

APRH

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS  
NUCLEO REGIONAL DO SUL

DEBATE  
**RIO GUADIANA**  
PASSADO PRESENTE FUTURO

**AS OBRAS DE ENGENHARIA FLUVIAL E SUAS  
CONSEQUÊNCIAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
SÃO JOÃO (BRASIL)**

Sandra Baptista da Cunha

# AS OBRAS DE ENGENHARIA FLUVIAL E SUAS CONSEQUÊNCIAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO JOÃO (BRASIL)

Sandra Baptista da CUNHA (1)

## RESUMO

O trabalho analisa os impactos da construção da barragem de Juturnaíba e das sucessivas retificações do canal do rio São João sobre o ambiente da bacia Hidrográfica quanto aos aspectos hidrológicos, micro-climáticos, geomorfológicos e bióticos. A análise baseou-se no inventário da situação ambiental anterior às obras de engenharia. Para cada tipo de obra foram inventariados os impactos ambientais potenciais e identificados alguns dos impactos já decorridos. Para definir esses impactos e determinar suas relações recorreu-se ao emprego dos fluxogramas. Os resultados permitiram definir, para cada obra de engenharia, um conjunto de impactos adversos (natureza negativa), com a devida localização e abrangência espacial, magnitude, momento de ocorrência, duração e reversibilidade.

**Palavras-chave:** impacto ambiental, barragem, canalização.

(1) Professora/Geógrafa, Doutora em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Instituto de Geociências, Ilha do Fundão, Cidade Universitária, CEP 21940-590, Rio de Janeiro, Brasil.

## 1. INTRODUÇÃO

O aproveitamento das águas fluviais, com o fechamento do rio para a formação do reservatório, assim como o aproveitamento da planície de inundação, está associado à geração de uma série de alterações ambientais (PETTS, 1984; BROOKES, 1988), em especial, na dinâmica fluvial. Esses impactos no canal fluvial são, na maioria, fenômenos localizados que ocasionam efeitos em cadeia, com reações, muitas vezes, irreversíveis.

Ainda, a construção de reservatórios, em vales fluviais, rompe a sequência natural dos rios em três áreas distintas (MAKKAVEYEV, 1872). Na parte a montante da barragem, o nível de base local é levantado, alterando a forma do canal e a capacidade de transporte sólido. Os impactos registrados no local, não se limitam à área próxima do reservatório e à faixa de inundação, estendendo-se, gradualmente, para montante, ao longo dos perfis dos rios. Geram o aumento no fornecimento de sedimentos para o reservatório, modificando, muitas vezes, o seu tempo útil previsto, antes da construção da barragem e alterando a biota fluvial.

No reservatório, a atuação dos ventos e ondas, nas margens, torna-se mais importante que o impacto da energia cinética das correntes sobre o fundo. Desenvolvem-se as margens de abrasão, cujos declives favorecem a atuação dos processos gravitacionais.

A terceira área localiza-se a jusante do reservatório, onde o regime do rio sofre significativas modificações, devido ao controle artificial das descargas líquidas e de sedimentos no reservatório. Neste setor, o perfil do rio principal e dos seus tributários tem sua forma modificada, gradualmente, produzindo um novo terraço. Alterações na magnitude e frequência dos escoamentos podem mesmo alcançar a foz e afetar a dinâmica da linha de costa a ela anexa.

Por outro lado, a construção de reservatórios, na maioria das vezes, está associada a obras de retificação dos rios. A utilização dessa técnica de engenharia, que tem como finalidade o controle das cheias, a drenagem das terras alagadas e a melhoria do canal para a navegação, é ainda controversa, sendo considerada como uma técnica imprópria, com efeitos prejudiciais ao ambiente (KELLER, 1981).

Entre as principais consequências da canalização inadequada apontam-se as enchentes no baixo curso, a erosão das margens, a alteração e perda da vida animal e vegetal. Os exemplos dos efeitos adversos da canalização são conhecidos, podendo-se citar estudos realizados sobre o rio Willow, em Iowa (RHUE, 1970) e sobre o rio Blackwater, em Missouri (EMERSON, 1971).

No rio São João, Rio de Janeiro, Brasil (Fig.1), em 1978/1984, foi construída a barragem de Juturnaíba, para suprir uma área de 31800 ha com irrigação e armazenar um volume de 100 milhões de  $m^3$  de água. Seu canal principal foi retificado, em conjunto com os baixos cursos dos seus afluentes, para dar início ao saneamento da planície de inundação. Essas obras são anteriores às exigências da legislação brasileira sobre os impactos ambientais, não tendo sido realizados os estudos prévios a respeito do ambiente.

O trabalho pretende analisar os impactos da construção da barragem de Juturnaíba e das sucessivas retificações do canal do rio São João sobre o ambiente da bacia hidrográfica, em especial no que se refere aos aspectos hidrológicos, micro-climáticos, geomorfológicos e bióticos.

Baseou-se no inventário da situação ambiental anterior às obras de engenharia, constituído por uma análise das principais características ambientais que determinam o regime hidrológico. Para cada tipo de obra foram inventariados os impactos ambientais

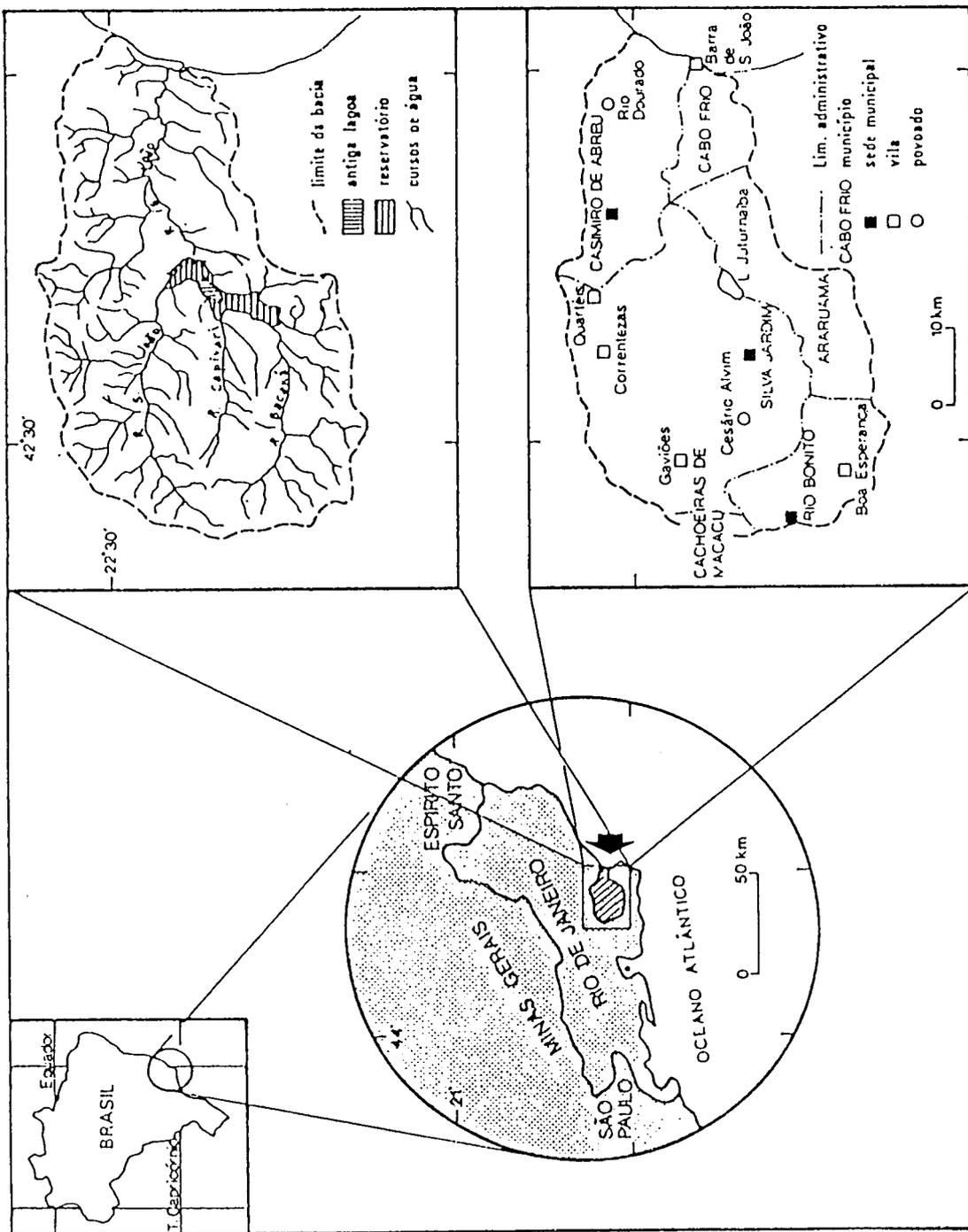


Figura 1 – Bacia hidrográfica do rio São João. Localização no sudeste do Brasil e no Estado do Rio de Janeiro; forma e divisão administrativa.

potenciais (AFONSO e CUNHA, 1989; QUINTELA e CUNHA, 1990; CUNHA, 1991a) e identificados, de forma qualitativa, alguns dos impactos já decorridos (CUNHA, 1991b, 1992, 1993). Para definir esses impactos e determinar suas relações recorreu-se ao emprego dos fluxogramas.

## 2. BARRAGEM DE JUTURNAÍBA

Neste trabalho, o maior número de observações ficou restrito à área do reservatório e sua periferia, onde foi possível constatar, em termos qualitativos, o domínio dos impactos de valor adverso (valor negativo), com abrangência local (quadro 1). Esses impactos apresentam uma forte magnitude, de uma forma geral, com ocorrência imediata à construção da barragem de Juturnaíba, à exceção dos impactos geomorfológicos observados, que ocorrem a médio e longo prazo (quadro 1).

Quanto à duração, os impactos identificados têm um âmbito permanente. Alguns impactos geomorfológicos são temporários devido a uma certa repetição na sua ocorrência, a médio e a longo prazo (processos de abrasão lacustre, recuo das margens ou das falésias, formação de praias, formação de bancos arenosos).

Os impactos observados são irreversíveis (52%) e reversíveis (48%). Os reversíveis ligam-se aos aspectos geomorfológicos e bióticos (quadro 1) necessitando de um longo período para a sua reposição. A jusante da barragem, a consequente emersão da turfeira, de caráter irreversível, a médio prazo, foi considerado o impacto negativo de maior dano, uma vez que, a médio prazo, coloca em risco a floresta da Reserva Biológica de Poço das Antas (quadro 1).

Com respeito às relações de causa e efeito entre os impactos observados, verificou-se que os de primeira ordem ocorreram, simultaneamente, com a construção da barragem. No reservatório de Juturnaíba e periferia, foram identificados como impactos dessa ordem: a submersão das formas de relevo, o afogamento de espécies vegetais, pela transformação do meio terrestre em aquático, a elevação do nível piezométrico, o aumento da velocidade dos ventos predominantes e os processos de assoreamento e de abrasão lacustre (quadro 2).

Os impactos indiretos (segunda ordem) referiram-se às mudanças geomorfológicas da área, a saber: formação de novas áreas de inundação, de praias, de depósitos de abrasão, de bancos arenosos, colmatação das desembocaduras lacustres dos rios São João, Capivari e Bacaxá e recuo das margens ou das falésias lacustres. Referiram-se, ainda, às mudanças nos elementos do micro-clima (aumento da umidade relativa e redução da amplitude térmica), às alterações bióticas (formação de ilhas flutuantes de gramíneas) assim como à alteração na estrutura térmica da água, ao aumento da energia da onda e à ocorrência de inundações, na periferia do reservatório (quadro 2).

Os impactos de terceira ordem relacionaram-se com a destruição ou alteração de um ou mais biótopos devido à inundação, às modificações nas comunidades aquáticas e ao deslocamento das moitas de gramíneas. Esse ambiente modificado pela construção da barragem e criação do reservatório de Juturnaíba ainda não atingiu um novo estado de equilíbrio, o que exigirá um longo período de tempo. Por conseguinte, não foram identificados os impactos que mostram as respostas (feedback) dos impactos morfológicos sobre a ecologia devido, talvez, a sua ocorrência verificar-se a uma considerável distância de tempo, em relação aos impactos de primeira ordem.

Quadro I - Impactos da barragem de Juturnaiba. Síntese da avaliação dos impactos observados

DISCRIMINAÇÃO DOS IMPACTOS	CARACTERÍSTICAS DOS IMPACTOS																
	Ordem de Hierarquia		Natureza			Localização e abrangência espacial		Magnitude ou importância			Momento de ocorrência			Duração		Reversibilidade	
	DI	IN	PO	NE	NN	LO	BH	FO	ME	FR	IM	MP	LP	TE	PE	RE	IR
<p><b>HIDROLÓGICOS</b></p> <p><u>No Reservatório e Periferia</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Armazenamento da carga líquida e sólida no reservatório</li> <li>• Alteração na estrutura térmica da água</li> <li>• Elevação do nível piezométrico</li> <li>• Alteração nas taxas de infiltração</li> <li>• Ocorrência de inundações na periferia</li> </ul> <p><u>A Jusante da Barragem</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Descida do nível piezométrico</li> </ul>																	
<p><b>MICRO-CLIMÁTICOS</b></p> <p><u>No Reservatório e Periferia</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento da velocidade dos ventos predominantes</li> <li>• Redução da amplitude térmica</li> <li>• Aumento da umidade relativa</li> </ul>																	
<p><b>GEOMORFOLÓGICOS</b></p> <p><u>A Montante do Reservatório</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Assoreamento na desembocadura dos rios afluentes</li> </ul> <p><u>No Reservatório e Periferia</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Submersão das formas de relevo</li> <li>• Processos de abração lacustre</li> <li>• Recuo das margens ou das falésias lacustres</li> <li>• Formação de praias</li> <li>• Processos de assoreamento</li> <li>• Formação de bancos arenosos emersos e imersos</li> <li>• Colmatação da desembocadura dos rios principais</li> <li>• Formação de novas áreas de inundação</li> </ul>																	
<p><b>BIÓTICOS</b></p> <p><u>No Reservatório e Periferia</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acúmulo de espécies vegetais pela transformação do meio terrestre em aquático</li> <li>• Formação de ilhas flutuantes de gramíneas</li> <li>• Modificações nas comunidades aquáticas</li> <li>• Destruição ou Alteração de um ou mais biótopos devido à inundação</li> </ul> <p><u>A Jusante da Barragem</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Emerção da tartaruga</li> </ul>																	

**ORDEM DE HIERARQUIA**

DI - Direto  
IN - Indireto

**NATUREZA**

PO - Positivo  
NE - Negativo  
NN - Nem um nem outro

**LOCALIZAÇÃO E ABRANGÊNCIA ESPACIAL**

LO - Local  
BH - Totalidade da bacia hidrográfica

**MAGNITUDE OU IMPORTÂNCIA**

FO - Forte  
ME - Média  
FR - Fraca

**MOMENTO DE OCORRÊNCIA**

IM - Imediato  
MP - Médio prazo  
LP - Longo prazo

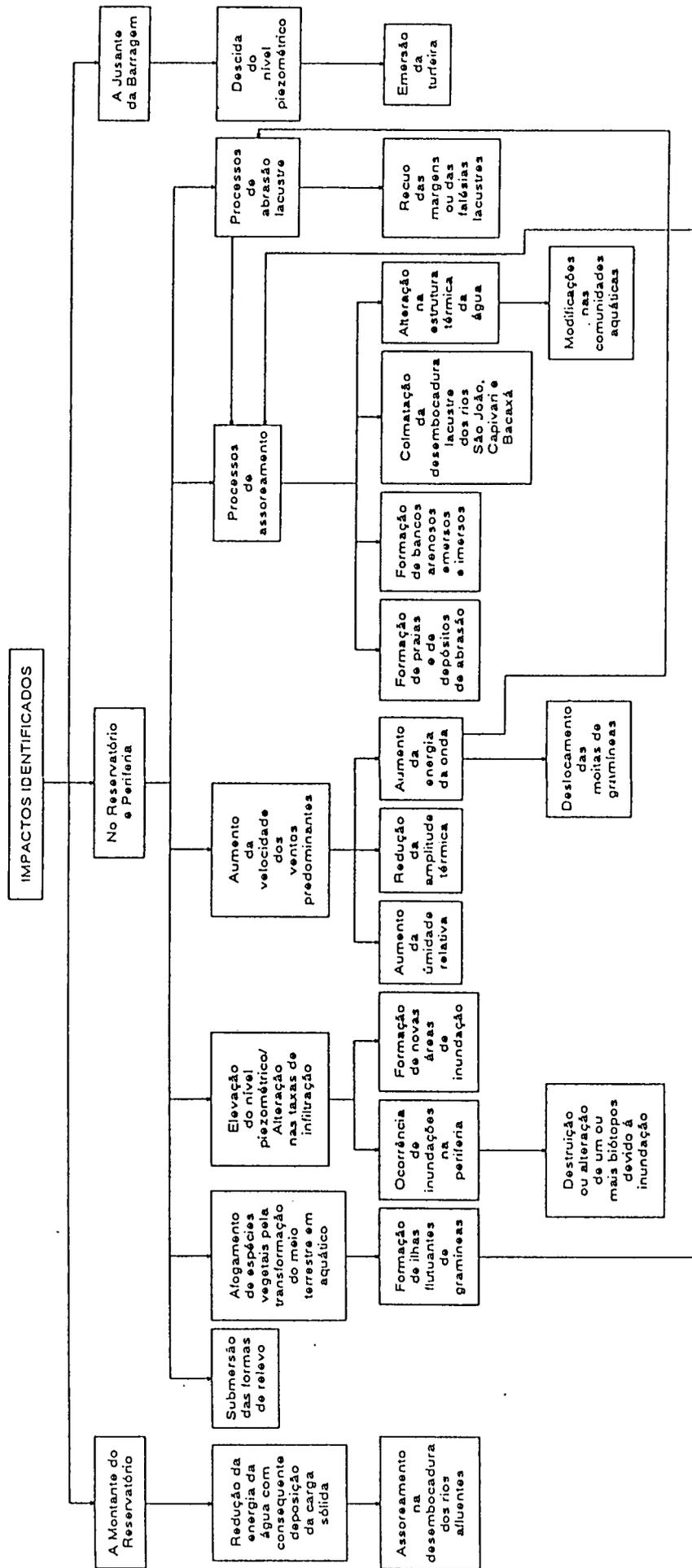
**DURAÇÃO**

TE - Temporário (intermitente)  
PE - Permanente (contínuo)

**REVERSIBILIDADE**

RE - Reversível  
IR - Irreversível

Quadro 2 - Impactos da barragem de Juturnaíba. Relações de causa e efeito entre os impactos observados



### 3. CANALIZAÇÕES DO RIO SÃO JOÃO

As sucessivas retificações do canal do rio São João, em dois setores do rio e nos baixos cursos de alguns afluentes, mudaram o regime das descargas, romperam o equilíbrio do perfil longitudinal e alteraram os ecossistemas aquático, ribeirinho e palustre (quadro 3). Esses impactos identificados, ponderados com as características da bacia hidrográfica, ocorreram com diferentes graus de intensidade, predominando, porém, os impactos ambientais de natureza negativa e local (quadro 3). A abrangência local foi ampliada para a bacia hidrográfica pela retomada erosiva nos afluentes, em consequência da descida da toalha freática e do aprofundamento do leito e alargamento da calha. Essa forma de erosão ocorre a médio e longo prazo (quadro 3).

Os impactos apresentaram, ainda, uma dominância de magnitude forte, com ocorrência imediata à passagem da draga (quadro 3). A ocorrência dos impactos a médio prazo, na planície de inundação, relaciona-se com a transformação dos meandros em bacias de decantação e com o desaparecimento da floresta de várzea. Da mesma forma, a jusante da retificação, foi alterada a permanência do mangue (quadro 3).

De acordo com a duração e reversibilidade, os impactos identificados foram reunidos em três grupos. O primeiro envolve os impactos hidrológicos, geomorfológicos e bióticos com duração permanente, onde os efeitos não cessam de se manifestar em um horizonte temporal conhecido, embora com possibilidades de o fator ambiental afetado retornar às suas condições originais (impactos reversíveis). Neste grupo, incluem-se no trecho modificado: a elevação dos picos de descarga nos tributários e no rio principal, a redução do comprimento do canal, a perda dos meandros e o aprofundamento do leito/alargamento da calha. Ainda, neste grupo, incluem-se os impactos do aumento da altura das cheias, a jusante da retificação, e da descida da toalha freática e da emersão da turfeira, na planície de inundação (quadro 3).

O segundo grupo abrange os impactos geomorfológicos e bióticos, com duração temporária e reversível. Ficaram incluídos, neste grupo, os impactos no canal modificado (diminuição da rugosidade do leito, erosão dos afluentes, perda ou destruição dos habitats naturais, perda da mata ciliar); a jusante da retificação (alteração na permanência do mangue) e na planície de inundação (desaparecimento da floresta de várzea).

O terceiro e último grupo compreende os impactos de duração permanente e irreversível, localizados na planície de inundação adjacente. Trata-se da transformação dos meandros em bacias de decantação (quadro 3).

Com respeito às relações de causa e efeito, entre os impactos observados, verificou-se que os impactos geomorfológicos (redução do comprimento do canal e aprofundamento do leito/alargamento da calha) são as únicas ocorrências de primeira ordem (quadro 4). A partir deles, foram identificados como impactos de segunda ordem, no trecho do canal modificado, a diminuição da rugosidade do leito, a perda da mata ciliar, a erosão nos afluentes e a elevação dos picos de descarga nos tributários e no rio principal (quadro 4). Esses impactos indiretos (segunda ordem) refletem-se, também, a jusante da retificação (aumento das cheias e alteração na permanência do mangue), e na planície de inundação (descida da toalha freática).

Por fim, a cadeia de impactos observada se propagou até a terceira ordem e está relacionada com a descida da toalha freática (emersão da turfeira, transformação dos meandros em bacias de decantação, desaparecimento da floresta de várzea) e com diminuição da rugosidade do leito (perda ou destruição dos habitats naturais).

#### 4. CONCLUSÕES

A experiência do rio São João mostrou a necessidade de ampliar os estudos prévios ou de reconhecimento das áreas onde serão realizadas as obras de engenharia. Nas fases de planejamento e execução de tais empreendimentos, devem constar estudos de caráter interdisciplinar, envolvendo levantamentos físicos (hidrológicos, micro-climáticos e geomorfológicos) e ecológicos, de forma a diminuir os impactos gerados pelas obras de engenharia.

Este trabalho mostrou que as obras de engenharia realizadas (construção da barragem e retificação dos canais), alteraram o regime hidrológico, romperam o equilíbrio longitudinal do rio e alteraram os sistemas aquático, ribeirinho e palustre. A partir deste trabalho, torna-se necessário um acompanhamento das sucessivas respostas do meio ambiente local, diante dos impactos identificados (respostas a médio prazo). Neste âmbito, é necessário considerar as interferências naturais da bacia hidrográfica e mesmo as induzidas pelo Homem sobre os locais atingidos pelas obras de engenharia. Desta forma, torna-se necessário, cada vez mais, conhecer e entender o sistema fluvial, para reduzir a degradação ambiental decorrente das obras de engenharia. Em virtude da interdependência das variáveis fluviais, qualquer troca, na intensidade e na frequência dos processos fluviais, alterará a estabilidade do rio.

As modificações no rio São João foram causadas, inicialmente, pelos fatores naturais que foram, significativamente, agravados pela atuação do Homem, resultando na instabilidade do canal, com rompimento, por completo, do seu equilíbrio e da dinâmica fluvial. A descida da toalha freática, ocorrida na planície, a jusante da barragem, causada pelas duas obras de engenharia, propiciou um grande desenvolvimento agrícola na região. Contudo, este fato pode ser considerado como o impacto de maior gravidade para o ambiente natural, por suas consequências e condição irreversível. A turfeira e a mata da Reserva Biológica de Poço das Antas foram atingidas. Ainda, como outro relevante efeito adverso, destaca-se a erosão nos tributários, pela ampla abrangência espacial.

Os ventos e as correntes lacustres são os elementos mais importantes, no reservatório e sua periferia, necessitando estudos em pormenor. Comandam a erosão nas margens e o deslocamento das moitas de vegetação. Ainda, os ventos alteram os valores de umidade, ao redor do reservatório.

Do ponto de vista humano, as obras efetuadas, na bacia do rio São João, beneficiaram áreas, a jusante e a montante da barragem, com projetos de saneamento e irrigação, para melhor aproveitar o que, antes, eram regiões improdutivas e alagadiças. Todavia, na periferia do reservatório, alguns proprietários perderam parte de suas terras, os pescadores os pontos de pesca e a qualidade das águas piorou.

Embora um dos objetivos da construção do reservatório tenha sido a melhoria do sistema de abastecimento de água aos municípios próximos, pode-se dizer que a questão estava mais ligada à ampliação da estação de tratamento e da rede distribuidora existentes, do que à necessidade de maior armazenamento da água. Desta forma, hoje, com todas as alterações ocorridas, no sistema aquático, são exigidos maiores custos no tratamento da água. Aplicações de cuidadosos inquéritos econômicos e técnicos poderiam avaliar se a obra conduziu o local a um retrocesso e, nesse caso, o passo seguinte seria o restabelecimento das condições anteriores.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da Bolsa de Doutorado, para a Universidade de Lisboa, entre 1989/1992, onde o referido trabalho foi desenvolvido.

## BIBLIOGRAFIA

- BROOKES, A. - Channelized Rivers: Perspectives for Environmental Management, New York, Wiley - Interscience, 1988.
- KELLER, E. A. - "Hidrology and human use", in Environmental Geology, editado por D. R. Coates, Charles E. Merrill Publishing Company, 1981, pp. 227 - 270.
- MAKKAVEYEV, N. I. - "The Impact of large water engineering projects on geomorphic processes in stream valley". Soviet Geography: Review and Transactions 13, 1972, pp. 387-393.
- PETTS, G. E. - Impounded Rivers - Perspectives for Ecological Management. John Wiley & Sons, 1984.
- EMERSON, J. W. - "Channelization: a case study". Science, 173, 1971, pp. 325-326.
- RHUE, R. V. "Stream regimen and man's manipulation", in Environmental Geomorphology, editado por D. R. Coates, Publications in Geomorphology, State University of New York, Binghamton, 1970, pp. 9-23.
- AFONSO, A. E. e CUNHA, S. B. - "O Impacto sócio-ambiental da construção de uma barragem-Lagoa de Juturnaíba, Silva Jardim, RJ". Cadernos de Geociências, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 3, 1989, pp.93-107.
- QUINTELA, M. A. e CUNHA, S. B. - "O Regime pluviométrico e o diagnóstico ambiental na área de influência do reservatório de Juturnaíba, RJ". Anuário do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1990, pp.164-182.
- CUNHA, S. B. - Impactes potenciais das obras de engenharia na dinâmica do canal e planície de inundação do rio São João - RJ - Brasil". Anais V Simpósio Luso Brasileiro de Hidráulica e Recursos Hídricos - IX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 4, 1991a, pp.110-121.
- CUNHA, S. B. "Rectificação do rio São João - Efeitos na morfologia do canal e na ecologia". Finisterra, XXVI, 51, 1951b, pp.185-193.
- CUNHA, S. B. "River channel change: the case study of São João river, Brasil". Abstracts, 27th International Geographical Congress, 1992, pp.130.
- CUNHA, S. B. "Impactos das obras de engenharia sobre o ambiente biofísico da bacia do rio São João (Rio de Janeiro-Brasil). Tese de doutoramento. Departamento de Geografia. Universidade Clássica de Lisboa, Lisboa, 1993, 415p.