

O REGIME PLUVIOMÉTRICO E O DIAGNÓSTICO AMBIENTAL NA  
ÁREA DE INFLUÊNCIA DO RESERVATÓRIO DE JUTURNAÍBA, RJ\*

M.A. Quintela<sup>1</sup>  
S.B. Cunha<sup>2</sup>

**RESUMO**

Uma análise espacial-temporal das precipitações pluviiais é efetuada com a finalidade de reconstituir a situação anterior ao enchimento do Reservatório de Juturnaíba (RJ). Este enfoque é considerado fundamental, já que muitas das considerações sobre modificações climáticas ocasionadas pela formação de lagos artificiais são difíceis de serem substanciadas em função da falta de dados para confirmá-las.

**INTRODUÇÃO**

Os reservatórios artificiais criados pelas barragens dos rios interferem no meio físico diretamente através da inundação de grandes áreas. Paralelamente, não devem ser esquecidos os impactos ambientais causados, especialmente as modificações climáticas, incluindo temperatura, umidade, evaporação e velocidade dos ventos. Entretanto, podem ser consideradas especulativas quaisquer afirmações sobre a influência dos reservatórios no clima regional em áreas onde inexistem informações representativas das condições reinantes anteriores ao enchimento dos mesmos.

Neste sentido, e atendendo às finalidades estipuladas pelas resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que versam sobre a Elaboração dos Estudos de Impacto Ambiental, faz-se necessário, preliminarmente, a realização do Diagnóstico Ambiental.

\*Trabalho realizado sob os auspícios do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e Centro de Estudos e Pesquisas da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

<sup>1</sup>Bolsista de Aperfeiçoamento, CNPq.

<sup>2</sup>Professor Adjunto, Instituto de Geociências, UFRJ, Pesquisador CNPq.

Por sua vez, no caso específico da construção de reservatórios, o diagnóstico, assim como os próprios estudos comparativos, em nível macro ou micro-climático, das fases anteriores e posteriores ao enchimento, são limitados pela fraca densidade das redes de coleta existentes e pelos diferentes períodos e critérios de observação empregados pelas várias entidades.

Por outro lado, em função de suas exigências técnicas, tais reservatórios tendem a estabelecer-se em regiões menos densamente povoadas, as quais, via de regra, constituem áreas ainda mais carentes de informações.

Dessa forma, e face ao caráter recente que a obrigatoriedade dos estudos ambientais para a execução de projetos possui, geralmente o clima é alvo de análise na medida em que subsídios para o estudo da viabilidade e execução da obra de reservatórios em si, e não sob uma perspectiva ambiental.

Este é o caso do Reservatório de Juturnaíba, pertencente à Bacia do Rio São João, localizada entre as coordenadas 22°20' e 22°50' de latitude sul e 42°00' e 42°40' de longitude oeste no Estado do Rio de Janeiro (Figura 1). Sua construção visou ao abastecimento de água na Região dos Lagos, a qual concentra no período de verão um grande fluxo turístico, e à regularização das cheias do Rio São João. Como a obra foi realizada anteriormente às resoluções do CONAMA, não houve por parte do órgão responsável por sua construção (DNOS) uma preocupação específica com estudos ambientais.

É neste contexto que o presente trabalho procura contribuir para o diagnóstico das fases anteriores ao enchimento de reservatórios, tomando como foco de atenção o Reservatório de Juturnaíba, através da análise da distribuição espacial-temporal das precipitações, único elemento climático com disponibilidade de informações na área.

## **METODOLOGIA**

Na terminologia dos estudos ambientais, o conceito de Impacto Ambiental compreende, segundo Orea (1984), a diferença observada entre a situação final da evolução do ambiente com o projeto e a situação final sem ele (Figura 2).

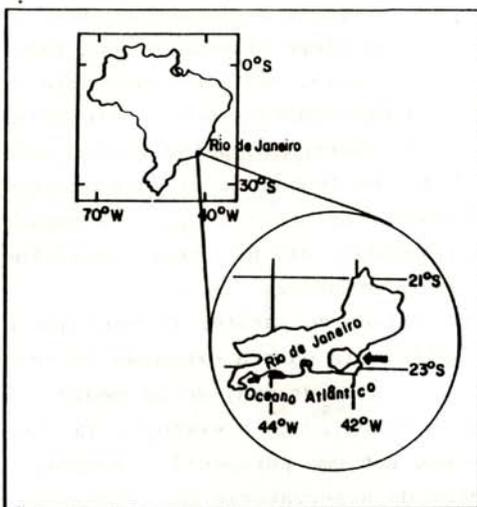


Figura 1 : Localização da Bacia do Rio São João.

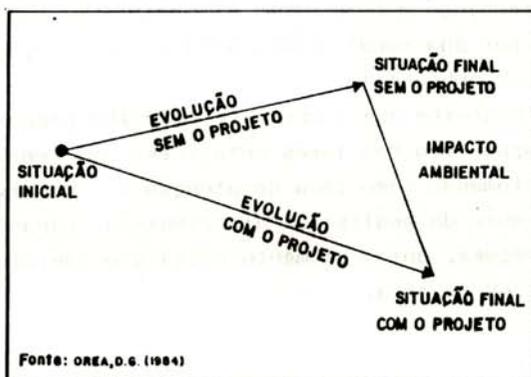


Figura 2: Esquema Gráfico de Impacto Ambiental.

Este é o esquema mais comum dos estudos empreendidos com o objetivo de prever os impactos a partir do conhecimento prévio da situação inicial.

Entretanto, quando já se dispõe da situação final com o projeto, trata-se mais da tarefa de identificar e quantificar os prováveis impactos, a qual, entretanto, é impraticável sem a reconstituição da situação inicial (diagnóstico), sob pena de minimizar ou realçar tais efeitos ambientais.

Estes efeitos, no que se refere às modificações climáticas advindas da construção de barragens, carecem de trabalhos de pesquisa e apoio metodológico. Entretanto, reconhece-se que a formação de lagos artificiais ou reservatórios afeta o clima das áreas próximas.

Neste sentido, Fernandez, Chacon e Melgarejo (1986) detectaram um sensível aumento na velocidade do vento após a formação do Reservatório Arenal (Costa Rica), o qual seria consequência da ação conjunta do efeito dinâmico do reservatório (aumento da velocidade do vento em função da diminuição da superfície de fricção) e do efeito termodinâmico do reservatório (onde o aquecimento diferencial da superfície líquida e da terra gerou uma circulação tipo brisa, cujo resultado foi um aumento na velocidade do vento predominante).

Também Gregory e Smith (1969) identificaram o efeito do Reservatório Selset (Inglaterra) nos valores locais de temperatura e umidade.

Hutchinson (1973), por sua vez, observou um aumento significativo do volume de precipitações nas áreas adjacentes ao Lago Kariba (Zâmbia).

Estas áreas dispunham, com exceção do Lago Kariba, de uma rede de estações equipadas com modernos equipamentos que permitiram a monitoração dos elementos em escala horária, além de apresentarem uma grande preocupação na localização dos aparelhos visando a evitar que o efeito do reservatório fosse obscurecido pelas peculiaridades do sítio definido pela instalação dos mesmos.

Tal situação não é compartilhada pelo Reservatório de Juturraíba e Bacia do Rio São João, o que fez com que nossa reconstituição da situação inicial se fundamentasse nos dados disponíveis das precipitações em nível diário, mensal e anual.

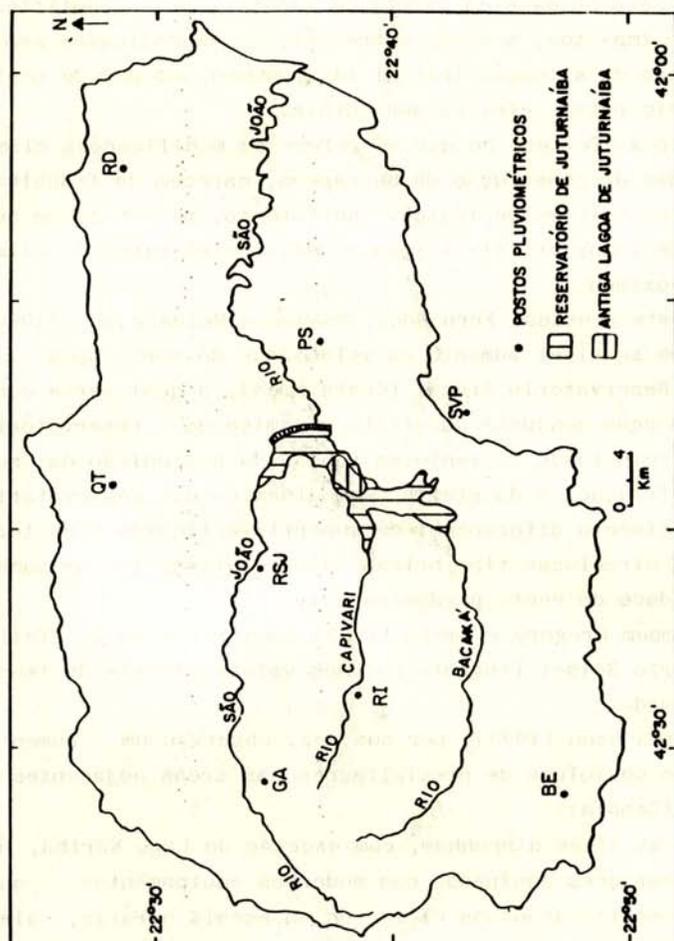


Figura 3: Localização dos Postos Pluviométricos - Reservatório de Juturnaíba (RJ).

Neste sentido, tais registros foram alvo de várias tentativas metodológicas, as quais eram total ou parcialmente invalidadas frente ao grande número de estações com curto período de funcionamento, interrupções, falhas, dados inconsistentes etc.

Diante das limitações apresentadas, optou-se pela análise do período comum (1976-1980) que abrangia um número maior de estações, a saber: Boa Esperança (BE), Rodo do Imbaú (RI), Rio São João (RSJ), Porto Sabará (PS), São Vicente de Paula (SVP), Quartéis (QT), Gaviões (GA) e Rio Dourado (RD), refletindo assim a situação em diversos pontos da bacia (figura 3).

Entretanto, por ser um período extremamente curto, em se tratando da variável precipitação, fez-se necessário incorporar à presente análise as estações que contemplassem um período maior e contemporâneo ao definido anteriormente, o que facilitaria o correlacionamento. Tal condição foi satisfeita pelo período (1968-1986) disponível para as estações Quartéis, Gaviões e Rio Dourado.

Assim sendo, os procedimentos que nortearam a análise espaço-temporal apoiam-se na comparação das características de pluviosidade adotando a seguinte seqüência:

- . análise da distribuição anual das precipitações;
- . análise da distribuição mensal das precipitações;
- . estudo do número de dias chuvosos;
- . estudo das chuvas diárias.

Esta abordagem, salvo as dificuldades operacionais encontradas, parece constituir uma aproximação mais realista da situação, favorecendo a realização de diagnósticos mais fiéis à verdadeira dinâmica ambiental do que aqueles baseados nos valores médios dos elementos climáticos.

## CONDIÇÕES REGIONAIS E LOCAIS

Sabendo-se que o comportamento climático de uma área é o resultado da interação de fatores tanto de natureza estática quanto dinâmica, o presente estudo incorporou uma preocupação com esta perspectiva, baseando-se em trabalhos realizados por Jordão (1985), Nimer (1971) e Bernardes (1952), que apesar de

não tratarem especificamente da área em questão, fornecem indicações sobre os traços mais gerais que tais fatores apresentam nos trechos litorâneos do Brasil Sudeste.

Assim, do ponto de vista da Circulação Normal, a Região Sudeste permanece a maior parte do ano sob o domínio da Massa Tropical Atlântica (MTA). Essa massa de ar tropical, originada do anticiclone tropical atlântico, possui geralmente temperaturas de elevadas a medianas, fornecidas pela intensa radiação solar das latitudes tropicais, e forte umidade específica, fornecida pela intensa evaporação marítima, atuando em nossa região com ventos predominantemente de NE.

Por suas características próprias, o domínio desta massa mantém a estabilidade do tempo, responsável pela baixa pluviosidade local. Esta circulação zonal, entretanto, sofre frequentemente durante o ano a interferência das Frentes ou Descontinuidades Polares e Linhas de Instabilidade Tropical (IT), que promovem a instabilidade do tempo por romper com a estrutura estável da Massa Tropical Atlântica. Tais Correntes Perturbadas respondem em grande parte pelos totais pluviométricos anuais, especialmente através da contribuição das chuvas de verão.

Interagindo com os fatores dinâmicos descritos acima, os fatores considerados estáticos colaboram para definir as características climáticas de uma localidade. Assim, enquanto os fatores dinâmicos possuem influência regional, os estáticos têm influência local, sendo os mais importantes: a posição geográfica e a topografia.

Quanto à posição geográfica, a área em estudo se estende do paralelo  $22^{\circ}20'$  ao paralelo  $22^{\circ}50'$  de latitude S, achando-se, portanto, totalmente localizada na Zona Intertropical da Terra, na qual é intensa a radiação solar, que, associada à condição local de proximidade do litoral, desempenha papel fundamental no processo de evaporação.

Por sua vez, a topografia acidentada do Sudeste é um fator estático de grande importância, uma vez que ela atua no sentido de aumentar a turbulência do ar pela ascendência orográfica, notadamente durante a passagem de Frentes Frias e Linhas de Instabilidade.

Neste sentido, em linhas gerais, pode-se dizer que o Estado do Rio de Janeiro é atravessado de WSW para ENE pelo ali

nhamento montanhoso da Serra do Mar, de encostas quase sempre escarpadas e altitudes variáveis freqüentemente superiores em seus cumes a 1.000 m, alcançando mesmo mais de 2.000 m em seus trechos mais elevados. Esta serra cujos nomes locais são muito variados tem grande papel na diversificação dos climas no Estado, já que isola, do lado do oceano, uma baixada litorânea quente e úmida, com uma estação seca e outra chuvosa.

À encosta e ao alto da serra corresponde uma faixa de clima mais úmido e amenizado pela altitude, caracterizada por chuvas de relevo, abundantes durante todo o ano, mesmo no período mais seco. Este tipo de precipitação também se faz sentir na base da serra, onde as temperaturas no entanto permanecem relativamente elevadas.

À Serra do Mar, na área em estudo, apresenta maior distanciamento para o interior, constituindo os divisores N e NW da bacia. Tal posição faz com que a faixa litorânea se apresente mais larga na região, o que permite a definição de alguns domínios fisiográficos tomando-se como base os critérios declividade, altitude e forma numa visão globalizante, através de mapeamento na escala 1:50.000, do qual resultou a identificação dos seguintes domínios (figura 4):

1. **Áreas Acidentadas** - que corresponde aos altos divisores topográficos a N e NW e, também, em menor escala, o relevo que delimita a bacia a SO.
2. **Áreas Fortemente Onduladas** - compreende uma zona colinosa com relevo muito movimentado situado nos interflúvios das subbacias São João (alto curso) e Capivari, como também a região próxima aos divisores a NE.
3. **Áreas Onduladas** - ocorrem nos divisores rebaixados ao Sul e também nos interflúvios das subbacias do Bacaxá e Capivari.
4. **Áreas Fracamente Onduladas** - correspondem às colinas que ocorrem nos divisores SE da bacia, que possuem relevo pouco acentuado, e em manchas isoladas na grande planície do baixo curso.
5. **Vales Alargados** - compreendem as planícies aluviais que se estendem no sentido W-L ao longo dos três principais rios: São João (alto e baixo curso), Capivari e Bacaxá.

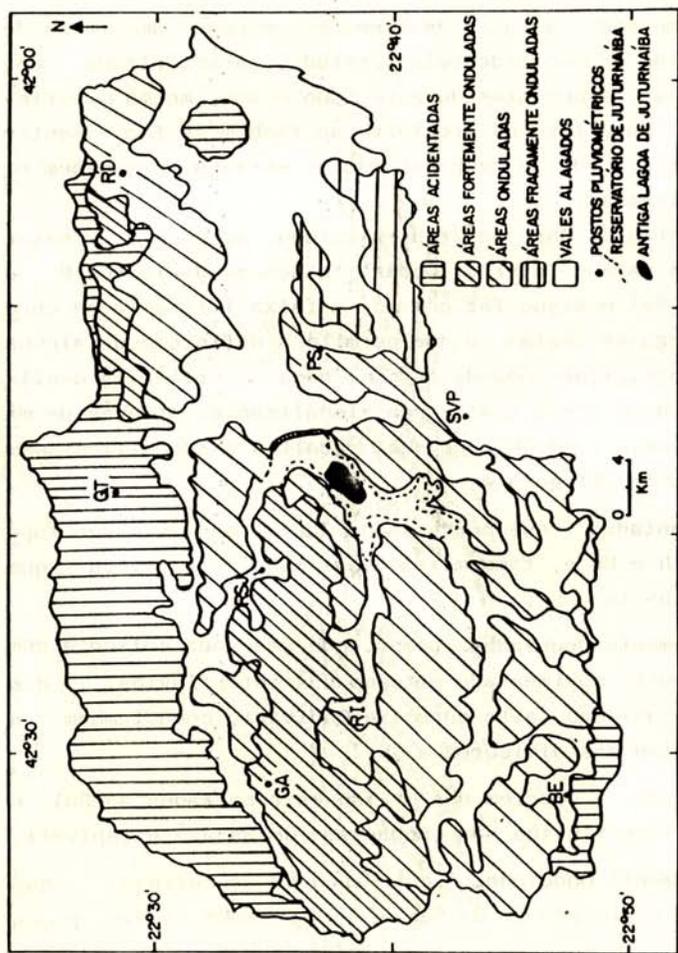


Figura 4: Representação Esquemática de Relevo – Bacia do São João (R.J.).

Desta forma, a influência do relevo na bacia hidrográfica, cuja extensão é de 2.229 km<sup>2</sup>, diminui rapidamente de importância dos divisores N em direção a S e SE, sendo os domínios, grosso modo, intercalados pelos vales dos principais rios que se dirigem ao Reservatório de Juturnaíba: -Rio São João Rio Capivari e Rio Bacaxá. A jusante do Reservatório sobressai-se a grande planície do baixo curso do São João, com grande influência marítima.

Anteriormente à construção do reservatório havia uma lagoa de 5,5 km<sup>2</sup> cuja profundidade em relação ao nível do mar durante o período de janeiro de 1976 a abril de 1977, segundo Alvarenga (1979), oscilou entre o mínimo de 5,7 e o máximo de 8,3 m, sendo tal variação devida às chuvas ocorridas na bacia hidrográfica e não influenciada pelas marés.

O atual reservatório, cuja área é de 30,9 km<sup>2</sup> e a profundidade máxima é 11 m, ocasionou um expressivo aumento do volume e do espelho d'água, fato que pode ter repercussões no micro-clima das áreas adjacentes. Tais variações climáticas são de fundamental importância na identificação de impactos ambientais de reservatórios.

## ANÁLISE ESPACIAL-TEMPORAL

Faz-se necessário avaliar se o período considerado (1976/1980) pode ser tomado como suficientemente representativo. Para tanto, comparou-se os valores da média e do desvio padrão do referido período com cálculos análogos, relativos a períodos mais longos, efetuados para as estações que o permitiram (Quartéis, Rio Dourado e Gaviões).

Na tabela 1 observa-se que o período disponível é representativo, pelo menos, ao nível das médias anuais, não excedendo a maior diferença 10%. Gaviões apresenta a maior similaridade com a média do período mais longo. Os valores discrepantes dos desvios padrão se explicam pela própria redução do número de anos, o que afeta o cálculo da dispersão dos valores em torno da média. Chama a atenção o valor do desvio padrão de Rio Dourado, muito próximo ao obtido com um período mais longo de observação, o que nos dá uma idéia da grande variabilidade

dos totais anuais desta estação, de acentuada influência marítima (figura 4), que, mesmo para um período reduzido, apresenta elevada dispersão em relação à média anual.

Tabela 1 - Verificação da Representatividade do Período 76/80. Comparação com a média e o desvio padrão das precipitações anuais durante o período 1968/1986.

	PERÍODO DE OBSERVAÇÃO	PRECIPITAÇÃO ANUAL MÉDIA (mm)	DIFER. (%)	DESvio PADRÃO (mm)
Quartéis	68/86 76/80	2290,3 2381,5	4,0	447,6 190,1
Gaviões	68/86 76/80	2052,9 2053,2	0,01	334,2 171,8
Rio Dourado	68/86 76/80	1879,4 2059,3	9,6	563,8 586,6

Fonte: DNOS e DNAEE.

Pela análise comparativa das tendências na frequência de distribuição dos totais anuais, como mostra a figura 5, observa-se uma grande frequência dos totais anuais menos elevados, especialmente nas estações Porto Sobara, São Vicente de Paula e Boa Esperança. Por sua vez, Rodo do Imbaú e Rio São João ocupam uma posição intermediária em termos do aumento de frequência dos totais anuais, predominando os totais entre 1.100 e 2.000 mm. As curvas das estações Rio Dourado, Quartéis e Gaviões não variam significativamente da distribuição apresentada na figura 6, para um período mais longo (1968-1986). Este comportamento em termos de totais anuais parece refletir a disposição do relevo apresentada anteriormente, já que observa-se um aumento de frequência dos totais anuais mais elevados à medida que percorremos do domínio dos vales alargados para o das áreas acidentadas. Vale ressaltar, entretanto, o comportamento aparentemente anômalo da estação Rio Dourado, o qual parece resultar mais da influência marítima que recebe do que de outra de caráter topográfico.

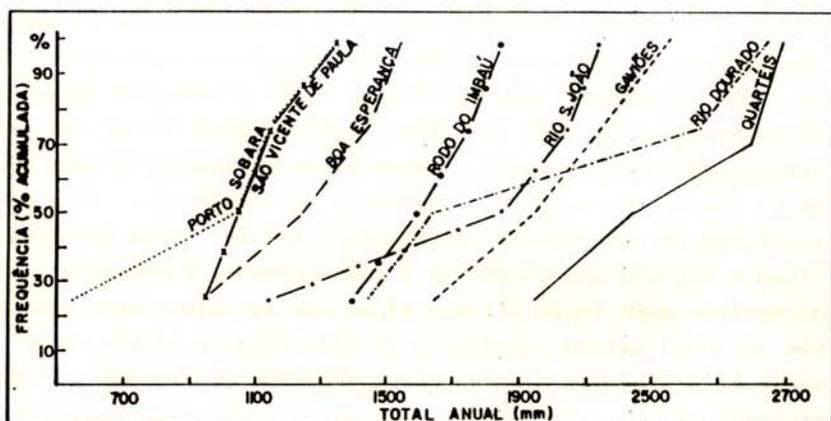


Figura 5: Distribuição de Frequência dos Totais Anuais de Precipitações - Período: 1976/1980.

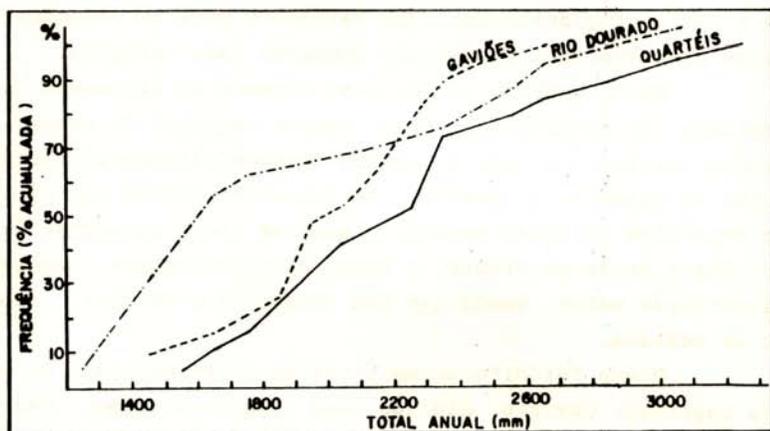


Figura 6: Distribuição de Frequência dos Totais Anuais de Precipitações - Período: 1968/1986.

A figura 7 apresenta a frequência do total mensal de precipitação. Chama a atenção o comportamento da estação Porto Sobara, onde mais de 40% dos totais mensais do período são inferiores a 50 mm, decaindo rapidamente a frequência com o aumento dos valores, sendo inexistentes totais mensais superiores a 350 mm. Boa Esperança e São Vicente de Paula apresentam comportamento semelhante, onde os valores inferiores a 100 mm são mais frequentes em São Vicente. Desse valor em diante, é Boa Esperança que apresenta maior frequência de ocorrência. Para ambas, inexistem totais mensais superiores a 400 mm. Para Quartéis, Gaviões e Rio Dourado novamente o comportamento é semelhante ao do período mais longo (figura 8), só que com maior amplitude. Também em nível mensal espelha-se a influência do relevo, sendo as áreas mais elevadas aquelas que apresentam os maiores totais mensais.

A necessidade de caracterizar o comportamento das precipitações na área exige a análise do número de dias com chuvas em nível mensal. Na figura 9 procurou-se representar as flutuações em torno da média, da precipitação mensal e do número de dias chuvosos, o que nos permite inferir as variações concordantes e não concordantes das duas variáveis para as estações escolhidas para análise, assim como comparar tais estações.

Neste sentido, percebe-se através da flutuação da pluviosidade as características do regime tropical de chuvas. Em outubro inicia-se o aumento mensal da pluviosidade atingindo seu máximo em dezembro e janeiro. Em fevereiro ocorre uma diminuição repentina do total mensal, o qual se eleva novamente em março. Desta época em diante, o total de pluviosidade apresenta uma variação maior, sendo que uma tendência a valores reduzidos se destaca.

O que foi dito acima é válido sobretudo para as estações Quartéis, Gaviões, Rio São João e Rodo do Imbaú. Para São Vicente de Paula, Porto Sobara e Boa Esperança a variação acima não é tão acentuada. Em contrapartida, Rio Dourado apresenta uma distribuição extremamente variada, tornando difícil a definição do comportamento mensal da pluviosidade na área, onde apenas o ano de 1979 parece se assemelhar às características de regime já analisadas para as demais estações.

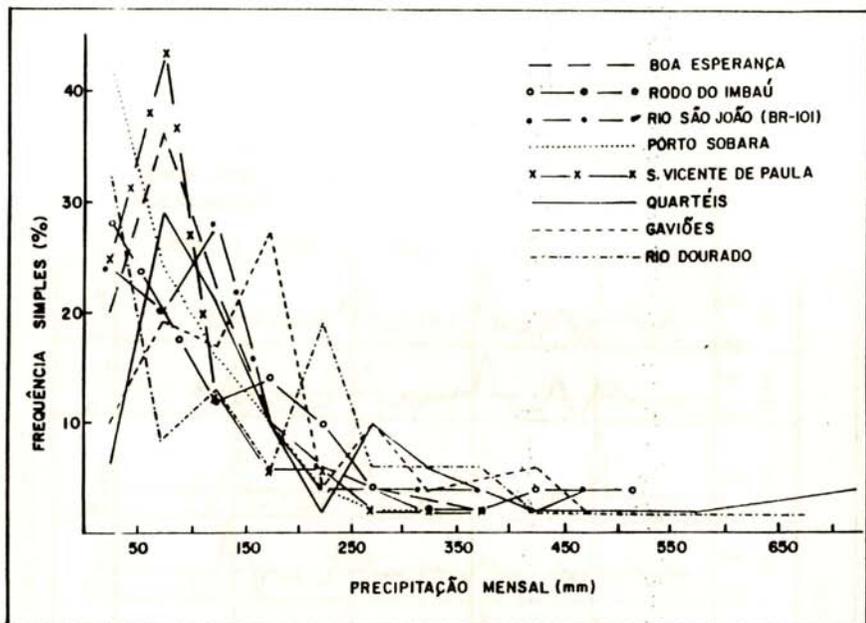


Figura 7: Distribuição de Frequência dos Totais Mensais de Precipitações - Período: 1976/1980.

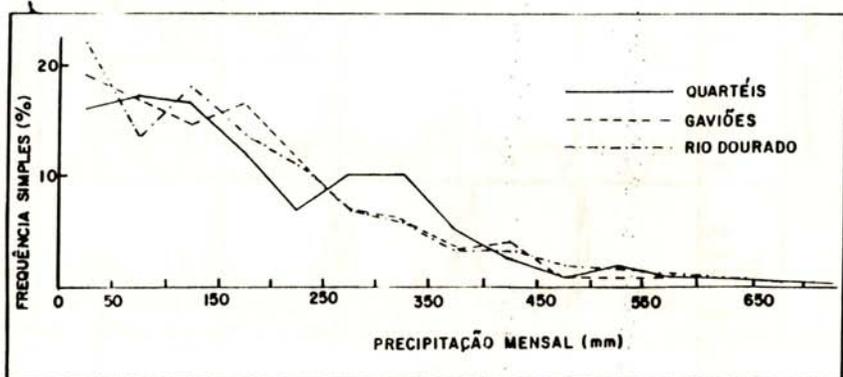


Figura 8: Distribuição de Frequência dos Totais Mensais de Precipitações - Período: 1968/1986

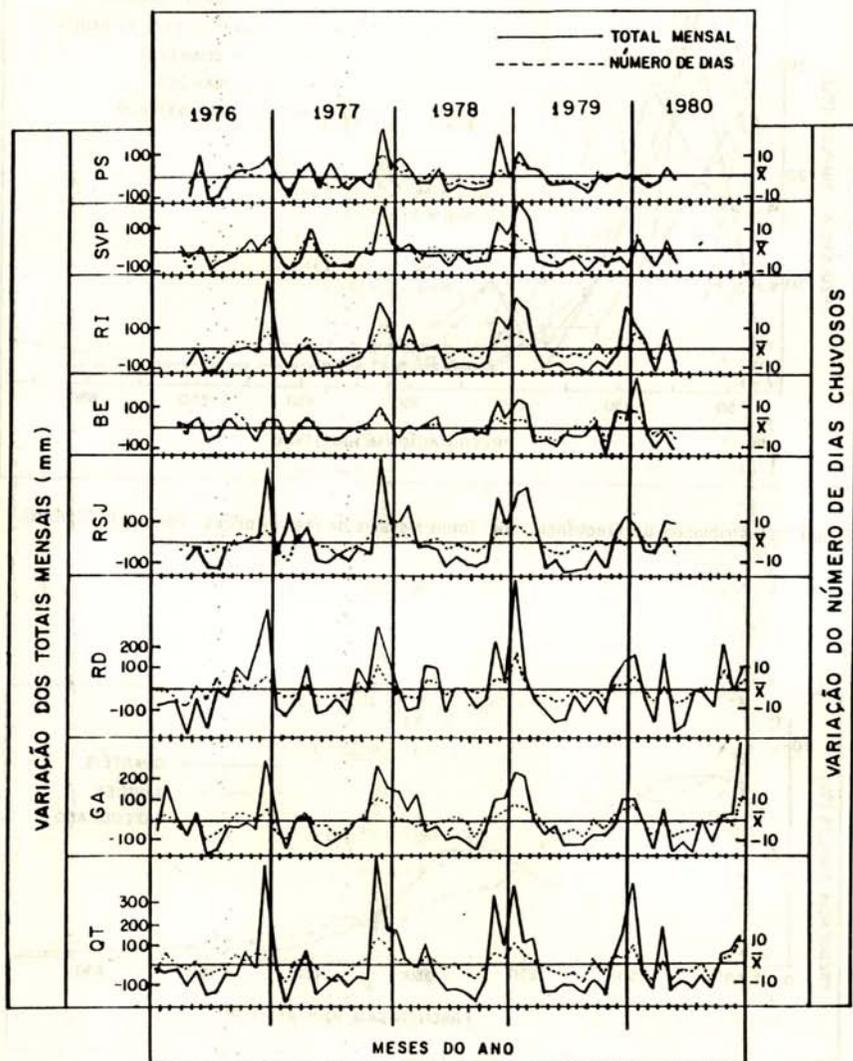


Figura 9: Flutuação Mensal das Precipitações e do Número de Dias Chuvosos-Período:1976/1980

Relacionando o total de pluviosidade Observada em cada mês com o número de dias chuvosos, percebe-se uma melhor distribuição das chuvas para as estações Boa Esperança, Porto Sobara e São Vicente de Paula. Nestas estações a curva que representa a variação do número de dias chuvosos acompanha, grosso modo, a curva da variação na pluviosidade. Nas demais estações, apesar de uma maior variação, não se observam grandes contrastes. As curvas guardam certa semelhança, apesar da variação na pluviosidade ser bem mais acentuada do que a do número de dias chuvosos, o que significa uma maior intensidade das chuvas diárias, especialmente no verão. Ao longo do tempo, percebe-se para a maioria das estações uma melhor distribuição das chuvas no ano de 1979.

Em nível diário, com exceção de Rio Dourado, as estações apresentaram a classe de chuvas de 0,1 a 10,0 mm como a mais frequente, responsável por mais de 50% dos dias chuvosos (tabela 2). Também na escala diária ressalta-se ainda a influência da topografia, onde os valores superiores a 100 mm existem nas estações São Vicente de Paula, Porto Sobara e Boa Esperança. Mais uma vez Rio Dourado apresenta características próprias, sendo a classe de 20,0 a 30,0 mm a mais frequente (35% do total).

## CONCLUSÕES

A observação do comportamento dos elementos climáticos numa área onde se pretende implantar um reservatório é fundamental para a posterior análise dos impactos que porventura possam ocorrer.

Dessa forma, é importante uma análise das precipitações em sua distribuição espacial como também uma distribuição temporal das precipitações (o período, o ano, o mês, o número de dias com chuvas e as chuvas diárias): Tal decomposição nos permitiu o acompanhamento mais fiel do comportamento pluviométrico nos diferentes pontos da bacia, constituindo-se num indicador confiável para os posteriores estudos comparativos para identificação de possíveis impactos ambientais nas diferentes áreas de influência do reservatório.

Tabela 2. Percentagem de Frequência das Classes de Chuvas Diárias - período: 1976/1980.

CLASSES DAS CHUVAS DIÁRIAS (mm)	ESTAÇÕES	QUARTÉIS	GAVIÕES	RIO DOU RADO	RIO S. JOÃO (BR-101)	BOA ESPE RANÇA	RODO DO IMBAÚ	S. VICENTE DE PAULA	PORTO SOBARA
0,1 -	9,9	52,7	53,6	7,2	59,4	46,7	61,7	72,7	57,8
10,0 -	19,9	18,6	22,6	31,8	19,6	28,3	17,6	14,5	22,2
20,0 -	29,9	9,9	9,6	35,2	8,4	21,4	8,9	6,0	11,2
30,0 -	49,9	11,4	9,4	8,8	5,5	1,1	6,9	3,8	4,6
50,0 -	69,9	3,2	3,1	8,8	3,2	1,8	2,7	1,8	3,4
70,0 -	99,9	2,2	1,2	5,9	2,7	0,2	1,6	0,7	0,8
100,0 -	129,9	1,3	0,5	2,3	1,2	0,5	-	0,5	-
130,0 -	150,0	0,7	-	-	-	-	0,4	-	-
	150,0	-	-	-	-	-	0,2	-	-

FONTE: DNAEE, DNOS

Neste sentido, finalizado o processo de enchimento do reservatório, iniciado em meados de 1983, a preocupação agora deve voltar-se para os estudos de identificação e avaliação dos efeitos ambientais do referido projeto, tarefa para a qual o presente trabalho procurou contribuir através da reconstituição da situação inicial.

## BIBLIOGRAFIA

- ALVARENGA, L.C.F. et al (1979), "Resultados Preliminares dos Trabalhos Ecológicos realizados na Lagoa de Juturnaíba, Município de Araruama, Estado do Rio de Janeiro, Criadouro Natural dos Bivalves *Diplodon besckeanus* (Dunkers, 1849) (Unionoidea; Hyrúdae) e *Anodontites trapesialis* (Lamarck, 1819) (Muteloidae; mycetopodidae)". Anais do V Encontro de Malacologistas Brasileiros, Mossoró, RN, p. 73-89.
- BERNARDES, L.M.C. (1952), "Tipos de Clima do Estado do Rio de Janeiro". Revista Brasileira de Geografia, vol. 14, p. 57-73.
- BRASIL/SEMA (1985), "Instrução Normativa para Condução de Estudos de Impacto Ambiental e Elaboração de Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, 18 p.
- FERNANDEZ, W., CHACÓN, R.E. & MELGAREJO, J.W. (1986), "Modifications of Air Flow Due to the Formation of a Reservoir". Journal of Climate and Applied Meteorology, vol. 25, p. 982-988.
- GREGORY, S. & SMITH, K. (1967), "Local Temperature and Humidity Contrasts Around Small Lakes and Reservoirs". Weather, vol. 22, p. 497-505.
- HUTCHINSON, P. (1973), "Increase in Rainfall Due to Lake Kariba". Weather, vol. 28, p. 499-504.
- JORDÃO, M. (1985), "Caracterização Climática da Região Periférica às Bacias Lagunares - Litoral Sudeste do Rio de Janeiro". Projeto de Pesquisa - CNPq, Instituto de Geociências/UFRJ.
- NIMER, E. (1971), "Análise Dinâmica da Precipitação Pluviométrica na Região Serrana do Sudeste do Brasil, especialmente na Serra do Mar". Revista Brasileira de Geografia, vol. 33, p. 55-162.

OREA, D.G. (1984), "Definiciones y Conceptos. Integración de las Evaluaciones de Impacto Ambiental (E.I.A.) en la Gestión Ambiental" in "Curso sobre Evaluaciones de Impacto Ambiental". Dirección General del Medio Ambiente, Madrid.