 1973; Brazil & Hudlow, 1981), e as várias versões do Stanford Watershed Model(SWM) (Crawford & Linsley, 1966). No Brasil o modelo Smap(Soil Moisture Accouting Program) (Lopes et al., 1981) já é utilizado em quase todo o país e agrada pela simplicidade de sua estrutura e por possibilitar estimativas satisfatórias para vazões em bacias hidrográficas. O Tank-Model(Sugawara,1983), embora pouco difundido no Brasil, tem se constituído num modelo de ótimo desempenho, tanto para intervalos diários quanto para intervalos mensais. Isso tem sido comprovado pelos resultados alcançados nas várias aplicações do modelo. Numa comparação feita entre sete modelos consagrados mundialmente destacou-se o Tank-Model entre os melhores (Franchini & Pacciani, 1990). A tabela 1, resume os resultados finais dessa comparação.

Tabela 1- Comparação de alguns modelos conceituais chuva-vazão (Franchini & Pacciani, 1990).

MODELO	Variância		Coef. Determinação		Coef. Correlação	
	Calib.	Simul.	Calib.	Simul.	Calib.	Simul.
STANFORD IV	0,843	0,845	0,830	0,844	0,911	0,919
SACRAMENTO	0,836	0,835	0,821	0,833	0,906	0,913
TANK	0,875	0,847	0,856	0,845	0,925	0,919
APIC	0,766	0,820	0,751	0,779	0,866	0,883
SSARR	0,867	0,834	0,829	0,824	0,91	0,908
XINANJIANG	0,880	0,822	0,840	0,821	0,916	0,906
ARNO	0,888	0,853	0,880	0,851	0,938	0,923

Os modelos chuva-vazão geralmente representam a fase de umidade do solo no ciclo hidrológico, com alguns sub-sistemas interconectados, cada um representando um certo componente no curso de um evento hidrológico. Para descrever a operação interna desses processos são utilizadas funções matemáticas as quais, determinadas empiricamente ou heurísticamente, devem ser fisicamente realísticas. Os tipos de funções e o

Laboratory) que trata-se de um sistema iterativo no qual o dado elementar básico é uma matriz que não precisa de dimensionamento. Esta ferramenta foi criada pela Universidade Norte Americana do Novo México e de Stanford no início da década de 1970. Tem como característica a capacidade de fazer análise numérica, cálculo matricial, processamento de sinais e gráficos de forma simples onde os problemas e as soluções são expostos da mesma forma como são escritos matematicamente, sem a necessidade da tradicional programação.

CAPÍTULO II

2- Tank-Model

2.1-Tank-Model

O **Tank-Model** é um modelo matemático de simples concepção que é utilizado para simular o fenômeno chuva-vazão. Este foi concebido após o fim da segunda guerra mundial por Sugawara (1979) fazendo uso de um simples reservatório, que não exigia o uso de computador na sua solução, isto é, o modelo era ajustado por métodos de tentativa e erro. Essa técnica tem sido atualizada com relação à quantidade e disposição dos reservatórios usados para atender para atender a vários tipos de análise que podem envolver secas e úmidas, enchentes fusão da neve após um período de inverno sob temperaturas abaixo de 0° C, efeitos de irrigação etc. Vários autores têm utilizado o modelo chuva-vazão Tank-Model para aplicações em diversas bacias hidrográficas para a representação do fenômeno chuva-vazão(Góis e Suzuki, 1987. Diniz, 1994. Sugawara, 1979. Etc.) Conseqüentemente com a expansão dos requerimentos dos modeladores e do modelo tem sido necessário efetuar estudos com relação a calibração automática do mesmo ,levando-se em consideração uma grande quantidade de dados hidrológicos

nível de detalhamento usado para representar um sistema hidrográfico determina o grau de realismo e sofisticação de um modelo chuva-vazão. Para qualquer possibilidade de se identificar os valores dos parâmetros que governam estas funções. O procedimento para se encontrar os valores desses parâmetros é denominado " calibração do modelo".

1.2-Objetivos

Este trabalho consistirá da análise de modelos hidrológicos chuva-vazão, em especial com o uso de novas versões dos modelos Tank-Model e Smap (ambos os modelos farão uso de discretizações seqüenciais , explícitas e implícitas, além de utilização de dados diários e mensais para a sua calibração via um processo de programação não-linear).

1.3-Ferramentas Utilizadas

Para o presente trabalho usaremos 2 modelos chuva-vazão, o Tank-Model e o Smap.

O **Tank-Model** é um modelo matemático de simples concepção que é utilizado para simular o fenômeno chuva-vazão. Este foi concebido após o fim da segunda guerra mundial por Sugawara (1979) fazendo uso de um simples reservatório, que não exigia o uso de computador na sua solução, isto é , o modelo era ajustado por métodos de tentativa e erro.

O modelo **Smap** possui uma estrutura relativamente simples e opera com dados de chuva e evaporação potencial em intervalos mensais. O modelo realiza o balanço da umidade do solo baseado em dois reservatórios lineares que representam o solo (camada superior) e o aquífero.

Ambos os modelos foram desenvolvidos em ambiente computacional por Curi & Curi, com objetivo de simular o fenômeno chuva vazão, o ambiente computacional usado foi a ferramenta **MATLAB** (Matriz₇

e, portanto o uso de computadores na calibração e simulação.

O modelo é conceitualmente constituído por reservatórios hipotéticos que representam camadas de solo estratificadas verticalmente, cada uma delas com suas características intrínsecas de retenção e transferência de água. A operação destes reservatórios simula as fases do ciclo hidrológico que vão desde a queda de água incidente numa bacia hidrográfica sob forma de precipitação até a mesma atingir o leito de rio sob forma de vazão. O seu princípio de funcionamento é baseado no princípio de conservação da massa (balanço hídrico) em cada reservatório, isto é, toda água que entra em um reservatório, que pode ser através de precipitação, percolação de reservatórios superiores ou capilaridade, é igual a variação de volume neste reservatório menos a água deplecionada por escoamento lateral em forma de vazão ou para recarga de reservatórios inferiores.

Apesar de uma simples concepção, o modelo chuva-vazão " Tank-Model ", que representa o comportamento hidrológico chuva-vazão por um conjunto de equações diferenciais lineares, pode ter calibração do modelo e solução do problema, de natureza não linear, apresentadas de várias maneiras. Quando o comportamento do sistema pode ser representado por apenas um reservatório, torna-se viável a solução algébrica da equação diferencial, uma equação exponencial e a calibração da mesma. No entanto o uso da sua representação diferencial, com um método de discretização numérica apropriada, se torna mais vantajoso quando se faz necessário a apresentação do comportamento do sistema por mais de um reservatório.

2.2-Modelos

Existem várias versões do modelo chuva-vazão Tank-Model que podem envolver um número variado de reservatórios com diferentes números de saídas laterais para escoamento de água e dispostos em vários tipos de combinações verticais e horizontais. Dentre todas as possibilidades, o modelo que mais tem se destacado e apresentado um bom desempenho na maioria

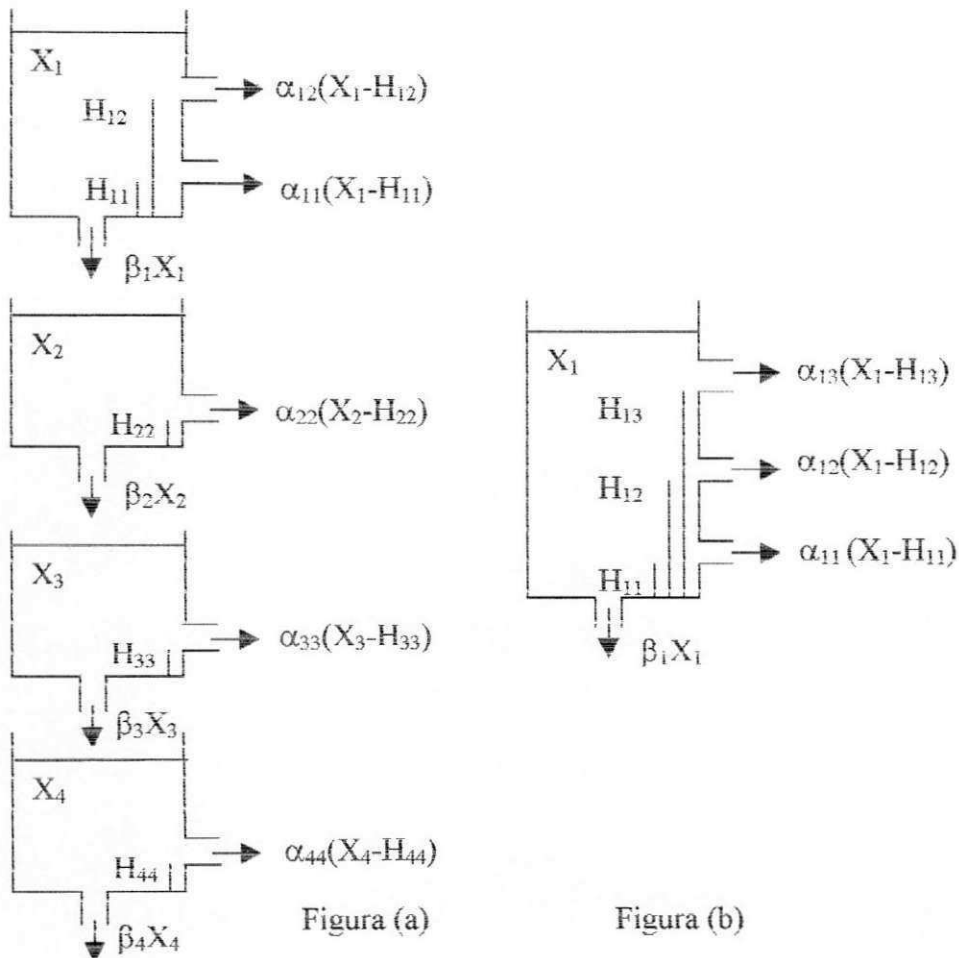
das aplicações é o modelo descrito por quatro reservatórios verticais que é mostrado na figura 1-a . Outro modelo que tem se destacado para situações que apresentam um rápido escoamento superficial para representações mais intensas é apresentado na figura 1-b . A escolha deste segundo modelo se deve ao fato de aplica-lo à região semi-árida do nordeste, que apresenta solos rasos com embasamento cristalino e , conseqüentemente, espera-se uma taxa de escoamento superficial alta após o evento de uma precipitação. Observa-se ainda que o ultimo reservatório apresenta uma saída vertical, não considerada no modelo original de Tank-Model, para representar as perdas por infiltração nas fraturas do embasamento cristalino.

Os processos de precipitação e evaporação são considerados no primeiro reservatório. A evaporação é subtraída do primeiro reservatório quando este apresenta reserva de água suficiente, caso contrario ela é subtraída do reservatório subsequente quando estes existirem e apresentarem cada um reservas de água suficiente. Com este procedimento o modelo é simplificado, pois não há a necessidade de se representar retenção da água no solo, após a precipitação, até atingir a sua capacidade de campo e nem de se representar o fenômeno da capilaridade ou, até mesmo, de se determinar a evaporação real.

As saídas laterais do modelo constituído por quatro reservatórios, mostrado na figura 1-a , representam o escoamento superficial, sub-superficial ,de sub-base e de base. A concepção destes escoamentos, proporcionais ao nível de água nos reservatórios permite ajustar o modelo ao comportamento tipico de decrecimento exponencial de vazão de uma hidrógrafa após um fenômeno de precipitação. Neste processo, os valores dos coeficientes de vazões laterais (α_{ij}) e recargas (β_{ij}) vão diminuindo para os reservatórios inferiores por apresentarem as constantes de tempo correspondentes ao meio período do processo, isto é, o tempo necessário para escoar metade do volume inicial de um reservatório após uma precipitação, que vão sucessivamente aumentando de dias para semanas meses e anos a medida que os reservatórios representam as camadas mais profundas de solo. Dentro deste contexto e dada a sua natureza não-linear, devido ao numero de saídas laterais, geralmente, localizadas acima da linha de fundo de cada reservatório,

se torna possível representar, matematicamente, vários tipos de hidrógrafa oriundas de vários tipos de situações com relação a natureza declividade e profundidade do solo, assim como das intensidades de precipitações.

Figura 1- Modelos com 4 e 1 reservatórios para o Tank Model



Nestas versões, os processos de precipitação e evaporação são considerados no primeiro reservatório. A evaporação é subtraída do primeiro reservatório quando este apresenta reserva de água suficiente, caso contrário ela é subtraída de reservatórios subseqüentes quando estes existirem e apresentarem, cada um, reservas de água suficiente. As saídas laterais do modelo constituído por quatro reservatórios, mostrado na Figura 1-a, representam os escoamentos superficial, sub-superficial, de sub-base e de base. A concepção destes escoamentos, proporcionais ao nível de água nos reservatórios, permite ajustar o modelo ao comportamento típico, de

decréscimo exponencial de vazão, de uma hidrógrafa após um fenômeno de precipitação. Neste processo, os valores dos coeficientes de vazões laterais (α_{ij}) e recargas (β_i) vão diminuindo para reservatórios inferiores por apresentarem as constantes de tempo correspondentes ao meio período do processo, isto é, o tempo necessário para escoar metade do volume inicial de um reservatório após uma precipitação, que vão sucessivamente aumentando de dias para semanas, meses e anos a medida que os reservatórios representam as camadas mais profundas de solo.

O modelo matemático, basicamente, consiste na aplicação da equação do balanço hídrico para cada reservatório. Se considerarmos a seguinte função degrau:

$$u(x) = \begin{cases} 0 & \text{se } x \leq 0 \\ 1 & \text{se } x > 0 \end{cases} \quad (1)$$

então a seguinte relação vale para o modelo constituído de quatro reservatórios:

$$\frac{d\mathbf{X}}{dt} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{X} + \mathbf{B} \quad (2)$$

$$\text{onde } \mathbf{X} = [X_1 \ X_2 \ X_3 \ X_4]^T, \quad (3)$$

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} \alpha_{11} \cdot u_{11} + \alpha_{12} \cdot u_{12} - \beta_1 & 0 & 0 & 0 \\ \beta_1 & \alpha_{22} \cdot u_{22} - \beta_2 & 0 & 0 \\ 0 & \beta_2 & \alpha_{33} \cdot u_{33} - \beta_3 & 0 \\ 0 & 0 & \beta_3 & \alpha_{44} \cdot u_{44} - \beta_4 \end{pmatrix} \text{ e } (4)$$

$$\mathbf{B} = \begin{pmatrix} P(t) + E_1(t) - E(t) + \alpha_{11} H_{11} u_{11} + \alpha_{12} H_{12} u_{12} \\ E_2(t) - E_1(t) + \alpha_{22} H_{22} u_{22} \\ E_3(t) - E_2(t) + \alpha_{33} H_{33} u_{33} \\ E_4(t) - E_3(t) + \alpha_{44} H_{44} u_{44} \end{pmatrix} \quad (5)$$

onde u_{ij} é a função degrau que é dada por $u_{ij} = u(X_i(t) - H_{ij})$, $X_i(t)$ é o nível do reservatório i no instante de tempo t , $P(t)$ é a precipitação ocorrida no tempo t ,

$E(t)$ é a evaporação no reservatório superior no tempo t , H_{ij} são os níveis das saídas laterais dos reservatórios, α_{ij} são constantes de recessão de escoamento lateral, β_i são coeficientes de recarga dos reservatórios inferiores e $E'_i(t)$ é dado por:

$$E'_i(t) = -\min\left(0, \left(\sum_{j=1}^i X_j\right) - E(t)\right) \quad (6)$$

Por outro lado, a equação que rege o comportamento do modelo representado por um reservatório com três saídas laterais pode ser dada por:

$$\frac{dX_1(t)}{dt} = P(t) - E(t) - \sum_{i=1}^3 \alpha_{1i} \cdot (X_1(t) - H_{1i}) u_{1i} - \beta_1 \cdot X_1(t) + E'_1(t) \quad (7)$$

2.3-Algoritimos

Um algoritimo para calibração ou simulação do modelo chuva-vazão Tank-Model constitui como a maioria dos outros algoritimos que tem o mesmo propósito de uma entrada de dados apropriada das condições iniciais das variáveis do problema para o processo de simulação e aquelas atribuídas aos parâmetros do modelo para o processo de calibração e da definição do problema de otimização que envolve a caracterização do modelo de otimização, da função e das restrições ao problema. Outro aspecto que esta intrinsecamente relacionado com a simulação do modelo é a discretização numérica do sistema de equações representada pela equação

2.4-Entrada de dados e condições iniciais.

Os principais dados para o processo de calibração ou simulação do modelo chuva-vazão Tank-Model são os de precipitação média na região da bacia hidrográfica dados em mm , a evaporação média na área da bacia, dada_{1,3}

em mm, a vazão no exutório da bacia dada em m³/s e a área da bacia dada em Km². No entanto as condições iniciais podem ser classificadas em condições iniciais para o processo de simulação que envolve o nível de água nos reservatórios hipotéticos no início do processo de calibração, que envolve, além daquelas para o processo de simulação os valores iniciais dos parâmetros e coeficientes do problema (α_{ij} , β_{ij} e H_{ij}).

As condições iniciais relativas ao nível do volume de água nos reservatórios hipotéticos dadas em mm, dependem do período que esta começando o processo de simulação ou calibração. Se for durante um período chuvoso, entende-se que os reservatórios devam estar parcialmente cheios. O que não ocorrem após um período de estiagem prolongada.

2.5-Discretização do modelo

As equações diferenciais ordinárias que regem o comportamento do "Tank Model", representadas pela Equação (7), podem ser numericamente resolvidas via um processo de discretização explícita ou implícita de forma seqüencial ou com resolução simultânea do sistema de equações. O uso de uma ou outra forma de discretização pode levar a um melhor ajuste do coeficiente de correlação para uma determinada função objetivo que relacione os valores observados e simulados. Este fato pode vir a acontecer devido a uma possível correção do atraso ou adiantamento da resposta do modelo com relação aos dados observados.

Numa discretização explícita, os volumes dos reservatórios a serem utilizados no cálculo dos escoamentos laterais e das recargas dos reservatórios inferiores é aquele obtido no início do intervalo de tempo considerado, ou seja, a Equação (2) se transforma em:

$$\frac{X_{t+1} - X_t}{\Delta t} = A_t \cdot X_t + B_t \quad (8)$$

onde X_t é o vetor de volumes dos reservatórios avaliado no início do período t , X_{t+1} é o vetor de volumes dos reservatórios avaliado no início do período $t+1$,¹⁴

A_t e B_t são a matriz A e o vetor B cujos coeficientes dependentes de funções temporais são avaliados no início do período t . Por outro lado, numa discretização implícita os escoamentos laterais e recargas dos reservatórios inferiores do período t são avaliados com volumes dos reservatórios no início do período $t+1$, ou seja,

$$\frac{X_{t+1} - X_t}{\Delta t} = A_t X_{t+1} + B_t \quad (9)$$

CAPÍTULO III

3 – Calibração para diversos dados(Tank-Model)

3.1 –Dados utilizados

O modelo chuva-vazão Tank-Model foi calibrado com dados diários e mensais de duas bacias hidrográficas , a do rio Mamuaba , e a do riacho Salobro .

3.1.1-Bacia hidrográfica do rio Mamuaba

3.1.2- Localização

A bacia hidrográfica do rio Mamuaba, afluente do rio Gramame, está localizada no quadrilátero compreendido entre os paralelos de 07° 14'S e 07° 21'S e os meridianos de 34° 57' W e 35° 08' W, aproximadamente.

A área pertence aos municípios de Pedras de Fogo, Alhandra, Santa Rita e Joao Pessoa, todos no Estado da Paraíba. A região está inserida

na zona da mata-litoral oriental da Paraíba.

3.1.3- Morfologia, relevo e altitude

Utilizando-se um mapa topográfico na escala de 1:100.000, foram estimados os principais atributos que definem as características físico-morfológicas da bacia hidrográfica do rio Mamuaba.

Área de drenagem : 129,3 Km²

Perímetro : 56,0 Km

Linha de fundo : 22,5Km

Largura média (A/L) : 5,7Km

Índice de compacidade ($0,28 P/A^{1/2}$) : 1,38

Fator de forma (Lm/L) : 0,25

Desnível : 125,0m

3.1.4- Geologia, pedologia e cobertura vegetal

Verifica-se na bacia a predominância de coberturas arenosas pertencentes ao grupo Barreiras e Indiviso(terciário) litologicamente representados por sedimentos areno-argilosos, com intercalações silticas e conglomeraticas. As argilas podem aparecer puras em regiões localizadas. Apresentam coloração variada, com tons desde avermelhado, até esbranquiçados.

A área da bacia em foco está coberta em parte por floresta Superenifolia devastada e , o restante, por vegetação secundaria e agricultura ciclica e cultivo da cana de açúcar.

3.1.5-Climatologia, evaporação

O clima da região apresenta , de modo geral, dois periodos definidos: um mais longo, seco, intercalado por um periodo chuvoso. Este periodo chuvoso se define nos meses de fevereiro/ março até Julho/agosto.

O regime pluviométrico esta na dependência da massa equatorial, tendo sua maior umidade de corrente inferior dos alísios. No inverno dá-se a invasão das massas polares do sul, que se incorporam aos alísios de sudeste produzindo chuvas abundantes.

A lâmina média anual evaporada, medida no tanque tipo "A" do Weather Bureal dos E.U.A, da estação evaporimétrica de Marés, em João Pessoa-PB, operada no periodo de 1970 a 1984 e considerada representativa do regime evaporimetro da região que compõe a bacia do rio Mamuaba, é de 1625mm.

3.1.6-Vazões

O regime fluvial é de caracteristica perene. Os escoamentos são decorrentes principalmente do esvaziamento de lençol freático, com pouca contribuição do escoamento direto ou de superficie. A afluência média da bacia está em torno de 56 Hm³/ ano.

3.2.1-Bacia hidrográfica do rio Salobro

3.1.2- Localização

O conjunto das bacias estudadas sob o nome de Riacho do navio está situado a sudeste da bacia do rio Pagéu, representando uma região estratégica no Nordeste do Brasil. A área pertence ao município de Betânea

no Estado de Pernambuco. A bacia do riacho Salobro é uma das sub-bacias do Riacho do Navio, da qual ainda fazem parte as sub-bacias Oscar Barros e Matriz.

3.2.3- Morfologia

A bacia do riacho Salobro drena uma área de 15,6Km² e detém um índice de compactidade da ordem de 1,17, indicativo de pouca vocação para produzir grandes cheias. Sua altitude média é de 528m e o desnível específico de 200m. Predomina na bacia os relevos do tipo moderado a forte.

3.2.4- Geologia, pedologia e cobertura vegetal

A bacia do riacho Salobro é constituída pela associação de vários tipos de solos, sendo predominantemente a presença de dois tipos:

Na parte superior da bacia aparecem os solos litólicos com ocorrência de regosolos se afloramento de rochas; no restante da área, regosolo eutrófico intercalados por solos litólicos eutróficos.

A cobertura vegetal constitui-se de caatinga nativa pouco cultivada em algumas áreas e parte cultivada pela agricultura.

3.2.5-Climatologia, evaporação

Apresenta clima semi-árido quente mediano, com 7 a 8 meses secos, caracterizada por uma má distribuição das chuvas, que associada às altas temperaturas e evaporação, ocasionam os problemas de ordem sócio-econômicos característicos dessa região do nordeste brasileiro.

A evaporação anual supera o valor da precipitação, com lâminas atingindo 2.770mm. A temperatura média nos meses mais secos fica em torno₁₈

dos 28°C, A temperatura média anual é de aproximadamente 27°C.

3.2.6-Vazões

A distribuição do escoamento ao longo do ano é muito irregular, em média , 21% do deflúvio anual escoam somente em 1 dia, cerca de 63% em menos de um mês, e 99% em 180 dias.

3.3- Calibração (Tank-Model)

Os modelos foram discretizados explicita e implicitamente, usando o modelo chuva-vazão de 4 reservatórios verticais e o modelo chuva-vazão com 1 reservatório único, sendo usado 4 tipos de funções objetivas a ser otimizadas para cada caso, sendo calibrados com dados mensais e diários (Fonte: Diniz, L.S., "Calibração automática de modelos chuva-vazão usando um algoritmo genético". Dissertação de Mestrado.1994) de precipitação, vazão e evaporação das bacias hidrográficas do riacho Salobro e Mamuaba.

3.4- Resultados

Dos anexos 9 a 12, podemos ver os resultados obtidos.

CAPÍTULO IV

4- O Smap

4.1-SMAP

O modelo SMAP possui uma estrutura relativamente simples e opera com dados de chuva e evaporação. O modelo realiza o balanço da umidade do solo baseado em dois reservatórios lineares que representam o solo (camada superior) e o aquífero.

A cada evento de precipitação P é feito um balanço de massa. Uma fração da precipitação é transformada em escoamento superficial ES , através da equação $ES=P.TU^{E2}$, onde TU é a taxa de umidade do solo e $E2$ é o parâmetro controlador do escoamento superficial.

A lâmina restante $P-ES$ é adicionada a um reservatório que representa a camada superior do solo. Neste reservatório, a umidade é atualizada ao longo do tempo através de perdas por evapotranspiração real ER , equivalente a $EP.TU^{E1}$, onde EP é a evapotranspiração potencial e $E1$ é um dos parâmetros calibráveis do modelo. A outra saída desse reservatório é a recarga no reservatório subterrâneo(aquífero). Nesta transferência de água é usado o conceito de capacidade de campo, isto é, se o nível do reservatório $RSOLO$ for maior que a capacidade de saturação STR , ocorrerá recarga REC para o reservatório subterrâneo na forma :

$REC= RSOLO.CREC.TU^4$, onde $TU=(R_{solo} + CINF.P)/STR$ é a taxa de umidade do solo, $CREC$ o coeficiente de recarga e $CINF$ o coeficiente de infiltração. A razão do expoente de TU ser igual a quatro é para que em situações de teor de umidade próximas a capacidade de campo ($0,4 < TU < 0,6$) o valor da função seja próxima de zero.

O reservatório subterrâneo é outro reservatório linear onde o nível de água existente $RSUB$ é deplecionado a taxa constante $K1$ resultando o escoamento básico EB , ou seja, $EB= R_{SUB}(1-K1)$. A soma dos escoamentos₂₀

direto (superficial) e básico fornece a vazão no ponto de controle da bacia.

Seguindo-se o procedimento indicado, o nível de cada reservatório é continuamente atualizado para cada mês.

4.2 – Calibração para diversos dados(SMAP)

4.3 – Calibração (SMAP)

O modelo chuva-vazão SMAP foi calibrado com dados mensais da bacia hidrográfica do rio Mamuaba (Fonte: Diniz, L.S., "Calibração automática de modelos chuva-vazão usando um algoritmo genético". Dissertação de Mestrado.1994), tendo já sido feito uma descrição para a bacia em 3.1.

4.4- Resultados

No anexo 13, podemos ver os resultados obtidos.

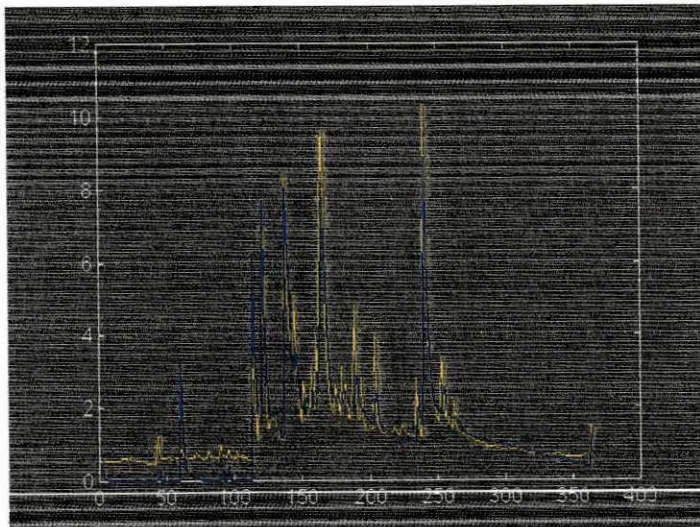
Capítulo V

5-Simulação

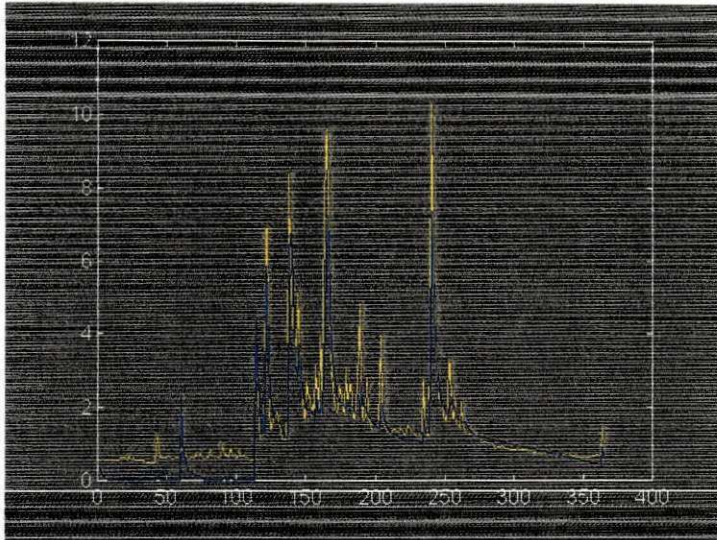
Podemos ainda gerar gráficos de vazão observada versus vazão simulada para as duas bacias hidrográficas do riacho Salobro e do rio Mamuaba, obtida com os parâmetros de otimização após rodagem dos programas SMAP e TANK MODEL. Veja abaixo alguns deles (onde o segmento branco se refere a vazão observada e o seguimento azul se refere ao simulado):

Figura 2- Diversos gráficos de vazão observada versus vazão simulada, para a bacia do rio Mamuaba usando o TANK MODEL.

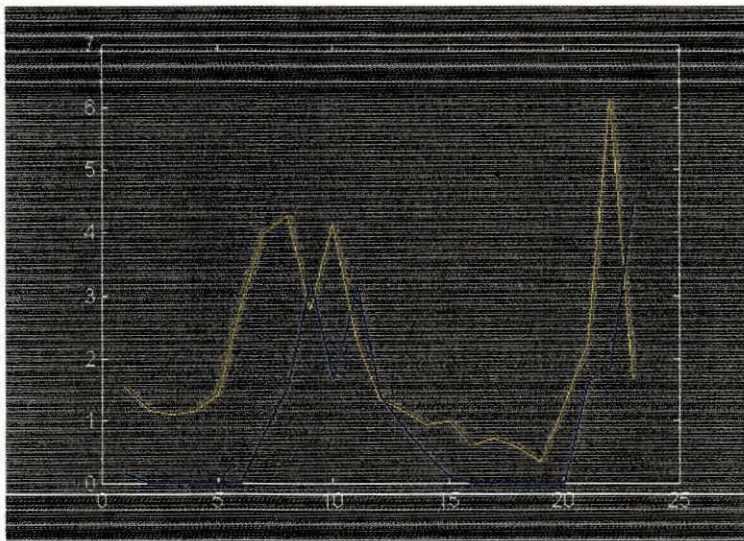
TANK MODEL/ 4 RESERVATÓRIOS/DADOS DIÁRIOS
FUNÇÃO 1/ DISCRETIZAÇÃO EXPLÍCITA - Simulação-Ano 72
Coeficiente de correlação : 92,96%



TANK MODEL/ 4 RESERVATÓRIOS/DADOS DIÁRIOS
FUNÇÃO 1/ DISCRETIZAÇÃO IMPLÍCITA- Simulação -Ano 72
Coeficiente de correlação : 90.52%



TANK MODEL/ 1 RESERVATÓRIO/DADOS MENSAIS
FUNÇÃO 1/ DISCRETIZAÇÃO EXPLÍCITA- Simulação -73/74 a 74/75
Coeficiente de correlação : 42%



TANK MODEL/ 1 RESERVATÓRIO/DADOS MENSAIS
FUNÇÃO 1/ DISCRETIZAÇÃO IMPLICITA - Simulação- 73/74 a 74/75
Coeficiente de correlação : 42%

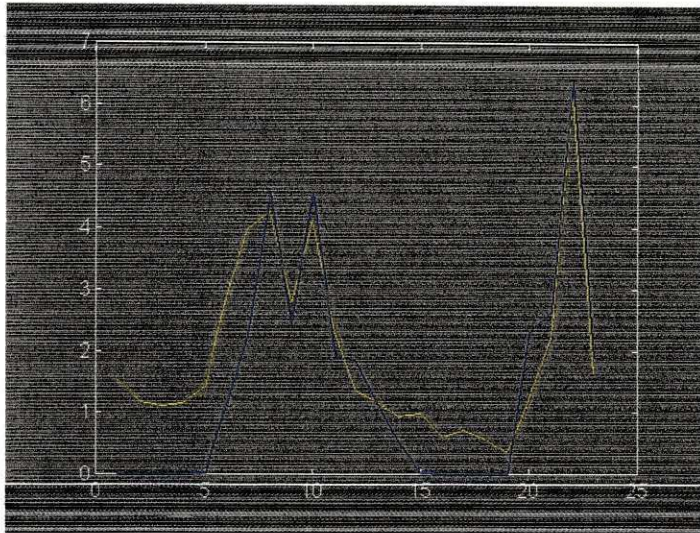
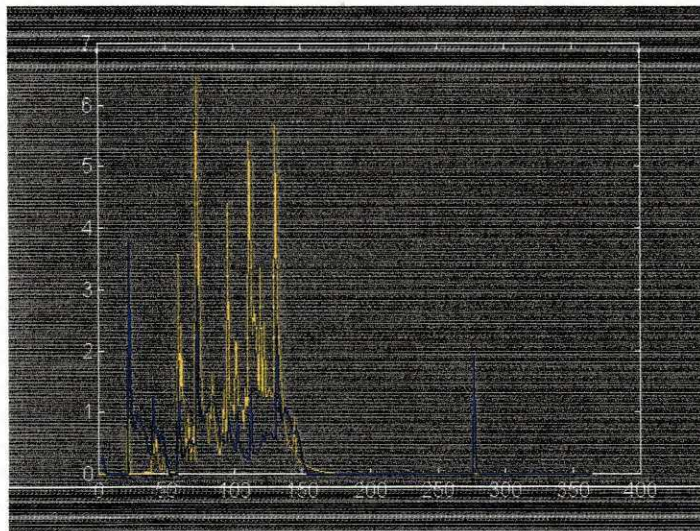


Figura 3- Diversos gráficos de vazão observada versus vazão simulada, juntamente com os seus parâmetros para a bacia do riacho salobro usando o TANK MODEL.

TANK MODEL/ 4 RESERVATÓRIOS/DADOS DIÁRIOS
FUNÇÃO 2/ DISCRETIZAÇÃO EXPLICITA- Simulação- Ano 73/74
Coeficiente de correlação : 56.95%



TANK MODEL/ 4 RESERVATÓRIOS/DADOS DIÁRIOS
FUNÇÃO 2/ DISCRETIZAÇÃO IMPLÍCITA- Simulação- Ano 73/74
Coeficiente de correlação : 58.19%

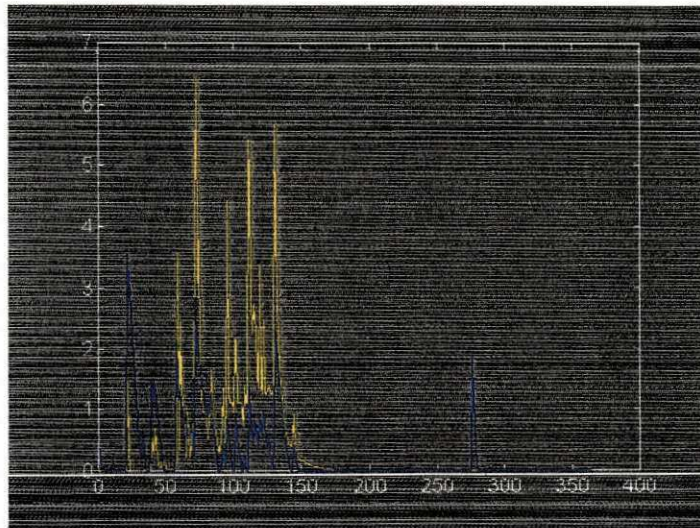
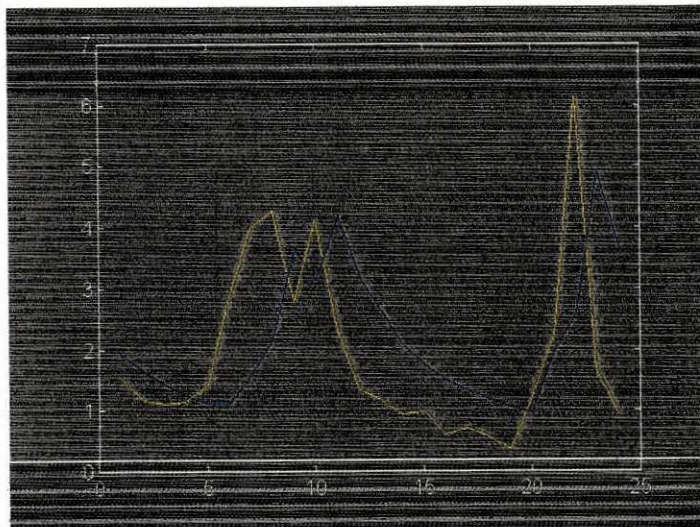
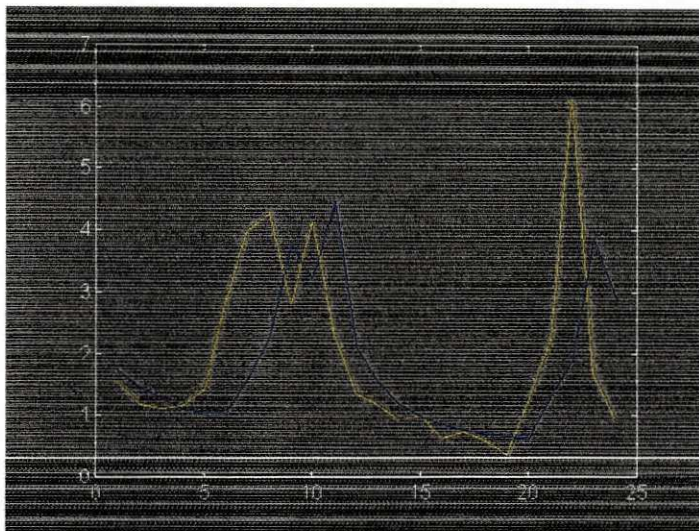


Figura 4- Diversos gráficos de vazão observada versus vazão simulada, juntamente com os seus parâmetros para a bacia do rio Mamuaba usando o SMAP.

SMAP/ DADOS MENSAIS
FUNÇÃO 1/ DISCRETIZAÇÃO EXPLÍCITA- Simulação ano- 73/74 a 74/75
Coeficiente de correlação : 24.89%





5.1- Resultados

Em relação as duas bacias hidrográficas (rio Mamuaba e riacho Salobro) seus dados diários de precipitação e vazão foram usados para calibrar o modelo chuva x vazão TANK-MODEL, com 1 e 4 reservatórios, fazendo-se uso das 4 funções e de discretização explícita e implícitas. Os resultados da correlação entre valores simulados e os valores medidos das vazões são apresentados nas tabelas 9,10,11 e 12. Estes resultados mostram vantagem do uso da discretização explícita com relação a discretização implícita para obtenção do ajuste do modelo chuva-vazão TANK MODEL.

Por outro lado, a situação se inverte com relação a calibração do modelo chuva vazão TANK-MODEL com 1 e 4 reservatórios para dados mensais de precipitação e vazão, apresentados nas tabelas 2,3,4 e 5, onde são obtidos coeficientes de correlação maiores.

Outro fato observado é que para dados diários para ambas as

bacias, 4 ou 1 reservatórios, explícita ou implícitas em nenhum momento a vazão simulada supera a vazão observada o que não ocorre no entanto com os dados mensais.

Em relação ao modelo chuva x vazão SMAP, foram calibrados dados mensais para as bacias hidrográficas do rio Mamuaba e riacho Salobro, fazendo-se uso de 1 e 4 reservatórios e ainda de 4 funções.

Tanto na bacia hidrográfica do rio Mamuaba como a do riacho salobro, obtivemos resultados semelhantes ao do modelo chuva-vazão TANK MODEL, isto é , para dados mensais obtivemos coeficientes de correlação maiores obtidos implicitamente do que os obtidos explicitamente, os resultados podem ser vistos na tabela 13. Neste Trabalho não foi possível usar o TANK MODEL diário da bacia do rio Capibaribe em virtude da falta de dados diários da mesma, como também os programas TANK MODEL e SMAP mensais, pois ambos não apresentaram coeficientes de correlação satisfatórios.

6-Conclusões finais

Neste trabalho foi apresentado dois modelos chuva x vazão, o TANK MODEL e o SMAP. O TANK MODEL constituído de reservatórios hipotéticos representando camadas estratificadas de solo e descritos por equações diferenciais ordinários, e o SMAP, que possui uma estrutura relativamente simples e opera com dados de chuva e evaporação.

Foram usados dados diários e mensais de evaporação, precipitação e vazão de duas bacias hidrográficas(Mamuaba e Salobro) para calibração dos parâmetros dos dois modelos chuva x vazão.

Foi verificado tanto no TANK MODEL como no SMAP que as discretizações explícitas são mais apropriadas para calibração e simulação do modelo com uso de dados diários e as discretizações implícitas para o uso de dados mensais.

O uso de discretizações implícitas são melhores para dados mensais, devido ao fato de intervalo de tempo de dados mensais , grande parte das precipitações que ocorrem no início do mês já se transformou em

vazão, principalmente na região semi-árida e precisa-se de um modelo que utilize nos seus cálculos de vazão, valores das disponibilidades hídricas nos reservatórios hipotéticos do modelo que levem em consideração estágios de tempo, do processo de ascensão e recessão da hidrográfa após o período de um precipitação mais avançada.

Ainda pode-se simular vazões com os parâmetros obtidos para outros anos, e compara-las com as vazões observadas através do coeficiente de correlação, obtendo assim coeficientes que variaram desde 25% a 90%.

Bibliografia

Diniz, L.S., "Calibração automática de modelos chuva-vazão usando um algoritmo genético". Dissertação de Mestrado. Depto. Eng Civil. Área de recursos Hídricos. UFPB- Campus II- CCT. Campina Grande-PB.1994.

Sugawara. M.. "Automatic calibration of the tank model". Hydrological Sciences. Bulletin des Sciences Hydrologiques. V.24. N.3.pp.375-388.1979.

Albuquerque, Aldo S. O. A. ., "Obtenção, tratamento e análise dos dados hidrológicos, hidráulicos, sócio-econômicos e ambientais da Bacia do rio Capibaribe- PE, relatório de iniciação científica,CNPQ/PIBIC. UFPB. Campus II. 1999.

Pinto, N. L. S., "Hidrologia Básica ", editora Edgard Blücher LTDA, São Paulo, S.P. , 1976.

Anexos

Anexo-1 - Precipitação média diária (mm)/ Bacia hidrográfica do rio Mamuapba-1972.

DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1	0,0	0,0	1,2	0,5	16,4	2,9	4,8	0,1	2,8	1,2	0,6	0,4
2	0,4	0,4	0,0	0,0	1,3	1,6	5,6	2,4	1,8	0,4	0,4	1,1
3	0,5	0,0	4,8	0,0	0,0	3,6	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	1,0
4	0,2	0,0	0,0	22,4	0,0	12,4	3,2	0,0	0,0	0,0	4,1	0,2
5	0,0	0,0	0,0	0,2	1,1	20,5	7,5	0,0	0,0	7,5	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,5	0,0	9,0	2,0	11,7	7,1	0,2	0,9	0,0	0,0
7	0,0	0,3	2,6	0,0	8,0	5,1	26,2	0,5	1,8	0,6	0,2	0,0
8	0,0	0,0	5,2	1,6	13,1	1,0	0,6	1,1	11,5	0,0	0,0	0,0
9	0,1	0,0	0,0	0,0	7,7	22,0	0,1	0,3	21,3	0,0	0,7	0,0
10	1,9	0,7	4,3	3,0	6,5	2,2	0,6	5,1	15,0	0,0	0,0	0,0
11	0,5	21,5	4,3	4,3	0,1	31,1	3,6	8,1	0,8	0,0	0,0	0,0
12	0,3	0,0	7,1	5,2	0,0	50,8	8,4	0,5	1,2	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,4	7,2	2,4	1,3	47,9	5,2	1,7	7,8	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,1	2,0	6,2	6,9	20,1	0,1	0,3	2,3	0,1	0,0	0,0
15	3,1	0,4	0,6	4,0	2,5	0,3	1,8	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0
16	1,2	0,2	0,0	2,4	21,6	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
17	4,0	0,9	0,0	0,0	88,0	0,2	0,5	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
18	0,9	0,0	0,0	0,0	38,4	0,0	2,4	1,0	13,9	0,8	0,0	0,0
19	1,3	2,5	0,0	0,0	11,1	0,0	0,4	4,5	1,8	1,9	0,0	0,0
20	0,9	2,8	4,1	0,0	2,9	0,0	1,8	0,2	1,0	0,6	0,0	0,0
21	4,5	1,0	3,6	0,0	5,8	0,3	26,8	0,3	5,7	4,8	0,0	0,0
22	1,8	1,2	1,3	0,8	1,2	2,8	13,4	28,8	0,3	0,6	0,0	0,4
23	1,2	0,0	3,2	89,3	22,1	13,2	0,0	4,7	2,3	0,6	0,0	0,6
24	1,4	3,6	8,8	6,1	22,8	1,1	1,8	0,4	0,8	1,1	0,0	0,0
25	0,0	2,9	3,7	3,7	0,4	1,1	0,0	8,2	0,6	0,0	0,0	0,9
26	2,8	0,0	0,0	0,2	0,0	4,4	0,0	42,5	1,1	0,0	0,0	0,7
27	1,1	0,0	0,0	27,0	0,0	19,8	0,0	84,2	0,3	0,0	0,0	1,2
28	1,0	56,9	3,0	0,7	0,0	1,2	0,0	14,0	0,0	0,0	0,0	27,5
29	2,0	6,1	0,5	0,4	3,8	7,7	0,0	5,6	0,0	0,6	0,0	6,9
30	2,0		16,5	91,1	12,1	7,5	0,2	4,7	0,0	0,2	0,0	3,4
31	0,0		5,2		10,8		11,1	2,4		0,7		0,0

Anexo-2 - Precipitação média diária (mm)/ Bacia hidrográfica do rio Mamuaba-1973.

DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1	0,0	0,0	0,0	1,1	3,2	13,6	12,3	3,8	0,0	0,0	1,4	0,0
2	2,6	0,0	0,0	0,2	11,0	27,2	7,4	25,1	0,5	15,9	1,8	0,0
3	0,1	0,0	0,8	0,8	0,4	23,4	1,6	16,9	7,0	0,2	3,2	1,2
4	3,7	0,0	0,0	2,0	0,0	46,4	5,5	5,8	4,6	3,0	0,0	0,0
5	3,3	0,0	0,0	12,7	0,0	3,2	13,1	1,6	0,0	3,8	0,0	0,0
6	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	21,7	39,9	2,0	0,0	0,2	0,0	0,0
7	6,0	0,0	0,0	1,8	0,0	1,3	28,3	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
8	0,3	6,1	1,2	6,8	0,0	10,0	11,8	0,2	0,8	0,2	0,0	0,0
9	0,8	0,3	52,3	11,2	0,2	64,3	3,4	0,4	1,9	0,0	0,0	0,0
10	0,0	3,0	0,0	24,9	6,3	7,0	0,6	0,0	6,7	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	3,6	0,0	1,3	9,1	0,6	0,2	2,1	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	10,3	2,0	0,0	5,6	1,4	0,4	12,8
13	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	22,7	0,0	3,4	6,7	0,0	0,8	0,6
14	0,0	0,4	0,4	2,6	0,4	35,3	5,6	2,0	3,2	0,0	0,0	1,8
15	0,0	0,0	2,7	2,8	0,2	18,4	3,2	0,4	8,1	0,0	0,0	0,8
16	0,0	0,0	0,0	2,5	4,2	11,9	10,1	0,4	1,6	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	4,7	7,0	8,9	13,9	11,1	0,8	5,3	0,0	0,4	0,0
18	0,2	0,4	0,4	3,3	4,2	2,4	0,0	0,0	15,1	0,0	0,6	0,0
19	0,4	1,1	0,8	3,5	16,1	0,4	1,2	5,2	1,6	1,2	0,0	0,0
20	0,0	3,8	0,3	23,2	2,4	0,0	6,9	2,9	2,0	0,0	0,0	0,8
21	0,0	1,2	2,7	22,1	1,2	29,3	23,5	1,4	0,0	0,0	0,0	1,1
22	0,0	4,4	10,3	6,0	1,6	17,6	0,9	0,0	0,0	0,4	0,0	1,2
23	0,0	7,1	5,5	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,4	2,7	3,2	0,2	55,6	36,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	0,0
25	5,0	0,0	1,2	37,2	12,8	45,7	0,0	0,0	0,4	0,4	0,0	0,0
26	0,2	72,7	0,4	65,8	23,0	2,2	0,0	0,0	33,1	0,4	0,0	0,0
27	3,0	0,2	1,5	2,0	5,1	0,6	0,0	0,8	0,0	1,0	0,0	0,8
28	9,7	0,6	0,2	28,2	6,4	0,0	0,0	0,6	1,0	1,0	0,4	1,0
29	2,3		1,9	0,2	1,4	0,2	0,0	0,0	0,4	0,2	0,0	2,0
30	0,0		0,0	4,4	0,6	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31	0,0		0,0		11,1		0,0	0,4		0,8		0,0

Anexo-3 – Lâminas escoadas médias diária (mm)/ Bacia hidrográfica do rio Mamuaba-1972.

DTA	JAN	FEB	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEZ
1	0,50	0,50	0,09	0,71	6,00	2,90	2,64	1,41	3,24	1,15	0,06	0,71
2	0,50	0,50	0,09	0,71	6,00	2,91	2,64	1,41	3,24	1,15	0,06	0,71
3	0,50	0,54	0,72	0,66	4,39	1,77	2,24	1,34	2,33	1,14	0,04	0,73
4	0,00	0,51	0,29	0,64	1,97	2,00	1,74	1,34	2,14	1,12	0,04	0,75
5	0,50	0,20	0,66	0,06	1,41	1,06	1,69	1,31	2,14	1,06	0,64	0,73
6	0,50	0,50	0,61	0,04	1,41	1,16	1,98	1,43	1,04	1,06	0,64	0,73
7	0,50	0,50	0,60	0,06	1,23	2,52	3,50	1,41	1,67	1,05	0,00	0,71
8	0,50	0,50	0,62	0,62	1,67	2,56	4,03	1,72	1,61	1,05	0,00	0,50
9	0,10	0,50	0,62	0,69	1,07	1,97	2,33	1,26	2,17	1,01	0,00	0,00
10	0,50	0,50	0,62	0,60	1,67	3,56	1,00	1,29	3,34	1,01	0,77	0,66
11	0,50	0,50	0,71	0,64	1,60	2,30	1,67	1,34	3,03	1,01	0,77	0,64
12	0,50	1,20	0,66	0,06	1,34	4,92	1,77	1,53	2,14	0,99	0,77	0,64
13	0,50	0,00	0,77	0,66	1,15	0,34	2,01	1,46	1,73	0,96	0,75	0,64
14	0,50	0,64	0,71	0,66	1,14	0,62	1,74	1,37	1,69	0,69	0,73	0,64
15	0,50	0,62	0,73	0,71	1,34	7,39	1,62	1,31	2,79	0,99	0,73	0,64
16	0,50	0,62	0,66	0,64	1,12	4,61	1,51	1,26	1,56	0,90	0,73	0,64
17	0,62	0,62	0,64	0,62	2,02	3,50	1,41	1,26	1,51	0,99	0,73	0,62
18	0,64	0,64	0,60	0,62	8,37	2,94	1,37	1,24	1,65	0,90	0,73	0,62
19	0,64	0,64	0,60	0,60	5,97	2,40	1,45	1,19	2,14	0,94	0,73	0,62
20	0,62	0,60	0,60	0,50	4,45	2,24	1,41	1,20	1,56	0,90	0,73	0,62
21	0,50	0,66	0,73	0,50	3,06	2,02	1,41	1,19	1,40	0,80	0,73	0,64
22	0,64	0,62	0,03	0,50	3,06	1,00	2,20	1,20	1,40	0,64	0,71	0,62
23	0,50	0,60	0,60	0,60	3,16	2,02	3,99	2,70	1,34	0,80	0,71	0,60
24	0,60	0,60	0,66	1,59	5,12	2,50	1,20	1,04	1,31	0,86	0,71	0,60
25	0,50	0,62	0,64	3,20	4,35	2,30	1,64	1,24	1,20	0,66	0,71	0,71
26	0,62	0,64	0,64	1,53	3,12	1,97	1,51	1,20	1,26	0,86	0,71	0,71
27	0,40	0,62	0,64	1,10	2,73	1,00	1,40	4,02	1,20	0,96	0,71	0,60
28	0,50	0,66	0,62	2,36	2,17	3,09	1,37	10,52	1,20	0,84	0,71	0,73
29	0,50	2,00	0,64	1,06	1,02	2,24	1,31	7,37	1,20	0,86	0,60	0,75
30	0,50		0,71	1,77	1,62	2,21	1,31	5,04	1,20	0,09	0,60	1,53
31	0,50		0,99		2,70		1,31	4,12		0,06		0,96

Anexo-4 – Lâminas escoadas médias diárias (mm)/ Bacia hidrográfica do rio Mamuaba-1973.

DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1	0,77	0,60	0,64	0,66	2,60	2,50	3,16	1,53	0,77	1,12	0,99	0,77
2	0,77	0,60	0,64	0,66	1,53	3,20	3,16	1,53	0,77	1,12	0,99	0,77
3	0,73	0,68	0,60	0,64	1,30	2,91	3,71	3,06	0,77	1,15	0,99	0,77
4	0,75	0,66	0,60	0,66	1,56	6,56	2,46	4,14	0,77	2,21	0,96	0,77
5	0,75	0,64	0,56	0,73	1,31	7,23	2,44	3,78	0,77	1,40	0,99	0,77
6	0,77	0,64	0,54	1,05	1,15	7,78	4,60	2,55	0,77	1,45	0,96	0,77
7	0,80	0,64	0,54	0,77	1,12	5,90	7,66	1,50	0,77	1,40	0,96	0,77
8	0,86	0,64	0,49	0,77	1,10	2,99	7,21	1,59	0,77	1,48	0,84	0,77
9	0,83	0,73	0,51	0,80	0,80	2,49	5,92	1,53	0,77	1,70	0,96	0,77
10	0,77	0,73	1,58	1,15	1,01	6,85	4,83	1,59	0,77	1,12	0,96	0,77
11	0,75	0,73	1,56	1,20	1,40	6,08	3,32	1,59	0,77	1,12	0,94	0,77
12	0,71	0,71	0,76	0,89	1,26	4,65	2,59	1,59	0,86	1,10	0,84	0,80
13	0,68	0,68	0,65	0,80	1,19	3,53	2,35	1,53	0,99	1,01	0,86	0,99
14	0,60	0,66	0,61	0,64	1,10	3,59	2,30	1,53	0,86	1,01	0,96	0,96
15	0,63	0,64	0,61	0,77	0,94	8,83	2,81	1,51	0,86	1,01	0,84	0,86
16	0,64	0,64	0,60	0,80	0,89	8,76	2,76	1,46	0,83	1,01	0,83	0,83
17	0,64	0,62	0,61	0,89	1,06	7,46	3,50	1,45	0,77	1,01	0,83	0,77
18	0,60	0,62	0,62	0,83	1,20	5,92	3,51	1,41	0,77	1,01	0,83	0,77
19	0,63	0,73	0,50	0,86	1,06	4,83	2,33	1,53	0,83	0,99	0,83	0,83
20	0,60	0,68	0,56	0,83	2,64	3,45	2,11	1,62	0,83	0,99	0,83	0,83
21	0,60	0,66	0,54	0,80	1,20	2,91	2,14	1,53	0,83	0,96	0,83	0,83
22	0,64	0,64	0,56	1,34	1,19	7,42	4,60	1,45	0,77	0,96	0,83	0,77
23	0,64	0,68	0,76	1,89	1,19	6,40	3,86	1,34	0,77	0,96	0,83	0,77
24	0,64	0,96	0,65	1,56	1,15	3,45	2,44	1,31	0,77	0,96	0,80	0,77
25	0,68	0,68	0,65	1,26	5,41	3,02	2,11	1,31	0,83	0,94	0,83	0,83
26	0,86	0,68	0,60	1,14	3,86	8,98	1,89	1,31	0,77	0,94	0,83	0,77
27	0,77	2,14	0,54	6,01	4,45	5,62	1,80	1,31	0,77	0,96	0,83	0,77
28	0,77	2,00	0,56	5,16	4,84	3,34	1,74	1,31	0,77	0,96	0,83	0,77
29	0,86		0,53	5,12	3,12	2,70	1,64	1,31	0,77	0,96	0,77	0,77
30	0,77		0,53	2,55	1,74	2,62	1,59	1,31	0,77	0,90	0,77	0,77
31	0,73		0,49		1,59		1,59	1,26		0,90		0,77

Anexo-5 – Precipitação, vazão e evaporação mensais (mm)/ para Bacia hidrográfica do rio Mamuaba- 71/72 a 74/75.

- Precipitação média mensal (mm)
Bacia hidrográfica do rio Mamuaba
Período: 71/72 a 74/75

ANO	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
71/72	136,2	99,5	21,4	43,6	107,3	107,0	227,5	355,7	295,6	138,1	231,8	97,7
72/73	75,7	6,3	45,2	50,8	104,9	80,6	271,6	188,5	476,0	190,6	94,7	110,9
73/74	29,2	30,0	25,5	75,7	140,7	213,6	224,6	297,5	137,4	261,0	72,4	127,4
74/75	19,6	32,4	46,8	61,1	40,2	55,6	40,3	238,6	203,1	370,9	90,0	56,1

- Vazão média mensal (m³/s)
Bacia hidrográfica do rio Mamuaba
Período: 71/72 a 74/75

ANO	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
71/72	1,62	1,35	0,86	0,81	1,02	0,96	1,72	3,24	4,43	2,74	3,41	2,46
72/73	1,51	1,04	0,99	1,01	1,10	1,24	2,05	2,43	7,12	4,52	2,55	1,93
73/74	1,53	1,17	1,11	1,15	1,41	2,88	3,29	4,27	2,79	4,12	2,50	1,55
74/75	1,16	0,95	0,98	0,62	0,72	0,57	0,35	1,21	2,22	6,11	1,64	0,92

- Evaporação média mensal (mm)
Estação evaporimétrica de Mareš
João Pessoa-PB

OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
157,3	154,7	149,3	149,6	134,8	149,7	122,5	117,1	107,6	116,2	123,1	136,5

Anexo-6 - Precipitação média diária (mm)/ Bacia hidrográfica do riacho Salobro- 73/74.

DTA	001	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SEPT
1	0,51	0,00	0,00	0,00	20,15	0,55	10,16	17,97	0,90	1,60	0,00	0,00
2	55,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,47	0,00	0,03	2,97	0,00	0,07
3	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	7,23	2,15	0,31	1,00	0,00	0,00	0,05
4	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,63	0,00	2,07	0,00	0,15	0,01
5	0,00	0,00	0,00	0,46	0,00	0,00	2,42	11,24	1,74	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	5,79	23,13	0,00	0,00	0,00	3,31	0,00	0,44
7	0,00	0,00	0,00	0,00	12,64	0,00	2,36	0,00	7,10	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	32,05	6,51	0,00	2,13	0,10	0,00	0,00	1,20
9	0,00	0,00	0,00	0,00	3,15	13,07	0,00	10,07	0,00	0,13	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,04	15,51	20,40	0,00	0,00	47,05	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	4,15	0,00	31,57	4,04	0,00	0,02	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	00,17	0,00	4,36	0,00	2,01	0,00	0,00
13	0,00	0,00	2,59	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	4,19	0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,04	0,00	3,06	10,93	0,02	0,00	0,00	1,79	0,00	0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	6,04	1,12	0,07	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00
16	0,00	0,00	1,07	5,10	0,00	6,06	1,05	1,26	4,19	0,00	0,00	0,00
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	16,56	1,03	0,00	0,00	0,00	2,77
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,56	0,15	0,00	0,00	0,00	1,00
19	0,00	0,00	3,10	0,00	0,00	5,07	3,92	0,00	2,29	0,00	0,00	0,00
20	0,00	0,00	0,00	15,12	0,11	0,00	0,49	0,00	2,77	0,00	0,00	0,00
21	0,00	0,00	0,00	03,23	1,31	10,97	49,19	0,40	2,00	0,00	0,00	0,00
22	0,00	0,03	0,00	18,03	0,00	6,11	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00
23	0,00	0,00	0,02	3,34	0,17	17,29	0,55	18,35	0,00	0,00	0,00	0,00
24	0,00	0,70	0,20	0,00	0,00	5,16	0,00	5,19	0,00	0,00	0,00	0,00
25	0,00	0,04	0,00	0,00	10,00	3,21	16,67	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00
26	0,00	0,00	0,00	0,00	50,31	0,24	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,05	21,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
29	0,00		2,40	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	4,19	0,00	0,00	0,00
30	0,00		0,00	0,00	16,51	0,00	3,91	0,00	2,45	0,00	0,00	0,00
31	0,00		0,00		50,18		0,41	0,00		0,00		0,00

Anexo-7 – Lâminas escoadas médias diária (mm)/ Bacia hidrográfica do riacho Salobro- 73/74.

DATA	01/11	02/11	03/11	04/11	05/11	06/11	07/11	08/11	09/11	10/11	11/11	12/11
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	2,46	0,77	1,25	0,14	0,01	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	1,70	1,33	2,09	0,13	0,01	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	1,16	0,46	1,25	0,12	0,01	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,97	0,62	1,25	0,11	0,01	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,57	4,41	1,31	0,10	0,01	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,22	1,25	1,40	0,09	0,01	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,95	1,10	1,25	0,08	0,01	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,77	1,10	1,25	0,07	0,01	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,45	1,10	1,35	0,07	0,01	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,77	0,07	0,00	0,06	0,01	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	0,22	2,15	4,10	0,05	0,01	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	4,77	2,13	2,77	0,05	0,01	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,45	1,10	2,16	0,04	0,01	0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	3,07	1,10	1,77	0,03	0,01	0,00	0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,70	1,10	1,35	0,03	0,01	0,00	0,00
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	1,00	0,97	1,10	0,03	0,01	0,00	0,00
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25	0,74	0,01	0,03	0,01	0,00	0,00
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,97	1,37	0,73	0,03	0,01	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,97	1,10	0,50	0,02	0,01	0,00	0,00
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,97	1,10	0,45	0,02	0,01	0,00	0,00
21	0,00	0,00	0,00	1,43	0,03	0,51	5,41	0,42	0,02	0,01	0,00	0,00
22	0,00	0,00	0,00	0,17	0,03	0,97	4,30	0,30	0,02	0,01	0,00	0,00
23	0,00	0,00	0,00	0,04	0,11	0,90	2,05	0,30	0,02	0,01	0,00	0,00
24	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	1,57	2,25	0,90	0,01	0,01	0,00	0,00
25	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	1,25	2,74	0,30	0,01	0,01	0,00	0,00
26	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,97	2,31	0,75	0,01	0,01	0,00	0,00
27	0,00	0,00	0,00	0,01	3,50	0,73	1,55	0,73	0,01	0,01	0,00	0,00
28	0,00	0,00	0,00	0,01	0,34	0,62	1,35	0,19	0,01	0,01	0,00	0,00
29	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,49	3,36	0,19	0,01	0,01	0,00	0,00
30	0,00	0,00	0,00	0,01	0,17	0,30	1,30	0,17	0,01	0,01	0,00	0,00
31	0,00	0,00	0,00	0,00	3,50	1,44	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Anexo-8 – Precipitação, vazão e evaporação mensais (mm)/ para Bacia

Precipitação média mensal (mm)
Bacia hidrográfica do riacho Salobro
Período: 71/72 a 74/75

	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
71/72	5,6	16,1	6,8	38,1	26,0	7,1	172,1	85,9	56,0	25,0	30,5	11,0		
72/73	17,2	10,8	0,3	81,1	122,0	100,1	132,1	16,5	25,5	19,6	45,6	0,5		
73/74	14,0	0,0	50,6	90,2	3,5	94,0	146,2	65,0	51,7	32,5	5,9	42,9		
74/75	55,1	0,8	11,1	168,0	251,8	202,6	182,3	156,4	45,5	19,1	0,2	5,6		

Lambdas médias mensais escoadas (mm)
Bacia hidrográfica do riacho Salobro
Período: 71/72 a 74/75

	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
71/72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50	0,67	0,35	0,11	0,05	0,05		
72/73	0,01	0,00	0,00	0,02	0,34	4,07	6,02	0,42	0,15	0,06	0,03	0,01		
73/74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,24	2,02	0,26	0,62	0,15	0,06		
74/75	0,05	0,01	0,00	1,97	10,80	42,60	53,50	38,20	1,44	0,23	0,02	0,02		

Evaporação média mensal (mm)
Estação evaporimétrica de Retábua-PE

	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
	292,0	296,5	284,6	249,5	221,0	217,5	180,5	166,7	157,3	123,6	252,7	251,9		

hidrográfica do riacho Salobro- 71/72 a 74/75.

Anexo 10 - Parâmetros usando o modelo TANK MODEL com 4 reservatórios para a bacia hidrográfica do rio Salobro/ dados diários .

Modelo com 4 reservatórios para o rio Salobro								
Dados Diários								
Parâmetro	Função 1		Função 2		Função 3		Função 4	
	Explic.	Implic.	Explic.	Implic.	Explic.	Implic.	Explic.	Implic.
alfa11	0,3140	0,3140	0,3140	0,3140	0,3140	0,3140	0,3140	0,3140
alfa12	0,0531	0,0110	0,0622	0,0152	0,0780	0,0780	0,1306	12,0119
alfa13	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
alfa22	0,0159	0,0357	0,0206	0,0355	0,0514	0,5140	0,0103	0,0000
alfa33	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0101	0,0100	0,0188	0,0269
alfa44	0,0133	0,0000	0,0162	0,1202	0,0018	0,0018	0,0119	0,0097
beta1	1,0000	0,8339	1,0000	0,9216	0,9942	0,9942	1,0000	1,0000
beta2	0,3000	0,0000	0,3000	0,0000	0,2000	0,3003	0,3000	0,3000
beta3	0,1827	0,0000	0,2000	0,0000	0,0327	0,0327	0,2000	0,1658
beta4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
h11	107,2540	107,2540	107,2540	107,2540	107,2540	107,2540	107,2540	107,2540
h12	15,0000	21,5566	15,0000	15,0000	15,0001	15,0001	15,0000	15,0154
h13	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	2,0000	0,0000	0,0000	0,0000
h22	2,0000	2,0000	3,3303	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
h33	2,0000	14,1623	2,0000	3,4270	12,0001	2,0001	2,0000	2,0000
h44	6,0000	10,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,4189
Coef. Corr	0,5862	0,5792	0,5695	0,5819	0,4409	0,4679	0,4327	0,6529
Qobs.	144,8600	144,8600	144,8600	144,8600	144,8600	144,8600	144,8600	144,8600
Qsim.	84,6542	96,6060	96,3667	98,6179	64,7660	83,5893	32,9884	13,3825
Func. Obj	142,3650	156,1300	216,7310	210,4670	7,7327	42,3100	0,5342	0,5117

Anexo 11 - Parâmetros usando o modelo TANK MODEL com 1 reservatórios para a bacia hidrográfica do rio Mamuaba/ dados diários e mensais.

Modelo com 1 reservatório para o rio Mamuaba																	
Dados Diários									Dados Mensais								
Parâmetro	Função 1		Função 2		Função 3		Função 4		Função 1	Função 2	Função 3	Função 4	Função 1	Função 2	Função 3	Função 4	
	Explic.	Implic.	Explic.	Implic.	Explic.	Implic.	Explic.	Implic.									Explic.
alfa11	0,2972	0,1110	0,2390	0,1993	0,1950	0,1391	0,2972	0,1319	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
alfa12	0,0176	0,0062	0,0089	0,0082	0,0118	0,0059	0,0076	0,0059	0,0130	0,0130	0,0130	0,0130	0,0050	0,0130	0,0050	0,0050	0,0300
alfa13	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
beta1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
h11	436,6210	287,4283	427,7470	422,6024	174,8395	289,4595	436,6211	289,4995	600,0000	600,0000	600,0000	600,0000	600,0000	600,0000	600,0000	501,1642	600,0000
h12	15,0000	15,0000	15,0000	15,0000	15,0000	15,0000	15,0000	5,0000	22,0000	22,0000	22,0000	22,0000	22,0000	22,0000	22,0000	15,0000	22,0000
h13	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Coef. Corr	0,6784	0,8019	0,0846	0,7347	0,8258	0,8054	0,6784	0,8084	0,3224	0,6986	0,3240	0,6986	0,3240	0,6986	0,3231	0,6536	0,6536
Qobs.	535,9900	535,9500	535,9900	535,9900	535,9900	525,9900	535,9900	535,9900	49,9600	49,9100	49,9600	49,9600	49,9600	49,9600	49,9600	49,9600	49,9600
Qsim.	434,3690	466,5411	461,3620	449,6567	570,3600	464,4150	434,5690	464,4159	78,3994	86,7163	78,3994	86,7103	32,2966	86,7163	33,4656	86,7163	86,7163
Func. Obj	482,3910	430,8430	711,3320	569,9090	345,1110	271,2510	482,3910	271,2510	72,4209	556,5180	265,3150	208,8430	15,9338	56,8431	1,2123	1,9315	1,9315
Parâmetro	Explic.	Implic.	Explic.	Implic.	Explic.	Implic.	Explic.	Implic.									
alfa11	0,0065	0,0068	0,0000	0,0883	0,2227	0,1031	0,0081	0,0084									
alfa12	0,0149	0,0141	0,0137	0,0123	0,0100	0,0088	0,0146	0,0132									
alfa13	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
beta1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
h11	127,2353	129,3361	98,6247	426,9294	310,0120	326,9470	756,5090	86,2393									
h12	15,0000	15,0000	15,0000	15,0000	15,0000	15,0000	15,0000	15,0000									
h13	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
Coef. Corr	0,7656	0,7687	0,7201	0,7302	0,8218	0,7774	0,7798	0,7792									
Qobs.	575,5600	575,5600	575,5600	575,5600	575,5600	575,5600	575,5600	575,5600									
Qsim.	549,6800	544,4800	520,3329	500,7495	517,3600	499,4746	560,6856	530,4997									
Func. Obj	573,2450	561,4090	913,8190	827,4580	284,5220	309,8160	1,3128	1,2422									

Anexo 12 - Parâmetros usando o modelo TANK MODEL com 1 reservatórios para a bacia hidrográfica do riacho Salobro / dados diários

Modelo com 1 reservatório para o rio Salobro								
Dados Diários								
Parâmetro	Função 1		Função 2		Função 3		Função 4	
	Explic.	Implic.	Explic.	Implic.	Explic.	Implic.	Explic.	Implic.
alfa11	0,2140	0,3144	0,3140	0,3140	0,3120	0,3120	0,3120	0,3140
alfa12	0,0743	0,0070	0,0618	0,0618	0,0780	0,0780	0,1191	0,0000
alfa13	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
beta1	0,8364	0,0000	1,0000	1,0000	0,9942	0,9942	0,8385	0,5310
h11	107,2540	107,2540	107,2540	107,2540	107,2540	107,2540	107,2540	107,2540
h12	15,0000	21,6631	15,0000	15,0000	15,0000	15,0010	15,0000	15,0025
h13	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Coef. Corr	0,4882	0,6484	0,5699	0,6485	0,3086	0,3086	0,4784	0,5455
Qobs.	144,8600	144,8600	144,8600	144,8600	0,3563	11,0000	144,8600	144,8600
Qsim.	77,7741	101,5866	95,0597	95,0597	19,5665	19,7840	90,9957	83,7751
Func. Obj	179,6790	125,8240	216,7820	182,0610	5,7390	5,7794	0,5741	0,5635

Anexo 13 – Parâmetros usando o modelo SMAP para a bacia hidrográfica do rio Maruabá/ dados mensais.

Dados Mensais								
Parâmetro	Função 1		Função 2		Função 3		Função 4	
	Explic.	Implic.	Explic.	Implic.	Explic.	Implic.	Explic.	Implic.
Kd	0,2109	0,4983	0,4990	0,4995	0,5000	0,4685	0,5000	0,5000
Kb	0,9728	0,8796	0,9888	0,9040	0,9900	0,9900	0,0520	0,9516
Ks	0,0000	0,0501	0,0000	0,2643	0,0000	0,1480	0,0000	0,0573
Kss	0,9404	0,9153	0,9452	0,9853	0,9331	0,9393	0,9545	0,1321
Kcap	0,0500	0,0500	0,0300	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500
Ksub	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
Rpmáx	0,0199	0,7701	8,9747	0,0026	0,0203	1,2349	0,0000	0,0239
Rssmáx	993,9786	1406,8000	280,8040	2,9427	591,8474	1106,0000	987,7159	987,7257
Coef. corr	0,6008	0,6051	0,5146	0,4479	0,5372	0,5562	0,5511	0,5954
Qobs	51,8900	11,0000	11,0000	11,0000	11,0000	51,8900	51,8900	51,8900
Qsim	52,1220	51,0900	50,4802	43,3015	46,2635	42,3224	45,2570	44,7471
Func. Obj	12,2731	11,1052	41,6705	65,7679	5,5924	3,0601	0,7212	0,6492