

AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA IMPLANTAÇÃO DE RESERVATÓRIOS DE MONTANTE SOBRE A DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO AÇUDE SUMÉ

Cícero Aurélio Grangeiro Lima¹

Resumo – Neste trabalho, apresenta-se os efeitos da implantação desordenada de reservatórios a montante do açude Sumé, localizado no Semi-árida da Paraíba, na região do Cariri. O referido açude com capacidade máxima para 43 milhões de m³ foi construído pelo DNOCS na década de 50, com o objetivo de suprir as demandas de abastecimento do município de Sumé e dos perímetros irrigados Sumé (DNOCS) e Sucuru (SRH). Até a década de 60, o açude apresentava comportamento hídrico normal, geralmente com volumes acima da média histórica, chegando a sangrar em alguns anos. Atualmente, encontra-se sem condições sequer suprir a demanda da população de Sumé. A causa dessa situação é atribuída a implantação desordenada de reservatórios de pequeno e médio porte na sua bacia hidrográfica, causando uma redução em torno de 40% de sua área de contribuição.

Abstract – In this work, comes the effects of the disordered implantation of reservoirs to amount of the dam Sumé, located in the Semi-arid of Paraíba, in the area of Cariri. Referred him dam with maximum capacity for 43 million of m³ was built by DNOCS in the decade of 50, with the objective of supplying the demands of provisioning of the municipal district of Sumé and of the irrigated perimeters Sumé (DNOCS) and Sucuru (SRH). Until the decade of 60, the dam presented behavior normal, generally with volumes above the historical average, getting to bleed in some years. Now, it meets at least without conditions to supply the demand of the population of Sumé. The cause of that situation is attributed the disordered implantation of reservoirs of small and medium load in its basin, causing a reduction around 40% of its contribution area.

Palavras-Chave – gerenciamento de bacias, sustentabilidade hídrica, impactos de açudes.

¹ Consultor da UEGP/PB – SEMARH. Rua Cassimiro de Abreu, 250, edifício Pagannini, apartamento 808, Jardim Luna. CEP: 58.033-330; João Pessoa – PB, Brasil. Fone (83) 244-1562; e-mail: cicero-lima@uol.com.br

INTRODUÇÃO

A questão principal relacionada aos recursos hídricos refere-se a necessidade de se procurar evitar que a crescente escassez da água possa constituir obstáculo ao desenvolvimento sócio-econômico e, logicamente, a eventuais adoções de programas de racionamento. A minoração desses problemas só pode ser alcançada através da implantação de uma adequada política de recursos hídricos que vise não só um melhor aproveitamento da água disponível através do gerenciamento das águas, mas sobretudo por um criterioso planejamento de medidas de incrementação das disponibilidades hídricas e gerenciamento destes recursos em termos qualitativos e quantitativos.

As chuvas ocorrentes na região do Cariri Paraibano são de natureza bastante irregular temporal e espacialmente, com média anual de 400mm. A taxa média anual de evaporação na bacia é de 2.300 mm. A natureza geológica é caracterizada pelo Complexo Cristalino afetado por fraturas de direção, esforços tectônicos e atectônicos e idades diversas. As crescentes demandas de água para diversos usos setoriais, conferem a esta região um balanço hídrico anual negativo. Justifica-se portanto, como fundamentais ações de planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos sem as quais não se pode considerar um cenário de desenvolvimento sócio-econômico sustentável desejável para a região da bacia.

A falta de uma política de gerenciamento dos recursos hídrico no Estado até meados dos anos 90, fez com que diversas intervenções nas bacias hidrográficas fossem feitas sem qualquer controle por parte dos órgãos competentes.

A partir de 1996, com a instituição da Política Estadual de recursos Hídricos do Estado da Paraíba pela Lei Nº 6.308 e, posteriormente com a Lei Nº 6.544, de 20 de outubro de 1.997, com a criação da Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais – SEMARH, o Estado assume o controle no que se refere ao Planejamento e Gerenciamento dos seus recursos hídricos.

Entretanto, diversas intervenções foram constatadas, dentre elas, a na bacia hidrográfica do Rio Sucuru, onde se localiza o reservatório Sumé. A intervenção nessa bacia foi bastante discutida e criticada face às construções de pequenos e médios reservatórios à montante do mesmo, dos quais, o açude São Paulo, com capacidade de armazenamento de 17 milhões de metros cúbicos e uma área de contribuição de 192 Km², cerca de 26% da área da bacia de Sumé, condenando-o, a não mais atingir sua capacidade máxima de acumulação, 43 milhões de metros cúbicos.

Diante o exposto, este trabalho trata de uma avaliação do comportamento do referido reservatório, tomando como base, os estudos existentes na bacia hidrográfica do mesmo: estudo do consultor do ProÁgua (2.000) e estudos realizados pela ATECEL (1993 e 1994). O objetivo é de se

obter vazões regularizadas e suas respectivas garantias, quando se considera a bacia total de contribuição do reservatório e quando desta for descontada a área da bacia hidrográfica do açude São Paulo.

Investigação sobre o comportamento climático da região, principalmente, na climatologia dos postos Sumé e Prata situados na bacia hidrografia do açude Sumé, revelou dados importantes na avaliação das disponibilidades hídricas do reservatório.

CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA

LOCALIZAÇÃO

A bacia hidrográfica do açude Sumé está localizada na região Semi-árido do Estado da Paraíba, na microrregião denominada de Cariris Velhos, definida pelos paralelos 7° 28' e 7° 50' e pelos meridianos 37° 13' e 36° 49'. Situada no Rio Sucuru, nas proximidades da cidade de Sumé, possui uma bacia hidrográfica de 745,6 Km², que envolve áreas dos municípios de Sumé, Monteiro, Prata e Ouro Velho (Figura 1).

ELEMENTOS E FATORES CLIMÁTICOS

Segundo a classificação de Köppen, o clima da bacia hidrográfica está inserida na zona climática classificada com BSw^h, ou seja, semi-árido quente com estação seca atingindo um período que compreende de 9 a 10 meses e precipitações médias anuais em torno de 400mm.

As variações de temperatura atingem mínimas mensais de 18 a 22°C entre os meses de julho e agosto, e máximas mensais variando entre 28 e 31°C, nos meses de novembro e dezembro (Figura 2).

A umidade relativa do ar média mensal pode atingir de 60 a 75%, ocorrendo valores máximos, geralmente no mês de junho e mínimos no mês de dezembro.

A insolação apresenta as seguintes variações nas médias mensais, segundo os estudos do PDRH (1.997): de janeiro a julho – duração efetiva de 7 a 8 horas/dia e de agosto a dezembro – duração de 8 a 9 horas/dia. Na Figura 3 mostra o gráfico de variação dos valores médios mensais de horas de insolação para estação de Monteiro.

Valores de velocidade do vento na bacia não são relevantes, oscilando entre 3 e 4m/s. A evaporação média anual na região, medido em tanque Classe A, gira em torno de 2.300 mm, para

uma temperatura média anual de 24 °C. A variação média mensal de evaporação para estação de Monteiro está representada na Figura 4.

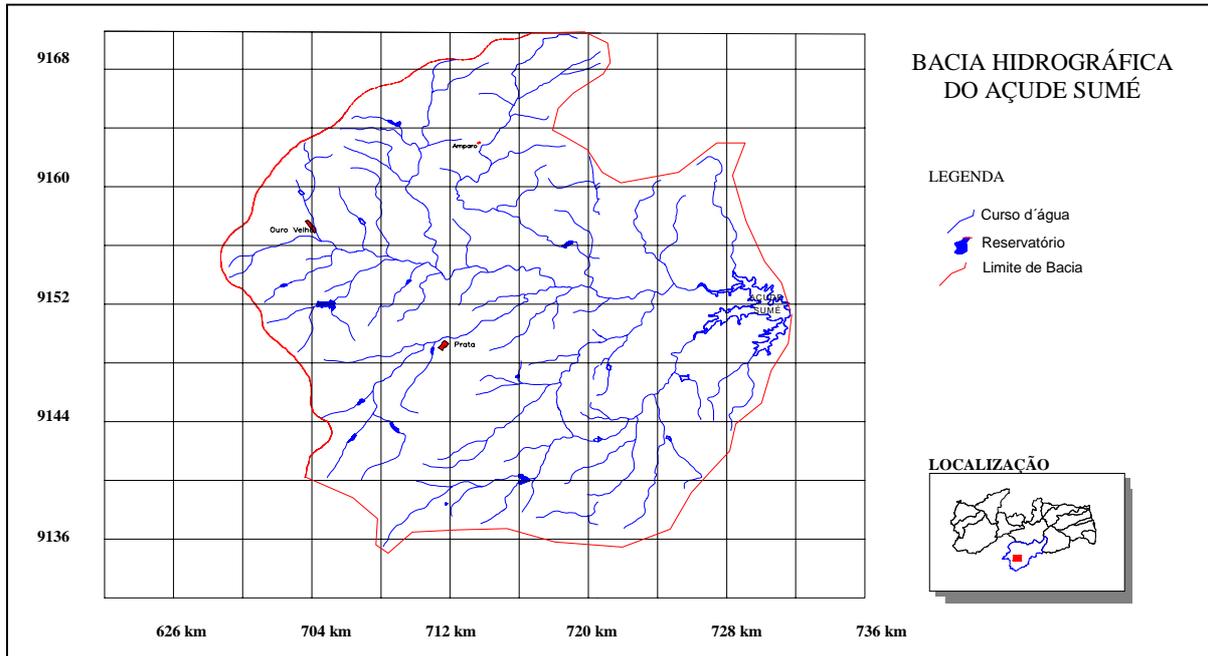


Figura 1 – Bacia hidrográfica do açude Smé

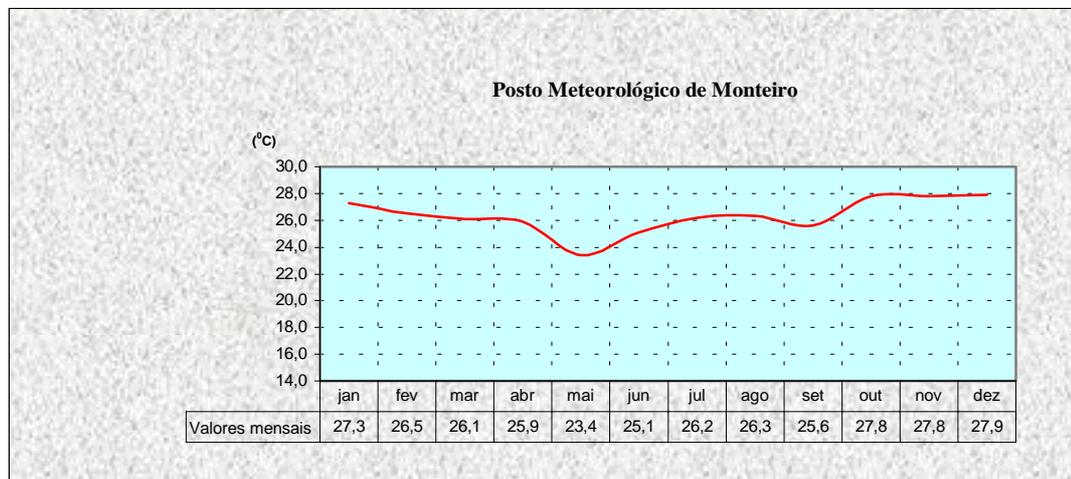


Figura 2 – Temperatura média mensal (Fonte: Climatologia da Paraíba)

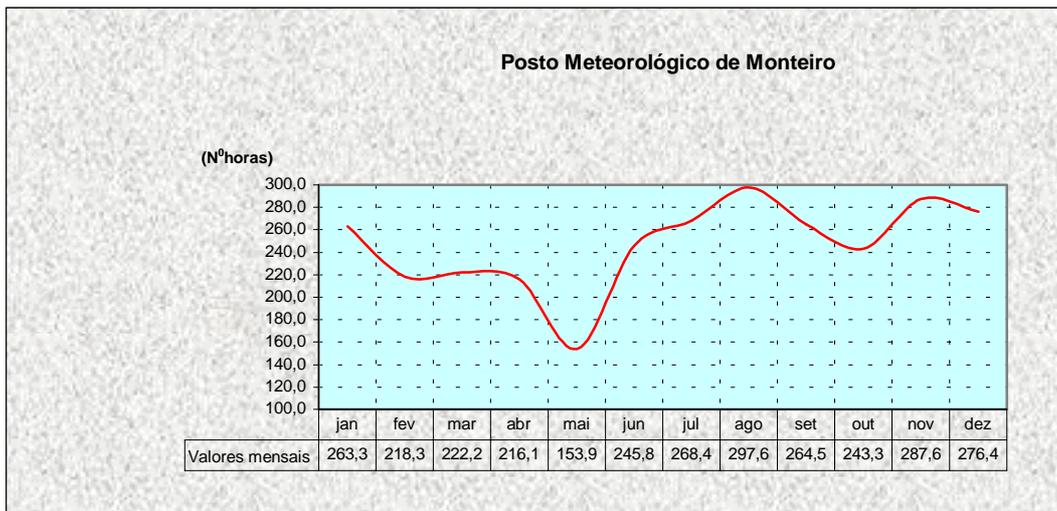


Figura 3 – Número médio de horas de insolação (Fonte: Climatologia da Paraíba)

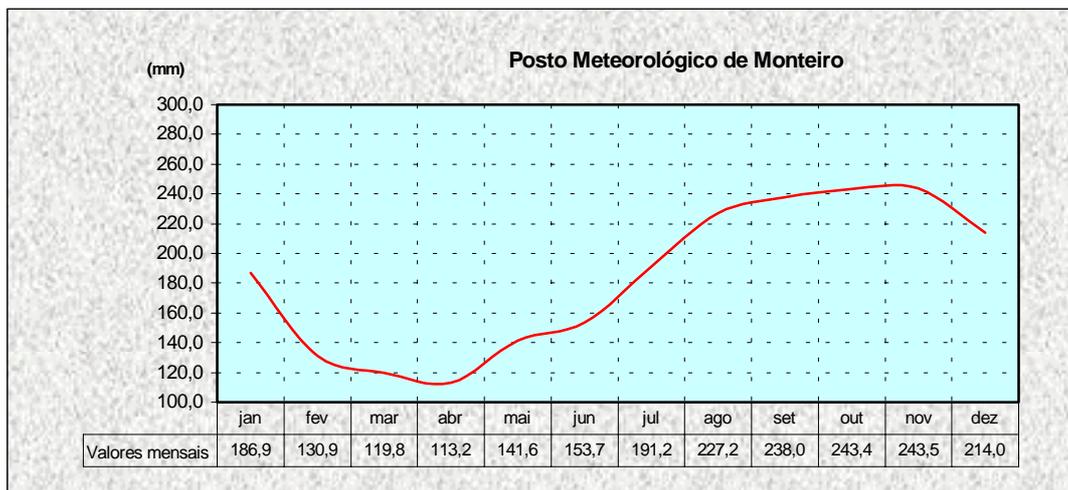


Figura 4 - Evaporação média mensal (Fonte: Climatologia da Paraíba)

VEGETAÇÃO E SOLOS PREDOMINANTES

A vegetação que predomina na bacia do açude Sumé é do tipo *Caatinga hiperxerófila, floresta cadufiforme e subcaducifólia*. Essa vegetação no conjunto tem porte arbóreo baixo e arbóreo arbustivo, caracterizada pela perda de folhagem no verão, exceto onde existe vegetação rasteira, constituída por herbáceos espinhosos, arbusto e aglomerados rasteiros.

As espécies mais comuns encontradas na região estudada, entre outras, são (PDRH, 1.997): Caroá Catingueira, Coroa de Frade, Mameleiro, Faveleiro, umbuzeiro, juazeiro, Mofumbo, Jurema, Pinhão Bravo e Xique-Xique.

Os solos predominantes são os *Brunos Não Cálcicos*, que cobrem todo cristalino existente na bacia do alto Paraíba, onde está inserida a bacia hidrográfica do açude Sumé. Estudo do tipo de solo a bacia hidrográfica do Rio Sucuru (Atecel, 1.993), revelam três grupos de solos:

Solos Pouco Desenvolvidos: associação de SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS (Re18) e AFLORAMENTOS DE ROCHA, associação de REGOSOL EUTRÓFICO (REe5) e AFLORAMENTOS DE ROCHA

Solos com Horizonte B Textural e Argila de Atividade Alta: associação de BRUNO NÃO CÁLCICO (NC1e NC7) e SOLOS LITÓRICOS, associação de BRUNO NÃO CÁLCICO, VERTISOL (NC10) e SOLOS LITÓRICOS;

Solos com Horizonte B Textural e Argila de Atividade Baixa: associação de PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EQUIVALENTE EUTRÓFICO (PE6), Solos Litólicos EUTRÓFICOS e AFLORAMENTOS DE ROCHA;

GEOLOGIA DA BACIA

A geologia da bacia rio Sucuru é um conjunto de rochas metamórficas e ígneas de idade Pré-cambriana, denominado de Complexo Migmatítico-Granítico, superposto por depósito sedimentares aluviais, de idade recente (Quaternária), cuja origem está ligada à dinâmica dos rios da bacia. Apresenta todo Complexo Cristalino afetado por fraturas de direção, esforços tectônicos e atectônicos e idades diversas. As aluviões são bem estratificadas, apresentando acamamento ora plano-paralelo, ora cruzado, este no domínio das areias finas, médias e grossas, ocorrentes na bacia.

DISTRIBUIÇÃO ANUAL DAS PRECIPITAÇÕES

O principal Sistema Meteorológico causador de chuvas na bacia do Alto Paraíba, onde está inserida a bacia do açude Sumé, é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), atuante nos meses de março e abril. O regime pluviométrico na bacia apresenta variações nos valores médios de 350 a 600mm. Nas proximidades da bacia do açude, existe uma região fechada em torno do município de Cabaceiras, conhecida como a região de menor índice pluviométrico do Brasil. Nessa região, a precipitação média anual gira em torno dos 400mm e o regime pluviométrico se concentra em apenas quatro meses, geralmente, entre os meses de março e maio.

ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS

USOS DO SOLO E RECURSOS HÍDRICOS

A bacia hidrográfica do açude Sumé está ocupada, em sua maior parte, por propriedades rurais de porte médio, com área variando entre 30 e 300ha, onde são desenvolvidas atividades de pecuária e agricultura, principalmente de subsistência, predominando o milho e feijão.

A pecuária compreende a criação de gado leiteiro, ovinos e caprinos que são alimentados pelo plantio de capim nas vazantes dos açudes, além de palma e sorgo.

Também se verifica nos terrenos de aluvião, o plantio de fruteiras como: mangueira, bananeira, cajueiro, etc, como também hortaliças. A utilização de prática de irrigação é restrita nessas propriedades.

A vegetação natural formada pela Caatinga Arbustiva, Arbórea, Arbórea-Arbustiva, caracterizada pela presença de espécies de pequeno e grande porte, está bastante devastada para aproveitamento na fabricação de carvão vegetal e aproveitamento das áreas devastada na agricultura, na formação de capineiras e no plantio de forrageiras.

Da análise qualitativa do escoamento superficial e drenagem utilizando as imagens de satélite TM/LANSAT foram definidos os seguintes parâmetros:

- Padrão de Drenagem – **Dendítrica**;
- Grau de Integração dos Canais – **Integração uniforme e integrado**;
- Densidade de Drenagem – **Alta**;
- Grau de Uniformidade - **Alto**; e
- Angularidade – **Alta**.

As imagens também foram utilizadas para identificação de reservatórios da bacia em estudo, para análise do grau de influência desses sobre as disponibilidades hídricas do açude Sumé. Na Tabela 3.1 estão os valores estimados em função do porte do açude detectado, com base nas análises e visita “in loco” feitas pela Atecel (1993).

Tabela 1 – Volumes estimados por classe de açude.

<i>Classe de açude</i>	<i>Nome do Açude</i>	<i>Volumes Estimados</i>
Grande Porte	São Paulo	21 milhões de m ³
Médio Porte	Boa Vista, Prata e Jatobá	11,9 milhões de m ³
Pequeno Porte (até 2 milhões de m ³)	Vários	31,2 milhões de m ³
Total		64,1 milhões de m³

HIDROLOGIA SUPERFICIAL

A avaliação das disponibilidades superficiais da bacia hidrográfica do açude Sumé foi realizada com base em estudos existentes, considerando-se dois aspectos:

- Rendimento médio da bacia; e
- Identificação de reservatórios e estimativa de suas capacidades

RENDIMENTO MÉDIO NA BACIA

O Rendimento de uma bacia hidrográfica é dada pela relação entre o volume escoado e o volume total precipitado na bacia. Nessa avaliação foram utilizados dados de quatro estudos existentes na bacia estudada. São eles:

- Estudo 1: “*Estudo Técnico Integrado sobre o Uso Múltiplo dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Sucuru*” – Atecel (1993);
- Estudo 2: “*Potencialidades Hídricas Superficiais do Estado da Paraíba*” – Plano Estadual e Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos – Atecel (1994);
- Estudo 3: “*Avaliação das Disponibilidades Hídricas*” – Plano Estadual e Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos – Atecel (1994); e
- Estudo 4: “*Adução do Congo: Informações e Análise Complementar*” – SEMARH (2000).

DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Após identificação dos postos existentes na região, análise prévia dos dados, consistência de dados e utilização do polígono de Thiessen, os estudos apresentaram as médias pluviométricas mostradas na Tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros estatísticos das séries de pluviometria média dos estudos

<i>Estudo</i>	<i>Período da série</i>	<i>Média de Thiessen (mm)</i>	<i>Valor Mínimo (mm)</i>	<i>Valor Máximo (mm)</i>
1	1934 – 1989	613,3	263,6	1.394,0
2 e 3	1963 – 1983	672,4	276,1	1.218,2
4	1917 – 1989	520,9	153,0	1.302,0

As séries pluviométricas dos estudos 2 e 3 serviram apenas como comparativo com relação aos estudos 1 e 4 e não entraram na análise estatística pois, apresentam séries curtas, menores do que 30 anos. Foram calculados os parâmetros do estudo 4 para o período igual ao do estudo 1.

As inferências estatísticas foram baseadas na série de dados do estudo 1, visto que os dados se encontram ajustados a Lei de distribuição de frequência. O teste de ajustamento utilizado foi o Kolmogoroff-Smirnov, ao nível de significância de 5%. O gráfico da Distribuição de Frequência Normal Ajustada e também a série pluviométrica utilizada se encontram em anexo.

Na Tabela 3 são mostrados alguns períodos de retorno associados às precipitações.

Tabela 3 – Períodos de Retorno associados às precipitações

<i>Precipitação média (mm)</i>	<i>Períodos de Retorno (anos)</i>
613,3	2
810,0	5
917,5	10
1.000	20
1.100	50
1.295	500
1.346	1.000

Fonte: Atecel (1993)

O Período de Retorno (**T**), definido como o tempo médio em anos para uma determinada chuva ser igualada ou superada, foi obtido da expressão:

$$T = 1 / [1 - P(x)] \quad (1)$$

Onde, P(x) é a probabilidade de alcance.

DADOS FLUVIOMÉTRICOS

Foram analisados os dados de vazão obtidos pelos estudos referidos anteriormente, onde se observou discrepâncias de resultados, principalmente entre os estudos 1 e 4. Os deflúvios médios, os modelos utilizados e os rendimentos médios estão mostrados na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores de deflúvios médios e rendimentos médios na bacia

<i>Estudo</i>	<i>Deflúvio Anual</i> (10 ⁶ m ³)	<i>Modelo Chuva- Vazão</i> <i>utilizado</i>	<i>Rendimento Médio</i> (%)
1	41,16	Curva Número (SCS)	7,63
2	41,12	Tank Model	7,68
3	26,75 *	Tank Model	7,77
4	71,06	Modhac	17,87

(*) – Descontada a área do açude São Paulo

O estudo 4, apesar de ter utilizado a série pluviométrica maior, apresentou o valor de rendimento discrepante em relação aos demais estudos, indicando que o modelo chuva-vazão utilizado não apresentou uma boa calibração para a bacia.

Na calibração do modelo chuva-vazão do estudo 1 foram utilizadas as estações fluviométricas de Gangorra, Umburana e Jatobá referentes aos anos de 1985 a 1980.

DISPONIBILIDADES HÍDRICAS DO RESERVATÓRIO

CONSIDERAÇÕES GERAIS

O reservatório de Sumé teve seu início de construção na década de 50 pelo DNOCS, para capacidade de acumulação de 43,107 milhões de metros cúbicos, com a finalidade de abastecimento e irrigação. Até meados dos anos 80, o reservatório apresentava comportamento hídrico normal, geralmente com volumes acima da média histórica, chegando a sangrar em alguns anos.

A partir de 1989 o reservatório entra no processo crítico, ficando com volume sempre abaixo da média histórica (Figura 5), provavelmente após as intervenções sofridas na sua bacia de drenagem, com construções desordenadas de açudes, dentre eles, o açude São Paulo, cuja capacidade de acumulação, segundo dados da Atecel (1993), ultrapassa os 20 milhões de m³.

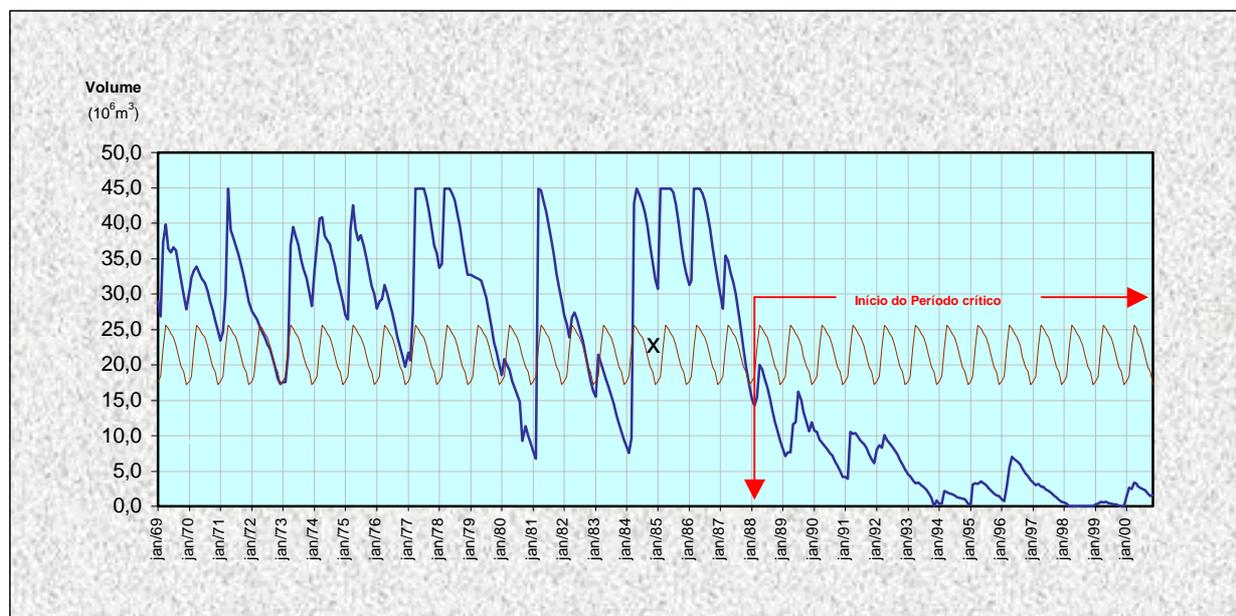


Figura 5 – Volumes observados e o início do período crítico (abaixo da média)

Na avaliação das disponibilidades hídricas do açude Sumé foram analisadas duas situações aos quais o reservatório seria submetido:

- Situação 1 – um ano sem ocorrência de chuva na bacia; e
- Situação 2 – dois anos sem ocorrência de chuva na bacia.

Com as informações anteriormente obtidas, foram estimadas as precipitações médias anuais necessárias para as situações preestabelecidas. As simulações do reservatório foram efetuadas para determinação do volume inicial, obtendo-se os seguintes valores: 8 milhões de m³ para a primeira situação e 18 milhões de m³ para a segunda.

A metodologia convencional para a avaliação da disponibilidade hídrica de um dado reservatório tem como ponto central a chamada equação do balanço hídrico, a qual contabiliza todas as aflúncias ou aportes aos reservatórios bem como todas as retiradas ou eventuais sangrias. Essa equação tem em geral a seguinte forma:

$$V_{r_i} = V_{r_{i-1}} + V_{a_i} + V_{p_i} - V_{e_i} - V_{s_i} - Q_{ab_i} \quad (2)$$

onde:

- V_{r_i} = volume armazenado no mês i
- $V_{r_{i-1}}$ = volume armazenado no mês i-1
- V_{a_i} = vazão afluente ao reservatório no mês i
- V_{p_i} = precipitação direta sobre o espelho d'água no mês i
- V_{e_i} = volume evaporado no reservatório no mês i
- V_{s_i} = volume sangrado no mês i
- Q_{ab_i} = volume regularizado ou retirado no mês i

A Figura 6, mostra a curva de esvaziamento do reservatório para as situações 1 e 2, considerando apenas a demanda atual de abastecimento para o município de Sumé, ou seja, 18 l/s. Os volumes mínimos no reservatório no início do período chuvoso são:

- Para um ano seco – volume mínimo de $8 \times 10^6 \text{ m}^3$;
- Para dois anos secos – volume mínimo de $18 \times 10^6 \text{ m}^3$

SITUAÇÕES E CENÁRIOS ANALISADOS

Para as duas situações: um ano e dois anos sem ocorrência de chuva, foram determinadas as precipitações médias na bacia, considerando dois cenários:

- Cenário I - todos os açudes secos no início do ano; e
- Cenário II – os açudes de montante com 20% da capacidade e o reservatório Sumé com o volume médio dos últimos 13 anos (4 milhões de m^3).

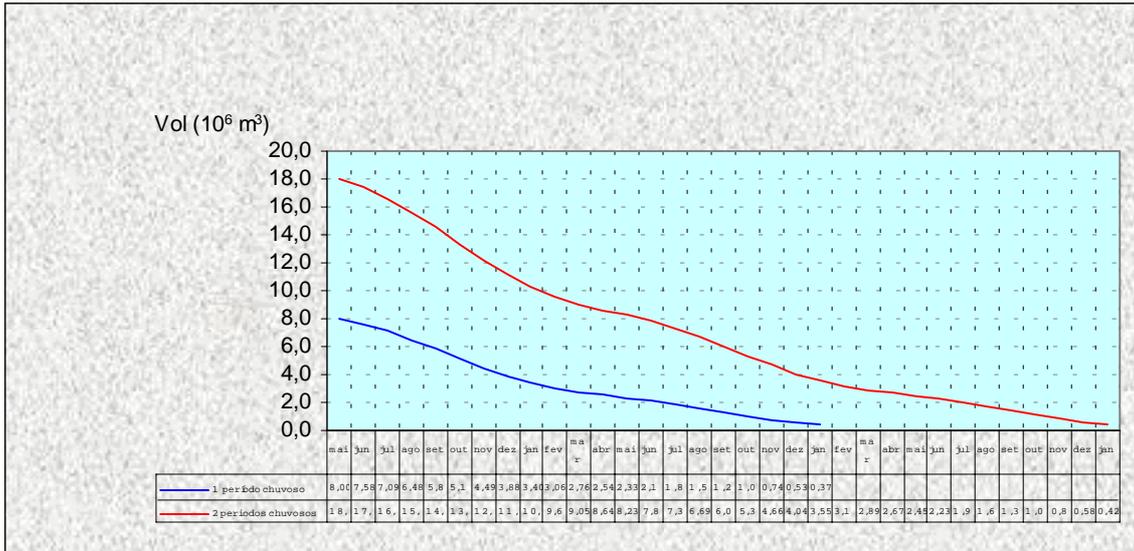


Figura 6 – Curvas de esvaziamento do açude Sumé para os dois cenários

PRECIPITAÇÃO MÉDIA NECESSÁRIA

A precipitação média necessária para satisfazer as condições foi calculada usando a seguinte expressão:

$$P = 10^5 \cdot V / A \cdot R \quad (3)$$

Onde,

P – é a precipitação média (mm);

V – é o volume necessário para satisfazer às condições estabelecidas (10^6 m^3);

A – é a área da bacia (Km^2); e

R – é o rendimento (%).

Os resultados obtidos estão na Tabela 5.

Tabela 5 – Precipitações necessárias e períodos de retorno para as duas situações simuladas para o reservatório de Sumé

<i>Situações</i>	<i>Cenários</i>	<i>Volumes necessários</i> (10 ⁶ m ³)	<i>Valores da precipitação</i> (mm)	<i>Período de Retorno</i> (anos)
1	I	72,10	1.274,8	300
	II	56,28	977,4	15
2	I	82,10	1.451,6	>1.000
	II	65,28	1.154,2	80

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo mostrou que a disponibilidade hídrica do reservatório Sumé encontra-se bastante reduzida devido às inúmeras intervenções (barramentos) sofridas na sua bacia de contribuição a partir de 1989, apresentando atualmente uma redução da ordem de 42% da área, reduzindo o volume médio afluente anual para 20 milhões de m³, cerca de 46% da capacidade do reservatório.

O volume médio acumulado no reservatório nos últimos 13 anos (1989/91), cerca de 4 milhões de m³, não consegue suprir o abastecimento da cidade de Sumé por um período superior a um ano. O quadro 3.5 mostra que a chuva média anual necessária para o reservatório supor um período seco, considerando que os açudes de montante estejam com 2% das suas capacidades no início do período chuvoso (cenário II), seria de 977,4 mm, cujo período de retorno correspondente é de 15 anos.

A situação ideal para reservatórios localizados nas regiões Semi-áridas é que estes suportem dois anos consecutivos secos, situação bastante comum nessa regiões. Nessas condições, o estudo mostrou que o volume mínimo do reservatório no início do período chuvoso (janeiro) é de 18 milhões de m³, necessitando de uma chuva média anual de 1.154,2 mm (cenário II), para um período de retorno de 80 anos.

Diante desses fatos, o reservatório de Sumé não apresenta, nas condições atuais, nível de garantia necessário para o abastecimento da população desse município, necessitando, portanto, que outras fontes de abastecimento sejam analisadas.

A solução apresentada pela SEMARH, que inclui este município na lista das localidades a serem atendidas pelo *Sistema Adutor do Congo*, apresenta-se como uma solução imediata e definitiva para o problema de abastecimento de água do município de Sumé.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATECEL (1993). Estudo Técnico Integrado sobre o Uso Múltiplo dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Sucuru.

ATECEL (1994a). Potencialidades Hídricas Superficiais do Estado da Paraíba. Plano Estadual e Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

ATECEL (1994b). Avaliação das Disponibilidades Hídricas. Plano Estadual e Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

SEMARH (2.000). Adutora do Congo: Informações e Análise Complementar.

PDRH (1997). Plano Diretor de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba. Diagnóstico: Aspectos Técnicos.