

Impactos Ambientais nos Sistemas Fluviais na Construção de Barragens

Waleska Valença Manyari

Departamento de Geografia, Universidade de Brasília - UnB

wvml@unb.br

ABSTRACT: The most salient current feature of the electric energy sector in Brazil is the pressing need for expansion. In this context, the hydroelectric resources of the Amazon region are considered a competitive alternative despite the structural problems they entail. Concerning the latter, plans to build large-scale dams in the region have drawn criticism mainly on account of the loss of forest cover in areas flooded by dam reservoirs and the conflicts concerning the relocation of indigenous and riverside communities in the region. Although, this study seeks to contribute to better understanding of the environmental issue in the Amazon by focusing attention on the downstream effects of dams, which have large-scale, hitherto neglected ecological repercussions. The impact of dams extends well beyond the area surrounding the artificial lakes they create, harming rich Amazon wetland ecosystems. The morphology of dammed rivers changes in response to new inputs of energy and matter, which may in turn destroy certain biotopes. This is a remote-sensing-based case study of the Tucuruí hydroelectric scheme in the Amazon state of Pará. Attention is drawn to the need to take into account effects on alluvial rivers downstream from hydroelectric power plants when it comes to making planning decisions.

Key words: environmental impacts, fluvial geomorphology, hydroelectric power plants, remote sensing.

RESUMO: A característica mais marcante da indústria de energia elétrica no Brasil é a sua enorme necessidade de expansão. Neste contexto, os recursos hidrelétricos da Amazônia se apresentam como alternativa bastante competitiva. Em relação aos impactos ambientais, a construção de novas grandes represas na região enfrenta críticas principalmente em função da área florestal perdida pela criação do reservatório, ou seja, a montante, além do desencadeamento de inúmeros conflitos na re-alocação de comunidades indígenas e ribeirinhas. Este trabalho pretende contribuir para o melhor entendimento da questão ambiental na região ao chamar atenção para os efeitos a jusante de barragens. É certo que tais impactos se estendem por uma área bem maior que a região em torno do lago artificial criado, comprometendo os ricos ecossistemas de terras úmidas. Na verdade os rios respondem aos novos inputs de energia e matéria modificando sua morfologia o que, por sua vez, representa uma destruição de biótopos. Apresenta-se um estudo de caso sobre a hidrelétrica de Tucuruí, no Pará, estado amazônico a fim de alertar para a necessidade de serem considerados os efeitos nos canais fluviais a jusante de hidrelétricas como parte integrante no processo de decisão do planejamento.

Palavras-chave: impactos ambientais, morfologia fluvial, hidrelétricas, sensoriamento remoto.

1. Objetivos

O estudo de caso realizado propõe a investigação de mudanças geomórficas ocorridas a jusante da represa da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, provocadas pela alteração da dinâmica hidrológica no baixo curso do rio Tocantins (Figura 1). São estabelecidos, portanto, os seguintes objetivos específicos:

. **Alterações na morfologia do canal**, com relação ao seu padrão e outros atributos, envolvendo mapeamento, medições e identificação de processos em curso que tiveram lugar em função da regulação do rio, envolvendo as variáveis-chave do sistema fluvial: carga líquida e carga sólida.

. **Repercussões sobre ecossistemas ribeirinhos**, diretamente dependentes da dinâmica fluvial no que diz respeito à temporalidade e à espacialidade das inundações. A planície de inundação é entendida como um subsistema que mantém conexões importantes na manutenção da diversidade de espécies.

2- Método e materiais

Para execução deste trabalho, foi utilizada uma série de quatro (4) imagens digitais selecionadas de acordo com a mínima cobertura de nuvens, obtidas no período de seca do rio Tocantins (agosto-setembro). Fotos aéreas também serviram como fonte importante de informações retratando as condições anteriores à construção da usina hidrelétrica a respeito do padrão do canal. O quadro a seguir resume as informações sobre os materiais utilizados.

Quadro 1- Imagens de satélite e fotos aéreas utilizadas

Dados LANDSAT			
Série	Resolução	Data de aquisição	Fornecedor
ETM/ LANDSAT 223/62 e 23/63	30 m x 30 m	14/08/1988	INPE
ETM/ LANDSAT 223/62 e 23/63	30 m x 30 m	12/07/2005	INPE
Dados das fotos aéreas			
Projeto		Data de tomada	Fornecedor
SACS/1977 – áreas 7/ Q.599; escala 1:70.000, I/03 n ^{os} . 16588 e 16586		21/09/77	DNPM/CPRM
GEO-184 C; escala 1:40.000, n ^o . 696		15/07/74	Aerofoto Cruzeiro S.A.

No processamento das imagens, a metodologia empregada já tem sido utilizada com sucesso para em investigações de mesma natureza estando descrita em Carvalho Junior et al. (2002). A utilização da referida metodologia envolve em três etapas indicadas a seguir.

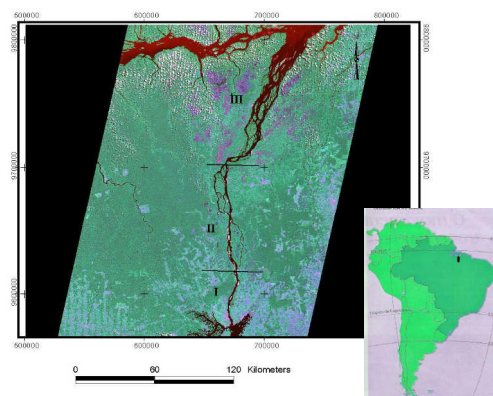
1^a. etapa: Conversão do número digital para reflectância;

2ª. etapa: Identificação dos corpos de água (canal principal e canais secundários) pelo seu comportamento espectral;

3ª. etapa: Identificação manual dos corpos de água e das feições fluviais, distinguindo-os e a confecção de uma tabela de atributos.

Cumprido, ao lado das informações sobre morfologia do rio Tocantins, aliar os dados referentes ao seu comportamento hidrológico e tratá-los estatisticamente. A análise dos dados fluviométricos disponíveis – vazão cota e carga sedimentar – compreendeu a magnitude do fluxo, periodicidade e frequência.

Figura 1- Área de Estudo
Baixo do curso do rio Tocantins



2. A regulação do Baixo Tocantins

O exame dos dados hidrológicos relativos às vazões diárias obedeceu a uma temporalização, cujos resultados exibem uma diferenciação marcante entre os períodos pré e pós-construção da barragem. De acordo com a **Tabela 1**, as alterações nas vazões mínimas e máximas são as mais expressivas. A redução na média anual não é significativa, podendo ser atribuída à evaporação no reservatório e/ ou à perda de água por infiltração. A diferença entre a mínima e a máxima de vazão é um importante parâmetro a ser considerado, uma vez que mostra a variabilidade anual do nível das águas, traço fundamental do ambiente ribeirinho.

Tabela 1- Variação das vazões médias mensais, Tucuruí-Cidade, Estação 29700000

Vazões Médias Diárias	Períodos		Variação Percentual
	Pré UHE	Pós UHE	
	1931 –1981	1982 - 2005	
Mínimas (m ³ /s)	4677	8474	+ 81,1
Máximas (m ³ /s)	23594	13095	- 44,5
Coefficiente médio de variabilidade Q _{max} /Q _{min}	5,02	1,54	- 69,33
Média do período (m ³ /s)	10983	10575	- 3,71

Fonte: BRASIL (1982); ANA (2007).

Observando-se o coeficiente de variabilidade para os dois períodos, é clara a diminuição da amplitude de variação entre as vazões mínimas e máximas por efeito da regulação do rio a partir da dinâmica de produção de energia.

A construção/ manutenção de ambientes físicos, ou habitats ecológicos nos quais as comunidades ripárias se desenvolvem, depende de processos físicos relacionados ao suprimento, transporte e deposição de sedimento e de matéria orgânica. Sendo assim, nas atividades do planejamento ambiental, referentes ao uso de recursos hídricos é imprescindível o conhecimento do transporte de sedimento ao longo de rios.

Apesar da insuficiência de dados em relação ao Baixo Tocantins, importantes constatações podem ser feitas com respeito à modificação carga em suspensão. Os cálculos realizados por Lima et al. (2003) com relação ao fluxo médio de sedimentos em suspensão apontam para 46.737 t/dia a montante do reservatório, estação de Itupiranga, sendo que a jusante da barragem este montante cai para 8.388 t/dia. De acordo com o estudo, a partir da estação de Itupiranga ocorreria uma deposição de cerca de 38.000 t/dia, apenas de sedimentos em suspensão o que significa uma redução ao redor de 82% no transporte da carga.

Figura 2- Novas áreas de deposição de areia (ao fundo) e de erosão (à direita) evidenciando a instauração do novo padrão de ocorrência destes processos (em 25/05/2007).

Com relação à ocorrência dos processos deposicionais nos trechos estudados, estes são observáveis onde complexidades topográficas levam às áreas de reduzido *shear stress* como a sotavento de ilhas e em canais secundários menores, ou seja, igarapés, paranás e furos. Esta acumulação de sedimentos arenosos provenientes das margens erodidas e, principalmente, da re-mobilização do material do leito também se dá em trechos de margens convexas.

Figura 3 – Nova áreas de deposição em ilhas, onde se notam árvores soterradas deixadas as copas a mostra (Em 08/08/2005).

Entendendo-se o sistema fluvial como um sistema aberto, um canal aluvial tem a habilidade de se ajustar frente às alterações de suas variáveis. Se a dimensão planimétrica do canal é uma resposta aos ajustes na largura, profundidade e declividade, logo é factível considerar o padrão do canal como síntese das respostas do sistema fluvial às mudanças introduzidas (Knight, 1998). Neste sentido, a perspectiva de captação de informações das imagens de satélite no sensoriamento remoto se coaduna com a da planimetria do canal, possibilitando a análise de sua evolução.

A utilização do Sistema de informação Geográfica ArcView®, versão 3.3 (1997) se deu, através de suas funções de classificação e mensuração, a análise integrada de dados espaciais e seus atributos em seguida ao processamento das imagens.

Quadro 2- Variação das áreas das principais feições fluviais do Baixo Tocantins

Feições fluviais	Área (ha)		Variação percentual
	14/08/1988	12/07/2005	
Barra frontal à ilha	205	520	(+) 153,65
Barra lateral	452	145	(+) 32,07
Barra de centro de canal	608	734	(+) 20,72
Barra de coalescência	1.925	4.318	(+) 124,31
ilha	89.900	85.896	(-) 4,46

Foram identificados manualmente ilhas e diversos tipos de barras, e contabilizadas as áreas e os perímetros para cada feição (**Quadro 2**), gerando duas tabelas de atributos, conforme as datas, cada uma com mais de 3.600 polígonos.

A comparação das áreas das feições fluviais identificadas nas duas tabelas, referentes às datas de 14/08/1988 e 12/07/2005, permitiu obter a variação percentual para o período de estudo (16 anos). Faz-se notar ainda que tais variações apresentadas no **Quadro 2** dizem respeito ao todo o baixo curso do rio Tocantins, a jusante da barragem, sendo que nos últimos 100 km, embora computados no processamento, não são notadas significativas alterações.

Chama a atenção o aumento em 153, 65% de barras frontais às ilhas como também nas barras de coalescência de 124,31%. Tais incrementos de em área pela deposição de material arenoso são devido à erosão do leito pela maior incisão do talvegue provocada pelo aumento da capacidade erosiva da corrente e de sua competência. Desta forma, o material do fundo do leito tem sido removido, transportado e depositado nas áreas de circulação mais lenta de água como as margens, os canais secundários, bem como a sotavento de ilhas. Esta deposição é responsável pela gradativa obstrução de canais secundários, de ligação com as planícies de inundação.

Atualmente, para ser alcançado um determinado nível fluviométrico em determinados trechos, maior vazão é necessária, devendo ser considerada a frente de erosão no leito do rio. Significa dizer que a cota do débito de margens plenas (*bankfull*) não é mais a mesma. Há trechos, no entanto, onde predomina a deposição, caracterizando uma assimetria nos processos, o que é característico de sistemas complexos como os fluviais.

3. Efeitos sobre os ecossistemas ribeirinhos

A frequência com que ocorrem os pulsos, dimensão temporal dos fluxos, também toma parte importante na conexão/ desconexão entre as áreas ribeirinhas com seus diversos ecossistemas e o canal fluvial principal. Do ponto de vista ecológico, os baixos fluxos, atualmente com sua frequência diminuída, representavam períodos de condições hídricas menos severas, aos quais determinadas espécies estariam adaptadas.

Em contrapartida, a redução na frequência das grandes vazões, como visto, significa um impacto direto sobre espécies adaptadas a períodos de saturação de água e, sobretudo, com relação à desconexão entre a planície e o canal fluvial. É importante notar que os componentes biológicos dos ecossistemas lóticos estão adaptados ao regime natural e são dependentes da oscilação das descargas máximas e mínimas a fim de satisfazer os requerimentos dos ciclos de vida dos organismos existentes na planície de inundação.

Uma das conseqüências imediatas das mudanças quanto à espacialidade é, portanto, a terrestrialização de áreas ribeirinhas pela redução dos níveis de cheias. De fato, observa-se uma significativa alteração nas áreas de inundação, permanente e temporária, dos ambientes ribeirinhos ali encontrados.

As principais relações entre o regime pulsátil do rio e a dinâmica destes ecossistemas podem ser encontradas em Neiff (1990). Portanto, se, no caso de do rio Tocantins, a conexão entre canal/ planície é interrompida em função da obstrução de canais secundários e/ou se verifica o rebaixamento do leito do rio, conseqüências do ajuste geomórfico e mudança de padrão do canal, se está diante de um quadro de irreversível destruição das condições físicas de preservação dos ecossistemas ripários (Manyari, 2007).

Um fator agravante é a flutuação dos níveis fluviométricos de acordo com a dinâmica de produção de energia. De acordo com as condições topográficas locais, no período em que as vazões alcançam as cotas entre 900-1200 cm, o súbito rebaixamento das águas pelo parada no funcionamento das turbinas, provoca a mortandade de espécies de peixes, em diferentes fases de desenvolvimento uma vez que são represados em lagoas e baixios praticamente “esvaziados”. O aquecimento da estreita lâmina de água remanescente sob a forte incidência solar também é um fator na morte das espécies

4. Conclusão

Diante do exposto, conclui-se pela alteração dos sítios de deposição e de erosão motivados pela interrupção do ciclo natural de agradação-degradação. Estas mudanças além de se traduzirem em ajustamentos nos perfis das dimensões lateral, transversal e longitudinal, irão

se refletir, por sua vez, no ajustamento do padrão do canal. Desta forma, alterações no regime hidrológico exercem alto grau de impacto no estado de equilíbrio do rio, bem como nos processos bióticos. Na verdade, muitas outras considerações podem ser estabelecidas, entretanto, o espaço aqui não permite. Os habitats criados são colonizados por organismos característicos de cada tipo de rio e do bioma onde se inserem. Embora a qualidade da água também possa afetar a resposta biológica, são as características físicas do ambiente fluvial os determinantes básicos, isto é que dão suporte à vida.

Estas constatações têm importantes implicações para os projetos hidrelétricos em toda a Amazônia, considerada fronteira energética, onde está prevista a construção de várias barragens. A extensão em área que este efeito pode alcançar é um fato a considerar na preservação da biodiversidade da região.

5. Referencias bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS-ANA (Brasil). Hidroweb. Bacia do Araguaia-Tocantins. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em 20/02/2007.

BRASIL. Ministério do Interior (1982) “Diagnóstico da Bacia do Araguaia-Tocantins: Projeto de Desenvolvimento Integrado da Bacia Araguaia-Tocantins”. Brasília-Prodiat, v. 2.

CARVALHO JUNIOR, O. A. et al. (2002) “Methodology for the registration of hydraulic works of the Bahia state Brazil as instrument of territorial and environmental administration”. In: *Congreso Internacional de Geodesia y Cartografía*, Caracas, Venezuela. CD-ROM do Congreso Internacional de Geodesia y Cartografía. Caracas, Venezuela; Asociación Venezolana de Ingenieros Geodestas-ASOVIG/ Asociación Internacional de Geodesia (IAG).

ENVI®-Environment for Visualising Images (1997) “Tutorials better solutions consulting limited liability”. Company Lafayette, Colorado, USA, 370 p.

KNIGHTON, D. (1998) “Fluvial forms & processes, a new perspective”. London, Arnold. 383 p.

LIMA, J. E. F. W. et al. (2003) “Diagnóstico do fluxo de sedimentos em suspensão na Bacia Araguaia-Tocantins”. Planaltina, DF, Embrapa Cerrados, Brasília, DF, ANEEL: ANA. 116 p.

MANYARI, W. V. (2007) “Impactos ambientais a jusante de hidrelétricas: o caso da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, PA”. Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, COPPE / UFRJ.

NEIFF, J. J. (1990) “Ideas para la interpretacion ecologica del Paraná”. *Interciencia*, v. 15, n. 6, pp. 424-441.