

## **MORFOGÊNESE E CONECTIVIDADE EM AMBIENTES FLUVIAIS DO ALTO RIO PARANÁ, CENTRO-SUL DO BRASIL**

ROCHA, P.C.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> UNESP/FCT – Presidente Prudente-SP - e-mail: prg.rocha@terra.com.br

### **RESUMO**

Este trabalho apresenta uma aproximação a respeito das interações entre as características geomorfológicas, condicionantes geomórficas, diversidade de habitats e grau de conectividade de feições do sistema rio-planície fluvial do alto rio Paraná, no trecho entre Porto Primavera e Porto 18. Para tanto, foram observados os conceitos a respeito da dinâmica dos sistemas fluviais aluviais, conforme Leopold et al. (1964), Miall (1985), e de conectividade, conforme Sparks (1995), Ward & Stanford (1995-a; 1995-b) e Ward et al. (1999). Os dados hidrológicos foram obtidos por amostragens no campo, dados hidrológicos das estações fluviométricas próximas, interpretação de fotografias aéreas, perfis topo-batimétricos e revisão dos trabalhos enfocando esta região estudada. No alto rio Paraná, os resultados mostraram que a superposição dos sistemas fluviais relictos gerou uma grande diversidade de feições aluviais. As feições relictas presentes na planície fluvial se apresentam bastante estáveis, do ponto de vista da hidrodinâmica atual, com menor grau de conectividade com o rio Paraná, e sugerem predomínio de processos autogênicos. Na calha principal do rio, os ambientes com gênese no regime fluvial atual, são pouco estáveis, e isso sugere que processos alogênicos garantam maior dinamismo geomórfico e evolutivo, devido ao maior grau de conectividade. Palavras-chave: geomorfologia fluvial; planície de inundação; conectividade; rio Paraná.

### **INTRODUÇÃO**

Sistemas rio-planície de inundação são sistemas dinâmicos. Esta dinâmica está condicionada às interações entre os seus subsistemas. Os ecossistemas da planície de inundação são também dependentes de perturbações naturais, confiando à energia cinética da inundação (dinâmica fluvial) a manutenção da conectividade. As condições hidrológicas e geomórficas interagem para determinar padrões e processos em variadas escalas (Ward & Stanford, 1995-b).

Uma alteração nas condições de equilíbrio, devido à mudanças tectônicas ou no regime hidrológico, incluindo mudanças no aporte de sedimentos e água, pode resultar na alteração da planície de inundação e levar à degradação e formação de um terraço, ou por outro lado levar à agradação (Leopold et al., 1964).

Sob condições de desequilíbrio no sistema, novas relações entre o trabalho do canal e a forma adequada para executá-lo será estabelecida com o decorrer do tempo, até que um novo estado de ajuste se estabeleça. Neste intervalo de tempo, o sistema temporariamente em desequilíbrio, percorrendo uma trajetória de readaptação, e o entendimento das relações entre processos e formas se complexam.

Uma diversidade de feições em diferentes estágios geomórficos sucessionais podem ser observados nos sistemas rio-planície de inundação, quer seja nas altas latitudes ou nos trópicos, ou do ponto de vista do perfil longitudinal dos rios, os quais admitem relações particulares entre o canal fluvial e sua planície de inundação. Assim, um certo determinismo nos processos ecológicos pode ser esperado.

Este trabalho tem como objetivo uma primeira aproximação a respeito das interações entre: 1) as características geomorfológicas e as condicionantes geomórficas, 2) a diversidade de habitats (feições) e os estágios evolutivos, e 3) entre os níveis fluviométricos do regime hidrológico atual e a conectividade entre os ambientes aquáticos e terrestres.

## **ÁREA DE ESTUDOS**

A área de estudos está localizada num trecho do alto rio Paraná, dentro do "compartimento rio Baía" (Souza Filho & Stevaux, 1997), entre a UHE Porto Primavera e a foz do rio Ivinheima, e é caracterizada por uma extensa planície aluvial do lado direito do rio. Grandes arquipélagos subdividem o canal em braços, com diferentes níveis de importância, caracterizando um sistema multicanal. Na planície aluvial, se desenvolvem um sistema de canais anastomosados reativados, com gênese relictada de uma fase anastomosada anterior do sistema (figura 1).

As Barras são típicas macroformas de canal do rio Paraná, com centenas a milhares de metros de comprimento, que emergem durante períodos de níveis médios e baixos do rio, e mega-ondas e dunas são comuns. Elas apresentam uma complexa história erosivo-deposicional, e são formadas pela superimposição de menores formas de leito, limitadas por bloqueio das superfícies de formas de segunda e terceira ordens (Santos & Stevaux, 2000), de acordo com a hidrodinâmica local, e tem alta mobilidade. Estes depósitos tem predominância de areias finas a médias e representam a carga de fundo atual do rio neste trecho.

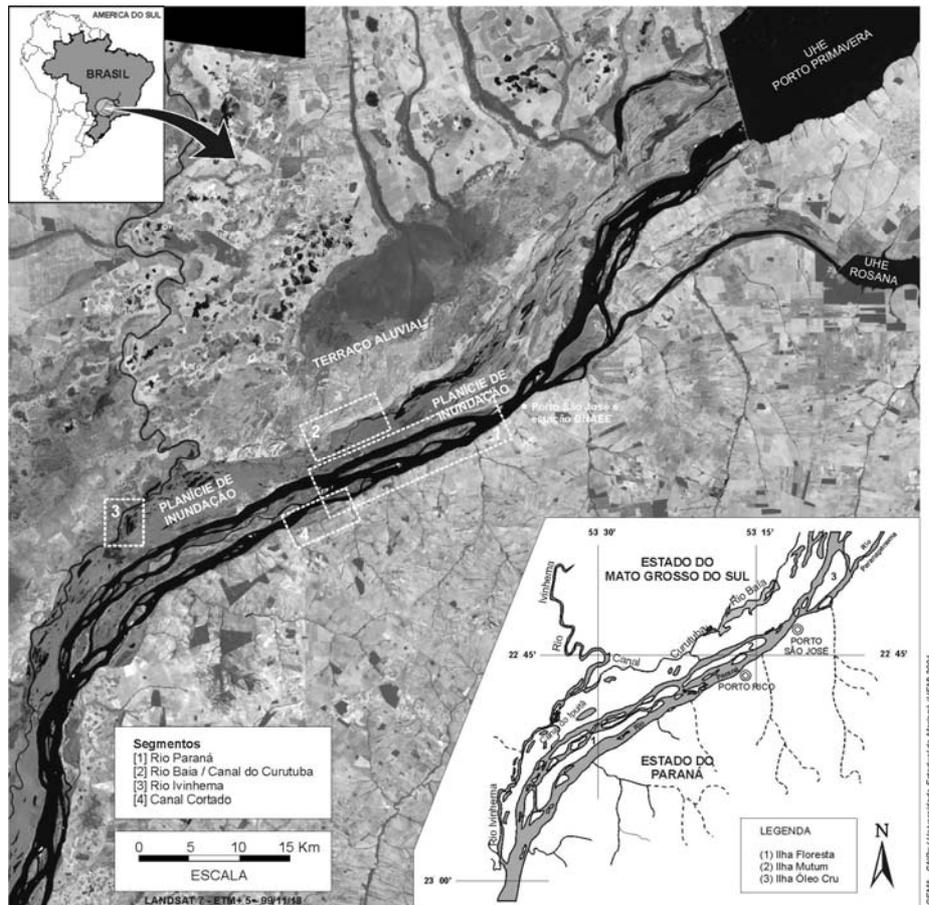


Figura 1. Localização da área de estudos. Em maior detalhe a parte central da área de estudos - trecho Porto Primavera - Porto 18, onde a maioria dos dados geomórficos e hidrodinâmicos foram obtidos (mosaico de imagens LandSat em recorte – 1999).

Nos canais secundários (semi-lóticos) do sistema anastomosado (rio Baía/canal Corutuba), não existem formas de leito como no rio Paraná, e somente materiais em suspensão são transportados.

As ilhas ocorrem na mesma altura da planície fluvial, e podem exibir dezenas de quilômetros de comprimento, e tanto as ilhas como a planície do rio são cortadas por inúmeros paleocanais que exibem avulsões múltiplas. Essas feições têm larguras que variam entre 50 e 500 metros e podem ter dezenas de quilômetros de comprimento. Tais feições também tem sua gênese ligada a um sistema anastomosado anterior ao atual (Souza Filho, 1993; Santos et al., 2001).

Do ponto de vista da hidrodinâmica atual neste trecho, o Rio Paraná apresenta o evento de cheia entre os meses de dezembro e março, com a vazante entre os meses de abril e novembro. Atualmente, a vazão média na estação de Porto São José-PR é de 9.729 m<sup>3</sup>/s (período 1983/2001), e tem sido elevada desde o início da década de 70. Nos canais principais do rio Paraná, as velocidades de fluxo estão em torno de 1,4 m/s e profundidade

média de 13 m (talvegue principal – margem esquerda) e 0,9 m/s e profundidade média de 5 m (talvegue secundário – margem direita), porém ambos os valores diminuem nos canais estreitos que cortam ilhas. Nos canais reativados do sistema anastomosado na planície fluvial (rio Baía, canal Corutuba e baixo rio Ivinheima), as profundidades giram em torno de 2 e 6 metros e as velocidades de fluxo de até 0,9 m/s. porém, dependendo da relação entre o nível da água no rio Paraná e destes canais o sentido do fluxo pode ser invertido.

## **METODOLOGIA**

Os dados foram obtidos por amostragens no campo (velocidade de fluxo, profundidades), dados hidrológicos das estações fluviométricas próximas, perfis topo-batimétricos, interpretação de fotografias aéreas, e revisão dos trabalhos enfocando esta região estudada. As hipóteses iniciais foram, primeiro, de que os processos hidrodinâmicos particulares de um rio em desequilíbrio, determinam diferentes estágios sucessionais de corpos aquáticos/terrestres, e segundo, que estes habitats localizados em diferentes níveis topográficos são submetidos a diferentes níveis de conectividade, de acordo com os níveis fluviométricos dos canais adjacentes. Assim, a interpretação dos habitats aquáticos e sua conectividade com o rio principal se deu em função de uma interpretação genética das feições morfológicas presentes no sistema rio-planície de inundação, apoiada nos conceitos sobre as relações de conectividade  $\times$  padrões de canal conhecidos na literatura (figura 2), enfatizando as interações hidrológicas.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Em recentes estudos, Souza Filho *et al.* (2001), Rocha *et al.* (2001) e Santos *et al.* (2001) enfatizaram que a trajetória do atual rio Paraná é de dinâmica destrutiva (erosiva) quanto aos depósitos relictos nos canais principais (ilhas), e de abandono dos depósitos relictos da planície fluvial (planície de inundação) da margem direita neste trecho, devido ao sutil aprofundamento do talvegue, referindo-se a este sistema atual como um sistema em desequilíbrio. Por consequência, o rio atual não se enquadra *perfeitamente* dentro de qualquer *padrão de canal* definido na literatura, apesar da configuração multicanal. Tais fatos implicam na importância de se identificar tais características na premissa de não se incorrer em erros, quando da utilização e comparação com modelos e definições relativos a padrões geomórficos e mesmo ecológicos associadas à dinâmica de rios ajustados (graded) e de sistemas rio-planície de inundação atuais (em fase), também em equilíbrio.

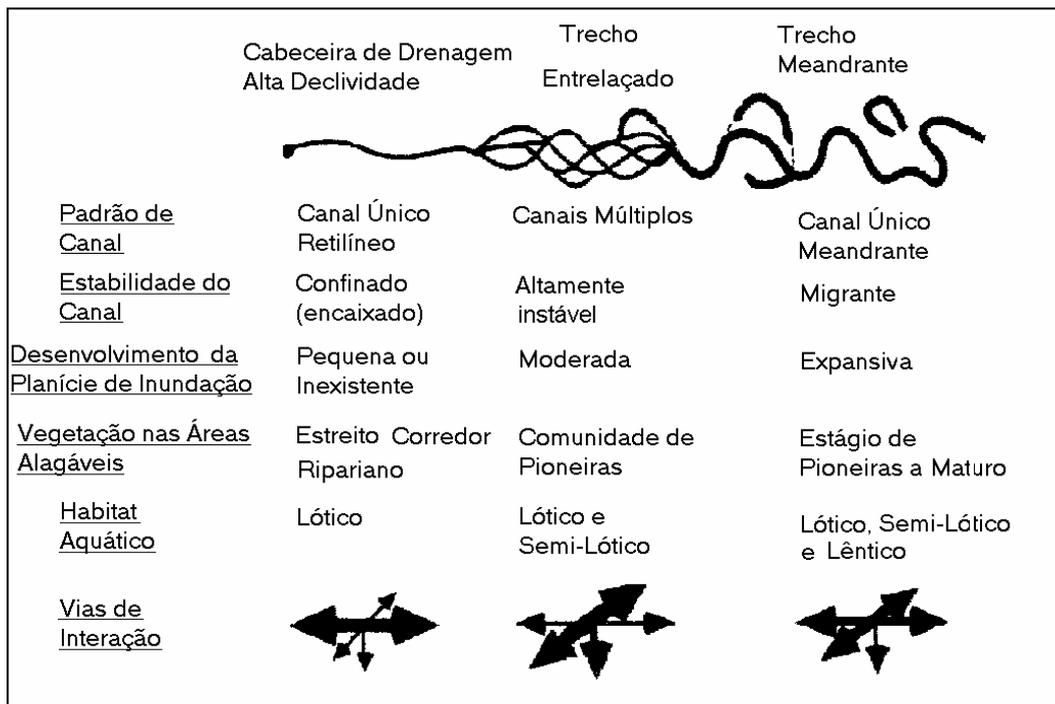


Figura 2. Modelo com três trechos em seqüência (longitudinal) de sistemas fluviais e feições gerais que distinguem os trechos. As setas indicam a relativa intensidade das interações (conectividade) longitudinais (seta horizontal), verticais (seta vertical) e laterais (seta oblíqua). *Adaptado de Ward & Stanford (1995-A).*

Nesse sentido, considerando o estado de equilíbrio na calha principal do rio Paraná neste trecho, Souza Filho et al. (2001) aventam a possibilidade da tendência do canal para a construção de um sistema *entrelaçado*, considerando a velocidade dos processos erosivos nos depósitos relictos nas ilhas, a típica carga arenosa do rio e a dinâmica evolutiva das barras de canal (figura 3). Apesar disso, não se encontra na literatura um padrão de canal no qual o atual rio Paraná se adegue precisamente. De fato, as características hoje apresentadas pelo rio Paraná, apresentam uma aproximação com aquelas apresentadas pelo rio entrelaçado do modelo South Saskatchewan (Cant & Walker, 1978) ou tipo 10 (Miall, 1985), como argumenta Souza Filho (1993).

Na planície fluvial, apesar de estarem parcialmente ou totalmente reativados, como no caso do rio Baía, canal Corutuba, baixo rio Ivinheima e canais de ligação, os processos de acreção vertical por transbordamento, se dão num intervalo de tempo muito maior que 1,58 anos de recorrência (para o evento de margens plenas), e dependentes principalmente do regime do rio Paraná para atingirem a cota de transbordamento. Assim, a respeito da planície fluvial da margem direita, sua morfogênese está principalmente ligada ao padrão

anastomosado anterior ao atual, sob um nível de base aproximadamente 3 metros mais alto que o atual.

Ao contrário do rio Paraná, os canais ativos deste sistema são altamente estáveis, do ponto de vista dos processos geomórficos, porém altamente susceptíveis à dinâmica hidrológica dos rios Paraná e Ivinheima para a manutenção do regime semi-lótico, implicando numa série de processos ecológicos sazonais e espacialmente diferenciados. As características geomorfológicas e sedimentares atuais e pretéritas, associadas à hidrodinâmica atual desse sistema fluvial são responsáveis pela diversidade espaço-temporal dos processos geomórficos e ecológicos nos diferentes sub-ambientes.

Coletivamente, os corpos d'água ocupam uma ampla cadeia de estágios sucessionais, e assim formam um mosaico de habitats embutidos (*patches*) ao longo da planície de inundação. Esta diversidade é mantida pelo balanço entre a tendência crescente de terrestrialização e as perturbações do fluxo que renovam a conectividade e a sequência sucessional, como mencionado por Ward & Stanford (1995-B). A tabela 1 mostra um resumo das feições na planície fluvial e calha do rio Paraná, os diferentes tipos de habitats e níveis de conectividade com o sistema lótico.

As formas originadas pelo regime fluvial anastomosado pretérito (cujas feições dominam a paisagem da planície fluvial do rio e nas ilhas relictas) são os diques marginais, leques de rompimento de diques (crevasse), as partes baixas e baixios de bacia de inundação, e os canais. As formas originadas pelo regime fluvial entrelaçado pretérito são as paleobarras e/ou paleoilhas e paleocanais, retrabalhados pelo sistema anastomosado. O sistema de canais anastomosados, parcialmente ativos nesta área, compreende o rio Baía, o canal Corutuba e o baixo curso do rio Ivinheima, associados com o braço direito do rio Paraná, além de vários canais inativos, ou ativos somente durante as cheias. As características geomorfológicas de tais feições foram detalhadas por Souza Filho (1993) e Souza Filho & Stevaux (1997). A figura 3 mostra estas feições em detalhe. Excetuando-se os canais semi-lóticos e as lagoas perenes, as demais feições podem ser interpretadas, do ponto de vista ecológico, como áreas da *zona de transição aquática terrestre* (Junk et al., 1989).

Tabela 1. Principais feições e habitats no alto rio Paraná: superposição de diferentes padrões de canal na construção da planície de inundação.

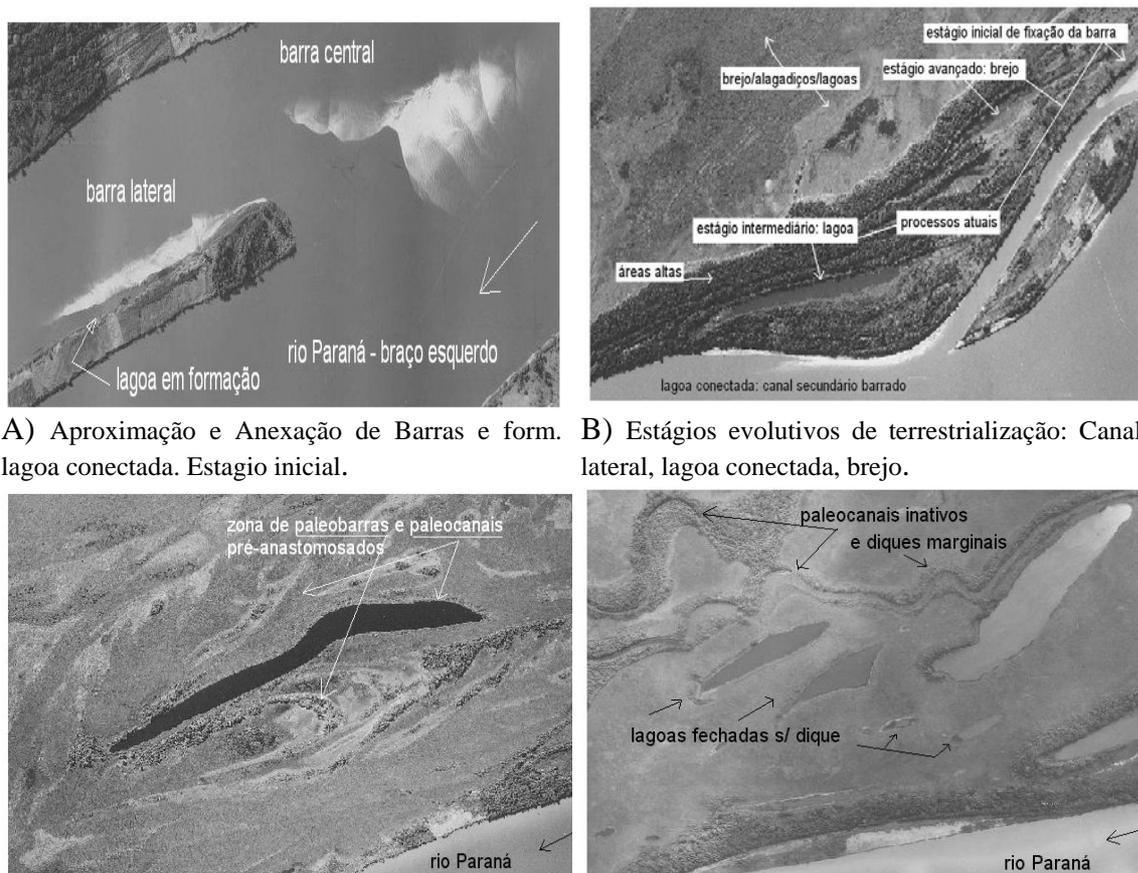
<b>Conjuntos</b>	<b>Forma/feições</b>	<b>Gênese geomórfica: padrão</b>	<b>Tipo de habitat</b>	<b>Processo de conectividade e terrestreização</b>
<b>Planície Fluvial</b>	Canais/paleocanais Paleocanais	anastomosado anastomosados	Canais semi-lóticos, Lagoas conectadas, Lagoas fechadas, Brejos e alagadiços	Eupotamon: alogênico Parapotamon: alog.+autog. Palaeopotamon: autogênico Transicional: autogênico
	Bacia de inundação	Entrelaç. + anastomosado	Lagoas s/ dique*, brejos e alagadiços	Palaeopotamon*: autogênico Transicional: autogênico
	Diques marginais	anastomosado	Lagoas s/ dique fechadas, Brejos e alagadiços	plesiopotamon: alogên+autogênico transicional: autogênico+ alogênico terrestre: alogênico
	Leques de rompim. Diques	anastomosado	Partes altas, refúgios terrestres, vegetação arbust.	terrestre/transic.: autog/alogênico
	Paleobarras	entrelaçado	Intercalado brejo/partes altas	terrestre: autogênico
<b>Calha Principal</b>	Paleocanais	Anastomosado	Partes altas, refúgios, vegetação arbusativa	Parapotamon: alog.+autogênicos Palaeopotamon: autogênico Transicional: autogênico
	Diques marginais	Anastomosado	Lagoas conectadas Lagoas fechadas Brejos e alagadiços	terrestre: alogênico
	Ilhas	anastomosado	Partes altas, refúgios terrestres, vegetação arbust.	palaeopotamon: autogênico (geral)
	Canais atuais	Entrelaçado**	Sucessão de ambientes terrestres, transic e aquáticos	eupotamon: alogênico parapotamon: alogênico plesiopotamon: alogênico
	Barras/ilhas atuais	Entrelaçado**	Canais lóticos Lagoas conectadas Lagoas fechadas brejos	transicional: alogênico+autogênico terrestre: alogênico+autogênico
			Partes altas***, refúgios terrestres, vegetação arbust.	

Obs: \* se referem à áreas que estão em nível topográfico superior ao nível médio da planície e inferior ao dos diques marginais.

\*\* se refere ao provável padrão de canal a ser estabelecido, considerando a atual trajetória (regime atual).

\*\*\* se refere ao nível médio das áreas com gênese atual, a qual é topograficamente inferior à dos diques da planície fluvial e ilhas relictas.

As feições de gênese ligada ao atual regime hidrodinâmico são os diversos tipos de barras, na calha principal, e as áreas de acumulação associadas aos baixios, lagoas e a canais abandonados recentemente (Souza Filho & Stevaux, 1997), além de alguns depósitos de rompimento de dique (crevasse) pontuais. Fora os canais e as lagoas perenes, os demais elementos desta paisagem representam as áreas secas, passíveis de alagamento somente em períodos de transbordamento, podendo ser interpretadas também como *zitat* (figura 3).



A) Aproximação e Anexação de Barras e form. lagoa conectada. Estagio inicial. B) Estágios evolutivos de terrestrialização: Canal lateral, lagoa conectada, brejo.

C) Paleobarras, paleocanais, lagoa s/ dique (pré-anastomosado) D) Paleocanais inativ., diques (anastomosado), lagoas s/ diques (planície do anastomosado/pré-anastomosado)

Figura 3. Fotos ilustrativas das feições na calha atual do rio Paraná (A e B) e feições da planície fluvial (C e D): função do retrabalhamento de paleossistemas fluviais e ação do regime hidrológico atual.

A conectividade dentro dos sistemas fluviais aluviais está relacionada a uma variada e dinâmica interação entre os canais dos rios e as diversas comunidades aquáticas e riparianas na planície de inundação. A água dos rios, carreando sedimentos e nutrientes, jorra sobre as margens durante a estação de inundação. A matéria orgânica elaborada sobre a planície de

inundação durante a fase seca e nutrientes adicionais liberados dentro da coluna d'água depois da inundação, provêm uma adequada condição para altos níveis de produtividade aquática. O desenvolvimento de macrófitas aquáticas e plantas terrestres fornecem alimento, superfícies para epífitas e estruturam habitats físicos para zoobentos. Detritos de plantas e artrópodes terrestres da cobertura florestal que caíram na água contribuem ainda com matéria orgânica adicional. Peixes dos canais do rio e dos corpos aquáticos da planície migram para a superfície inundada da planície para a desova e alimentação. Quando a água recede, no final da fase úmida, detritos orgânicos, peixes e outros organismos aquáticos são transportados ou migram para o canal do rio, ou se concentram nos corpos aquáticos remanescentes na planície (Ward & Stanford, 1995-A). Assim se dá a conectividade entre os ambientes aquáticos da planície fluvial e o rio Paraná, variando em intensidade com a topografia das formas, distância entre os ambientes e conforme o tipo de interligação dada pela rede de canais ativos e periodicamente ativos no sistema, conforme preconizado por Ward & Stanford (1995-B). O resultado está apresentado na figura 4.

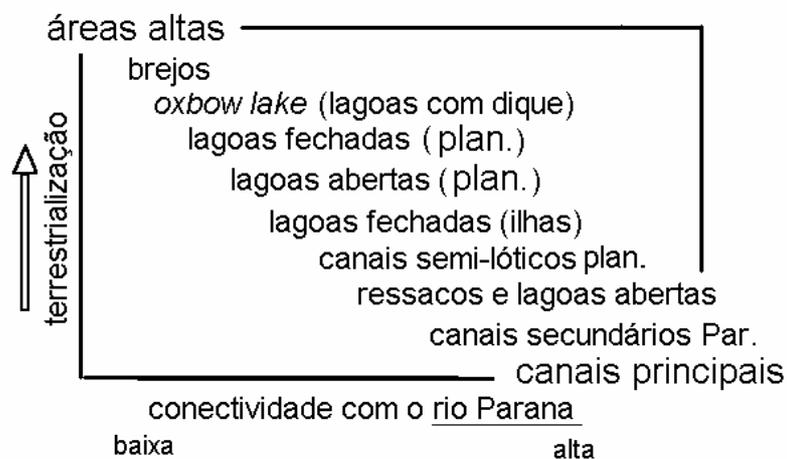


Figura 4. Intensidade de conectividade entre os diferentes corpos aquáticos e transicionais da planície fluvial e da calha principal do rio Paraná. *Adaptado de Ward & Stanford (1995-B).*

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A troca de padrão de canal, do anastomosado anterior para o atual, multicanal, decorrente de mudança climática e provavelmente neo-tectônica regional, o entalhamento do leito e uma migração do canal para a esquerda, vêm promovendo o gradual abandono dos depósitos de planície de inundação do sistema anastomosado da margem direita, considerando uma escala de tempo geológica, assim como a destruição daqueles depósitos localizados na calha

principal utilizada pelos canais atuais (ilhas), levando à instalação de um novo sistema fluvial em decurso. Tal dinâmica exerce sobre os corpos (feições) aquáticos e terrestre efeitos espacialmente diferentes.

Na planície fluvial, as feições relictas se apresentam bastante estáveis, do ponto de vista atual, com menor grau de conectividade com o rio Paraná, e com predomínio de processos autogênicos. Na calha principal do rio, os ambientes com gênese no regime fluvial atual, são pouco estáveis, e os processos alogênicos garantem maior dinamismo geomórfico e evolutivo. As trocas de padrão de canal e a conseqüente superimposição de diferentes feições geomorfológicas na planície fluvial e nas ilhas, são responsáveis por uma complexa história genética dos corpos aquáticos e transicionais no alto rio Paraná. O seu regime hidrológico atual é o principal responsável pela manutenção parcial dos corpos aquáticos e alagadiços associados aos paleossistemas fluviais, porém com níveis de conectividade menores de que dos corpos aquáticos e áreas inundáveis com gênese relacionada ao sistema fluvial atual.

## **REFERÊNCIAS**

- CANT, D.J. & WALKER, R.G., 1978. Fluvial Processes and Facies Sequence in the Sandy Braided South Saskatchewan River, Canada. *Sedimentology*, 25. 625-648.
- JUNK, W.J.; BAYLEY, P.B. & SPARKS, R.E., 1989. The Flood Pulse Concept in River-Floodplain Systems. In: D.P. Dodge (Ed) *Proceedings of the International Large River Symposium*. Can. Spec. Public. Fish. Aquat. Sci., 106. 110-127 pp.
- LEOPOLD, L.B., WOLMAN, M.G. & MILLER, J.P., 1964. *Fluvial processes in geomorphology*. Freedman, San Francisco, 319 p.
- MIALL, A.D., 1985. Architectural Element Analysis: A New Method of Facies Analysis Applied to Fluvial Deposits. *Earth Science Reviews*, 22. 261-308.
- ROCHA, P.C., SANTOS, M.L. & COMUNELLO, E., 2001. The Disequilibrium Stage of Upper Parana River Flood System, Southern-Central Brazil. V REQUI/ I CQPLI, Lisboa, Portugal. Jul/2001. 137 – 140 p.
- SANTOS, M.L. & STEVAUX, J.C., 2000. Facies and architectural analysis of channel sandy macroforms in the upper Parana river. *Quaternary International*, 72, pp87-94.
- SANTOS, M.L., ROCHA, P.C. & COMUNELLO, E., 2001. Sistema Fluvial do Rio Paraná (Brasil) em seu Curso Superior: Um Exemplo de Planície Aluvial em Desequilíbrio. V REQUI/ I CQPLI, Lisboa, Portugal. Jul/2001. 145 – 148 p.

- SOUZA FILHO, E.E., 1993. Aspectos da Geologia e Estratigrafia dos Depósitos Sedimentares do Rio Paraná entre Porto Primavera (MS) e Guaíra (PR). Tese de Doutorado. Instituto de Geociências/USP. São Paulo-SP. Inédito.
- SOUZA FILHO, E.E. & STEVAUX, J.C. 1997., Geologia e Geomorfologia do Complexo Rio Baía, Curutuba, Ivinheima. In: A PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO ALTO RIO PARANÁ. UEM-Nupelia.
- SOUZA FILHO, E.E., ROCHA, P.C., CORREA, G.T. & COMUNELLO, E., 2001. O Ajuste Fluvial e a Erosão das Margens do Rio Paraná em Porto Rico (Brasil). V REQUI/ I CQPLI, Lisboa, Portugal. Jul/2001. 37 – 40 p.
- SPARKS, R. E., 1995. Need for Ecosystem Management of Large Rivers and Their Floodplains. *BioScience*, 45. N.3, 168-182.
- WARD, J.V. & STANFORD, J.A., 1995-A. The serial discontinuity concept: Extending the model to floodplains rivers. *Regulated Rivers: Research & Management*, vol 10. P. 159-168.
- WARD, J.V. & STANFORD, J.A., 1995-B. Ecological Connectivity in Alluvial River Ecosystem and Its Disruption by Flow Regulation. *Regulated Rivers: Research & Management*, vol. 11, 105-119 pp.
- WARD, J.V.; TOCKNER, K & SCHIEMER, F., 1999. Biodiversity of Floodplain River Ecosystems: Ecotones and Connectivity. *Regul. Rivers: Res. & Mgmt.*, 15. 125-139.