



Acta Scientiarum. Biological Sciences

ISSN: 1679-9283

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá

Brasil

Aquino, Sâmia; Latrubesse, Edgardo Manuel; Filho, Edvard Elias de Souza
Relações entre o regime hidrológico e os ecossistemas aquáticos da planície aluvial do rio Araguaia
Acta Scientiarum. Biological Sciences, vol. 30, núm. 4, 2008, pp. 361-369
Universidade Estadual de Maringá
.png, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=187116040004>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Relações entre o regime hidrológico e os ecossistemas aquáticos da planície aluvial do rio Araguaia

Sâmia Aquino^{1*}, Edgardo Manuel Latrubesse² e Edvard Elias de Souza Filho¹

¹Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790,87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. ²Centro de Investigaciones Geológicas, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Buenos Aires, Argentina. *Autor para correspondência. E-mail: samia_aquino@yahoo.com.br

RESUMO. O rio Araguaia se constitui no principal sistema fluvial que percorre o Brasil central. Neste artigo, são apresentadas algumas observações sobre o seu comportamento hidrogeomorfológico e suas aplicações no estudo de ecossistemas aquáticos. Os resultados foram gerados pelo processamento de dados de vazão de uma série histórica de 35 anos de registro (1970 a 2004), em nove estações hidrológicas, envolvendo o alto, médio e baixo curso. A distribuição de vazões no curso médio resulta atípica nas cheias extremas, pois o rio perde até 30% de sua vazão. No total, foram definidos três tipos de enchentes e dois mecanismos particulares de armazenamento e transferência de fluxos, que explicam as perdas de fluxos no médio curso. Três são os principais fatores condicionantes da perda de vazão: a) a existência de uma planície aluvial bem desenvolvida, b) a existência de um complexo de sistema de lagos na planície aluvial, c) a vegetação predominantemente arbórea, que freia a onda de cheia e contribui para o armazenamento de água na planície aluvial.

Palavras-chave: rio Araguaia, comportamento hidrológico, enchente, planície fluvial.

ABSTRACT. Relationship between hydrology and aquatic ecosystems in the Araguaia river floodplain. The Araguaia river is the most important fluvial system draining the Cerrado biome of Brazil. Results are presented here on the hydrogeomorphologic behavior of this fluvial system and its effect on the floodplain ecosystems. Discharge from nine gauge stations in the upper, middle and lower course of the Araguaia River, from 1970 to 2004, were analyzed. The hydrological regime depends strongly on the tropical wet-dry climate, with floods from January to May and low water between June and September. In the upper and lower courses, there is a high variation between maximum and minimum peaks because the underdevelopment of the floodplain, while in the medium course the flow peaks are smoothed by the presence of a well-developed river floodplain. In this area, the river can lose up to 30% in water discharge, which is stored in the floodplain. Three types of flood categories were defined, and two mechanisms of flow storage and transfer were identified, explaining the discharge loss in the middle course. Three main mechanisms produce the water loss mid-course: the sponge effect of the alluvial plain, the existence of a well-developed mosaic of lakes, and an arboreal-dominated vegetation stratum of alluvial forest.

Key words: Araguaia river, hydrologic behavior, floods, alluvial plain.

Introdução

A bacia do Tocantins é considerada a quarta maior bacia de drenagem da América do Sul. Estendendo-se por aproximadamente 800.000 km², engloba parte de dois grandes biomas sul-americanos: a floresta Amazônica ao Norte e o cerrado brasileiro ao Sul. É formada principalmente por dois grandes sistemas fluviais: Tocantins e Araguaia.

Atualmente, na Região Centro-Oeste, a bacia do rio Araguaia é foco de amplas discussões políticas, sociais e científicas, pelo intensivo desmatamento do Cerrado e pela expansão de atividades agrícolas na área durante as

últimas quatro décadas, com destaque à necessidade de projetos para planejamento de melhor utilização dos recursos existentes. Dos 200.000 km² originais que conformavam o Cerrado, mais de 60% foram destruídos e fragmentados pelo desmatamento e pela expansão da fronteira agrícola e pecuária. Nenhum outro bioma no mundo tem sido destruído tão rápido e em tão grande extensão na história da humanidade.

Dentro deste cenário de mudanças dramáticas, o rio Araguaia é a principal artéria fluvial do Cerrado, a qual mantém os mais importantes sistemas de áreas úmidas (*wetlands*) do Brasil central e uma fascinante biodiversidade. A planície aluvial do rio Araguaia e os

seus ecossistemas aquáticos são a última fronteira para conservação do Cerrado neste panorama de destruição.

Ecólogos de ambientes aquáticos admitem a importância de se conhecer com maior detalhe e em forma multidisciplinar o regime hidrológico dos sistemas fluviais, a ponto de sugerir que o estudo do regime de fluxo de um sistema fluvial natural poderia ser considerado um novo paradigma para a conservação e restauração de sistemas fluviais (Poff *et al.*, 1997). Atualmente, entende-se que o principal objetivo da ecologia fluvial aplicada é desenvolver normas de manejo de regimes com a finalidade de manter níveis desejáveis das funções ecológicas do sistema fluvial (Richter *et al.*, 1997; Poff *et al.*, 2003; 2006).

No Brasil, a situação é mais complexa, pois o entendimento básico do regime hidrológico de muitos sistemas fluviais é quase desconhecido e não compreende uma base conceitual hidrológica sólida que possa sustentar uma aplicação no campo da hidrologia ecológica.

Como exemplo, pode-se afirmar que pesquisas relacionadas às características hidrológicas e geomorfológicas na bacia do Araguaia são escassas. Apesar deste sistema ser considerado uma área prioritária para a conservação da biodiversidade aquática do Cerrado, sobre este tema se faz referência apenas em alguns relatórios técnicos do Serviço Geológico do Brasil-CPRM e da Agência Nacional de Águas - ANA, com ênfase em medidas quantitativas de fluxos de águas e insuficientes medições sedimentométricas.

O entendimento do funcionamento hidrológico do rio Araguaia, dentro de uma conceitualização da Ecologia, é uma necessidade que foi identificada no Projeto Corredor Ecológico Bananal-Araguaia, no qual se enfatiza que a implementação do projeto demanda grande produção de conhecimento com pesquisas de dados primários e que é necessário realizar um estudo hidrológico da bacia com aplicações no campo da ecologia de ambientes aquáticos (Arruda *et al.*, 2001).

A intenção deste artigo é aportar dados sobre caracterização do regime fluvial com a finalidade de oferecer subsídios dentro do marco conceitual da ecologia de sistemas fluviais e da necessidade da bacia Araguaia para desenvolver manejo sustentável.

Portanto, aqui se caracteriza o atual funcionamento hidrológico do rio Araguaia com ênfase na dinâmica das cheias, indicando a distribuição das vazões para todo o curso fluvial e relacionando estas informações com características geomorfológicas dos três setores do rio.

Área de estudo - características gerais

O rio Araguaia nasce a 850 m de altitude na serra dos Caiapós, na divisa entre os Estados de Mato Grosso e Goiás, e deságua no rio Tocantins, a cerca de 90 m de altitude, na divisa entre os Estados de Tocantins, Maranhão e Pará. Possui uma área de drenagem de aproximadamente 380.000 km² e descarga média de 6.000 m³ s⁻¹, na estação hidrológica de Araguatins.

Seu perfil longitudinal pode ser dividido em três segmentos denominados, por Latrubesse e Stevaux (2002), como alto, médio e baixo Araguaia (Figura 1). O alto Araguaia compreende o segmento com cerca de 450 km de extensão, situado entre a nascente e a cidade de Registro do Araguaia, e drena uma área de 36.400 km². Neste intervalo, o rio corre encaixado sobre embasamento cristalino composto por rochas pré-cambrianas e sedimentos paleozóicos da bacia do Paraná. A bacia de drenagem é formada por paisagens mais abruptas com elevações de até 1.000 m.

O médio curso estende-se por 1.160 km, de Registro do Araguaia até Conceição do Araguaia (Figura 1), e abriga grande extensão de planície aluvial. Neste intervalo, a área de drenagem aumenta drasticamente, alcançando mais de 300.000 km².

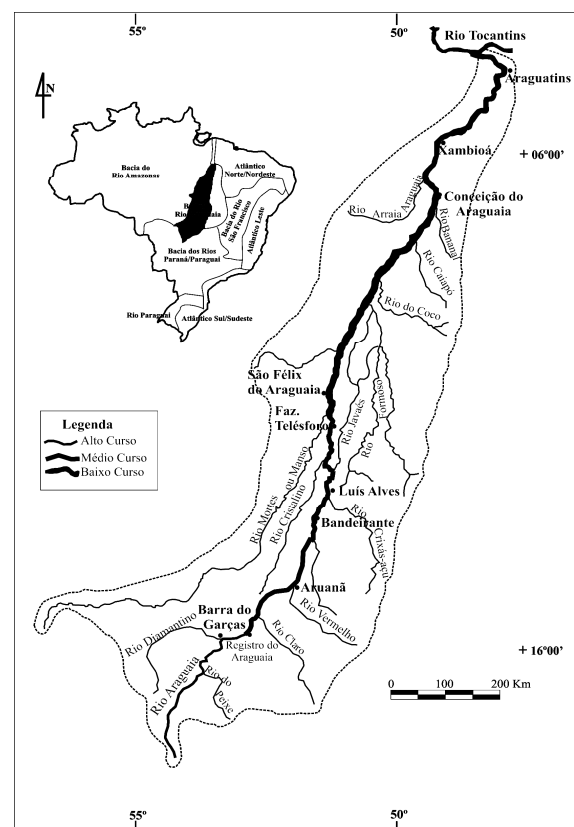


Figura 1. Bacia do rio Araguaia e estações fluviométricas consideradas.

Neste segmento, o canal possui baixa sinuosidade e baixo índice de entrelaçamento, com um canal principal e não mais que um ou dois braços. Em alguns trechos, o canal é único e pode desenvolver meandros. As principais feições aluviais são as ilhas e os bancos de areia. Dentre as ilhas, a de maior destaque é a Ilha do Bananal, a maior área insular fluvial da Terra (Latrubesse e Stevaux, 2002).

Na área superior do médio Araguaia, o rio corta blocos tectônicos de rochas pré-cambrianas (Latrubesse e Stevaux, 2002), embora esteja ladeado por áreas inundáveis. Passa a correr sobre terras baixas da planície do Bananal e recebe as águas do rio Cristalino e do rio das Mortes, seu principal afluente.

Para Latrubesse e Stevaux (2002), a planície aluvial do médio Araguaia é um complexo mosaico de unidades morfo-sedimentares formado por sedimentos do Holoceno e do Pleistoceno tardio. Nela, distinguem-se três tipos de unidades geomorfológicas: I) planície de inundação de escoamento impedido; II) unidade dominada por paleomeandros e III) planícies de barras e ilhas acrescidas.

Entre o médio e o baixo Araguaia, o canal está dividido em dez segmentos, localizados entre a cidade de Barra do Garças, Estado do Mato Grosso, e a confluência do rio Cristalino com o Araguaia, próximo à ilha do Bananal.

O baixo Araguaia compreende a extensão fluvial situada a jusante de Conceição do Araguaia até sua confluência com o rio Tocantins (Figura 1). Inicia-se depois da planície do Bananal, quando a planície aluvial do rio praticamente desaparece e o rio entra em área de rochas cristalinas pré-cambrianas com extensão de, aproximadamente, 500 km até a confluência com o rio Tocantins.

As condições climáticas que predominam na bacia Araguaia são de natureza continental tropical, porque não sofrem o efeito direto da confluência intertropical pela sua posição no continente. O clima se apresenta semi-úmido com tendência a úmido, caracterizando-se, segundo Köppen, no tipo Aw, de savanas tropicais, com quatro a cinco meses secos (Simego, 2002).

Durante o ano, há duas estações bem acentuadas: a chuvosa e a seca, com um mês de transição nas passagens de uma para outra. O período mais chuvoso da bacia compreende os meses de outubro a abril e o mais seco, os meses de julho a agosto.

A distribuição espacial das chuvas é característica da zona de Cerrado e, na região das nascentes, a precipitação alcança 1.500 mm anual; na faixa correspondente ao médio Araguaia, as precipitações diminuem no sentido oeste-leste, de 1.850 mm para 1.000 mm por ano, na parte mais norte da bacia, entrando em ambiente de transição para a bacia Amazônica, as precipitações aumentam

consideravelmente, alcançando valores superiores a 2.000 mm.

Material e métodos

A área de estudo considerada se estende do município de Barra do Garças, Estado do Mato Grosso, a Araguatins, Estado do Tocantins, próximo a sua foz, e analisa-se uma série histórica hidrológica que compreende 35 anos de registro (de 1970 a 2004).

Foram utilizadas variáveis relacionadas à vazão e áreas de drenagens, fornecidas pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil e ANA - Agência Nacional de Águas, englobando nove estações do rio Araguaia: Barra do Garças, Aruanã, Bandeirantes, Luís Alves, Fazenda Telésforo, São Félix do Araguaia, Conceição do Araguaia, Xambioá e Araguatins (Figura 1).

As variáveis hidrológicas foram processadas por meio de programas computacionais específicos, como Excel e Hidro, possibilitando a obtenção de distintas correlações, a fim de particularizar a dinâmica hidrológica do sistema nos diferentes setores do canal fluvial.

Resultados

A análise dos dados das estações fluviométricas estudadas permitiu a caracterização da distribuição anual e espacial da vazão no rio Araguaia, a obtenção da relação entre área de drenagem e a vazão de cada estação e a identificação dos diversos tipos de enchente. Os resultados obtidos encontram-se a seguir.

Regime hidrológico: distribuição anual e espacial das vazões do rio Araguaia

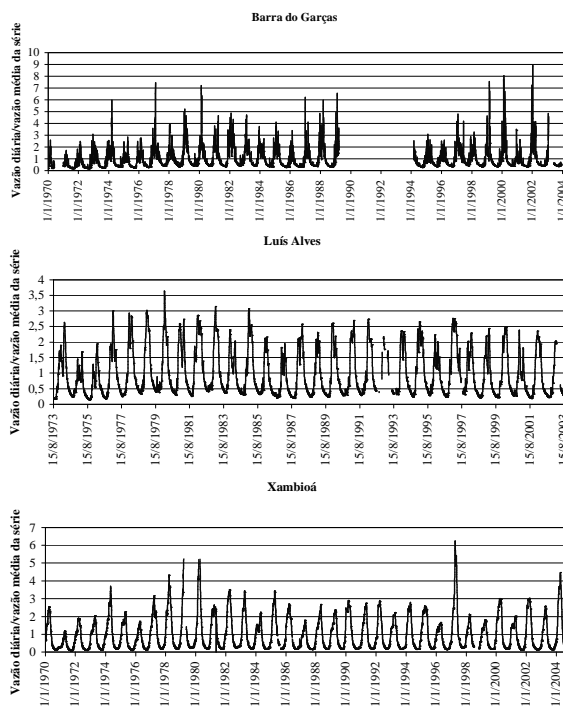
O fluxo é a variável fundamental para comparar o regime de diferentes rios, assim como avaliar a disponibilidade dos recursos hídricos para estimar mudanças na sequência de fluxos históricos e determinar os impactos da atividade humana (Gustard, 1996).

Mudanças na descarga pelo tempo são representadas por um hidrograma que proporciona uma noção da variabilidade temporal das periodicidades anuais das estações secas e úmidas. Os hidrogramas do rio Araguaia foram construídos a partir de vazões diárias, pois dessa forma não há um encobrimento dos resultados, refletindo os picos de máximos e mínimos e indicando claramente a oscilação do regime hidrológico do sistema.

A vazão média anual, os picos máximos e mínimos da série histórica considerada são apresentados na Tabela 1. Os hidrogramas foram elaborados para todas as estações, no entanto, são apresentados somente alguns, os quais representam cada setor do rio Araguaia (Figura 2).

Tabela 1. Dados hidrológicos com coeficientes médios de variabilidade de vazões para o rio Araguaia.

| Estação Hidrológica | Área de Drenagem m km ² | Vazão | | | Coefic. Médio Variabilidade | |
|-----------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------|--------------------|
| | | Média Anual Qm (m ³ s ⁻¹) | Máxima Qmax (m ³ s ⁻¹) | Mínima Qmin (m ³ s ⁻¹) | Qmax | Qmin ⁻¹ |
| Barra do Garças | 36.423 | 619 | 4.668 | 101 | 16 | |
| Aruanã | 76.964 | 1.200 | 8.374 | 182 | 13 | |
| Bandeirantes | 92.638 | 1.500 | 5.863 | 203 | 12 | |
| Luís Alves | 117.580 | 1.700 | 6.059 | 243 | 10 | |
| Fazenda Telésforo | 131.600 | 1.488 | 5.596 | 182 | 9 | |
| São Félix do Araguaia | 193.923 | 2.700 | 9.126 | 440 | 9 | |
| Conceição do Araguaia | 320.290 | 5.140 | 24.835 | 518 | 17 | |
| Xambioá | 364.496 | 5410 | 25160 | 445 | 18 | |
| Araguatins | 376.659 | 6034 | 26283 | 715 | 17 | |

**Figura 2.** Hidrogramas de vazões diárias normalizados em relação à média da série histórica da estação hidrológica correspondente.

Os hidrogramas apresentados foram normalizados em relação à média da série, para as três estações hidrológicas, e obtidos pela divisão de cada valor diário pelo valor da vazão média da série histórica correspondente. Permitem ilustrar o comportamento das estações e facilitar comparações desse comportamento em cada estação e entre estações, entendendo melhor a dispersão dos valores a respeito da média. Portanto, quando se analisa a série histórica, o valor 1 representa a vazão média anual do período.

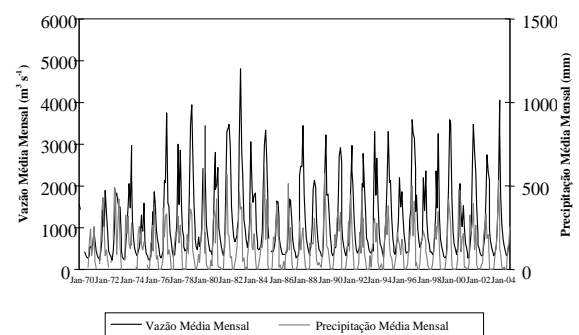
Os picos de cheias do Araguaia acontecem nos meses de janeiro a maio; contudo, no alto curso, em alguns anos, há variabilidades e acréscimos nos picos

que começam no mês de dezembro. Os maiores picos, geralmente, acontecem entre janeiro e março para o alto e médio curso. Já os picos de cheias, no baixo curso, começam a partir de janeiro até abril, constituindo-se num regime relativamente simples, com uma temporada de cheia e outra de seca, que está em conformidade com o clima da bacia, típico das áreas de ocorrência de cerrado, caracterizado por apresentar duas estações bem definidas: a chuvosa frequentemente marcada nos meses de outubro a abril e a estação seca que começa a partir de maio até setembro.

O rio Araguaia tem picos de vazão bem definido durante a estação chuvosa e descarga bem inferior durante a estação seca, quando diminuem as chuvas. A grande variabilidade estacional é refletida em todos os setores do curso principal. O alto curso possui coeficiente de variabilidade média de 16, o médio curso se caracteriza por apresentar valores entre 9 e 13, e o baixo curso apresenta valores entre 17 e 18. Os valores do referido coeficiente indicam que a vazão máxima pode ser nove vezes maior que a vazão mínima (São Félix do Araguaia) ou até 18 vezes maior (Xambioá), conforme pode ser observado na Tabela 1.

Essa variação é decorrência da combinação de vários fatores que englobam condições climáticas de precipitação, geologia e geomorfologia da área. Segundo Latrubesse *et al.* (2005), esses valores de relação entre fluxos máximos e mínimos são característicos de rios tropicais que drenam suas bacias em áreas com clima bem definido em estações úmida e seca, e os altos coeficientes devem-se, possivelmente, à distribuição das chuvas e à eficiência de armazenamento da bacia.

Como exemplo da precipitação, a Figura 3 apresenta a distribuição de chuvas em Aruanã, indicando que a vazão está em fase com a precipitação, até mesmo nos picos de subida e diminuição da vazão, o que se nota em grande parte dos anos considerados.

**Figura 3.** Relação entre vazões máximas anuais e precipitações máximas anuais para a estação Aruanã – rio Araguaia – 1970 a 2004.

Relação área de drenagem/vazão

Em termos gerais, os valores de vazões se elevam com o aumento da área de drenagem e pode ser elaborada uma relação em que a vazão é expressa como uma função da área de drenagem. A obtenção das curvas de área de drenagem vs. vazão pode ser de grande utilidade no planejamento ambiental e, especialmente, relacionada para avaliação com os riscos de enchentes (Dunne e Leopold, 1998).

Os dados de vazão média anual das estações do rio Araguaia foram plotados com a área de drenagem correspondente (Figura 4), indicando tendência a aumento de vazão à medida que a área de drenagem amplia. O expoente da curva próximo a 1 indica que a vazão média anual se incrementa em proporção direta à área de drenagem.

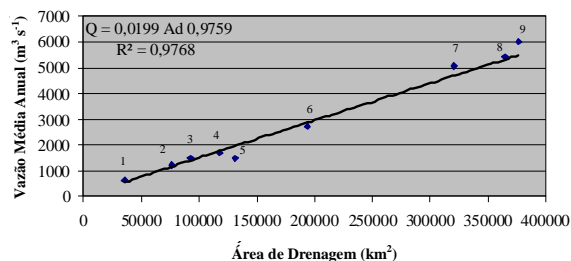


Figura 4. Relação área de drenagem/vazão média anual – compreendendo todas as estações hidrográficas do curso principal do rio Araguaia. 1 – Barra do Garças; 2 – Aruanã; 3 – Bandeirantes; 4 – Luís Alves; 5 – Fazenda Telésforo; 6 – São Félix do Araguaia; 7 – Conceição do Araguaia; 8 – Xambioá; 9 – Araguatins.

No entanto, a mesma relação não é mantida quando são utilizados os valores de vazão máxima anual, em que são considerados apenas os valores extremos registrados para a série histórica. Neste caso, algumas anomalias podem ser visualizadas, particularmente nas estações inseridas no médio curso, onde a descarga a montante é muitas vezes maior do que as descargas a jusante (Figura 5).

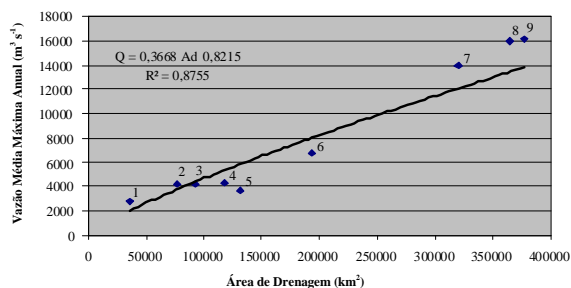


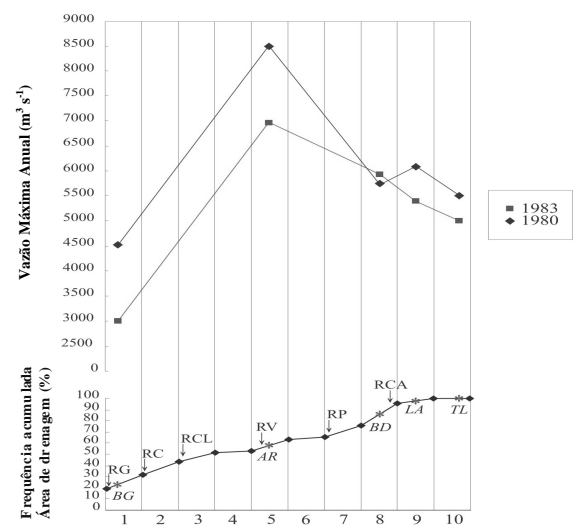
Figura 5. Relação área de drenagem/vazão máxima anual – compreendendo todas as estações hidrográficas do curso principal do rio Araguaia. 1 – Barra do Garças; 2 – Aruanã; 3 – Bandeirantes; 4 – Luís Alves; 5 – Fazenda Telésforo; 6 – São Félix do Araguaia; 7 – Conceição do Araguaia; 8 – Xambioá; 9 – Araguatins.

Tipos de enchentes

Grandes rios oferecem respostas complexas de enchentes que podem ser diferenciadas, por exemplo, em função do seu comportamento espacial ao longo do sistema fluvial, de sua duração, ritmo de subida/descida e outros fatores.

Considerando os dados discutidos sobre as anomalias que ocorrem no rio Araguaia, é possível verificar três tipos de enchentes do médio Araguaia, entre Aruanã e Fazenda Telésforo, inseridas nos segmentos 5 a 10, com fluxos próximos ou superiores às vazões de enchente média (Figuras 6, 7 e 8). Os três tipos foram denominados como enchentes do tipo A, B e C. Cada tipo pode ser caracterizado da seguinte forma:

Tipo A: caracteriza-se por grandes picos de enchentes marcantes ao longo do médio curso, superando amplamente a capacidade do canal, como no caso de 1980 e 1983, anos em que foram registradas altas vazões e picos extremos em Aruanã, refletindo forte entrada de descarga da alta bacia. Comparando esses picos de vazões do médio Araguaia, nota-se uma perda substancial de vazão para picos máximos de cheias entre as estações Aruanã e Fazenda Telésforo. As perdas chegam a ser de 27% entre Aruanã e Luís Alves e de 33% entre Aruanã e Telésforo (Figura 6).



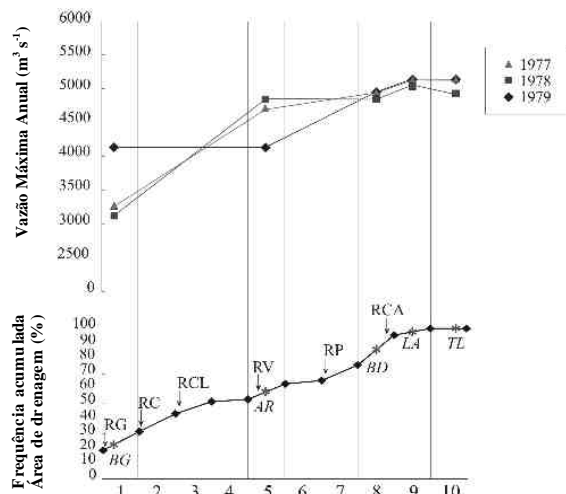
RG: Rio das Garças; RC: Rio Caiapó; RCL: Rio Claro; RV: Rio Vermelho; RP: Rio do Peixe; RCA: Rio Crixá-Açú.

* BG: Barra do Garças AR: Aruanã; BD: Bandeirantes; LA: Luís Alves; TL: Fazenda Telésforo.

Figura 6. Frequência acumulada da área de drenagem associada ao tipo de enchente A, ao longo dos dez segmentos do canal do rio Araguaia. ↓ – confluência com os principais afluentes. * – Localização das estações hidrográficas.

A estação de Aruanã foi considerada a mais representativa para descrever, de forma completa, as características das enchentes do Tipo A que ingressam no médio curso, por possuir, nas grandes enchentes, fluxos com valores muito elevados que ultrapassam os valores das estações mais a jusante do médio curso. Parte desse fluxo abastece lagoas, próximas a Aruanã, que estão diretamente ligadas com o canal do rio.

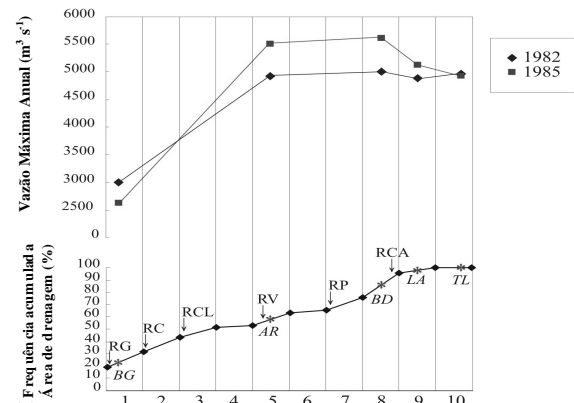
Tipo B: não apresenta grandes picos, como os da enchente tipo A. Caracteriza-se por apresentar leves aumentos de vazão até Luís Alves e valores conservativos ou pequenas perdas a jusante, por derivação de água para o rio Javaés, de Luís Alves a Fazenda Telésforo, como no caso dos anos de 1977, 1978 e 1979 (Figura 7).



RG: Rio das Garças; RC: Rio Caiapó; RCL: Rio Claro; RV: Rio Vermelho; RP: Rio do Peixe; RCA: Rio Crixá-Açu.
* BG: Barra do Garças AR: Aruanã; BD: Bandeirantes; LA: Luís Alves; TL: Fazenda Telésforo.

Figura 7. Frequência Acumulada da área de drenagem associada ao tipo de enchente B, ao longo dos dez segmentos do canal do rio Araguaia. ↓ - confluência com os principais afluentes. * - Localização das estações hidrológicas.

Tipo C: está caracterizado pelos anos 82 e 85 e possui vazões conservativas em parte do médio curso, mostrando valores ligeiramente ascendentes entre Aruanã e Bandeirantes. A diferença com o tipo B é que mostra tendência de perda de 4,5% de vazão entre Bandeirantes e Luís Alves, podendo ainda ser conservativa ou perder vazão entre Luís Alves e Telésforo, também por derivação da água em épocas de cheias para o Javaés. A partir daí, o canal recebe importante tributário – o rio das Mortes – e transcorre normalmente para o baixo curso (Figura 8).



RG: Rio das Garças; RC: Rio Caiapó; RCL: Rio Claro; RV: Rio Vermelho; RP: Rio do Peixe; RCA: Rio Crixá-Açu.
* BG: Barra do Garças AR: Aruanã; BD: Bandeirantes; LA: Luís Alves; TL: Fazenda Telésforo.

Figura 8. Frequência acumulada da área de drenagem associada ao tipo de enchente C, ao longo dos dez segmentos do canal do rio Araguaia. ↓ - confluência com os principais afluentes. * - Localização das estações hidrológicas.

Discussão

Regime hidrológico

Latrubesse e Stevaux (2002) compartimentaram o Araguaia em alto, médio e baixo curso em função da geologia da bacia e do controle estrutural existente e de algumas características geomorfológicas, sendo a mais importante a presença ou ausência de uma planície aluvial bem desenvolvida. Dessa forma, o alto e o baixo curso, os quais correm fundamentalmente em leito rochoso, são diferenciados do médio curso, onde se apresenta uma bem desenvolvida planície aluvial. Contudo, o regime hidrológico do sistema não foi caracterizado em detalhe, pelos citados autores, com a finalidade de confirmar se esse comportamento estaria de acordo com a compartimentação proposta.

Os resultados aqui apresentados demonstram que os três compartimentos possuem comportamento hidrológico e geomorfológico diferenciado.

Do ponto de vista do regime hidrológico, em períodos de grandes enchentes, os picos máximos nas estações de Barra do Garças e Aruanã (respectivamente, alto e início do médio curso) são, geralmente, bastante pontiagudos e de subida relativamente rápida, com dois a três picos importantes e de curta duração; a evolução desses picos se dá para as estações hidrológicas a jusante com fluxos diários menos oscilantes entre subida e descida.

Em geral, no alto curso, há uma grande oscilação de vazões, com valor médio de coeficiente de variabilidade entre picos máximos e mínimos de

15.6 (Tabela 1) e vários repiquetes na fase de cheia, por mais que seja um ano marcadamente seco. Isto está diretamente relacionado ao relevo e ao fato de o canal principal e seus afluentes estarem encaixados sobre rochas sedimentares da bacia do Paraná e do embasamento cristalino pré-cambriano, apresentando pouco desenvolvida e esporádica planície aluvial, o que influencia consideravelmente o comportamento do sistema fluvial.

Com relação às estações que constituem o médio curso, de Aruanã a São Félix do Araguaia, o coeficiente médio de variabilidade de vazões está entre 13 e 8.3, valores mais baixos que o do alto curso. Embora seja significativamente alto, esse decréscimo acontece pelo fato de a planície aluvial, inserida neste trecho, amortecer a variabilidade dos fluxos nos meses de cheias e manter certo fluxo de base e retroalimentação por drenagem da planície aluvial nos meses mais secos.

Além disso, o rio Araguaia, neste setor, não possui distribuição típica de vazões à medida que flui e aumenta sua área de drenagem, pois, em algumas estações, a descarga a montante é muitas vezes maior do que as descargas a jusante (Figura 5). A partir de um valor determinado de alta vazão, o rio na estação de Fazenda Telésforo, com uma área de drenagem de 131.600 km², tem os picos anuais menores do que em Aruanã que possui área de drenagem inferior (76.964 km²) e se encontra a montante. Isto se reflete com maior ênfase durante as cheias excepcionais, como a de 1980; o rio tende a perdas no volume de água de até 33%, entre o início do médio curso até a estação Fazenda Telésforo (Figuras 6, 7 e 8), em função do armazenamento ao longo da planície aluvial, que possui complexo sistema de lagos, como também, por derivação de parte da descarga para o rio Javaés.

A tendência de perda de água mantém-se ainda nos períodos de estiagem para anos úmidos, mas não nos anos marcadamente secos, quando o rio mantém aumento extremamente baixo e gradativo de vazões em direção a jusante até alcançar o rio das Mortes; a partir daí, aumenta suas descargas mais significativamente por ficarem concentradas no canal e não produzirem fenômenos significativos de transbordamento.

Por que o rio Araguaia tem este comportamento e qual a importância ecológica deste regime de fluxos

O comportamento atípico do rio Araguaia, como detectado nas curvas área de drenagem x vazão máxima da série e, em particular, nas inundações dos tipos A e B, pode ser explicado por duas causas: a) armazenamento de água ao longo de uma bem

desenvolvida planície aluvial que apresenta um sistema complexo de lagos; b) derivação de fluxo por transbordamentos em direção ao rio Javaés, que limita pelo lado leste a Ilha do Bananal e volta a se unir ao rio Araguaia depois de percorrer mais de 350 km (Figura 9).

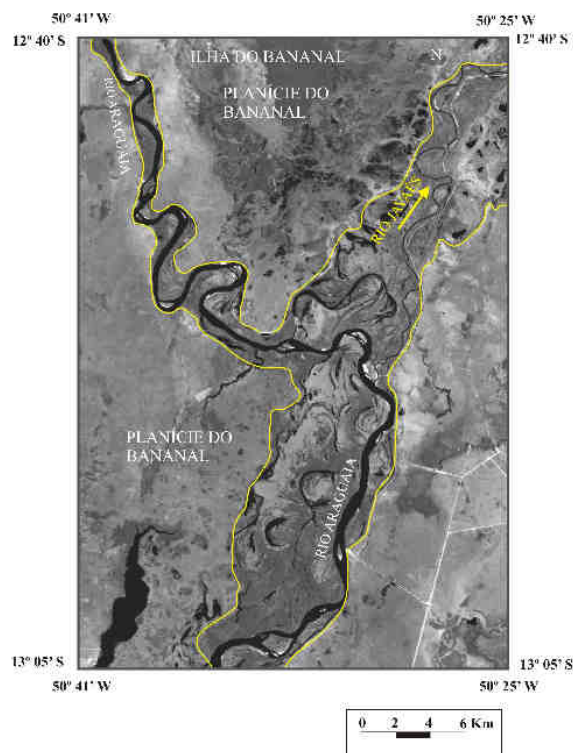


Figura 9. Imagem Landsat TM-1997 indicando a derivação do rio Araguaia para o braço menor do Araguaia - rio Javaés.

Esses dois mecanismos principais produzem as anomalias detectadas nas Figuras 6, 7 e 8 que indicam decréscimo das vazões do rio Araguaia desde Aruanã até a confluência com o rio das Mortes, a partir de onde o rio assume comportamento normal com aumento da vazão em função do aumento da área de drenagem.

Como mencionado, no médio curso, o rio flui por uma planície aluvial bem desenvolvida. Entretanto, na área superior do médio Araguaia, o rio corta blocos tectônicos de rochas pré-cambrianas. A planície aluvial do médio Araguaia é um complexo mosaico de unidades morfo-sedimentares formadas por sedimentos do Holoceno, e provavelmente do Pleistoceno tardio, e se reconhecem três tipos de unidades geomorfológicas dominantes que conformam a planície aluvial atual (Latrubesse e Stevaux, 2002).

No setor entre Aruanã e Luís Alves, ao longo de aproximadamente 256 km de extensão, foram

quantificados nas unidades geomorfológicas I - Planície de inundação de escoamento impedido e II - unidade dominada por paleomeandros, 293 lagos de dez categorias: lagos de canal abandonado, canal abandonado encadeado, oxbow, oxbow colmatados, oxbow composto, espira de meandro, espira de meandro composta, diques marginais, vale bloqueado e lagos de acreção lateral (Morais et al., 2005).

Foi interpretado que inundações de grande porte, aqui denominadas de Tipo A, como as acontecidas em 1980 e 1983, produzem grandes volumes de água que são armazenados temporariamente na planície aluvial. O armazenamento está favorecido pela existência de um complexo sistema de lagos e pela saturação da planície aluvial.

Uma segunda perda acontece onde o rio Javaés se origina, em relação ao rio Araguaia. O Javaés é um rio subadaptado que escoar dentro de um braço abandonado do Araguaia com centenas de quilômetros de extensão. Durante cheias dos tipos A e B, principalmente, o Araguaia transfere um importante volume de águas para o Javaés, podendo chegar a derivar até 8% de suas águas.

A partir desses resultados, define-se que os distintos tipos de cheias e sua inter-relação e, em parte, dependência do comportamento hidrogeomorfológico da planície aluvial é de importância fundamental na manutenção ecológica dos biótipos da planície aluvial.

Um conceito fundamental em Ecologia fluvial é que pulsos de cheias formam o *moving litoral* que afeta a planície de inundação e, dessa forma, favorecem a conectividade e incrementam a produtividade (Junk et al., 1989). É notório, porém, que planícies aluviais são formadas por um mosaico de biótipos lânticos e lóticos de complexa disposição espacial; autores como Ward e Stanford (1995) sugerem uma sequência relativa de conectividade dos corpos de água da planície aluvial com o canal principal do rio, em relação a atributos estruturais e funcionais dos corpos de água dentro da planície aluvial, e dependente da complexidade hidrogeomorfológica da mesma.

Fica claro, neste estudo, que a conectividade dos lagos ao canal do Araguaia está relacionada às características morfológicas da planície aluvial e à dinâmica fluvial de inundações, mas também, que os mecanismos de interação e armazenamento de água de inundações no rio Araguaia são atípicos, quando comparados com outros grandes rios, em função da alta capacidade de retenção durante grandes cheias.

Conclusão

Neste artigo, explica-se que a constituição geomorfológica particular da bacia produz efeitos

característicos na hidrologia do sistema e demonstra como o regime hidrológico do rio Araguaia se comporta de acordo com a compartimentação fluvial elaborada por Latrubesse e Stevaux (2002) em alto, médio e baixo curso.

O regime hidrológico do Araguaia é dependente do clima dominante quente/semi-úmido. Os picos de cheias se definem entre os meses de janeiro a maio (período de chuvas) e o período de vazantes, entre junho e setembro. Como em outros grandes sistemas fluviais, os picos máximos de descargas apresentam-se suavizados a jusante com a eliminação de picos secundários (repiquetes).

No alto e baixo curso, há intensa variabilidade entre picos máximos e mínimos de vazões, enquanto no médio curso, a oscilação de vazões é suavizada pela planície aluvial presente neste trecho do rio.

De forma geral, o regime hidrológico do Araguaia é relativamente simples; quando se enfatiza a relação área de drenagem/vazão máxima anual, no entanto, observa-se que o rio possui uma distribuição atípica de vazões à medida que flui a jusante, pois durante cheias extremas, como aconteceu no ano de 1980, o sistema tende a perder vazão, com perdas do início do médio curso até a Fazenda Telésforo.

Uma análise mais detalhada permitiu identificar três tipos de modelos de cheias classificados como A, B e C e dois mecanismos particulares de armazenamento e transferência de fluxos que explicam as perdas no curso médio.

O primeiro é o armazenamento de água na planície aluvial, e particularmente nas cheias de grande porte (Tipo A), quando até 30% da vazão pode ser transferida entre Aruanã e Luís Alves. Uma complexa planície aluvial com uma variedade de sistemas lacustres permite o armazenamento destes grandes volumes de água.

O segundo mecanismo é a derivação de águas do Araguaia ao Javaés, também durante cheias, principalmente dos tipos A e B.

Partindo do ponto de vista da ecologia fluvial, identifica-se que, em função do seu funcionamento hidrológico particular, os ecossistemas aquáticos da planície aluvial são altamente dependentes das cheias do rio Araguaia e, episodicamente, são capazes de armazenar imensos volumes de água que chegam a representar 30% da vazão líquida circulante no sistema.

Porém, em função da falta de estações fluviométricas dos principais afluentes do Araguaia, como rio Crixás e rio Peixe, entre outros, os quais se juntam ao Araguaia entre Aruanã e Luís Alves e incrementam em 34,5% sua área de drenagem, este valor pode ser tomado como conservativo/mínimo.

Modelos hidrológicos adicionais, tendo em conta estimativas de vazões dos tributários, são uma necessidade para o melhor entendimento das interações rio/planície e o seu papel na manutenção ecológica dos ecossistemas da planície aluvial, assim como seria desejável a complementação dos modelos hidrológicos com modelos de transferência de sedimentos e nutrientes.

Agradecimentos

Esta pesquisa foi subsidiada pelo CNPq, pelo Programa Prosul-CNPq, pelo Programa Cyted e pelo Projeto *Land use Impacts on the Water Resources of the Cerrado Biome NASA - Earth Science Enterprises*. Os autores agradecem ao Serviço Geológico do Brasil e à Agência Nacional de Águas, pelos dados hidrológicos; aos professores José C. Stevaux e Sidiney Magela Thomaz, pela revisão do manuscrito e sugestões. Samia Aquino agradece à CAPES a bolsa de pós-doutorado cedida no transcurso da geração deste artigo. O segundo autor agradece o apoio à Fapesp e à Universidade Guarulhos, onde atuou como Professor Visitante de curta duração.

Referências

- ARRUDA, M. *et al.* Projeto Corredor Ecológico Bananal/Araguaia. Brasília: Ibama, 2001. Publicação especial.
- DUNNE, T.E.; LEOPOLD, L.B. *Water in environmental planning*. New York: W. H. Freeman, 1998.
- GUSTARD, A. Analysis of river regimes. In: PETTS, G.; CALOW, P. (Ed.). *River flows and channel forms*. Oxford: Blackwell Science, 1996. p. 32-50.
- JUNK, W.J. *et al.* The flood pulse concept in river-floodplain systems. In: DODGE, D.P. (Ed.). Proceedings of the International Large River Symposium. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*, [S.l.], v. 106, p. 110-127, 1989.
- LATRUBESSE, E. *et al.* Tropical rivers. *Geomorphology*, Amsterdam, v. 70, n. 3-4, p. 187-206, 2005.
- LATRUBESSE, E.; STEVAUX, J. C. Geomorphology and environmental aspects of Araguaia Fluvial Basin, Brazil. *Zeitschrift für Geomorphologie*, Tübingen v. 129, suppl., p. 109-127, 2002.
- MORAIS, R.P. *et al.* Morfometria dos sistemas lacustres da planície aluvial do Médio Rio Araguaia. *Acta Sci. Biol. Sci.*, Maringá, v. 27, n. 3, p. 203-213, 2005.
- POFF, N.L. *et al.* The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration. *Bioscience*, Washington, D.C., v. 47, n. 11, p. 769-784, 1997.
- POFF, N.L. *et al.* River flows and water wars: emerging science for environmental decision making. *Frontiers in Ecology and the Environment: Ecological Society of America*, Washington, D.C., v. 1, n. 6, p. 298-306, 2003.
- POFF, N.L. *et al.* Placing global stream flow variability in geographic and geomorphic contexts. *River Res. Appl.*, Chichester, v. 22, p. 149-166, 2006.
- RICHTER, B.D. *et al.* How much water does a river need? *Freshw. Biol.*, Oxford, v. 37, p. 231-249, 1997.
- SIMEGO-Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos do Estado de Goiás. *Bacias hidrográficas: Bacia do Rio Araguaia*. Disponível em: <www.simego.sectec.go.gov.br>. Acesso em: 2002.
- WARD, J.V.; STANFORD, J.A. Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its disruption by flow regulation: regulated rivers. *Res. Manag.*, New York, v. 11, [s/n], p. 105-119, 1995.

Received on July 07, 2008.

Accepted on September 30, 2008.