



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
ÁREA DE RECURSOS HÍDRICOS

RELATÓRIO

Título:

**Avaliação da disponibilidade hídrica da barragem
São João do Cariri**

Relatório do Estágio Supervisionado
Estagiária: Dayse Silva Luna
Orientador: Raimundo Sérgio Santos Góis
Período: Novembro/1998 a Março/1999

Campina Grande, Março de 1999

Biolo
alpa
SP

ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Título:

Avaliação da disponibilidade hídrica da barragem São João do Cariri

Estagiária:

Dayse Silva Luna
Dayse Silva Luna

Orientador:

Raimundo Sérgio Santos Góis
Raimundo Sérgio Santos Góis

Período:

Novembro/1998 a Março/1999



Biblioteca Setorial do CDSA. Agosto de 2021.

Sumé - PB

SUMÁRIO

Lista de Tabelas	04
Lista de Figuras	05
Resumo	06
Capítulo I – Introdução	07
Capítulo II – Análise de Sistemas de Recursos Hídricos	08
2.1 Introdução	08
2.2 Gestão dos recursos hídricos	08
2.3 Gerenciamento dos recursos hídricos	09
2.4 Planejamento dos recursos hídricos	09
2.5 Os modelos de simulação	09
2.5.1 Considerações gerais	09
Capítulo III – Descrição da região	11
3.1 Localização	11
3.2 A Bacia Hidrográfica	11
3.3 Pluviometria e evaporação	11
3.4 Umidade relativa e velocidade do vento	14
3.5 Temperatura	14
3.6 Insolação	14
3.7 Relevo	14
3.8 Solo	14
3.9 Clima	14
3.10 Vegetação	15
3.11 Geologia	15
3.12 Divisão da Bacia do Paraíba	15
Capítulo IV – Avaliação da Disponibilidade Hídrica Superficial	17
4.1 Considerações Gerais	17
4.2 Determinação do volume afluente	19
4.3 Dados hidrológicos	20

4.4 Cálculo dos dados de vazão	22
4.5 O modelo matemático utilizado	22
4.6 Estudo dos deflúvios	22
4.7 Definição da Capacidade do açude e da Curva de Garantia	26
Capítulo V – Resultados	31
Capítulo VI– Conclusão	32
Capítulo VII – Referências bibliográficas	33

Lista de Tabelas

Tabela 4.1 – Evaporação mensal média (mm) observada em Tanque Classe A na cidade de Sumé.

Tabela 4.2 – Altura-cota-área-volume.

Tabela 4.3 – Relação dos postos pluviométricos utilizados no estudo.

Tabela 4.4 – Precipitações médias mensais (mm) da bacia hidrográfica da barragem São João do Cariri (Método de Thiessen).

Tabela 4.5 – Valores dos parâmetros do modelo Tank Model utilizados neste estudo.

Tabela 4.6 – Dados de lâmina escoada mensal (mm) observados no posto fluviométrico de Gangorra (Sumé).

Tabela 4.7 - Lâminas escoadas (mm) mensais geradas pelo modelo Tank Model.

Lista de Figuras

- Figura 3.1 – Divisão de bacias hidrográficas do Estado da Paraíba, com destaque para a bacia do rio Taperoá.
- Figura 3.2 – Municípios inseridos na bacia do rio Taperoá e localização da barragem São João do Cariri
- Figura 3.3 – Divisão de bacia hidrográficas do Estado da Paraíba
- Figura 4.1 – Lâminas observadas versus lâminas geradas pelo modelo Tank Model.
- Figura 4.2 – Curva das vazões regularizáveis com 100% de garantia para diversos volumes do reservatório.
- Figura 4.3 – Curva de garantia da barragem São João do Cariri para um volume de $10.000.000 \text{ m}^3$.
- Figura 4.4 – Curva de garantia da barragem São João do Cariri para um volume de $8.000.000 \text{ m}^3$.
- Figura 4.5 – Curva de garantia da barragem São João do Cariri para um volume de $6.000.000 \text{ m}^3$.

RESUMO

Entre os recursos naturais do Estado da Paraíba, os recursos hídricos são fundamentais tanto para o atendimento das demandas populacionais, quanto como indutores da geração de empregos nos meios rurais. Devido ao escassez dos recursos hídricos, este merece uma atenção ampla para serem bem gerenciados.

Neste estudo pretende-se considerar a disponibilidade hídrica do reservatório no sentido que não seja comprometidos valores maiores que a potencialidade.

A partir do levantamento do açude e informações relevantes, pretende-se ter uma estimativa da potencialidade e da vazão regularizável do açude São João do Cariri, situado na bacia do rio Taperoá, através de simulações feitas com dados hidrológicos e de cota, área e volume do reservatório.

Os valores a serem extraídos das curvas de garantia indicam as vazões médias uniformes, regularizáveis, com certo nível de garantia, que podem ser retiradas do reservatório para determinados fins.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

No setor dos recursos hídricos, têm-se observado que nos últimos anos tem havido um incremento na defasagem entre oferta e demanda hídrica. A crescente demanda hídrica, principalmente de água de boa qualidade tem imposto aos técnicos do setor a necessidade de obter soluções cada vez mais elaboradas.

Entre os recursos naturais do Estado da Paraíba, os recursos hídricos são fundamentais tanto para o atendimento das demandas populacionais, quanto como indutores da geração de empregos nos meios rurais. Devido aos escassos recursos hídricos se merece uma atenção ampla para serem bem gerenciados.

A avaliação quantitativa total das disponibilidades hídricas no Estado, compreende os segmentos das disponibilidades hídricas superficiais e subterrâneas.

Neste estudo propõe-se, a partir de estudos hidrológicos da barragem São João do Cariri, a definição da capacidade do reservatório e a determinação da vazão regularizável.

A disponibilidade hídrica do açude foi avaliada através da simulação da operação do reservatório com base no balanço hídrico deste manancial no decorrer do tempo, dessa forma foi definida a curva de garantia mensal.

CAPÍTULO II

ANÁLISE DE SISTEMAS DE RECURSOS HÍDRICOS

2.1 INTRODUÇÃO

A análise de sistemas de recursos hídricos consiste em decompor qualquer problema de planejamento e operação de sistemas de recursos hídricos em cinco etapas:

- definição dos objetivos;
- formulação de medidas quantitativas dos objetivos;
- geração de alternativas de solução;
- quantificação das alternativas;
- solução da alternativa ótima [BATH et al. 1987].

A água é um bem de consumo final ou intermediário na quase totalidade das atividades humanas e de relevante valor para a promoção da melhoria da qualidade de vida da sociedade. A evolução da sociedade diversificou o uso da água, aumentaram-se o número tanto dos objetivos, econômicos, sociais e ambientais, como dos usos, tais como, irrigação, geração de energia, abastecimento urbano e rural, piscicultura, recreação, industrial e diluição de esgotos.

2.2 GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A gestão dos recursos hídricos é uma atividade complexa de natureza multidisciplinar e intersetorial, voltada à formulação de princípios e diretrizes, ao preparo de documentos orientadores e normativos, a estruturação de sistemas gerenciais e à tomada de decisões que têm por objetivo final promover o inventário, uso, controle e proteção dos recursos hídricos.

A complexidade da gestão dos recursos hídricos é o fator principal, para um estudo aperfeiçoado. Num futuro bem próximo tal complexidade deverá ser aumentada substancialmente por diversas causas, entre elas:

- desenvolvimento econômico;
- aumento populacional;
- expansão da agricultura;
- pressões regionais;
- mudanças tecnológicas e sociais;
- urbanização, etc.

2.3 GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Segundo Tucci (1993), o gerenciamento dos recursos hídricos engloba o conjunto de ações governamentais destinadas a regular o uso e o controle dos recursos hídricos e avaliar a conformidade da situação corrente com os princípios doutrinários estabelecidos pela política dos recursos hídricos.

No gerenciamento dos recursos hídricos é de suma importância a existência de uma legislação, um conjunto confiável de informações e modelos de avaliação e decisão. Um instrumento fundamental para o gerenciamento é a cobrança pelo uso da água, existindo algumas iniciativas que sugerem a criação de mercados de águas, onde os detentores de direitos de uso poderiam negociá-la. Tal idéia, para tornar-se aplicável, deve ser sustentada por um bom arcabouço jurídico-institucional.

O gerenciamento é promovido pelas ações do poder público que visam à adequação dos usos, controle e proteção das águas às necessidades sociais. O verdadeiro gerenciamento dos recursos hídricos implica levar em consideração os usos múltiplos da água e os usos múltiplos do solo nas suas bacias hidrográficas.

2.4 PLANEJAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS

O Planejamento dos recursos hídricos, parte integrante da gestão, busca a eficiência econômica e a flexibilidade operacional, de forma a adequar e conciliar as intervenções humanas (demandas) aos sistemas de recursos hídricos (disponibilidades). Tem-se por objetivo a alocação da água entre os múltiplos usos, possibilitando a obtenção dos máximos benefícios econômicos e sociais.

No processo de planejamento hídrico deve-se levar em consideração dois tipos de usos da água: os conflitantes, os quais concorrem pelo mesmo recurso, por exemplo irrigação e abastecimento urbano e os complementares, nos quais uns geram recursos para outros, por exemplo geração hidrelétrica e regularização de vazões.

2.5 OS MODELOS DE SIMULAÇÃO

2.5.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Durante os últimos 20 anos, um dos mais importantes avanços feito no campo da Engenharia de Recursos Hídricos foi o desenvolvimento e adoção das técnicas de otimização e simulação para planejar, projetar e gerenciar os complexos sistemas de recursos hídricos. A análise dos complexos sistemas de recursos hídricos, geralmente, envolve centenas de variáveis de decisão e restrições, as quais tornam necessário o uso de técnicas desenvolvidas no campo operacional e do gerenciamento.

No caso de estudo de reservatórios, conforme Yeh (1985), a escolha dos métodos de avaliação depende das características do sistema de reservatórios considerados, dos dados avaliados e dos objetivos e restrições especificadas, os quais possibilitarão a opção por uma ou combinação das técnicas enumeradas a seguir:

- a) Programação Linear;
- b) Programação Dinâmica;
- c) Programação Não-linear;
- d) Simulação.

No presente trabalho, sugere-se a utilização do processo de simulação, a qual é definida como uma técnica de modelagem usada para aproximar a situação física de uma realidade computacional, representando as características mais usuais do sistema por equações algébricas. A simulação caracteriza-se por:

- a) Conjunto finito de decisões possíveis de acordo com as alternativas propostas;
- b) Grande flexibilidade na resposta do sistema;
- c) Facilidade no trato dos diversos cenários propostos e novos que poderão acontecer;
- d) Ser uma ferramenta onde a sua eficiência depende da experiência e do poder de iniciativa do modelador.

CAPÍTULO III

DESCRIÇÃO DA REGIÃO

3.1 LOCALIZAÇÃO

O Estado da Paraíba, no Nordeste do Brasil, limita-se a leste com o Oceano atlântico, ao norte com o Estado do Rio Grande do Norte, a oeste com o Estado do Ceará e ao sul com o Estado de Pernambuco.

O Estado da Paraíba situa-se entre a latitude $6^{\circ}02'$ e $8^{\circ}49'$ S e longitude $30^{\circ}47'$ e $38^{\circ}46'$ W e abrange 56.400 km^2 .

3.2 A BACIA HIDROGRÁFICA

A bacia do rio Taperoá faz parte do conjunto das quatro sub-bacias do rio Paraíba (Taperoá, Alto, Médio e Baixo Paraíba), conforme pode ser observado na figura 3.1. Esta bacia situa-se na zona central do Estado da Paraíba, drena uma área de 5.454 Km^2 e se limita com as bacias do Espinharas e Seridó a oeste, com a do Alto Paraíba ao sul, com as bacias do Seridó e Curimataú ao norte, e com a bacia do Médio Paraíba a leste. Seu principal curso d'água é o rio Taperoá, de regime intermitente, que nasce na parte oriental da Serra de Teixeira e desemboca no rio Paraíba, na bacia hidráulica do açude de Boqueirão (Açude Presidente Epitácio Pessoa). O rio Taperoá tem como afluentes os rios São José dos Cordeiros, Floriano, Soledade e Boa Vista, e os riachos Carneiro, Mucum, e da Serra.

A região da bacia do Taperoá contém, total ou parcialmente, os municípios de Serra Branca, Juazeirinho, São José dos Cordeiros, Gurjão, Taperoá, São João do Cariri, Soledade, Cabaceiras, dentre outros, conforme figura 3.2.

3.3 PLUVIOMETRIA E EVAPORAÇÃO

Com base nas isoietas dos totais médios anuais registrados no estado da Paraíba (Varejão, 1987), pode-se concluir que as precipitações médias anuais na bacia do rio Taperoá variam entre 350 e 600 mm.

Da mesma forma que ocorre no restante da região do Estado da Paraíba, os totais pluviométricos anuais se concentram em um período compreendido entre dois e quatro meses, quando ocorrem aproximadamente 65% do total das chuvas anuais.

Os valores dos totais anuais da evaporação, medidos em tanque Classe A na bacia do rio Taperoá, variam entre 2.500 e 3.000 mm. Estes valores decrescem de oeste para leste.



Figura 3.1 - Divisão de bacias hidrográficas do estado da Paraíba, com destaque para a bacia do rio Taperoá



Figura 3.2 - Municípios inseridos na bacia do rio Taperoá e localização da barragem São João do Cariri

3.4 UMIDADE RELATIVA E VELOCIDADE DO VENTO

Na bacia do Taperoá a umidade média mensal varia entre 60 e 75%. Os valores máximos ocorrem no mês de junho, e os mínimos no mês de novembro.

A velocidade do vento na bacia do Taperoá não varia de forma significativa. Os valores médios oscilam entre 2 e 4 m/s.

3.5 TEMPERATURA

As temperaturas mínimas observadas na bacia do rio Taperoá variam de 18 a 22°C, sendo que estes valores ocorrem nos meses de julho e agosto. Os mínimos extremos acontecem nas zonas mais altas do planalto da Borborema.

As temperaturas máximas na bacia do rio Taperoá variam entre 28 e 31°C, sendo que os valores extremos ocorrem entre os meses de novembro e dezembro.

3.6 INSOLAÇÃO

A duração efetiva do dia (número de horas de sol) na bacia do rio Taperoá apresenta uma variação nos valores médios mensais da seguinte forma: entre os meses de janeiro e julho, ocorre uma insolação que varia entre 7 e 8 horas diárias; entre agosto e dezembro a insolação está compreendida entre 8 e 9 horas diárias.

3.7 RELEVO

A bacia do Taperoá está contida na escarpa oriental do Planalto da Borborema, nas extensas áreas pediplanadas sertanejas do interior do Estado.

Observa-se na área da bacia uma região dissecada, com os níveis mais altos superiores a 600 metros, em um relevo ondulado, forte ondulado e em algumas áreas também montanhoso. As fotografias 2.1 e 2.2 mostram uma vista geral da bacia hidrográfica do rio Taperoá, na região próxima à barragem (São João do Cariri).

3.8 SOLO

O tipo de solo predominante na bacia do rio Taperoá é o Bruno Não Cálcico, que cobre todo o cristalino existente na área de abrangência da bacia. Detecta-se também a existência de solos Litólicos, Solonetz Solodizado, Regossolos e Cambissolos. Os três últimos ocorrem principalmente nos municípios de Taperoá, Juazeirinho e Soledade.

3.9 CLIMA

Segundo a classificação de Köppen, na bacia do rio Taperoá o clima é do tipo Bsh, caracterizado por ser semi-árido quente, onde as precipitações médias na grande maioria da área se situa em torno de 400 mm. A estação seca é bastante longa, alcançando um período de 8 a 9 meses.

3.10 VEGETAÇÃO

Na bacia do rio Taperoá predominam as vegetações naturais de Caatingas hiperxerófila, hipoxerófila, floresta caducifólia e subcaducifólia.

3.11 GEOLOGIA

A área é composta quase que totalmente por rochas magmáticas e metamórficas do precambriano.

A parte principal constituem os metasedimentos das formações Caicó e Seridó do precambriano mais novo, principalmente gnaiss, metarcanos, xisto micáceo, filitos, paranfibolitos e quartzito. Ambas formações são resumidas, muitas vezes, como série Ceará. Dentro da formação Caicó acentuam-se, em grande parte, calcário em forma lenticular. Tanto a formação Caicó, como também Seridó, são parcialmente migmatizados, de maneira que uma diferenciação não é, em muitos casos, possível. Na sela de Camalau – Coxixola há afloramentos de migmatitos altamente metamórficos do complexo pre-Caicó.

3.12 DIVISÃO DA BACIA DO PARAÍBA

A Paraíba está dividida nas seguintes bacias hidrográficas, conforme apresentado na figura 3.3:

- Bacia do Alto Piranhas;
- Bacia do Médio Piranhas;
- Bacia do Rio Piancó;
- Bacia do Rio Espinharas;
- Bacia do Rio do Peixe;
- Bacia do Rio Seridó;
- Bacia do Jacú
- Bacia do Curimataú;
- Bacia do Taperoá;
- Bacia do Alto Paraíba;
- Bacia do Médio Paraíba;
- Bacia do Baixo Paraíba;
- Bacia do Rio Mamanquape;
- Bacia do Gramame-Mamuaba
- Bacia do Miriri
- Bacia do Estiva
- Bacia do Camaratuba

PLANO DIRETOR DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DA PARAÍBA
ESTADO DA PARAÍBA
BACIAS HIDROGRÁFICAS

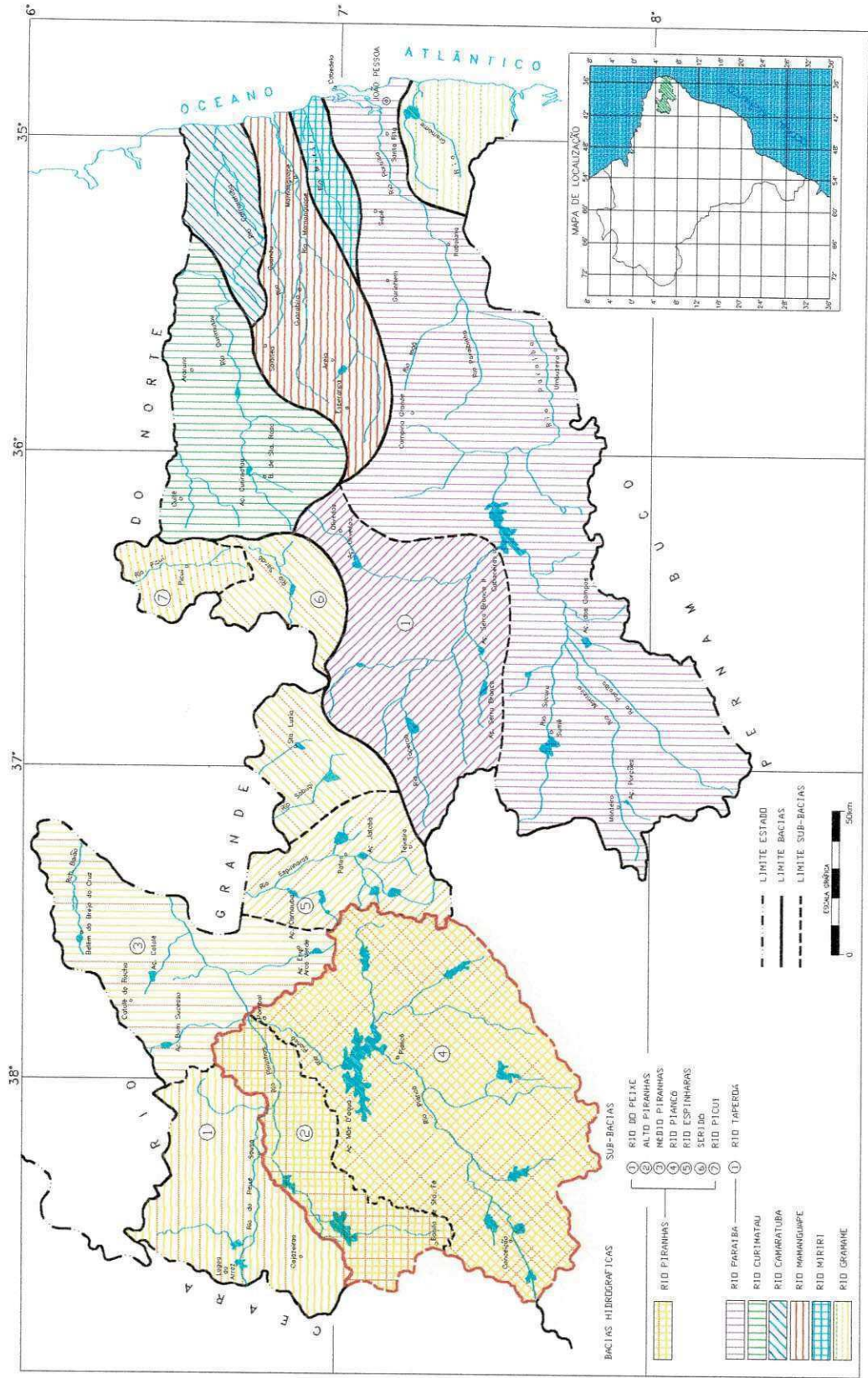


Figura 3.3 - Divisão de Bacias Hidrográficas do Estado da Paraíba.

CAPÍTULO IV

AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL

4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

De uma maneira geral, as disponibilidades hídricas superficiais de uma bacia hidrográfica compreendem as parcelas dos recursos de água que podem ser prontamente aproveitadas e portanto disponíveis para diversos fins. Neste trabalho, as disponibilidades hídricas superficiais são consideradas como as parcelas de água represadas nos açudes ou reservatórios, possíveis de serem aproveitadas através de regularização ou retiradas. Fica evidente que a disponibilidade hídrica de um açude não seria simplesmente a capacidade máxima de acumulação do mesmo, já que o volume que se pode dispor no reservatório varia ao longo do tempo, em função das entradas e saídas d'água do manancial.

O volume acumulado em um reservatório varia ao longo do ano, e de ano para ano, conforme variam as precipitações pluviais de sua bacia de drenagem. Considerando que a principal fonte de contribuição para a acumulação de água nos açudes depende diretamente da precipitação e também, que esta é uma variável aleatória, pode-se concluir que os resultados da avaliação das disponibilidades hídricas dos açudes não podem ser expressos em termos absolutos e portanto devem ser associados a uma determinada frequência de ocorrência ou nível de garantia.

A disponibilidade hídrica do açude pode ser avaliada através da metodologia clássica de simulação da operação mensal do reservatório, com base no balanço hídrico deste manancial no decorrer do tempo. A simulação mensal do balanço hídrico do reservatório possibilita definir a CURVA DE GARANTIA MENSAL que permite estabelecer a vazão para o aproveitamento com uma dada garantia.

A dinâmica do processo do balanço hídrico mensal pode ser sintetizada através da seguinte equação:

$$V_i = V_{i-1} + VA_i + VP_i - VE_i - VQ_i \quad (4.1)$$

onde:

V_{i-1} = Volume de água armazenado no reservatório no final do mês $i-1$ em m^3 ;

V_i = Volume de água armazenado no reservatório no final do mês i em m^3 ;

VA_i = Volume de água afluente ao reservatório, decorrente do escoamento superficial da bacia de contribuição, durante o mês i em m^3 ;

VP_i = Volume de água precipitado diretamente sobre o espelho d'água do reservatório no mês i em m^3 ;

VE_i = Volume de água retirado do reservatório, decorrente das perdas por evaporação na bacia hidráulica em m^3 ;

VQ_i = Volume de água retirado do reservatório para suprir as possíveis demandas hídricas, durante o mês i em m^3 (volume regularizável).

Os volumes de água precipitados diretamente sobre o reservatório (VP_i) foram calculados através dos produtos entre as precipitações mensais e as áreas dos espelhos d'água do açude naqueles meses.

Os volumes perdidos por evaporação (VE_i) foram determinados em função das lâminas máximas mensais evaporadas, observadas em Tanque Classe A no posto localizado no município de Sumé (Tabela 3.1). Na utilização destes dados foi levado em consideração o coeficiente de passagem K_a , o qual relaciona o volume perdido no açude por evaporação com a lâmina evaporada no Tanque Classe A. Para a região semi-árida um valor conservador para este coeficiente é 0.75, o qual foi aplicado nos valores abaixo na sua utilização neste estudo.

Tabela 4.1 - Evaporação mensal média (mm) observada em Tanque Classe A na cidade de Sumé.

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Evap.	280.3	227.0	232.6	221.4	206.3	172.4	192.9	237.5	251.8	280.9	277.8	301.8

A água afluenta ao reservatório, decorrente do escoamento superficial da bacia de contribuição (VA_i) foi gerada para intervalos mensais para um período de 56 anos (672 meses). O processo de simulação ou geração dos escoamentos afluentes ao açude são detalhados no item 4.1.1.

As curvas altura-área-volume do reservatório (Tabela 4.2), cujos dados servem de base para o cálculo dos volumes: disponível; precipitado sobre o espelho d'água; e evaporado, em um dado mês, foram obtidas através do levantamento topográfico feito pela ATECEL. A capacidade máxima de acumulação e o volume inativo ou "morto" (informações imprescindíveis para as simulações de operação do reservatório), foram obtidas a partir destas curvas. No caso particular do açude São João do Cariri, considerou-se um volume morto igual a 10% de sua capacidade máxima, valor este frequentemente utilizado em estudos desta natureza.

Tabela 4.2 - Altura-cota-área-volume

ALTURA (m)	COTA (m)	ÁREA (m^2)	VOLUME (m^3)
0	474	0	0
1	475	2 048	1 024
2	476	31 556	42 808
3	477	86 145	142 745
4	478	163 330	316 782
5	479	260 523	579 419
6	480	375 030	943 709

7	481	504 055	1 421 259
8	482	644 696	2 022 228
9	483	793 946	2 755 330
10	484	948 694	3 627 830
11	485	1 105 726	4 645 548
12	486	1 261 721	5 812 858
13	487	1 413 256	7 132 685
14	488	1 556 803	8 606 508
15	489	1 688 728	10 234 359

Para a simulação mensal do balanço hídrico do reservatório faz-se necessário estabelecer uma condição de contorno relativa ao volume inicial V_{i-1} , correspondente ao primeiro mês da série temporal a simular. Para este estudo considerou-se V_{i-1} igual a **50%** da capacidade do reservatório, relativo ao início do mês de janeiro do primeiro ano da série simulada. Na simulação, através da equação 4.1, poderá ocorrer que o volume calculado em cada mês (V_i) seja maior do que a capacidade máxima de acumulação do reservatório, definida através de sua curva altura-área-volume. Neste caso, a diferença entre V_i e a capacidade máxima do açude é igual ao volume sangrado no mês i correspondente (VS_i). Quanto ao volume útil do reservatório, este corresponde à diferença entre o volume máximo acumulável (cota do sangrador) e o volume morto. Quando o reservatório está com sua capacidade igual ou inferior ao seu volume morto, o volume útil é nulo e a vazão ou volume regularizável não é atendido. A metodologia adotada implicou em simular a operação mensal do reservatório para um período de 56 anos (672 meses – de 1936 a 1991). Optou-se por este período no presente trabalho por apresentar dados de precipitação mais confiáveis e com menos falhas, ao mesmo tempo que abrange diferentes regimes hidrológicos (chuvosos, secos e normais), sendo estatisticamente representativos da série estudada. Estes dados de precipitação são essenciais para a geração das vazões afluentes ao reservatório.

Para a simulação do balanço hídrico foram assumidas distintas vazões regularizáveis (Q), as quais permaneceram constantes durante cada processamento ao longo dos 672 meses. Neste estudo determinou-se, durante o período simulado, o número de meses que o reservatório não foi capaz de atender à referida vazão Q , os quais foram considerados como falhas no atendimento. A frequência (F) de ocorrência destas falhas foi obtida através da relação $F = (n/t)100(\%)$, sendo "n" o número de meses em que o reservatório não atende a vazão retirada (falha) e "t" o número total de meses simulados (672). O fator $(1-F)$ indica, portanto, a frequência ou nível de garantia (G) de atendimento da vazão Q . A repetição deste procedimento, para diversas vazões, permite definir a curva 'vazão regularizável x nível de garantia', chamada então de CURVA DE GARANTIA MENSAL.

4.2 DETERMINAÇÃO DO VOLUME AFLUENTE

Considerando a existência de postos fluviométricos com observação de dados de vazão, utilizou-se o modelo matemático Tank Model na simulação para extensão dos dados de vazão. Neste caso a série foi estendida para um período de 56 anos, que consiste numa série estatisticamente representativa em termos hidrológicos.

4.3 DADOS HIDROLÓGICOS

Para o desenvolvimento dos estudos hidrológicos necessários a este trabalho, dispõe-se de dados pluviométricos, fluviométricos e climáticos. Os dados pluviométricos, que consiste na pluviometria diária, foram obtidos do banco de dados da SUDENE, os dados de evaporação foram obtidos do Tanque Classe A da cidade de Sumé, e os dados fluviométricos do posto de Gangorra, município de Sumé, obtidos do banco de dados do DNAEE. A utilização de dados de evaporação e fluviometria da região do município de Sumé, justifica-se, principalmente, por se tratar de uma região com características hidrológicas semelhantes à região estudada.

Os dados pluviométricos utilizados na análise inicial, referem-se a pluviometria diária dos postos relacionados na tabela 4.3. A seleção dos postos localizados na vizinhança da área de estudo limitou-se àqueles com distância em torno de 30 km, devido a grande variação espacial da precipitação na região. O preenchimento das falhas dos dados pluviométricos a nível mensal, foi feito pelo método da regressão linear com base na ponderação regional, e a homogeneização dos mesmos pelo método do vetor regional, utilizando os dados dos postos apresentados na tabela supracitada. A seleção, preenchimento de falhas e homogeneização dos dados foi feita com base no programa desenvolvido em linguagem FORTRAN com esta finalidade, pela Área de Recursos Hídricos/DEC/CCT/UFPB/CAMPUS II. A tabela 4.4 mostra as precipitações médias mensais obtidas pelo método de Thiessen para a bacia do rio Taperoá na seção da barragem. +

Tabela 4.3 Relação dos postos pluviométricos utilizados no estudo.

CODIGO	NOME DO POSTO	LAT	LONG	ALT	ANOI	ANOF	ANOS
3846739	S. J. DOS CORDEIROS	-7.23	-36.49	610	1936	1991	56
3846894	S. J. DO CARIRI	-7.24	-36.32	445	1936	1991	56
3846969	SERRA BRANCA	-7.29	-36.4	450	1936	1991	56
3846475	STO. ANDRÉ	-7.13	-36.38	470	1936	1991	56
3846185	JUAZEIRINHO	-7.04	-36.34	570	1936	1991	56
3846231	SALGADINHO	-7.06	-36.5	410	1936	1991	56
3846434	TAPEROA	-7.12	-36.5	500	1936	1991	56
3847505	GURJAO	-7.16	-36.29	480	1936	1991	56
3845583	DESTERRO	-7.17	-37.06	590	1936	1991	56
3845289	PASSAGEM	-7.08	-37.04	340	1936	1991	56

Tabela 4.4 – Precipitações médias mensais (mm) da bacia hidrográfica da barragem São João do Cariri (Método de Thiessen).

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1936	43.1	89.5	1.3	16.0	25.2	67.4	14.1	0.3	0.1	0.0	0.6	0.4
1937	4.6	36.8	68.4	126.8	101.4	19.6	7.6	0.8	0.0	0.8	0.6	0.2
1938	6.5	4.7	47.7	80.8	52.1	13.7	5.0	7.1	1.8	1.0	1.6	7.3
1939	5.0	31.1	109.8	38.7	28.0	37.8	30.4	3.4	6.8	95.5	10.6	10.3
1940	104.8	118.1	147.7	133.6	122.7	31.1	4.9	4.4	5.7	0.1	1.0	3.8
1941	0.8	13.4	203.2	22.2	10.8	14.3	21.6	6.0	1.6	0.0	11.1	3.2
1942	3.1	12.7	21.9	60.9	25.7	33.8	10.2	6.6	2.8	10.7	0.8	38.7
1943	29.4	30.5	60.8	16.1	20.8	18.8	18.3	7.2	2.9	0.0	2.1	5.1
1944	35.6	10.3	71.4	151.3	32.2	22.6	30.2	4.1	10.0	2.2	4.1	10.8
1945	43.8	141.7	28.4	91.1	224.9	37.6	14.1	3.1	1.7	3.7	5.5	30.4
1946	35.3	26.8	66.0	83.5	30.1	28.5	5.8	3.4	0.8	0.0	20.3	22.6

1947	26.0	24.7	295.7	191.4	43.2	9.7	7.2	1.4	0.2	0.0	43.8	12.7
1948	1.2	11.4	264.9	141.9	80.8	53.3	57.5	11.0	1.7	2.3	0.6	4.1
1949	2.3	10.8	16.4	146.8	74.2	20.8	5.0	4.1	0.3	0.0	104.5	0.1
1950	25.1	10.6	100.6	260.9	22.1	1.1	6.6	2.9	0.8	15.3	0.9	6.7
1951	3.9	36.0	15.3	63.8	33.1	61.4	2.6	0.6	0.3	6.3	1.4	8.8
1952	0.3	27.2	142.1	48.2	19.0	14.3	1.2	0.8	0.5	1.7	0.8	23.0
1953	0.0	14.1	16.2	30.3	20.6	33.4	10.0	1.0	0.2	0.4	64.7	10.2
1954	6.3	34.5	65.5	63.7	44.6	28.6	3.9	1.5	0.0	0.0	14.9	3.3
1955	64.0	81.3	141.4	129.4	15.4	1.1	1.5	1.1	0.3	3.1	0.0	5.4
1956	0.3	73.5	55.3	60.2	43.7	41.0	7.8	11.2	8.6	0.0	0.7	2.0
1957	34.5	8.5	251.1	137.8	12.4	10.3	0.6	0.0	0.4	0.0	3.3	0.4
1958	1.2	22.1	59.8	3.6	50.5	8.3	31.1	2.5	4.1	0.3	0.4	11.4
1959	13.9	153.7	13.7	9.8	16.3	63.7	2.5	20.4	1.0	0.5	0.4	9.6
1960	7.8	31.4	310.0	44.2	30.1	12.7	9.1	0.6	0.2	0.0	0.0	0.4
1961	73.3	74.6	196.0	27.8	52.0	5.9	19.1	3.2	5.8	0.0	0.0	0.0
1962	19.3	32.1	67.1	38.9	39.8	34.6	3.0	4.3	3.6	1.2	4.0	5.9
1963	33.0	96.0	114.0	82.3	16.6	9.7	2.9	1.0	1.0	0.2	11.1	141.4
1964	61.5	85.0	131.6	106.4	51.1	39.7	53.3	5.1	15.5	1.0	0.7	7.2
1965	40.9	23.0	132.5	262.5	41.5	89.8	12.7	5.9	1.6	10.2	0.1	18.0
1966	48.7	114.9	6.7	115.7	41.0	46.1	50.0	1.7	3.2	0.0	24.1	3.8
1967	8.0	97.1	161.7	209.1	117.7	22.8	24.7	7.5	3.2	0.7	0.5	37.6
1968	40.6	35.4	199.4	114.1	90.0	15.5	5.8	0.9	0.5	0.4	0.5	4.2
1969	74.8	16.7	166.5	94.0	37.8	60.6	81.2	11.7	1.6	1.9	0.2	5.5
1970	87.1	22.4	73.9	60.8	5.6	11.6	34.3	5.1	0.1	6.8	3.9	1.3
1971	7.5	39.6	139.6	190.0	54.7	26.2	24.8	9.1	3.2	13.2	0.4	0.0
1972	6.4	97.1	53.1	54.2	20.7	21.8	14.9	64.3	1.6	0.0	0.0	72.9
1973	35.3	27.2	129.8	202.5	65.3	16.7	21.8	3.7	7.5	22.7	2.2	2.6
1974	118.8	158.8	154.4	273.7	71.9	44.8	32.7	2.1	4.1	0.2	11.6	30.7
1975	13.9	93.2	215.3	209.3	73.1	36.1	93.3	5.3	4.8	0.2	0.6	68.5
1976	12.9	118.0	140.4	58.2	34.3	6.8	7.1	4.3	1.9	38.3	18.8	11.4
1977	75.7	13.0	94.3	256.2	124.9	74.2	92.6	5.1	6.1	0.0	0.9	11.3
1978	1.7	111.2	180.3	104.4	133.6	54.8	44.2	6.7	5.4	0.2	6.2	2.3
1979	43.9	82.4	59.1	49.5	64.2	11.9	15.1	0.1	12.1	0.2	22.1	0.6
1980	16.8	131.6	56.6	28.6	4.7	35.4	2.8	0.8	1.4	2.8	10.2	1.1
1981	60.5	9.9	316.5	45.4	18.6	7.3	1.3	0.3	0.4	0.0	18.9	23.5
1982	2.7	19.9	23.0	95.5	39.7	26.8	9.6	5.9	3.7	8.7	6.4	9.7
1983	21.6	135.4	75.0	16.3	13.7	9.9	5.1	16.4	0.0	0.7	1.1	0.1
1984	13.5	14.9	113.3	219.7	83.2	14.4	29.7	37.1	7.5	4.4	2.8	0.5
1985	72.6	365.4	215.4	354.2	24.9	65.0	20.1	7.9	4.4	0.5	2.8	32.8
1986	57.4	198.8	241.6	106.9	37.3	16.2	31.6	20.3	3.0	0.9	8.0	3.6
1987	27.4	46.4	212.9	37.6	12.1	19.1	9.4	1.9	0.0	0.0	0.0	2.0
1988	17.7	90.8	140.9	131.5	17.6	17.8	27.1	5.2	1.1	0.2	1.6	12.8
1989	22.1	14.8	100.9	195.1	50.0	35.0	69.3	14.4	2.4	1.3	5.0	121.5
1990	2.2	61.9	5.9	33.4	21.4	10.5	17.6	7.4	2.0	0.0	0.0	1.4
1991	8.0	50.7	174.6	45.2	50.7	7.5	7.4	10.0	1.3	0.0	3.0	0.0

4.4 CÁLCULO DOS DADOS DE VAZÃO

Para a obtenção dos dados de vazão necessários ao estudo lançou-se mão do modelo matemático de simulação hidrológica, que tem se constituído numa importante ferramenta no estudo dos processos hidrológicos, e são utilizados para resolver os mais diferentes problemas de engenharia relacionados à água.

4.5 O MODELO MATEMÁTICO UTILIZADO

O modelo matemático chuva-vazão de simulação hidrológica tem como objetivo gerar dados de vazão dispondo de dados pluviométricos, fluviométricos e evaporimétricos. A dificuldade na utilização desta metodologia está na identificação dos parâmetros específicos do modelo para a bacia hidrográfica. Vários são os modelos disponíveis com a finalidade prevista neste estudo. Entre os diversos modelos matemáticos existentes, utilizou-se o modelo chuva-vazão "Tank Model" devido a sua performance apresentada em várias aplicações no nordeste do Brasil (Góis e Suzuki, 1981; Diniz e Góis, 1993; Silva, 1993; e ATECEL, 1994).

Neste trabalho utilizou-se o Tank Model com a sua estrutura definida para regiões semelhantes às observadas neste estudo, onde a bacia hidrográfica é representada por dois tanks com aberturas laterais e no fundo, a partir dos quais ocorre a contribuição para o escoamento superficial e percolação para as camadas inferiores do solo respectivamente (ATECEL, 1994).

4.6 ESTUDO DOS DEFLÚVIOS

Para o cálculo das vazões afluentes ao reservatório (VA_i), determinou-se as lâminas escoadas mensais pelo modelo chuva-vazão Tank Model.

Através da expressão a seguir determinou-se a vazão afluente ao açude:

$$Q = L \cdot Ae \cdot c \quad (4.1)$$

onde:

Q = vazão afluente ao açude (m^3/s);

L = lâmina escoada mensal gerada (mm);

Ae = área efetiva de contribuição (Km^2);

c = constante que converte de volume mensal para vazão em m^3/s .

Para determinação das lâminas usando o modelo Tank Model utilizou-se o conjunto de parâmetros apresentados na tabela 4.5, os quais foram obtidos no processo de calibração utilizando os dados de vazão do posto fluviométrico de Gangorra (tabela 4.6).

Tabela 4.5 - Valores dos parâmetros do modelo Tank Model utilizados neste estudo.

H1	H2	H3	A1	A2	A3	B1	B2	KE
282.81	126.69	372.98	0.632	0.376	0.442	0.135	0.213	0.44

Tabela 4.6 – Dados de lâmina escoada mensal (mm) observados no posto fluviométrico de Gangorra (Sumé).

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1976	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	6,3	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1977	0,2	0,0	0,0	1,5	0,0	0,3	35,6	29,8	0,7	0,5	0,1	0,1
1978	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	23,0	8,8	2,2	0,3	0,2	0,1	0,0
1979	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	1,5	0,5	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0
1980	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fonte: SUDENE “Bacia Representativa de Sumé, Primeira estimativa dos recursos de água”, Série Hidrologia nº 14, Recife 1982.

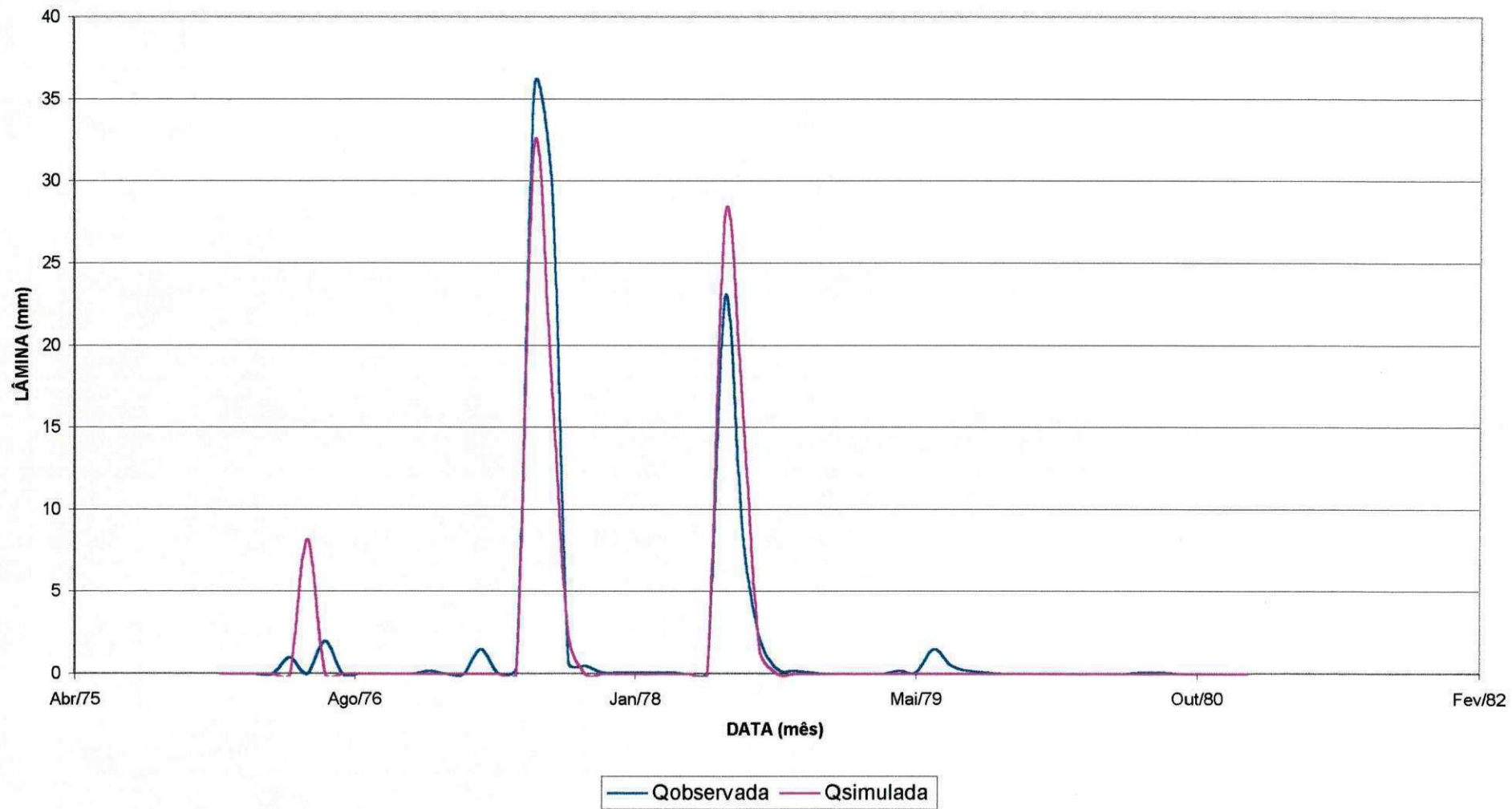
Tabela 4.7 – Lâminas escoadas (mm) mensais geradas pelo modelo Tank Model.

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1936	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1937	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1938	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1939	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1940	0.0	0.0	18.1	23.8	23.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1941	0.0	0.0	28.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1942	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1943	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1944	0.0	0.0	0.0	9.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1945	0.0	5.6	0.0	0.0	39.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1946	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1947	0.0	0.0	71.8	74.7	10.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1948	0.0	0.0	51.9	43.4	17.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1949	0.0	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1950	0.0	0.0	0.0	54.2	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1951	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1952	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1953	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1954	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1955	0.0	0.0	5.5	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1956	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1957	0.0	0.0	46.7	39.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1958	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1959	0.0	10.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1960	0.0	0.0	86.2	8.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1961	0.0	0.0	26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1962	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1963	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5
1964	0.0	0.0	1.8	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

1965	0.0	0.0	2.1	74.4	9.4	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1966	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1967	0.0	0.0	16.5	51.4	35.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1968	0.0	0.0	27.3	20.9	10.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1969	0.0	0.0	14.9	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1970	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1971	0.0	0.0	4.8	38.5	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1972	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1973	0.0	0.0	1.1	41.4	10.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1974	0.0	15.9	31.2	123.7	18.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1975	0.0	0.0	35.4	64.4	21.8	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1976	0.0	0.0	15.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1977	0.0	0.0	0.0	50.4	37.7	14.3	14.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1978	0.0	0.0	28.1	17.7	25.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1979	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1980	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1981	0.0	0.0	92.8	8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1982	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1983	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1984	0.0	0.0	0.0	42.9	18.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1985	0.0	142.0	90.9	235.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1986	0.0	27.0	87.9	31.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1987	0.0	0.0	32.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1988	0.0	0.0	6.6	17.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1989	0.0	0.0	0.0	29.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1990	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1991	0.0	0.0	17.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

No processo de calibração do modelo Tank Model utilizou-se o algoritmo genético (Diniz e Góis, 1993) para determinação dos parâmetros ótimos do modelo e os dados de vazão citados acima (tabela 4.6). Os resultados obtidos são mostrados na figura 4.1. Nesta figura observa-se a coerência no comportamento dos valores simulados em relação aos observados. As lâminas mensais geradas pelo modelo Tank Model para o período 1936 a 1991 são apresentadas na tabela 4.7.

Figura 4.1 - LÂMINAS OBSERVADAS VERSUS LÂMINAS GERADAS PELO MODELO TANK MODEL



4.7 DEFINIÇÃO DA CAPACIDADE DO AÇUDE E DA CURVA DE GARANTIA

Com base na metodologia acima estabelecida e nos dados: lâmina escoada, tabela altura-área-volume, precipitação média mensal da bacia e evaporação mensal, foi simulada a operação do reservatório para diferentes demandas e diferentes volumes do reservatório. Na figura 4.2 é apresentada a relação entre vazões regularizáveis com 100% de garantia versus volumes acumuláveis. A análise desta curva mostra que é possível conseguir um ganho considerável de vazão com um aumento na capacidade de acumulação do reservatório. Nas figuras 4.3, 4.4 e 4.5 são mostradas as curvas de garantia da barragem São João do Cariri para volumes de 10.000.000, 8.000.000 e 6.000.000 m³, respectivamente.

O algoritmo desenvolvido para avaliação da disponibilidade hídrica está representado abaixo:

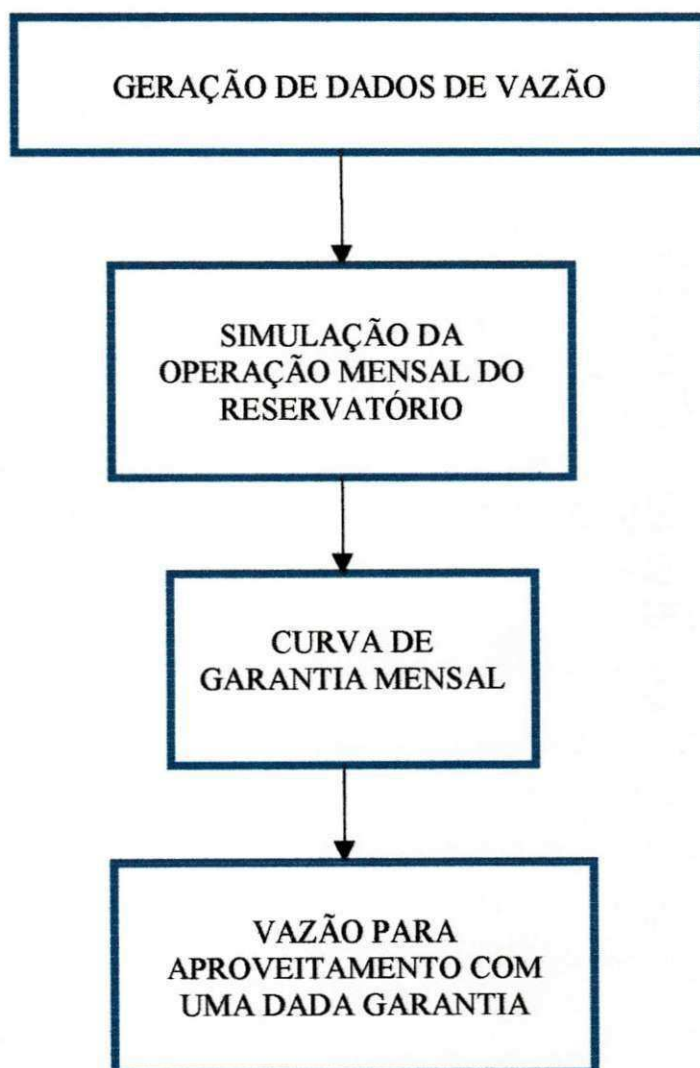


Figura 4.2 - CURVA DAS VAZÕES REGULARIZÁVEIS COM 100% DE GARANTIA PARA DIVERSOS VOLUMES DO RESERVATÓRIO

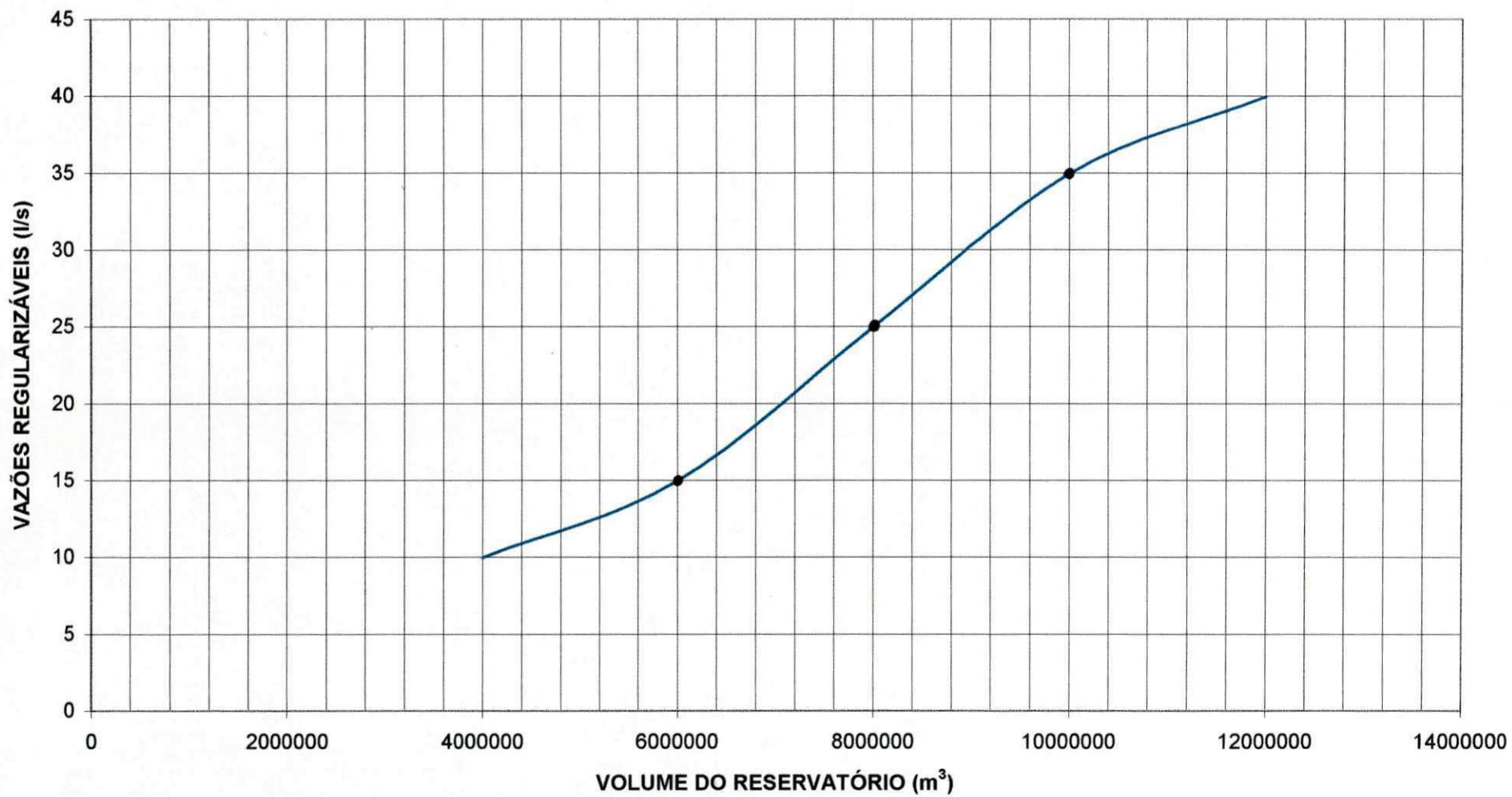


Figura 4.3 - CURVA DE GARANTIA DA BARRAGEM SÃO JOÃO DO CARIRI PARA UM VOLUME DE 10.000.000 m³

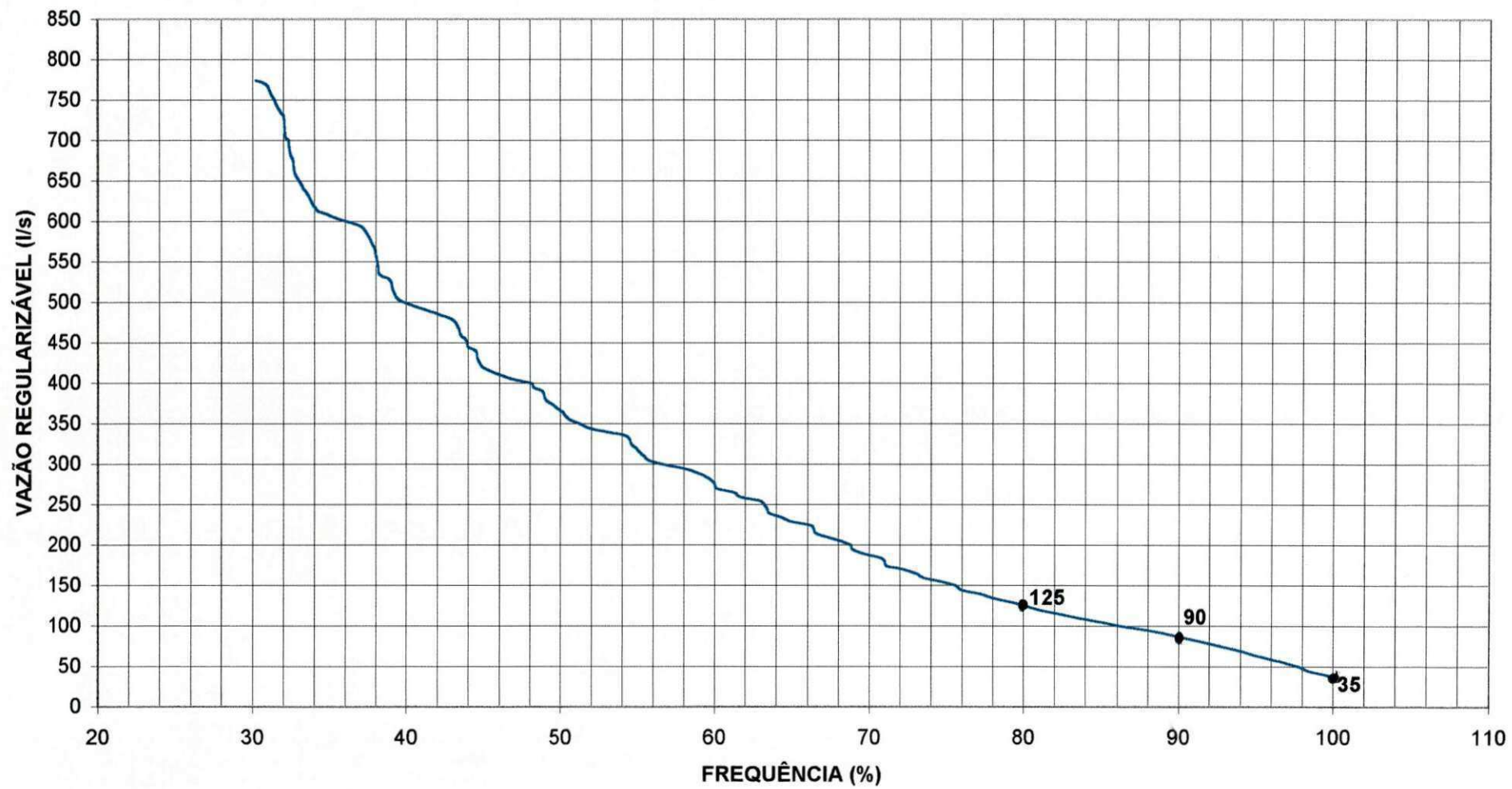


Figura 4.4 - CURVA DE GARANTIA DA BARRAGEM SÃO JOÃO DO CARIRI PARA UM VOLUME DE 8.000.000 m³

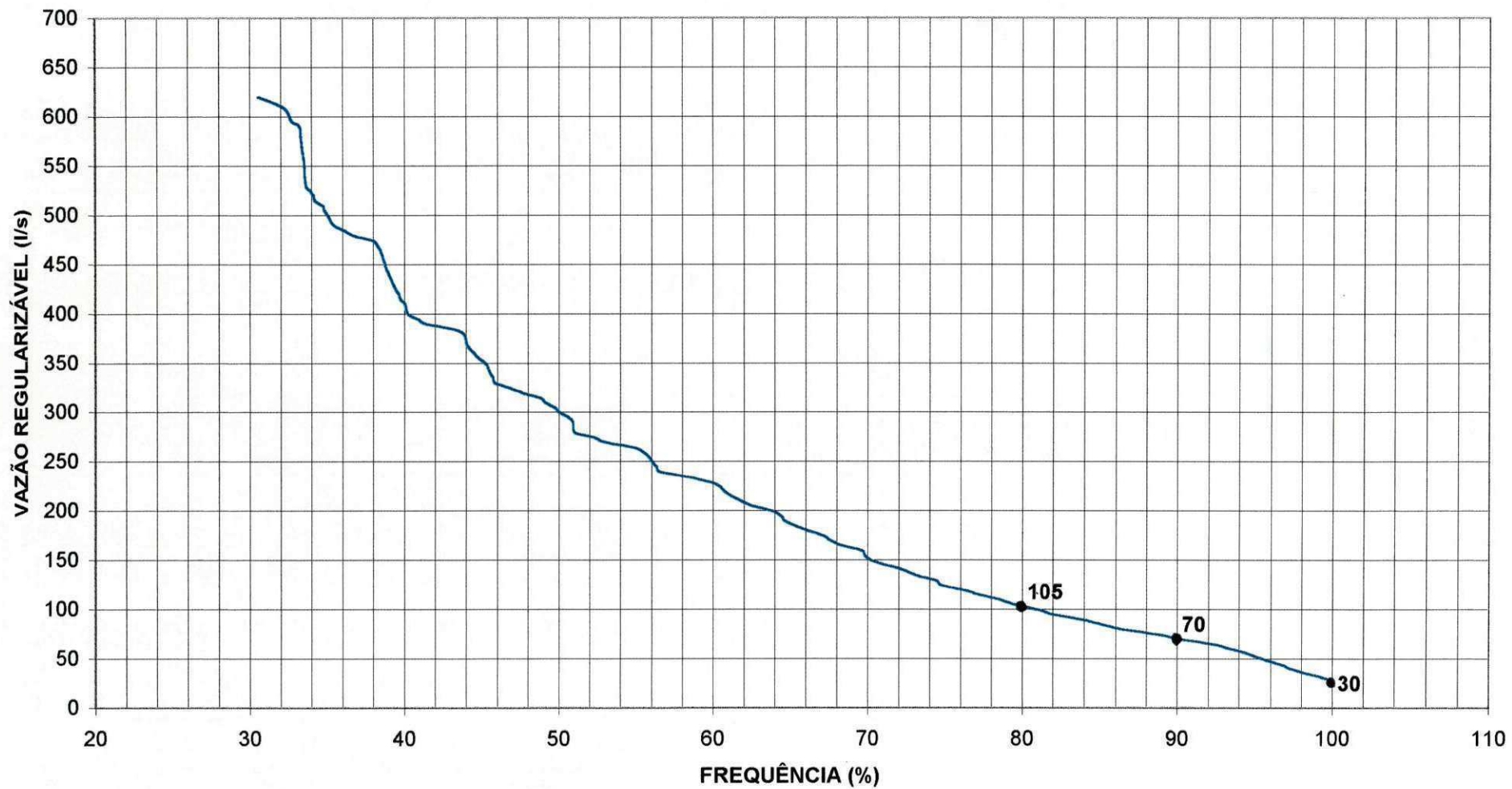
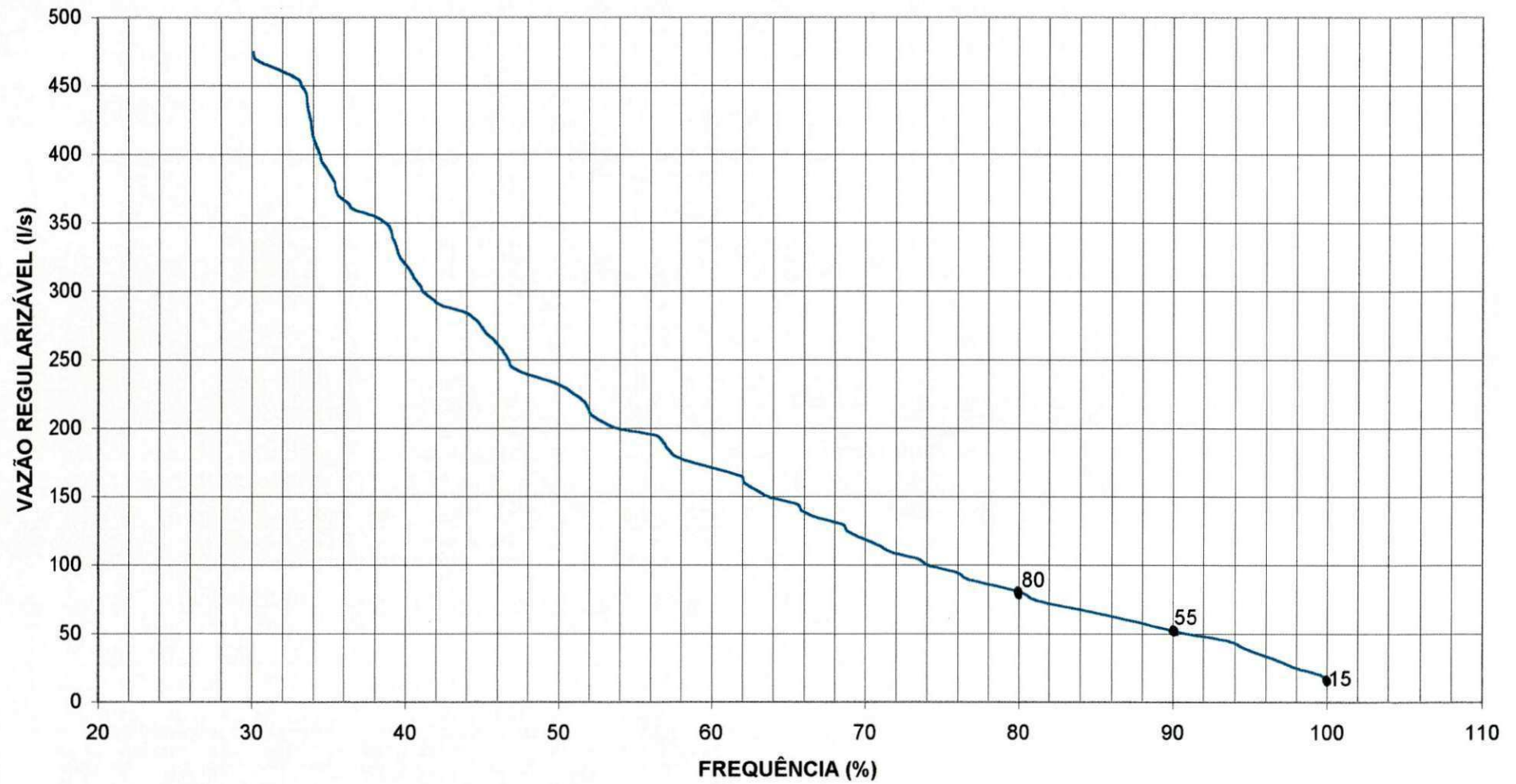


Figura 4.5 - CURVA DE GARANTIA DA BARRAGEM SÃO JOÃO DO CARIRI PARA UM VOLUME DE 6.000.000 m³



CAPÍTULO V

RESULTADOS

Analisando a figura 4.2 (Curva das vazões regularizáveis com 100% de garantia para diversos volumes do reservatório) constatou-se que é possível conseguir um ganho considerável de vazão com um aumento na capacidade de acumulação do reservatório. Para um volume de $6.000.000 \text{ m}^3$, temos vazão regularizável de 15 l/s; considerando um volume de $8.000.000 \text{ m}^3$ observamos vazão regularizável de 25 l/s e para $10.000.000 \text{ m}^3$ a vazão regularizável correspondente é de 35 l/s. Já para um volume de $12.000.000 \text{ m}^3$ não houve ganho considerável de vazão, isto é, com o acréscimo da capacidade do reservatório, não ocorre aumento significativo de vazão.

Nas figuras 4.3, 4.4 e 4.5 (Curva de garantia da barragem São João do Cariri para volumes de $10.000.000 \text{ m}^3$, $8.000.000 \text{ m}^3$ e $6.000.000 \text{ m}^3$, respectivamente) verificou-se que:

- Com volume de $6.000.000 \text{ m}^3$ tem-se vazão regularizável de 15, 55 e 80 l/s para 80, 90 e 100% de garantia, respectivamente.
- Com volume de $8.000.000 \text{ m}^3$ tem-se vazão regularizável de 30, 70 e 105 l/s para 80, 90 e 100% de garantia, respectivamente.
- Com volume de $10.000.000 \text{ m}^3$ tem-se vazão regularizável de 35, 90 e 125 l/s para 80, 90 e 100% de garantia, respectivamente.

Ou seja, para vazões regularizáveis com 80%, 90% e 100% de garantia, ocorre ganho gradativo de vazão, para uma mesma garantia, com o aumento no volume do açude.

CAPÍTULO VI

CONCLUSÃO

Para efeito de análise foram traçadas as curvas de garantia do reservatório São João do Cariri, considerando três diferentes capacidades máximas, quais sejam: 10.000.000 m³, 8.000.000 m³ e 6.000.000 m³. Nos gráficos das figuras 4.3, 4.4 e 4.5 são apresentadas as respectivas curvas, nas quais também se encontram indicadas as vazões regularizáveis com 80%, 90% e 100% de garantia. Através destas curvas pode-se verificar o ganho gradativo de vazão, para uma mesma garantia, com o aumento no volume do açude. Considerando o reservatório com uma capacidade máxima de 10.000.000 m³, as vazões regularizáveis, para os níveis de garantia de 80, 90 e 100%, que dão uma idéia da ordem de grandeza das descargas que poderiam ser retiradas continuamente do reservatório com as citadas garantias, são, respectivamente, 125 l/s, 90 l/s e 35 l/s (figura 4.3).

É importante ressaltar que os valores a serem extraídos das curvas de garantia indicam as vazões médias uniformes, regularizáveis, com certo nível de garantia, que podem ser retiradas do reservatório para determinados fins. A utilização destes dados, com vistas ao planejamento do uso da água, dependerá do emprego que se pretenda dar a este recurso.

A figura 4.2 apresenta o aumento da vazão com o acréscimo da capacidade do reservatório.

O estudo realizado é de suma importância no que diz respeito ao melhor aproveitamento dos recursos hídricos disponíveis, visando também futuras construções de obras hidráulicas que venham viabilizar o desenvolvimento da região.

CAPÍTULO VII

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **MOLLE, F., Geometria dos Pequenos Açudes.** Recife: SUDENE ,DPG. PRN. HME, 1994. 126 p. (Hidrologia, 29).
2. **MOLLE, F., Marcos Históricos e Reflexões sobre a Açudagem e seu Aproveitamento.** Recife: SUDENE ,DPG. PRN. HME, 1994. 193 p. (Hidrologia, 30).
3. **TEUBER, Wilfried e JOST, Hartmut F., Medições Hidrométricas na Bacia do Rio Paraíba (PB). – Anos hidrológicos de 1969/70 e 1970/71.** Recife,1973. SUDENE.
4. **ATECEL, SEPLAN/PB, Disponibilidade Hídrica Superficial,** in: Plano Estadual e Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos, 1994
5. **DINIZ, L. S.; Góis, R.S.S.--Aplicação de um algoritmo para calibração automática de modelos chuva vazão.--In: 10º SIMP. BRASILEIRO de REC. HIDRICOS, ABRH, Gramado, RS, Nov., 1993.--Anais.--Porto Alegre, v.3, p.116-125.**
6. **GÓIS, R. S. S.; Suzuki, K.--Runoff characteristics of small rives in northeast Brasil.-- In: proc. 29th Japanese conference on hydraulics, Tóquio, Japão, 1987.**
7. **McCUEN, R.H. A Guide to Hydrologic Analysis Using SCS Methods.** Practice-Hal, Inc, 1982
8. **SUGAWARA, M. - "Automatic Calibration of the Tank Model".** Hydrological Science Bulletin. Vol 24. N.3. 1979.
9. **MOLLE, F. e CADIER, E., Manual do pequeno açude,** SUDENE/ Orstorm, 1992.
10. **BATH, F. T.; POMPEU, C. T. ET AL.; Modelos para Gerenciamento de Recursos Hídricos.** Coleção ABRH de recursos hídricos, Vol. 1, 1987
11. **TUCCI, C. E. M., Hidrologia Ciência e Aplicação.;** Porto Alegre. Ed. Da Universidade: ABRH: EDUSP,1993.
12. **YEH, William W-G., Reservoir Management and operations models – A state-of-the Art Review –** Los Angeles, 1985.