

GEOMORFOLOGIA E CONECTIVIDADE EM AMBIENTES FLUVIAIS DO ALTO RIO PARANÁ, CENTRO-SUL DO BRASIL

Morphogenesis and connectivity across fluvial environments of high Parana River, South-Center of Brazil

Paulo Cesar Rocha¹

¹UNESP/Faculdade de Ciência e Tecnologia de Presidente Prudente

Departamento de Geografia

Endereço: Rua Roberto Simonsen, 305, Presidente Prudente-SP, CEP 19.060-900

pcrocha@fct.unesp.br

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo sobre as interações entre as características geomorfológicas e a conectividade de ambientes aquáticos e outras feições do sistema rio-planície fluvial do alto rio Paraná. A superposição de sistemas fluviais relictos gerou 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, as formas com gênese no regime fluvial atual, são menos estáveis, e isso sugere que processos alogênicos garantam maior dinamismo geomórfico e evolutivo dos corpos hídricos, pelo maior grau de conectividade.

Palavras-chave: Geomorfologia. Feições fluviais. Habitats aquáticos. Conectividade. rio Paraná.

ABSTRACT

This work presents a study about the interactions between geomorphologic patterns and the connectivity of aquatic environments and other forms of the high Parana River floodplain system. The superposition of relict fluvial systems produces a diversity of alluvial forms in the fluvial plain. These relict forms present in the fluvial plain are fairly stables with the current hydrodynamic, with smaller connectivity with the Parana River channels. Its suggest autogênic processes' dominance. However in the main channels, the forms with genesis in the current river, are less stable, and this suggests that allogenic process insure greater geomorphic dynamism to the hydrarc evolution, due to the largest connectivity degree with the main channels.

Keywords: Geomorphology. Forms. Aquatic habitats. Connectivity. Parana River.

1 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, 1995a).

Do ponto de vista dos processos fluviais, a planície de inundação é tomada como uma feição deposicional do vale do rio, associada com um clima particular ou com o regime hidrológico da bacia de drenagem. Os sedimentos são temporariamente depositados na planície durante a rota de fluxo para o vale e, em condição de equilíbrio, durante um período de anos, a taxa de entrada de sedimentos é igual à de saída. Uma alteração nas

condições de equilíbrio, por motivo de 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 aggradação (LEOPOLD et al., 1964).

Em 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 percorre uma trajetória de readaptação e o entendimento das relações entre processos e formas se tornam complexos.

Uma diversidade de feições em diferentes estágios geomórficos sucessionais pode ser observada 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, certo determinismo nos processos ecológicos pode ser esperado.

Este trabalho consiste numa caracterização geomorfológica da área, dos estágios geomórficos das formas identificadas e dos níveis de conectividade das formas com o rio principal.

2 ÁREA DE ESTUDOS

A área de estudos está localizada dentro do "compartimento rio Baía" (SOUZA FILHO; STEVAUX, 1997), entre a Usina Hidrelétrica 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, desenvolve-se um sistema de canais anastomosados ativos,

desenvolvidos durante a fase anastomosada 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 são comuns megaondas e dunas. 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 têm predominância de areias finas a médias e representam a carga de fundo atual do rio neste trecho.

Nos canais secundários (semilóticos) 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 m e podem ter dezenas de quilômetros de comprimento. Tais feições também têm sua gênese ligada ao sistema anastomosado (SOUZA FILHO, 1994; 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 (Figura 2). Atualmente, a vazão média na estação de Porto São José-PR é de 9.729 m³/s (período 1983/2001), e tem sido elevada desde o início da década de 1970. Esse processo é concomitante com a intensidade de erosão das margens e deposição fluvial na calha principal (ROCHA; SOUZA FILHO, 2008).

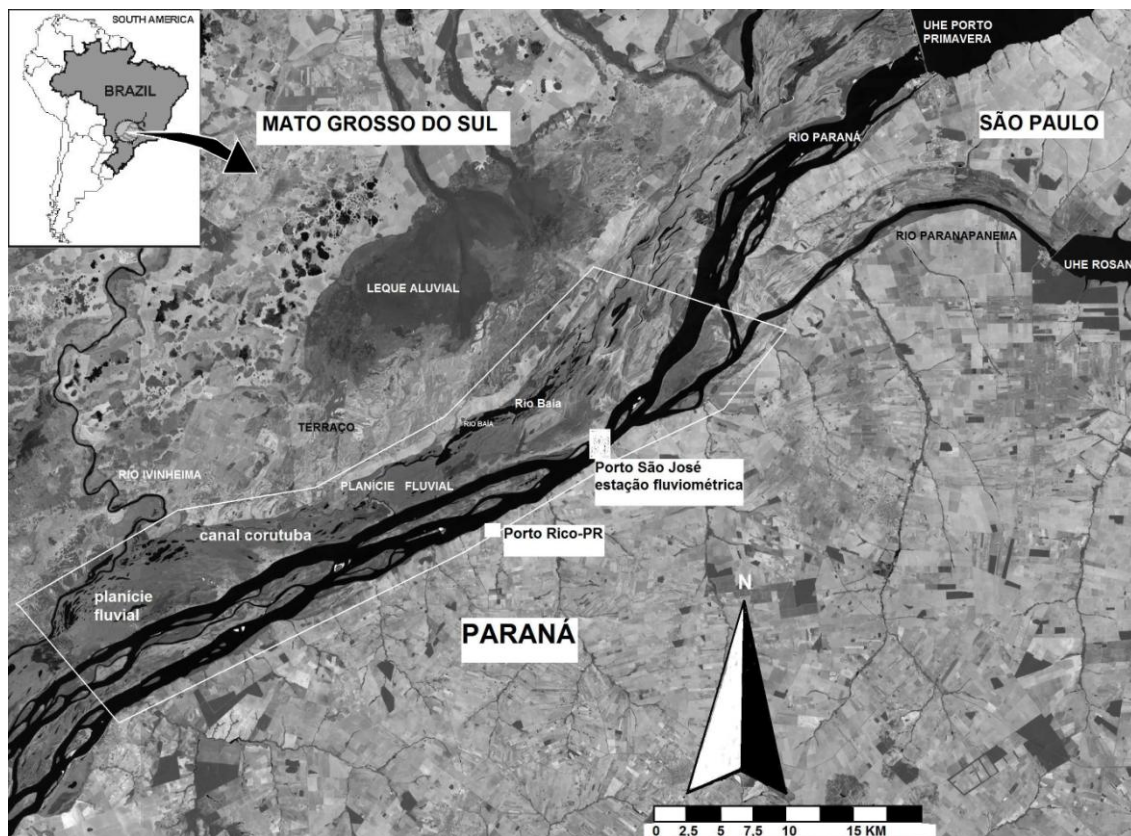


Figura 1: Localização da área de estudos. Em destaque a parte central da área de estudos na calha principal do rio Paraná e na Planície Fluvial.

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 m 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.

3 METODOLOGIA

A interpretação geomorfológica foi conduzida a partir da interpretação de fotografias aéreas e perfis topobatimétricos, por amostragens no campo, assim como da revisão dos trabalhos prévios na região estudada. Dados

hidrológicos foram obtidos das estações fluviométricas próximas. A interpretação das formas foi baseada na associação a um determinado padrão de canal, possibilitando assim o entendimento genético das mesmas. A posição espacial e topográfica das morfologias e dos padrões de canal associados foi feita a partir de interpretação de fotografias aéreas, imagens de satélite e de perfis topo-

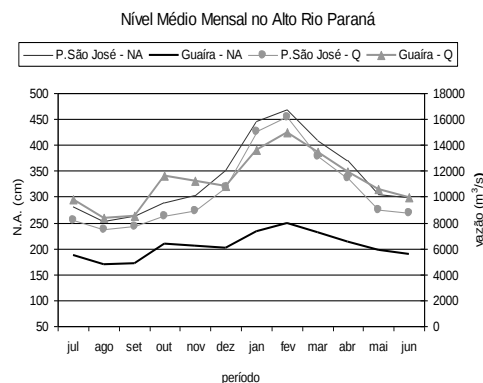


Figura 2: Variação mensal histórica do nível da água no rio Paraná.

Fonte: adaptado de ROCHA et al., (2001a).

batimétricos, posteriormente aferidos no campo. Os dados hidrométricos, assim como a morfologia dos canais e suas ramificações suportaram a interpretação dos processos de alagamento e conectividade entre os ambientes aquáticos e transicionais. As hipóteses iniciais foram, primeiro, os processos hidrodinâmicos particulares de um rio em desequilíbrio determinam diferentes estágios sucessionais de corpos aquáticos/terrestres, e, em seguida, que estes habitats localizados em diferentes níveis topográficos estão submetidos a diferentes níveis de conectividade, de acordo com os níveis fluviométricos dos canais adjacentes.

4 GEOMORFOLOGIA E ECOSSISTEMA FLUVIAL.

4.1 A Morfologia dos Sistemas Fluviais

Considerando a dinâmica longitudinal do rio e o conceito de descontinuidade serial, aplicado aos trechos de canais aluviais (entrelaçados e meandantes), Ward e Stanford (1995b) apresentaram um sistema de padrões de canais hipotéticos para zona temperada, considerando três trechos bem definidos do perfil longitudinal: canais encaixados, entrelaçados e meandantes respectivamente (Figura 3), alertando que outras configurações podem ocorrer e que as feições geomórficas podem alterar a sequência dos padrões utilizados no modelo. Neste modelo, os trechos entrelaçado e meandrante são de canais aluviais. O leito e as margens destes consistem de sedimentos transportados e depositados por ação fluvial. Nestes trechos, as interações laterais entre o canal e a planície de inundação são extremamente importantes, especialmente no trecho meandrante, não só do ponto de vista geomórfico, mas também ecológico. Podem ocorrer planícies de inundação nos trechos de cabeceira de drenagem, porém do ponto de vista ecológico, a duração da

inundação é muito pequena e a periodicidade da inundação é também irregular para a evolução de estratégias adaptativas, que estão intimamente ligadas ao regime das cheias. Os trechos de planícies aluviais do médio e baixo perfil longitudinal têm ainda como principais feições os canais e as bacias de inundação, os diques e as *crevasses*.

Contudo, assim como podem ser notadas as mudanças na morfologia do sistema fluvial ao longo do perfil longitudinal do rio, podem também ser notadas mudanças na morfologia do rio ao longo do tempo em determinado trecho, como função de variações na energia do sistema pelo próprio processo evolutivo do relevo na bacia ou ainda induzidas por tectônica, mudança climática ou interferência antrópica.

Desse modo, o vale aluvial do rio tipicamente apresentará variadas feições topográficas: 1) vertentes que compõem os lados do vale; 2) um ou mais níveis de terraços, remanescentes de planícies de inundação abandonadas a uma altura maior que a; 3) ativa planície de inundação (inundada anualmente); 4) diques naturais que são dispostos ao longo do canal do rio compostos de sedimentos depositados quando a velocidade da água diminui rapidamente quando o rio sobrepõe suas margens; 5) curvas de meandros, elevações e baixios na superfície da planície que se intercalam (os diques geralmente são os pontos mais altos da planície e exibem solos de textura grosseira e bem drenados); 6) canais de drenagem naturais de diques rompidos, que formam conexões entre a planície de inundação e o canal do rio; 7) corpos aquáticos permanentes e temporários em vários estágios de *sucessão hídrica* (WARD; STANFORD, 1995a). A distribuição espacial de tais formas é fator importante nos processos hidrodinâmicos do sistema, e as interações com o meio biótico.

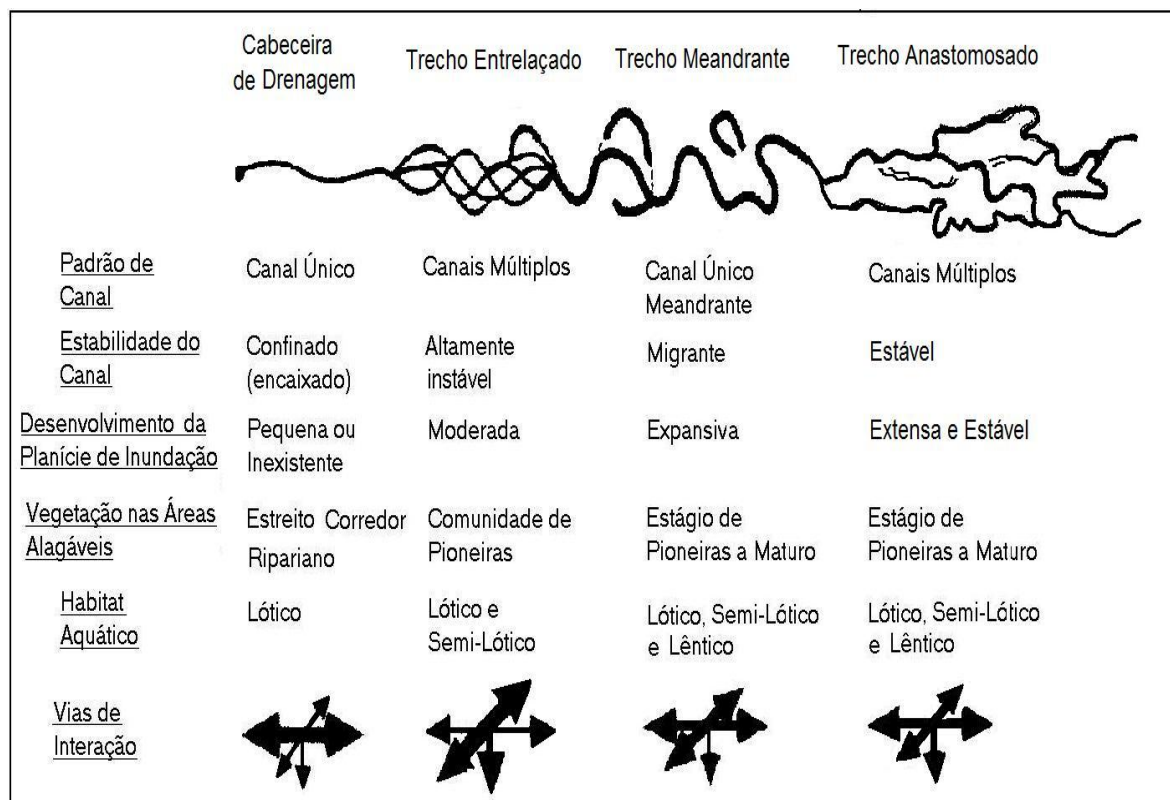


Figura 3: Modelo com a sequência longitudinal de sistemas fluviais e prováveis feições gerais que distinguem os trechos. As setas indicam a relativa intensidade das interações longitudinais (seta horizontal), verticais (seta vertical) e laterais (seta oblíqua).

Fonte: adaptado de Ward e Stanford (1995b).

4.2 Processos Hidrodinâmicos e a Biota nos Sistemas Rio-Planície de Inundação

No início do século XX, a maioria dos estudos foi guiada por conceitos relativos à biologia de lagos. Eles enfocavam a descrição da história da vida e padrões de distribuição da biota no canal. Em meados do século XX, a ênfase mudou para a descrição e medição da produção biológica e fluxo de energia dentro de canais. Concomitantemente, os trabalhos sobre *hidrodinâmica* e *geomorfologia* sugeriram que as feições físicas de um canal são predizíveis ao longo de seu perfil. Em meados da década de 1960, pesquisadores começaram a usar estudos experimentais em canais para entender o relacionamento entre fatores ambientais e bióticos. Mais recentemente, os conceitos físicos e biológicos da organização dos canais fluviais têm sido combinados dentro

de uma aproximação mais *holística*, que interpreta sistemas lóticos como uma combinação interdependente entre as feições do modelado aquático e terrestre (JOHNSON et al., 1995). As duas principais ideias de funcionamento dos sistemas fluviais têm sido as seguintes: o *conceito da continuidade dos rios* (VANNOTE et al., 1980) e os conceitos de *pulso de inundação* (JUNK et al., 1989) e *pulso hidrológico* (NEIFF, 1990). O primeiro se refere principalmente às interações longitudinais nos canais; os demais (segunda ideia) enfocam principalmente as interações laterais nos sistemas rio-planície de inundação.

De qualquer modo, o conceito de que a *integridade* nos grandes sistemas rio-planície de inundação é mantida pela *dinâmica hidrológica* (pulsos de cheia) e *conectividade* entre o rio e sua planície de inundação insere-se num contexto de ideias relativamente recentes (SPARKS, 1995).

Nesse sentido, apesar de os sistemas fluviais de baixa ordem (cabeceiras de drenagem) poderem apresentar planícies de inundação, estas são, se não muito estreitas, pouco expressivas, do ponto de vista das interações hidrodinâmicas e ecológicas com o canal fluvial, quando comparadas às porções de média e alta ordem ao longo do perfil longitudinal, cujas feições geomórficas correspondem comumente aos sistemas entrelaçados, meandrante e anastomosado respectivamente, e nas quais uma vasta rede de interações superficiais e hiporreicas pode estar em ação (Figura 3).

4.3 Conectividade e Diversidade de Habitats

Alto grau de heterogeneidade espaço-temporal faz dos ecossistemas de planícies de inundação um dos ambientes de maior riqueza de espécies. A dinâmica fluvial originada pela inundação exerce grande importância na manutenção da diversidade de tipos de habitats lânticos, lóticos e semiaquáticos, cada qual representado por uma diversidade de estágios sucessionais. Os ecótonos (zonas de transição entre áreas adjacentes) e a conectividade (o grau de interação entre os ecótonos) são elementos estruturais e funcionais que resultam e contribuem para a dinâmica espaço-temporal de ecossistemas ribeirinhos.

Em rios com planície de inundação, os ecótonos e suas adjacências são coligados em séries hierárquicas dentro de diferentes escalas. Numa escala de resolução mais grosseira (regional p/ex.), planícies de inundação franjeadas apresentam um complexo de ecótonos dispostos entre os canais do rio e as áreas mais altas adjacentes (p/ex. terraços não-inundáveis ou as vertentes). Numa escala de resolução mais refinada, áreas de vários tipos e tamanhos, desde habitats a micro-habitats, apresentam uma diversidade de padrões. Ampla perspectiva espaço-temporal, incluindo padrões e processos

dentro de diferentes escalas é necessário no sentido de ordenar as ideias sobre a biodiversidade destes ecossistemas (WARD et al., 1999).

No entanto, condições hidrológicas e geomórficas interagem para determinar padrões e processos em várias escalas. Em pequena escala espacial, os padrões de movimento da água durante uma inundação sazonal, por exemplo, produz áreas de solos aeróbicos e anaeróbicos sobre a planície de inundação, que se diferem na dinâmica de nutrientes e decomposição. Padrões de zonation da vegetação aluvial mostram um exemplo de fenômenos de moderada escala espaço-temporal, quando esta representa estágios sucessionais estruturados pela migração lateral do canal do rio na sua planície de inundação (p/ex. rios meandrantess). Feições topográficas de grande escala como as planícies de inundação, assim como os terraços, foram formados por processos relacionados com glaciação/deglaciação, mudanças do nível do mar, movimentos tectônicos e outros fenômenos desta ordem de escala (WARD; STANFORD, 1995a).

Nesse sentido, considerando-se a escala de abordagem, o sistema rio-planície de inundação consiste de um complexo de ecossistemas, incluindo o rio(s), brejos (pântanos) canais, lagos, ilhas e zonas de transição. Estes ecossistemas são interligados, notavelmente durante as fases de inundação, permanecendo mais ou menos individualizados quando a água retrocede. O sistema rio-planície de inundação tem como uma de suas principais características o alto grau de dinamismo geomorfológico, determinado pelos processos de erosão e sedimentação. Como consequência desses processos, a paisagem é constantemente modificada, e interfere diretamente nos processos de sucessão ecológica (ESTEVES, 1998).

Outra característica dos sistemas rio-planície de inundação é a alternância entre os períodos de inundação e recessão das águas, que resulta em grandes

variações no nível da água. Tais variações promovem grandes transformações nos habitats, passando de lântico para lótico, para lântico, de terrestre para aquático, para terrestre. Os habitats da planície de inundação podem ser profundamente alterados, permanecendo diferenciados durante a fase de águas baixas, e mais similares entre si durante a fase de inundação (THOMAZ et al., 1997). Essas características fazem dos sistemas rio-planície de inundação altamente complexos, no sentido da hidrodinâmica, conectividade e processos geoecológicos.

Tomando-se como referência o regime alternado da hidrologia do sistema e as feições geomorfológicas, dois tipos de ambientes podem ser característicos: os ambientes terrestres, que na verdade são inundados em uma parte do ano, e, por conseguinte, melhor definidos como ZTAT - Zona de Transição Aquática-Terrestre de JUNK et al. (1989) e os Corpos Aquáticos Perenes.

Do ponto de vista da conectividade ecológica, subentende-se uma série de interações entre diferentes corpos de água e entre sistemas aquáticos e riparianos. Tais interações incluem o movimento da água, dos sedimentos, nutrientes, detritos e organismos vivos - transporte ativo e passivo (WARD; STANFORD, 1995b).

Na *ztat*, os pulsos de inundação aparecem como componente principal de regulação nas relações hidrológicas e bióticas (ecológicas) no sistema rio-planície de inundação. Segundo Junk et al. (1989), a principal função de força responsável pela existência, produtividade e interações da biota maior em sistemas rio-planície de inundação é o pulso de inundação (*the flood pulse concept*). Uma também variada interação de condições geomorfológicas e hidrológicas produz os pulsos de inundação, as quais variam para gerar desde pulsos imprevisíveis a previsíveis, desde curta a longa duração. Pulsos de curta duração e, geralmente, imprevisíveis ocorrem em canais de baixa ordem, ou em ambientes muito

modificados pelo homem. Pela drenagem de baixa ordem, os pulsos são breves e imprevisíveis, os organismos têm limitadas adaptações para a utilização da zona de transição aquática-terrestre e os organismos aquáticos se beneficiam indiretamente do transporte de recursos alimentares dentro do ambiente lótico.

Inversamente, um pulso previsível de longa duração envolve adaptações e estratégias dos organismos para uma eficiente utilização dos atributos da *ztat*. Este pulso é conjugado com um dinâmico efeito de borda, os quais se estendem com um movimento litoral (ou lateral) através da *ztat*. Tal movimento provê uma prolongada estagnação e permite rápida reciclagem de matéria orgânica e nutrientes, e assim resulta em alta produtividade. Tal conceito revela maior importância das trocas laterais entre o canal e a planície de inundação, do que do processamento de matéria orgânica proveniente das partes de montante do canal.

Uma variedade de estruturas físicas em combinação com o pulso de inundação resulta em grande diversidade de habitats. O regime de pulsos regulares em conjunto com a diversidade de habitats favorece a alta diversidade de plantas e animais aquáticos e terrestres, a despeito do considerável estresse que resulta da mudança entre a fase terrestre e aquática. A produtividade aquática e terrestre dos sistemas rio-planície de inundação depende principalmente do “status” de nutrientes da água e sedimentos, do clima e do pulso de inundação. A rápida reciclagem de matéria orgânica e de nutrientes, entre o período úmido e seco, resulta numa produtividade na *ztat* maior do que se esta fosse sempre seca ou inundada. A produção primária associada a *ztat* é muito maior que a de corpos aquáticos permanentes (perenes) em sistemas não-modificados e pode muitas vezes exceder o de habitats permanentemente terrestres (JUNK et al, 1989).

Do ponto de vista da interação com o perfil longitudinal do rio, tais autores relatam que o transporte de carbono orgânico a partir das áreas a montante na bacia de drenagem para dentro da planície de inundação é de pouca importância para a produtividade do sistema, dando um rumo diferente de interpretação daqueles conceitos que dão ênfase aos processos longitudinais no perfil do rio (VANOTE et al., 1985; MINSHALL et al., 1985). Ao contrário, a produção primária e secundária da planície de inundação é essencial para a fauna dos canais principais. A principal função do canal do rio em relação aos animais e plantas no sistema rio-planície de inundação é que os canais servem como um sistema de rotas de migração e dispersão, e acesso aos recursos naturais e áreas de refúgio na planície. O rendimento e a produção de peixes estão mais relacionados com a extensão acessível da planície de inundação, enquanto que o canal principal é usado principalmente como uma rota de migração pela maioria dos peixes.

Por outro lado, segundo Ward e Stanford (1995a), o grau de conectividade de diversos corpos aquáticos no ambiente de planície de inundação com o canal do rio, estão baseados nos seus atributos estruturais e funcionais, considerando uma diversidade de habitats no sistema. Planícies de inundação aluviais contêm uma variedade de biótopos lóticos e lênticos, incluindo o rio e seus canais laterais, olhos d'água emergentes (*springbrooks*), canais tributários e segmentos de canais abandonados (Figura 4). O rio principal e seus canais laterais (braços) são designados como *eupotamon*; os braços interrompidos (*dead arms*) que mantêm uma conexão com o canal ativo somente na parte jusante são designados como *parapotamon*; *plesiopotamon* são segmentos de formato entrelaçado que se tornaram desconectados do canal principal; *palaeopotamon* são corpos aquáticos formados de curvas de meandros que se tornaram desconectados.

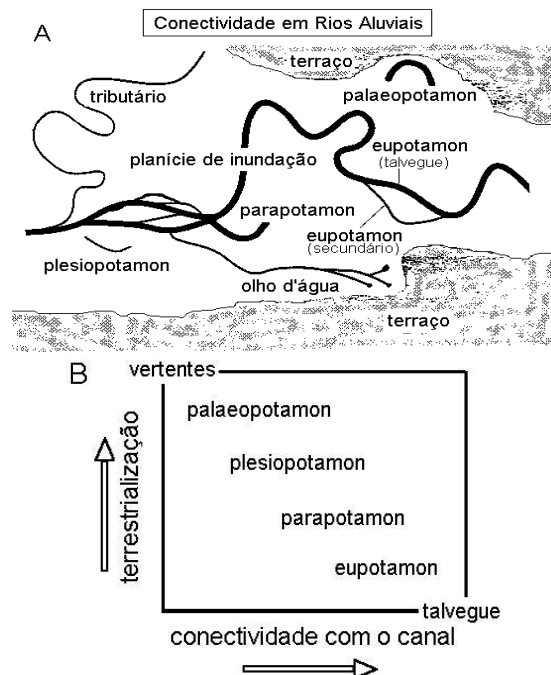


Figura 4: Aspectos da conectividade no sistema rio-planície de inundação. A) tipos de corpos aquáticos, baseados nos atributos estruturais e funcionais; B) conectividade relativa dos corpos aquáticos da planície de inundação com o canal principal do rio. Fonte: adaptado de Ward e Stanford (1995a).

Esta terminologia foi inicialmente desenvolvida no rio Rhône francês, em reconhecimento das diferenças ecológicas entre os corpos aquáticos da planície de inundação, baseada em atributos como conectividade, trajetória sucessional e estrutura das comunidades. Segundo tais autores, os corpos aquáticos da planície de inundação podem estar arranjados ao longo de um gradiente de conectividade com o canal principal ou o talvegue, descritos a seguir.

Os canais laterais (secundários) do *eupotamon*, que estão conectados com o canal principal nas duas extremidades, são verdadeiros segmentos lóticos, com maior conectividade que o *parapotamon*, o qual não apresenta corrente unidirecional, sendo conectado apenas na extremidade de jusante. Os corpos aquáticos enquadrados como *plesiopotamon* têm maior conectividade com o canal ativo do que os

do *palaeopotamon* (lagos em ferradura - *oxbow lakes*).

Nos ambientes de *plesiopotamon*, tais corpos são menores, habitats rasos que rapidamente sofrem terrestrialização e geralmente ocorrem próximo ao canal ativo, enquanto que os do *palaeopotamon* são maiores, profundos e de maior longevidade aquática, que podem se situar a grande distância dos canais ativos. Além da distância, os diques naturais, que usualmente não estão presentes nos segmentos entrelaçados, reduzem a frequência da inundação no *palaeopotamon*, causando neste tipo de ambiente maior isolamento na planície de inundação do que outros corpos aquáticos.

Como o nível da água se eleva durante o pulso de inundação, a ligação montante dos habitats do *parapotamon* são reconectadas ao canal ativo. Com uma elevação adicional do nível da água, o *plesiopotamon* assume um caráter de água corrente. No pico da inundação, todos os corpos aquáticos, incluindo o *palaeopotamon*, são inundados. Porém, planícies de inundação adjacentes, que são separadas durante a estação seca, permanecem essencialmente uniformes e contíguas com respeito à química de nutrientes e propriedades biológicas durante a estação de inundação. Assim, passada a inundação, estes sistemas de inundação restabelecem sua individualidade.

A heterogeneidade espaço-temporal dos sistemas rio-planície de inundação é, antes de tudo, responsável pela diversidade de habitats aquáticos dinâmicos. A diversidade de habitats é melhor conhecida pelas diferentes idades (estágios de desenvolvimento) de vários tipos de corpos aquáticos. Dessa maneira, níveis de perturbações naturais mantêm a integridade ecológica dos ecossistemas fluviais aluviais. Do ponto de vista da evolução desse tipo de ecossistema, a "sucessão" dos ambientes para a terrestrialização pode ser considerada a partir de duas muito diferentes

perspectivas: (1) sucessão hídrica dos corpos aquáticos da planície de inundação, podendo seguir por duas vias, considerando os processos *alogênicos* ou *autogênicos*; e (2) sucessão da floresta (vegetação) aluvial (WARD; STANFORD, 1995a). No entanto, nas duas perspectivas, é muito notável que os estágios evolutivos em sistemas naturais são diretamente relacionados com a característica evolutiva dos diferentes padrões de canal e suas planícies de inundação, considerando-se a mesma escala de tempo, envolvendo sua hidrologia, tipo de sedimentos e o clima (Figura 5).

5 FORMAS, GÊNESE E CONECTIVIDADE NO SISTEMA RIO-PLANÍCIA FLUVIAL

Em recentes estudos, Souza Filho et al. (2001), Rocha et al. (2001b) 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, pelo sutil aprofundamento do talvegue, referindo-se a este sistema atual como um sistema em desequilíbrio. Por consequência, o rio atual não se enquadra *perfeitamente* em 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.

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 (Tabela 1),

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

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

Obs: * se referem às 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.

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

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. Apesar disso, não se encontra na literatura um padrão de canal no qual o atual rio Paraná se adeque precisamente.

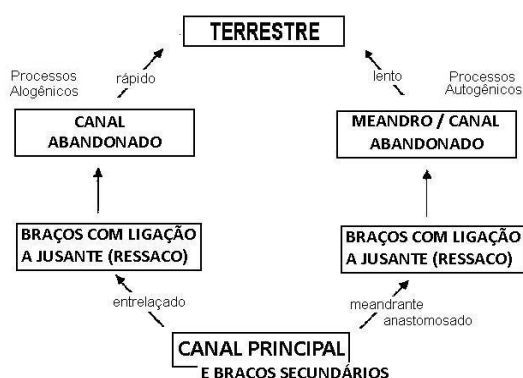


Figura 5: Sucessão hídrica de corpos aquáticos da planície de inundação mediante duas trajetórias, relacionada ao padrão de canal e seus processos geomórficos, hidrológicos e ecológicos.

Fonte: Adaptado de Ward e Stanford (1995a).

Por outro lado, na planície fluvial, onde se desenvolve atualmente um sistema de canais anastomosados, parcialmente mantidos pelo regime hidrológico atual do rio Paraná, as formas residuais são representadas por diferentes corpos aquáticos e terrestres, e foram primeiramente descritas por Souza Filho (1993).

O complexo do rio Baía/Corutuba/Ivinheima tem características que podem ser comparadas às dos rios anastomosados, ou modelo 8 (MIALL, 1985). As feições hoje observadas na planície fluvial se apresentam como formas relictas dos sistemas fluviais entrelaçados (+/- 20.000 BP) e anastomosado (+/- 3.500 AP), modificadas pelo regime atual (+/- 1.500 AP), porém ainda parcialmente mantidas graças à tendência de erosão vertical (escavação do próprio leito), e desvio para a margem esquerda do atual rio Paraná.

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 acontecem num intervalo de tempo muito maior que 1,58 anos de recorrência (para o evento de margens plenas), e estão 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 m 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 semilótico, 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 subambientes.

As condicionantes hidrodinâmicas atuam diretamente nos processos geomórficos, tanto do ponto de vista dos canais fluviais, quanto da planície fluvial. Do ponto de vista da evolução geomórfica da planície fluvial, a baixa frequência espaço-temporal de processos de acreção lateral (por rompimento de diques) e vertical (por transbordamento) corroboram com a atual fase de abandono, conferindo a esta zona pouca atividade construtiva. Tal fato é explicado pelo aprofundamento do talvegue do rio Paraná durante a última mudança climática e o seu deslocamento para a margem esquerda, associada a um provável basculamento de blocos a oeste (neotectônica) (STEVAUX et al., 1997). Independentemente da situação de ajuste do sistema, considerando uma longa escala

de tempo, os processos erosivos e deposicionais, assim como as formas atuais no sistema multicanal do rio Paraná e nos canais do sistema anastomosado da planície fluvial, estão em estreita relação com a energia do fluxo de cada um destes ambientes, como descritos por Rocha (2001).

Drago (1976) elaborou uma classificação de ambientes lênticos, com base na sua origem, considerando as características morfológicas dos rios Paraguai inferior e Paraná médio. Nela, o autor define a origem e a evolução de inúmeros tipos de lagoas relacionadas com os padrões da dinâmica fluvial daqueles rios e dos processos que originam os depósitos e modelam a planície aluvial. No entanto, em tais sistemas fluviais, a unidade *planície de inundação* está em equilíbrio dinâmico com o sistema hidrogeomórfico atual destes rios, e os corpos aquáticos e transicionais têm sua gênese ligada a esta dinâmica atual.

Na planície fluvial do alto rio Paraná, o trecho estudado apresenta feições oriundas da superimposição de pelo menos dois padrões de canais, anteriores ao regime atual deste sistema, complicando a interpretação genética e a classificação dos ambientes aquáticos e transicionais, e seus aspectos de conectividade com os canais principais do sistema. O sistema atual parece apresentar pouca atividade construtiva. Tal situação tem grande importância no entendimento dos processos físicos, químicos e bióticos e no entendimento do estado evolutivo desse ecossistema.

Contudo, o aspecto geomórfico evolutivo do sistema como um todo, conduz a uma alta diversidade de habitats terrestres (e/ou transicionais) e aquáticos, em diferentes estágios sucessionais de terrestrialização, como canais principais (lóticos), canais semilóticos (secundários), lagoas conectadas, lagoas fechadas, baixos e áreas baixas, áreas de transição e áreas permanentemente secas, as quais estão associadas aos estágios de abandono do

sistema anastomosado da Planície Fluvial pelo atual rio Paraná. No entendimento funcional do ecossistema rio-planície fluvial, tais ambientes devem ser interpretados com visão holística e evolutiva, não como meros corpos aquáticos ou terrestres, estáticos, frente à ação da dinâmica hidrológica dos seus sistemas fluviais.

Coletivamente, os corpos de água ocupam 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 e Stanford (1995a). 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. A figura 6 apresenta a ilustração e aspecto evolutivo dos ambientes aquáticos.

5.1 Feições da Planície Fluvial, Gênese Geomórfica e Conectividade:

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 (1994) e Souza Filho & Stevaux (1997) (Figura 6).

Estes canais anastomosados estendem-se por mais de 100 km desde a montante da UHE Porto Primavera em Rosana-SP, até Porto Caiuá-PR, mantendo diversas ligações com o rio Paraná. O rio Ivinheima, por sua vez, possui um padrão meandrante em seu curso médio que aparentemente persiste por um pequeno trecho após sua entrada na Planície do rio Paraná, até a confluência com o canal Corutuba/Araçatuba. Excetuando-se os canais semilóticos 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).

Os *diques marginais* são formas deposicionais de transbordamento, de textura areno-argilosa, que ocorrem acompanhando a margem dos canais ativos e inativos do sistema. Se destacam na paisagem pela posição mais alta dos depósitos e pela presença de vegetação arbórea bem desenvolvida. Na planície fluvial ocorrem em menor densidade de que nas ilhas da calha principal. Formam o conjunto das *partes altas* da planície fluvial. Sua gênese está ligada ao regime anastomosado relictos. Durante as cheias servem de refúgio para muitas espécies.

Os *leques de rompimento de diques* (crevasse splay), originados pelos canais anastomosados, são feições em forma de franja, que comumente ocorrem próximo ao rio Baía (margem esquerda) e com ocorrência entre o canal Corutuba e o rio Paraná. Constituem corpos lobados, mais altos próximos aos canais de origem, diminuindo sua altura para jusante da origem, em que se confundem com a zona mais baixa. Tais conjuntos atingem 2 km de largura e 10 km de extensão. Podem ser vegetados por espécies arbóreas nas partes mais altas, próximas aos diques, e a jusante por espécies primárias. Tal processo pode ser responsável pela origem das feições, como os canais semilóticos e os inativos, e diques marginais durante o regime anastomosado.

As *paleobarras/paleoilhas* são áreas fusiformes, herdadas do padrão entrelaçado, pouco retrabalhadas pelo sistema anastomosado posterior, que ocorrem em conjuntos idênticos, atingindo 10 km de extensão por 3 km de largura, paralelas ao rio Paraná. São formas reliquias de depósitos arenosos do regime fluvial entrelaçado. Quando estão em destaque na topografia, podem atingir alturas próximas ao nível dos diques marginais. Formam ambientes mais secos nas *partes altas*, porém predominam vegetação primária, relva e arbustos esparsos.

Dos *paleocanais inativos* originam as *partes baixas e baixios* da bacia de inundação (também referidas como *brejos*) e também as *lagoas temporárias e perenes*. Predominam na paisagem, como formas originadas de uma possível fase transitória, supostamente ocorrida durante as trocas de padrão entrelaçado e anastomosado, além daquelas formas, cuja gênese está ligada ao sistema anastomosado.

As primeiras se apresentam como paleocanais mais largos e diques pouco desenvolvidos, utilizados como bacia de inundação pelo sistema anastomosado. As segundas são paleocanais estreitos com diques marginais bem desenvolvidos. Os mais largos, são áreas situadas abaixo da superfície média da planície, cujas formas aquáticas são geralmente alongadas ou arredondadas, com dimensões de tamanho muito variadas, de acordo com as dimensões dos paleocanais. Em geral, tem tamanho intermediário entre os canais principais e secundários do atual rio Paraná. Compreendem as principais áreas transicionais (brejos e lagoas) pela sua extensão inundável.

Como está incluída atualmente em zonas de inundação, a atividade geomórfica principal é a de colmatção (preenchimento) destes ambientes. Nos brejos (baixios e alagadiços) ocorre vegetação higrófila, e nos locais que secam durante a estiagem (áreas baixas), gramíneas. Nas lagoas perenes

predominam as características locais do ambiente aquático, correlatas ao *plesiopotamon*, e quando conectadas aos canais, podem apresentar características mais complexas e sazonais, de comportamento correlato ao *parapotamon*. Estas áreas constituem sítios deposicionais onde há predomínio de sedimentação argilosa e concentração de matéria orgânica, principalmente nos baixos e lagoas, chegando à formação de turfeiras (SOUZA FILHO, 1994). De acordo com o estágio evolutivo de tais processos deposicionais, ocorre a gradativa passagem (transição) dos ambientes aquáticos (lagoas) para os baixos (alagadiços) e destes para as áreas baixas (que secam durante a estiagem). Assim, as lagoas aparecem com diferentes tamanhos e formas. Aquelas mais arredondadas e menores indicam estágio sucessional de terrestrialização mais avançado que as mais compridas (fusiformes) e maiores. É provável também que, as *lagoas fechadas* estejam num estágio também mais adiantado para a terrestrialização, do que as conectadas. Como não são limitadas por diques marginais, as lagoas têm grau de conectividade com o sistema lótico ou semilótico também correlato ao *plesiopotamon*.

Nos paleocanais inativos que apresentam diques bem desenvolvidos, há menor rapidez no processo evolutivo de sucessão hídrica (terrestrialização), e a evolução das lagoas para os pequenos brejos, quando sem conexão com canais ativos, tem grau de conectividade correlato ao *palaeopotamon*.

Os *canais ativos*, também conhecidos como *canais semilóticos*, são, na verdade, residuais do padrão anastomosado que drenava a margem direita da calha do rio Paraná, os quais drenam extensa área de várzea. Nesta região, são representados pelo sistema rio Baía/canal Corutuba/rio Ivinheima, e pelos canais de ligação do Baía e Ipoitã. São relativamente estreitos (30 a 60 m) e pouco profundos (2 a 4 m). Se considerarmos o

trecho inferior do rio Ivinheima, os valores são um pouco maiores - 200 m de largura e 5 a 8 m de profundidade. A fraca declividade no sentido do rio Paraná e a desproporção nas vazões entre ambos permitem que haja grande influência do rio Paraná nos padrões de fluxo deste sistema, inclusive permitindo o fluxo remontante nos canais. Caracterizam-se também pela coloração escura das águas, provavelmente pela elevada proporção de compostos húmicos e plancton, fluxo lento e contato com várias lagoas. O seu grau de conectividade é correlato ao *eupotamon*.

Canais tributários de baixa ordem, ou *córregos*, cuja gênese está ligada aos processos morfogenéticos desenvolvidos no atual clima regional, se apresentam como drenagem de entorno e cortam parcialmente os depósitos da planície fluvial, e deságuam nos canais semilóticos nesta região. São influenciados pelas cheias dos rios principais do sistema. Quando tem as suas nascentes dentro dos depósitos aluviais correlacionam-se com os *springbrooks* (olhos d'água), em termos de conectividade, e sua maior importância parece ser a de exercer influência nos canais receptores, nas proximidades de sua foz, quanto às características sedimentológicas e físico-químicas da água.

5.2 Feições da Calha Principal (rio Paraná), Gênese Geomórfica e Conectividade:

As feições associadas ao atual padrão de drenagem são os diversos tipos de barras, na calha principal, e as áreas de acumulação associadas aos baixos, 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 *zlat* (Figura 6).

Os *diques marginais* são formas deposicionais de transbordamento, de textura areno-argilosa, que ocorrem acompanhando a margem dos canais ativos e inativos do sistema. Se destacam na paisagem pela posição mais alta dos depósitos e pela presença de vegetação arbórea bem desenvolvida. Ocorrem em grande densidade nas ilhas da calha principal. Sua gênese está ligada ao regime anastomosado relict, retrabalhados pelo sistema atual. Delimitam os brejos e as lagoas, nas ilhas e nos pequenos trechos de planície na margem esquerda. Formam o conjunto de *partes altas*, com vegetação arbórea, servindo de abrigo para muitas espécies durante as cheias.

Os *paleocanais inativos* originam as *partes baixas e baixios* das pequenas áreas de *bacia de inundação* nas ilhas e na margem esquerda do rio Paraná (como na planície do canal Cortado), também referidas como *brejos*, além de *lagoas temporárias* e *perenes*, cujas formas podem tanto ter sua gênese ligada ao sistema anastomosado, como ao sistema atual. Aquelas relacionadas ao sistema anastomosado têm menor rapidez no processo evolutivo de sucessão hídrica (terrestrialização) do que aquelas nas quais os diques são pouco desenvolvidos ou inexistem, quando relacionados com o regime atual.

Os pequenos brejos ou lagoas, quando sem conexão com canais ativos, têm grau de conectividade correlatos ao *palaeopotamon*, e quando conectados ao rio Paraná em uma das extremidades, funcionam como o *parapotamon*. Aqueles canais abandonados pela dinâmica atual resultam em ambientes de lagoa e várzea, sequencialmente, com altitudes mais baixas que aqueles do anastomosado, e conectividade correlata ao *plesiopotamon*.

Os *canais ativos* se apresentam como ambientes *lóticos* em diversas dimensões, mas no trecho multicanal destacam-se dois principais, nas margens direita (mais raso) e esquerda (mais profundo) e diversos pequenos canais que

cortam as ilhas (*secundários*). Tais canais têm sua gênese ligada aos processos de erosão dos depósitos relictos e escavação do leito pelo regime hidrológico atual, com a reativação de alguns paleocanais do sistema anastomosado relictos, como alguns daqueles que cortam as ilhas, considerados como secundários.

Os canais principais se apresentam como o *eupotamon/talvegue*, e os secundários como *eupotamon/lateral*, considerando a conectividade do sistema.

As *barras* atuais do rio Paraná formam uma superfície intermediária (4,6 m), entre o nível médio do rio (3,4 m na estação de Porto São José) e o topo dos diques marginais (7 m), e podem ser rapidamente removidas pelo fluxo. Quando em processo de fixação, podem ser vegetadas e se associarem às ilhas ou às margens, dependendo da sua tipologia, e formarem as *partes altas* do ambiente. Por outro lado, durante o processo de fixação, a anexação às ilhas ou margens pode formar pequenas lagoas. As barras centrais que se anexam à cabeceira das ilhas podem formar lagoas, inicialmente conectadas nas duas extremidades. Nesta fase, tais lagoas funcionam como o *eupotamon/lateral*.

Com o decorrer do processo de anexação, são gradativamente fechadas nas extremidades, passando a lagoa conectada (*parapotamon*) e lagoa fechada (*plesiopotamon*). A sequência segue com a evolução de processos deposicionais (sedimentação), colmatando por completo a lagoa, que passa a ser um pequeno *brejo*, e em seguida, anexando a barra à ilha. No caso das barras laterais que se anexam às ilhas ou margens, o mesmo processo evolutivo ocorre, exceto que o estágio inicial da lagoa pode apresentar conexão apenas na terminação de jusante, não havendo a fase conectiva de *eupotamon* como fase inicial do ambiente aquático em formação e sim *parapotamon*.

Tais ambientes, porém, têm processos evolutivos relativamente rápidos, quando comparados aos outros ambientes da planície fluvial, e sua

evolução pode ser interrompida por processos erosivos, condicionados pelas alterações na direção das principais linhas de fluxo do rio. Cabe lembrar que esta é a principal atividade construtiva do regime fluvial atual do rio Paraná.

A conectividade dentro destes sistemas fluviais 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 inundação é iniciada pelo alagamento a partir de ambientes conectados, sem diques marginais, em que as características do sistema lótico se misturam com a dos corpos hídricos. A continuidade do processo atinge sistemas isolados, sem diques marginais dentro da planície, numa trajetória de homogeneização das características limnológicas que vai se processando gradativamente até que o sistema principal transborde suas águas por sobre os diques marginais, completando o processo de inundação e de homogeneização dos ambientes. Quando a água retrocede, 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, 1995b).

Cabe lembrar que a regulação do rio pode isolar os canais do rio da planície de inundação, desunindo as vias interativas e reduzindo os níveis de conectividade. As maiores reduções na conectividade, pela regulação dos rios, poderão ser mais aparentes em trechos meandrantess, em que as ligações são mais diversas e a força das interações são maiores (WARD; STANFORD, 1995b). Tal situação é pressuposta pela tendência de diminuição da magnitude dos altos fluxos e entalhamento do canal a jusante do reservatório.

No entanto, no rio Paraná, as alterações hidrológicas conhecidas até o momento relacionadas parcialmente ao efeito cascata da regulação pelos grandes

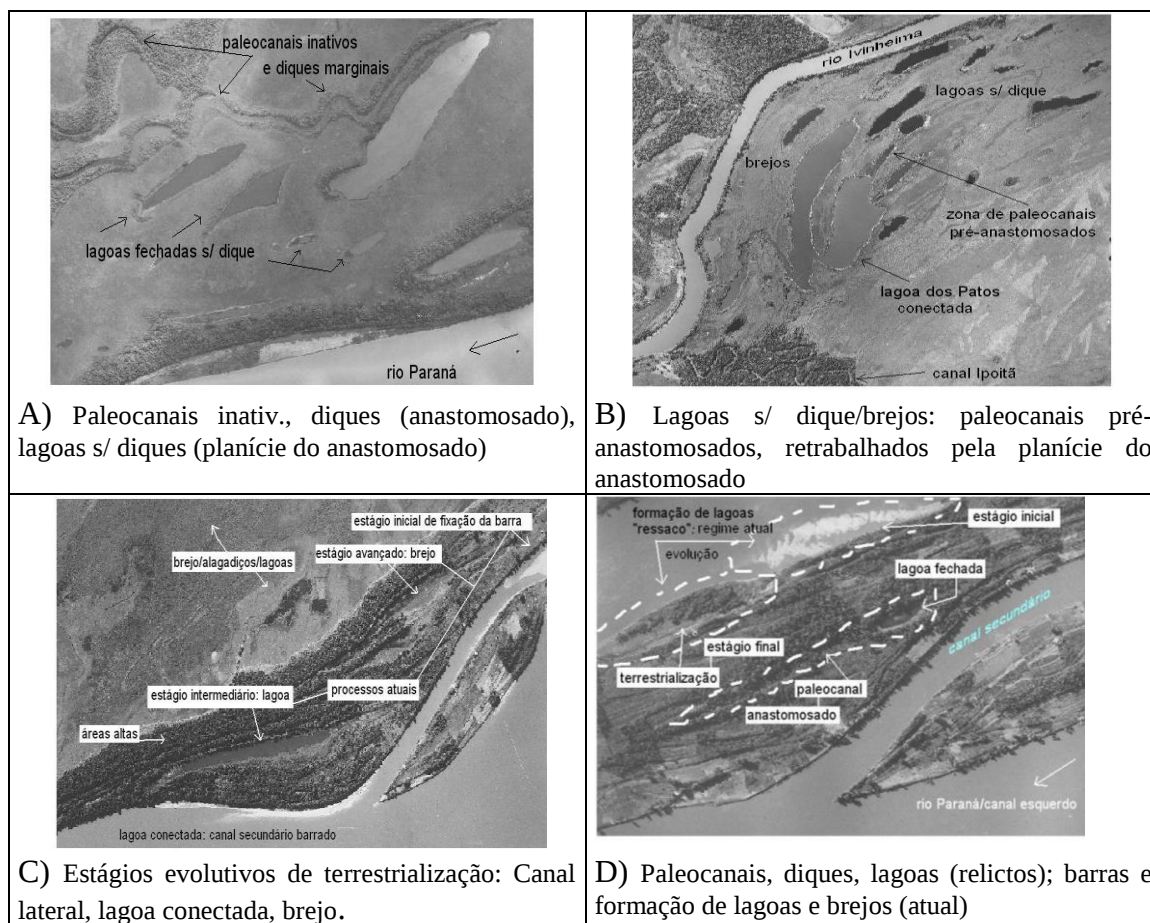


Figura 6: Fotos ilustrativas das feições na planície fluvial e calha atual do rio Paraná: superimposição de formas atuais e relictas.

reservatórios a montante, indicam pouca alteração nos altos fluxos, mas grandes alterações na frequência dos médios e baixos fluxos (ROCHA et al., 1998; 2001a), que tendem a aumentar os níveis de conectividade entre certa parcela de corpos aquáticos do sistema rio-planície fluvial. Porém, com a implantação da UHE de Porto Primavera, bem próxima da área em estudo, no início de 2001, a expectativa de regulação volta a ser a de achatamento dos picos de fluxo, e consequentemente a diminuição dos níveis de conectividade sazonais.

Um perfil topo-batimétrico ao longo da calha e planície fluvial do rio Paraná mostra as diferentes feições topográficas que, de certa forma, controlam o fluxo de água tanto durante eventos extremos como em eventos de inundação locais, conectando primeiramente os corpos aquáticos topograficamente mais baixos (geralmente

associados a paleocanais). Assim, a extremidade ocidental do corte A-B da figura 7 mostra a área mais baixa, com alta densidade de lagoas, sucessionais do retrabalhamento dos paleocanais, e brejos, primeiramente inundada durante os pulsos hidrológicos. A parte central, mais alta, é a zona de paleobarras, intercalada com alguns paleocanais em nível topográfico mais alto que os anteriores, sendo inundada somente em pulsos hidrológicos mais intensos, e se correlaciona com o sistema entrelaçado anterior ao anastomosado.

Como existe uma direta relação entre as formas e os processos, as diferentes paleoformas encontradas na planície fluvial e ilhas deste sistema apresentam diferentes estruturas deposicionais, tanto do ponto de vista das fácies quanto da estratigrafia local, que devem também permitir diferentes padrões de drenagem subterrânea e corredores hiporreicos.

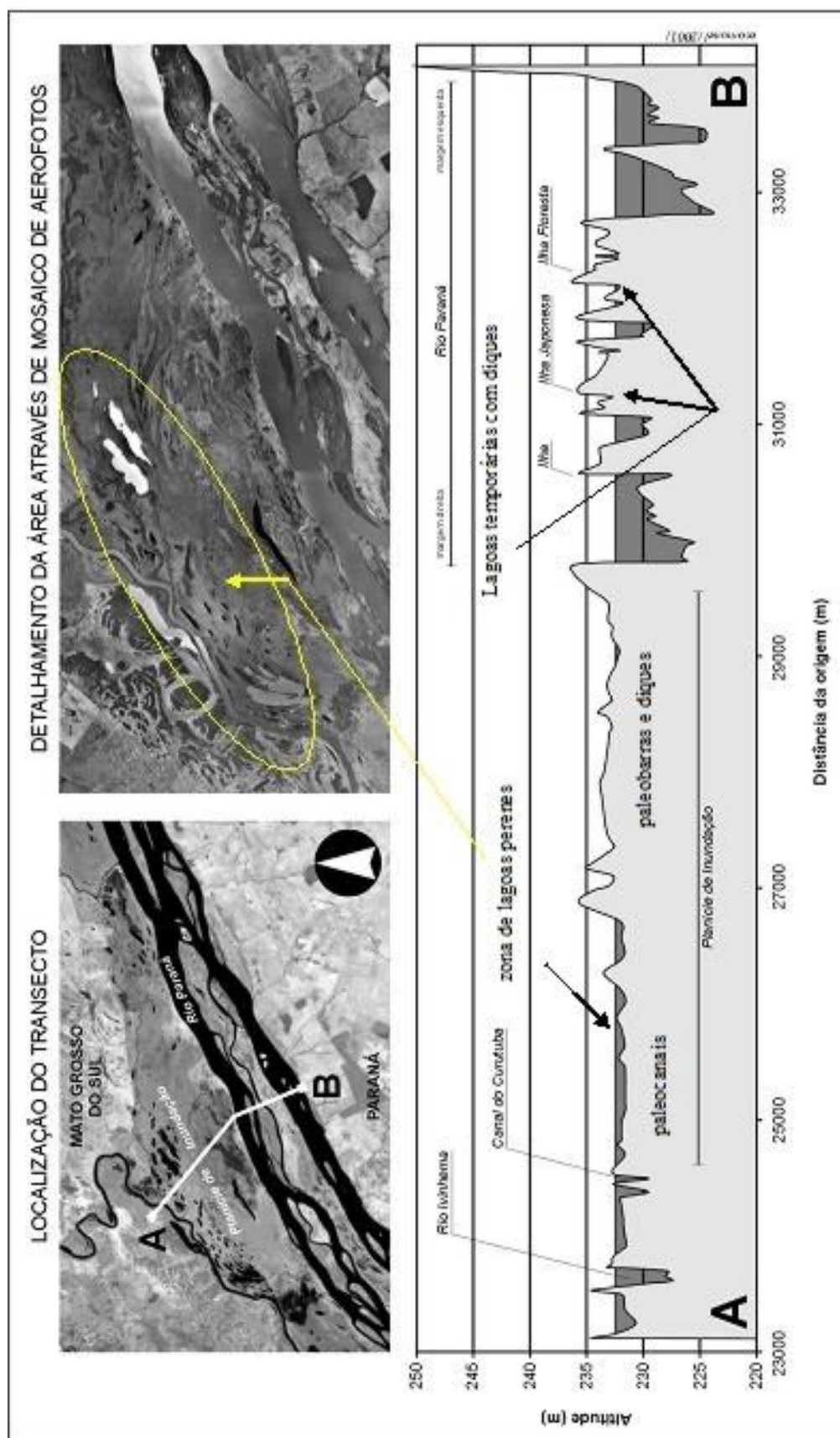


Figura 7: Perfil transversal topo-batimétrico do rio Paraná e detalhes das feições na planície de inundação adjacente. Fonte: adaptado de Comunello (2001).

A conectividade relativa está apresentada na figura 8. A conectividade entre os corpos aquáticos da planície fluvial e o rio Paraná se dá não só pela topografia e distância entre ambos, mas também pela interligação da rede de canais ativos e periodicamente ativos no sistema.

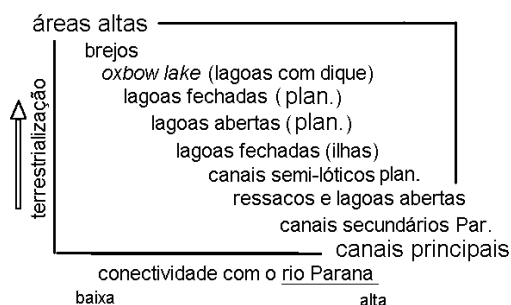


Figura 8: Aspectos de conectividade entre os diferentes corpos aquáticos e transicionais e o rio Paraná

Fonte: adaptado de Ward e Stanford, 1995 b.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estágio de *margens plenas naturais* (transbordamento para a planície fluvial) só ocorre num intervalo de recorrência de 5,6 anos. Já o estágio de *margens plenas*, que atinge o topo das barras do canal atual, tem recorrência de 1,09 anos. Tal fato condiciona uma dinâmica geomórfica na calha principal, a uma velocidade muito maior que na planície fluvial. Assim, as formas atuais se apresentam em nível topográfico inferior e podem ser observadas na calha principal do rio Paraná, como as barras e ressacos, que por vezes se misturam às formas pretéritas, como as ilhas relictas.

A troca de padrão de canal, do anastomosado anterior para o atual, multicanal, decorrente de mudança climática e provavelmente neotectônica regional, corroboraram para o entalhamento do leito e uma paulatina migração do canal para a esquerda, promovendo o gradual abandono dos depósitos de planície de inundação do sistema anastomosado da margem direita, considerando uma escala de tempo geológica, e também a destruição daqueles

depósitos localizados na calha principal utilizada pelos canais atuais (ilhas). 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 consequente 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.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao CNPq/CT-Hidro pelo financiamento da pesquisa, ao GUC/MS pela autorização para a pesquisa, ao GEMA, Nupelia e PEA (Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) - UEM, pela colaboração.

REFERÊNCIAS

COMUNELLO, E. **Dinâmica de inundação de áreas sazonalmente alagáveis na planície aluvial do Alto Rio Paraná.** 2001. Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual de Maringá, 2001.

DRAGO, E. Orígen y clasificacion de ambientes leníticos en llanuras aluviales.

Rev. Asoc. Cien. Nat. Lit., Buenos Aires, n. 7, p. 123-137, 1976.

ESTEVEZ, F. A. Considerations on the ecology of wetlands, with emphasis on brazilian floodplain ecosystems. In: SCARANO, F. R.; Franco, A. C. (Ed.). **Ecophysiological strategies of xerophitic and amphibious plants in the neotropics**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1998. p. 111-135.

JOHNSON, L. J. et al. Past, present, and future concepts in large river ecology. **BioScience**, Washington, DC, v. 45. no. 3, p. 134-141, 1995.

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. **Can. Spec. Public. Fish. Aquat. Sci.**, Ottawa, v. 106, p.110-127, 1989.

LEOPOLD, L. B. et al. **Fluvial processes in geomorphology**. San Francisco: Freedman, 1964.

MIALL, A. D. Architectural element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. **Earth Sci.** ROCHA, P. C. et al. Alterações no regime hidrológico do Alto Rio Paraná como resposta ao controle de descargas efetuado por grandes barramentos a montante. In: ENCUESTRO DE GEÓGR. DE AMÉRICA LATINA, 8., 2001, Santiago. **Anais...**, Santiago: [s.n.], 2001a.

ROCHA, P. C. et al. The disequilibrium stage of upper parana river flood system, southern-central brazil. In: REQUI, 5., / CQPLI, 1., 2001. Lisboa. **Anais...** Lisboa: [s.n.], 2001b.

SANTOS, M. L.; STEVAUX, J. C. Facies and architectural analysis of channel sandy macroforms in the upper Parana river. **Quaternary International**, Oxford, v. 72, p. 87-94, 2000.

Rev., Amsterdam, v. 22, no. 4, p. 261-308, 1985.

MINSHALL, G. W. et al. Developments in stream ecosystem theory. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, [S.l.], v. 42, p. 1045-1055, 1985.

NEIFF, J. J. Ideas Para la Interpretacion Ecologica del Parana. **Interciencia**, Catanduva, v. 15, n. 6, p. 424-440, 1990.

ROCHA, P. C. et al. Aspectos do controle de descargas efetuado por barramentos no alto rio Paraná. **Bol. Parana Geocienc.**, Curitiba, v. 46, p 117-122, 1998.

ROCHA, P. C.; SOUZA FILHO, E. E. Erosão marginal e evolução hidrodinâmica no sistema rio-planície fluvial do alto Paraná, centro-sul do Brasil. In: NUNES, J. O. R.; ROCHA, P. C. **Geomorfologia: aplicação e metodologias**. São Paulo: Expressão Popular, 2008. p. 133-151.

ROCHA, P. C. **Morfogênese e hidrodinâmica nas planícies de inundação e seus sistemas fluviais. exame geral de qualificação**. Maringá:

SANTOS, M. L.; et al. Sistema fluvial do Rio Paraná (Brasil) em seu curso superior: um exemplo de planície aluvial em desequilíbrio. In REQUI, 5., / CQPLI, 1., 2001. Lisboa. **Anais...** Lisboa: [s.n.], 2001.

SOUZA FILHO, E. E. **Aspectos da geologia e estratigrafia dos depósitos sedimentares do Rio Paraná entre Porto Primavera (MS) e Guaíra (PR)**. Tese (Doutorado)-Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

SOUZA FILHO, E. E. Feições do sistema anastomosado pré-atual. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., 1994. Camboriú-SC. **Anais ...**, Camboriu, 1994. p. 407-409.

SOUZA FILHO, E. E.; STEVAUX, J. C. Geologia e geomorfologia do complexo Rio Baía, Curutuba, Ivinheima. In: Vazzoler, A. E. M.; Agostinho, A. A.; Hahn, N. S. (Ed.). **A planície de inundação do Alto Rio Paraná**. Maringá: UEM-Nupelia, 1997. p. 3-72.

SOUZA FILHO, E. E. et al. O ajuste fluvial e a erosão das margens do Rio Paraná em Porto Rico (Brasil). In: REQUI, S., / CQPLI, 1., 2001. Lisboa. **Anais...** Lisboa: [s.n.], 2001.

SPARKS, R. E. Need for ecosystem management of large rivers and their floodplains. **BioScience**, Washington, DC, v. 45, no. 3, p. 168-182, 1995.

STEVAUX, J. C. et al. A história quaternária do rio Paraná em seu alto curso. In: VAZZOLER, A. E. A. M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHNN, N. S. (Ed.). **A planície de inundação do Alto Rio Paraná**. Maringá: UEM-Nupelia, 1997. p. 47-72.

THOMAZ, S. M. et al. Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influência dos níveis fluviométricos. In: VAZZOLER, A. E. A. M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHNN, N. S. (Ed.). **A planície de inundação do Alto Rio Paraná**. Maringá: UEM-Nupelia, 1997. p. 89-92.

VANNOTE, R. L. et al. CUSHING, C. E. The river continuum concept. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, [S.l.], v. 37. p. 130-137, 1980.

WARD, J. V.; STANFORD, J. A. Ecological connectivity in alluvial river ecosystem and its disruption by flow regulation. **Regul. Rivers: Res. Mgmt.**, [S.l.], v. 11, p. 105-119, 1995a.

WARD, J. V.; STANFORD, J. A. The serial discontinuity concept: extending the model to floodplains rivers. **Regulated**

Rivers: Research & Management, West Sussex, v. 10, p. 159-168, 1995b.

WARD, J. V. et al. Biodiversity of floodplain river ecosystems: ecotones and connectivity. **Regulated Rivers: Research & Management**, West Sussex, v. 15, p. 125-139, 1999.

Data de recebimento: 10.06.2010.

Data de aceite: 28.09.2010.