



Cartografia de Áreas Inundáveis da planície do Alto Rio Paraná, na Região de Porto Rico - PR

Maurício MEURER

Edvard Elias de SOUZA FILHO

Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, Bloco 024, 87020-900, Maringá - PR,
Brasil.

Endereço eletrônico: mauriciomeurer@yahoo.com.br, edvardmarilia@wnet.com.br

Palavras-chave: Rio Paraná, Áreas Inundáveis, Geomorfologia Fluvial

Eixo Temático: Cartografia Geomorfológica

Introdução

As inundações representam o poder máximo de um curso d'água de transformar a morfologia do leito e da paisagem no seu entorno. No caso dos grandes sistemas fluviais, a morfologia da paisagem adjacente está quase que integralmente condicionada aos processos fluviais. Ao considerarmos que o talvegue é o local onde a água está sempre presente, este tende a ser o setor de maiores modificações ao longo de um período de estudo. Para as áreas da planície fluvial, quanto mais afastadas estas estão do canal, menos freqüentes tendem a ser os períodos em que estas áreas são submetidas à submersão. Assim, estas áreas tendem a ser alteradas pelos processos fluviais somente durante os grandes eventos de inundação. Devemos então assumir que as inundações representam o poder máximo de um curso d'água de modificar a maior área adjacente possível (MEURER, 2004).

A preocupação com os limites das áreas inundáveis na planície fluvial do Alto Rio Paraná já foi assunto em pesquisas anteriores, desenvolvidas por Comunello (2001) e Rocha (2002). Para Comunello (2001), “estabelecendo-se as correlações entre os níveis fluviométricos e a área inundada em diferentes níveis e períodos, seria possível gerar vários mapas desta área, possibilitando o resgate histórico das condições a que o sistema se submeteu ao longo da série histórica de registros fluviométricos”.

Seguindo neste pensamento, o autor afirma que “esse resgate histórico poderia elucidar o funcionamento da dinâmica de inundação de maneira suficientemente clara para permitir a simulação, ou seja, a possibilidade de inferir sobre cenários futuros”.

Para Rocha (2002), “duas questões surgem como importantes no entendimento da dinâmica do fluxo nos sistemas rio-planície de inundação: - A primeira refere-se à questão espacial; quais são as partes inundáveis primeiramente durante os estágios de um pulso



hidrológico de cheia ? – A segunda se refere à questão temporal; quando ocorrem os pulsos de cheia e de vazante de cada rio e qual a sua regularidade?”.

A proposta de elaboração de uma cartografia de áreas inundáveis para a planície fluvial do Alto Rio Paraná surgiu em função da necessidade de se conhecer os **limites dos eventos extremos**, bem como **com que periodicidade essas áreas são inundadas** e **quais os principais processos atuantes durante a subida das águas**.

A Área de Estudo

A região de Porto Rico/PR (Figura 1) compreende a área situada entre a foz do Rio Paranapanema e o Canal Ipuitã (ou Poitã), primeira ligação do Rio Ivinhema com o Rio Paraná. Esta região encontra-se a aproximadamente 35 km a jusante das usinas hidrelétricas de Rosana, no Rio Paranapanema, e Engenheiro Sérgio Motta (Porto Primavera), no Rio Paraná, e a cerca de 200 km a montante do remanso do reservatório da Usina Hidrelétrica de Itaipu (AGOSTINHO & ZALEWSKI, 1996; SOUZA Fº. & STEVAUX, 1997).

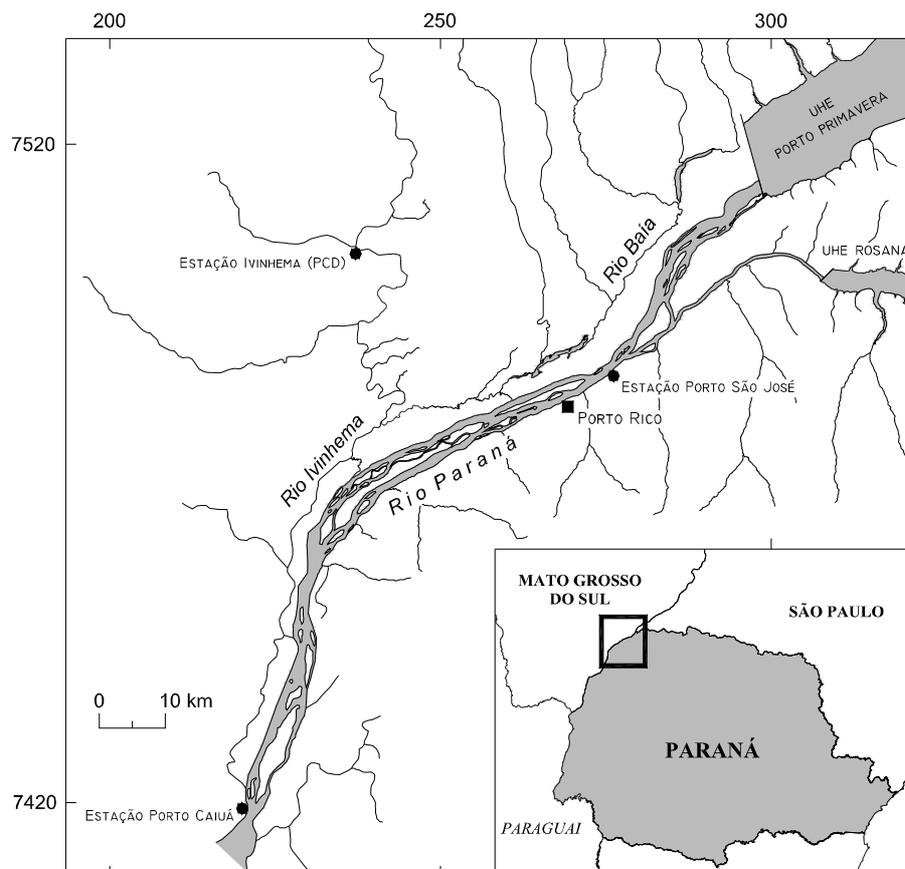


Figura 1. A Região de Porto Rico – PR. Os círculos indicam a localização das estações fluviométricas existentes na área de estudo.



Neste trecho, o Rio Paraná apresenta uma marcada assimetria entre as margens, fator que possivelmente condicionou, e ainda condiciona, a disposição dos depósitos sedimentares preferencialmente no lado direito do canal fluvial (MS), lado este onde a margem apresenta-se topograficamente mais rebaixada.

Conforme Souza F^o. (1991) e Stevaux (1993a, 1993b) as principais unidades geomorfológicas presentes na margem direita do Rio Paraná, na região de Porto Rico, são o **Terraço Alto (ou Unidade Taquaruçu)**, **Terraço Médio (Unidade Taquaruçu Ivinhema)**, **Terraço Baixo (Unidade Fazenda Boa Vista)** e a **Planície Fluvial (Unidade Rio Paraná)** (Figura 2).

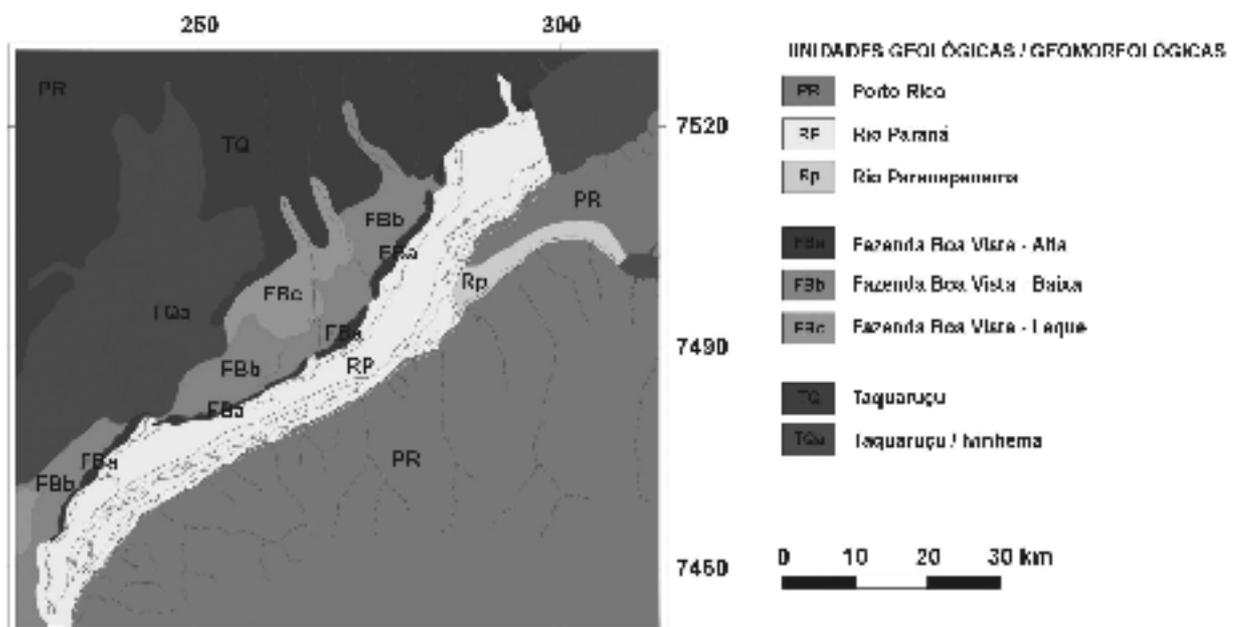


Figura 2. Mapa geomorfológico da região de Porto Rico - PR. Simplificado de Stevaux (1993b).

O Terraço Alto ou Unidade Taquaruçu encontra-se afastado do canal principal por uma distância que varia entre 10 km e 20 km. A superfície do Terraço Alto encontra-se acima da cota altimétrica de 250 m.

O Terraço Médio ou Unidade Taquaruçu/Ivinhema está aproximadamente 10 km afastado do Rio Paraná. Encontra-se bem preservado no vale do Rio Ivinhema. Sua superfície está limitada pelas cotas altimétricas de 240 m e 260 m, e é marcada pela grande ocorrência de lagoas de formato predominantemente circular.

O Terraço Baixo ou Unidade Fazenda Boa Vista encontra-se entre 3 km e 7 km afastado do canal principal, e ocorre em uma faixa contínua com largura que varia entre os



5 km e 15 km. Sua superfície encontra-se entre as cotas altimétricas de 240 m e 245 m e, em função da má drenagem subsuperficial, está constantemente encharcada.

A Planície Fluvial, ou Unidade Rio Paraná constitui o patamar mais baixo, adjacente ao Rio Paraná, com largura que varia entre 7 km e 10 km na região de Porto Rico/PR. Na Planície Fluvial, tanto a declividade quanto as diferenças altimétricas são muito reduzidas, de forma que a vegetação é a principal responsável pelo realce das formas de relevo.

Segundo Souza F^o. (1991), as feições existentes na superfície da planície fluvial são resultantes da superposição de um sistema anastomosado, que esteve ativo antes da implantação do atual padrão do canal, sobre os depósitos resultantes da dinâmica presente do Rio Paraná.

Como principais feições herdadas do sistema anastomosado, estão os diques marginais, os canais, os leques de rompimento de diques e os baixios da bacia de inundação. Representando as feições relacionadas ao atual padrão de canal, estão as barras e as áreas de acumulação associadas aos baixios e lagoas.

Para a elaboração desta pesquisa, foi dada especial atenção à planície fluvial, tendo em vista que é neste compartimento que se concentram a maioria das evidências morfológicas das inundações.

Procedimentos Metodológicos

A proposta de cartografia de áreas inundáveis utilizada neste trabalho foi desenvolvida pelo Geógrafo Roger Lambert, da Universidade de Toulouse II - Le Mirail, França, e é o resultado de suas pesquisas sobre predição de inundações e cartografia de áreas inundáveis na região de Midi-Pyrénées, França (LAMBERT, 1990). Os procedimentos metodológicos desta cartografia foram posteriormente detalhados e sistematizados por Lambert et. al. (1998) e Lambert & Prunet (1999), em função da realização de trabalhos entre a Universidade de Toulouse II e a DIREN Midi-Pyrénées - Direction Regional de L' Environnement.

Seguindo estes procedimentos metodológicos, o trabalho desenvolveu-se em cinco etapas: estudo histórico das inundações, análises estatísticas dos dados fluviométricos, análise dos produtos cartográficos e de sensoriamento remoto existentes, verificações em campo e elaboração do produto cartográfico síntese.

O estudo histórico das inundações consistiu no levantamento, para a região de Porto Rico – PR, de todas as informações existentes sobre os níveis fluviométricos e os eventos extremos. Para tanto, buscou-se junto a órgãos públicos e privados quaisquer referências



(séries fluviométricas, trabalhos acadêmicos, documentos cartográficos e de sensores remotos) que pudessem auxiliar na delimitação das zonas inundáveis. Ao longo desta etapa, foi dada total prioridade àquelas referências que apresentavam maior grau de confiabilidade.

Concluída a busca e seleção das informações, os dados das séries fluviométricas passaram por algumas análises estatísticas. Nesta etapa, os dados foram organizados conforme critérios como distribuição mensal, período de retorno entre outros critérios. Os resultados desta etapa demonstraram a possível existência de relações entre a frequência das inundações e as características morfológicas da planície fluvial do Alto Rio Paraná (MEURER, 2003).

A etapa de análise dos produtos cartográficos e de sensoriamento remoto pode ser considerada o ponto inicial de confecção da Carta de Áreas Inundáveis. Neste momento do trabalho foram analisados documentos cartográficos de diferentes temas e escalas de detalhamento. Dentre os principais documentos cartográficos analisados estão a carta topográfica produzidas pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército (em escala 1/100.000), um conjunto de plantas da poligonal envolvente da bacia de acumulação (em escala 1/40.000), produzidas pela Centrais Elétricas do Sul do Brasil S. A., durante o projeto de construção da Usina Hidrelétrica de Ilha Grande, e a Carta Geomorfológica e Perfil Topográfico da Planície Aluvial do Rio Paraná, Região de Porto Rico (PR), elaborada por Stevaux (1993b), em escala aproximada de 1/100.000. Dentre os documentos de sensoriamento remoto analisados estão imagens da região de Porto Rico – PR e diferentes períodos, recolhidas pelos satélites Landsat 4, Landsat 5 TM e Landsat 7 ETM+.

Todas as informações obtidas a partir destes documentos cartográficos e de sensoriamento remoto foram combinadas com o auxílio de *softwares* de desenho, cartografia, de tratamento de imagens e Sistemas de Informações Geográficas. Dentre os principais *softwares* utilizados, pode-se destacar o *AutoCAD Map 2000*, *SPRING 3.6* e *ENVI 3.5*.

O uso das imagens de satélite merece especial destaque, tendo em vista que a área mapeada é bastante grande, com aproximadamente 5.600 km², e carece de informações cartográficas básicas em escala de detalhe. Segundo Hundson & Colditz (2003) “para grandes sistemas fluviais, situados em locais mais afastados, é mais prático utilizar métodos de sensoriamento remoto para determinar os limites das inundações”. Assim



sendo, as imagens foram importantes também na determinação dos limites das inundações e no reconhecimento dos processos envolvidos nesta dinâmica (Figura 3).



Figura 3. Identificação dos limites das inundações e dos processos envolvidos nesta dinâmica. Banda 3 recorte da imagem órbita/ponto 223-076, satélite Landsat 5 TM, de 17/01/1990. Segunda maior inundação registrada na região de Porto Rico – PR.

As verificações de campo serviram para o refinamento dos produtos cartográficos elaborados. Nesta etapa, buscou-se solução para as dúvidas resultantes da análise dos documentos cartográficos e de sensoriamento remoto. As alterações observadas no terreno, e que não encontram-se representadas na base cartográfica, também tiveram de ser incluídas no documento cartográfico final.

A elaboração do produto cartográfico síntese deu-se a partir do cruzamento das informações coletadas nas etapas anteriores. A Carta de Áreas Inundáveis elaborada buscou seguir os modelos propostos por Lambert (1990). Para o cruzamento das informações, foram utilizados os *softwares* de desenho e geoprocessamento anteriormente citados. O desenho do documento final foi elaborado em *AutoCAD MAP 2000*.

Resultados e Discussão

A Carta de Áreas Inundáveis do Alto Rio Paraná, elaborada nesta pesquisa (Figura 4), vem para sistematizar um conjunto de informações anteriormente dispersas. O



documento síntese apresentado, é o resultado da compilação das seguintes informações, oriundas das seguintes fontes:

- Hidrografia, Leito Menor e Ilhas– Digitalizados sobre imagem do satélite Landsat 7 ETM+, órbita/ponto 223–076, de 18/11/1999. A porção mais a jusante foi complementada pela imagem 224-076, de 05/08/1999;
- Estações Fluviométricas e Níveis Máximos – Obtidos junto à ANA – Agência Nacional de Águas e junto à Itaipu Binacional;
- Encaixantes e Zona de Cheia Excepcional – Digitalizados sobre as imagens dos satélites Landsat 4, órbita/ponto 223-076, de 27/02/1983 e Landsat 5 TM, órbita ponto 223-076, de 17/01/1990;
- Limite das Inundações por Elevação do Lençol Freático – Cota 245m das plantas da “Poligonal da Bacia de Acumulação”, elaboradas pela Centrais Elétricas do Sul do Brasil S. A. (1980) para o projeto da Usina Hidrelétrica de Ilha Grande. A porção mais a montante foi complementada com a “Carta Geomorfológica e Perfil Topográfico da Planície Aluvial do Rio Paraná, Região de Porto Rico (PR)”, elaborada por Stevaux (1993b) (Figura 2). Este limite foi determinado com auxílio das imagens de satélite anteriormente citadas;
- Setas de Fluxo – Determinadas a partir dos conhecimentos de campo e de relatos de outros pesquisadores.

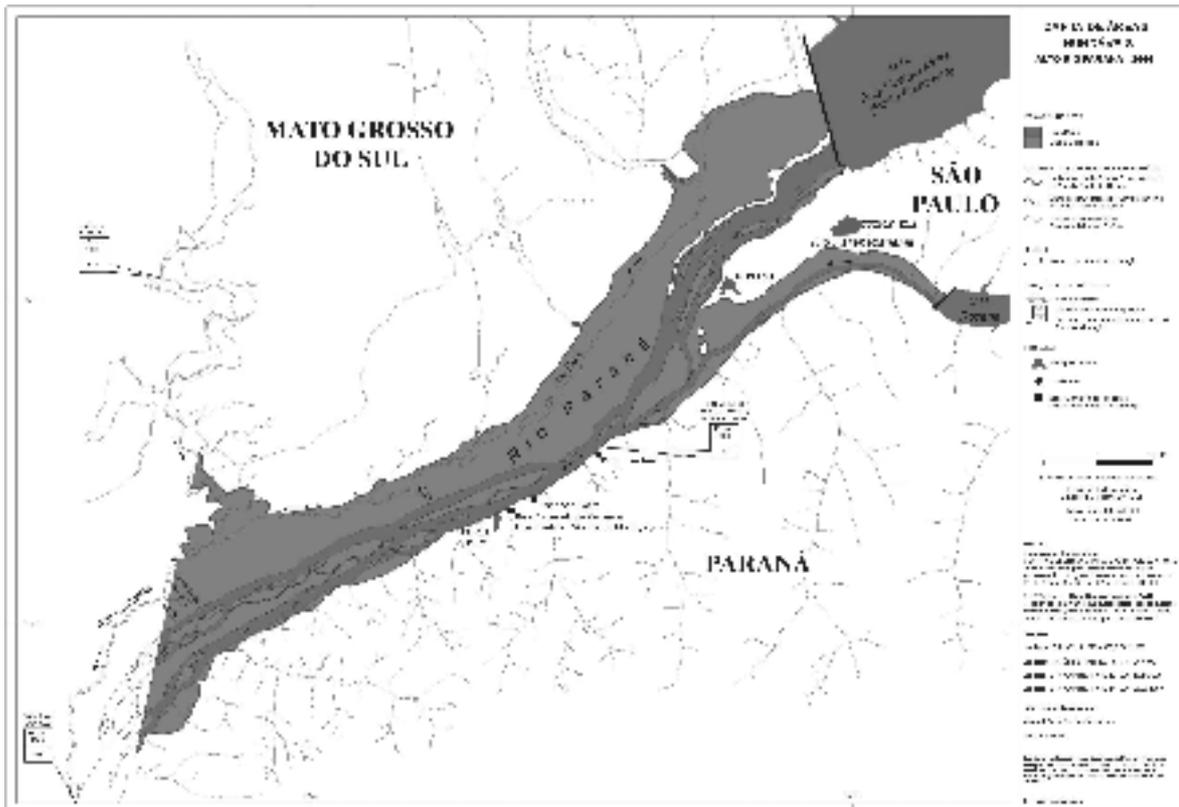


Figura 3. Carta de Áreas Inundáveis para o Alto Rio Paraná, o documento síntese desta pesquisa.

A proposta metodológica elaborada por Lambert (1990), Lambert et. al. (1998) e Lambert & Prunet (1999) foi desenvolvida na França, na região de Midi-Pyrénées. Os rios que serviram de base para o desenvolvimento desta proposta metodológica nascem nas montanhas dos Pireneus e no Maciço Central, correndo por vales estreitos, com fortes declividades, até atingir áreas mais planas. próximas à cidade de Toulouse. O ciclo de secas e cheias está condicionado ao degelo das áreas montanhosas.

Sendo a área de estudo um trecho de um grande rio tropical, com extensa planície de inundação, baixa declividade e submetido à regulação por um conjunto de barragens, alguns aspectos pouco relevantes nos rios estudados por Lambert (1990), Lambert et. al. (1998) e Lambert & Prunet (1999) podem ser de grande importância para o entendimento da dinâmica de cheias do Rio Paraná. Ao realizar uma comparação entre as cheias que ocorrem em rios confinados e grandes rios aluviais, Plate (2002) afirma que “muito diferente é a resposta às cheias nas planícies aluviais dos grandes rios. As velocidades são comparativamente mais baixas, e o principal risco à vida provem da extensão lateral das áreas inundadas”. Nesse sentido, a Carta de Áreas Inundáveis apresentada deu especial atenção aos limites dos eventos extremos, possuindo assim algumas diferenças da proposta



original elaborada por Lambert (1990), Lambert et. al. (1998) e Lambert & Prunet (1999), conforme descrito a seguir:

- Escala – As Cartas de Áreas Inundáveis francesas foram elaboradas nas escalas de 1/25.000 e 1/50.000. Neste trabalho, adotou-se a escala de 1/100.000, tendo em vista a amplitude da área a ser coberta e a carência de informações cartográficas em escala de detalhe;
- Altimetria – Nas cartas francesas são representadas as curvas de nível e pontos cotados para a área mapeada. No caso do Alto Rio Paraná, a ausência de dados altimétricos de boa qualidade impediu que estes fossem também representados;
- Diferentes Níveis de Zonas Inundáveis – Nas cartas francesas são apresentados três níveis de inundação, além do leito menor. No caso do Alto Rio Paraná, a área inundável é caracterizada por uma planície com desníveis muito sutis. Assim sendo, somente com dados altimétricos muito detalhados seria possível determinar níveis intermediários de inundações. Outro aspecto que dificulta esta delimitação são os fluxos subsuperficiais, que inundam algumas áreas antes mesmo do extravasamento do Rio Paraná sobre a sua planície de inundação;
- Informações Pontuais de Níveis de Inundação – Na França, é muito comum encontrar em prédios, pontes e outras construções marcas feitas pela população indicando a data e os níveis máximos atingidos nas grandes inundações. Não é raro encontrar registros de eventos ocorridos a mais de um século. Segundo a proposta original, todos estes registros devem ser cartografados. No Brasil não é comum encontrar este tipo de registro. No caso do Alto Rio Paraná, o interior da planície de inundação é praticamente desocupado, o que torna ainda mais difícil a busca por informações pontuais sobre as inundações;
- Limite da Zona Inundável por Elevação do Lençol Freático – Originalmente, este limite não é representado nas cartas francesas porém, tendo em vista a importância deste processo no Alto Rio Paraná, optou-se por sua representação no documento cartográfico final.

As limitações metodológicas e adaptações realizadas ao longo do trabalho não colocam em descrédito a validade da Carta de Áreas Inundáveis apresentada neste trabalho, tendo em vista que o documento cartográfico elaborado acrescentou conhecimentos sobre os limites e os processos de funcionamento das inundações.



Conclusões e Considerações Finais

A elaboração da Cartografia de Áreas Inundáveis para o Alto Rio Paraná foi calcada em um conjunto de procedimentos metodológicos ainda pouco conhecidos e pouco utilizados no Brasil. Uma parte das discussões sobre a validade destes procedimentos metodológicos pode ser encontrada em Meurer (2003, 2004), onde são apresentados resultados das análises estatísticas desenvolvidas sobre as séries fluviométricas disponíveis na região de Porto Rico – PR.

No que tange à elaboração da Carta de Áreas Inundáveis, os resultados mostraram-se bastante satisfatórios. Através dos procedimentos metodológicos adotados, foi possível a sistematização de informações cartográficas, geomorfológicas, hidrológicas e de sensoriamento remoto em um documento cartográfico único. As adaptações realizadas sobre a proposta original acrescentaram ao documento final informações importantes da dinâmica de um grande rio tropical, com extensa planície de inundação.

A utilização de imagens orbitais da área de estudo sob condições de níveis d'água normais e extremos permitiu uma identificação precisa das áreas sujeitas às inundações. A partir destas mesmas imagens, foi possível o detalhamento na descrição de alguns processos até então pouco estudados.

Somando-se a todos os novos conhecimentos produzidos, a maior contribuição da Carta de Áreas Inundáveis foi a de dar uma expressão espacial às inundações. As pesquisas sobre inundações, que geralmente são expressas por dados quantitativos de cota ou vazão, ganham com estes procedimentos metodológicos uma expressão espacial.

A importância de se ter uma expressão espacial das inundações está diretamente relacionada com a possibilidade de ocupação da planície fluvial. É comum que as planícies fluviais sejam ocupadas sem que sejam avaliados previamente os limites das grandes inundações. Em alguns casos, a ocupação no interior da planície é feita sobre áreas topograficamente mais elevadas, no intuito de dar maior proteção ao patrimônio ali disposto. Mesmo tomando-se estas precauções, é sabido que estas áreas estão sujeitas às grandes inundações, não sendo portanto recomendáveis a serem ocupadas. Nesse sentido, Cantat et. al. (2002) recomenda que “as zonas submetidas ao transbordamento de cursos d'água não deveriam ser ocupadas; a não ser que o habitante aceite o risco de submersão de alguns dias a cada dez anos, por exemplo (...)”.

A partir da conclusão desta pesquisa, ficam como perspectivas para novos trabalhos a necessidade de detalhamento da cartografia das áreas inundáveis e a necessidade de



detalhamento nos estudos hidrológicos, geomorfológicos e processuais na planície de inundação.

Agradecimentos

À Engesat Imagens de Satélite, pela cedência da imagem 223-076 de 27/02/1983. Ao Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente – GEMA, da Universidade Estadual de Maringá, pela infra-estrutura disponibilizada. À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos. Ao Programa de Ecologia de Longa Duração - PELD/CNPq, pelo financiamento desta pesquisa.

Referências

AGOSTINHO, A. A. & ZALEWSKI, M. **A Planície Alagável do Alto Rio Paraná: Importância e Preservação**, Maringá, EDUEM, 1996, 100 p.

CANTAT, O.; CADOR, J-M.; AGASSE, E. L' Originalité des Inondations de 2000 – 2001 dans la Plaine de Caen (Normandie, France). Quand la Montée des Nappes Souterraines Prolonge le Débordement des Rivières. **Annales de Géographie**, 625, 2002, pp.246 – 264.

COMUNELLO, E. **Dinâmica de Inundação de Áreas Sazonalmente Alagáveis na Planície Aluvial do Alto Rio Paraná**, Maringá, 2001, 47 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) – Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura, Universidade Estadual de Maringá.

HUDSON, P. F. & COLDITZ, R. R. Flood Delineation in a Large and Complex Alluvial Valley, Lower Pánuco Basin, Mexico. **Journal of Hydrology**, 280, 2003, pp. 229 – 245.

LAMBERT, R. **Pour une approche géographique du temps de retour des averses et de crue**, In: COLLOQUE DE VERNET; l'Aiguat del 40, les inondations catastrophiques, Univ. de Perpignan, 1990, 15 p.

LAMBERT, R.; GHOLAMI, M.; PRUNET, C. **Métodologie pour une Cartographie Informative des Zones Inondables en Midi-Pyrenées**, Toulouse: Université Toulouse II / DIREN Midi-Pyrenées, 1998, 30 p.



LAMBERT, R. & PRUNET, C. **L'Approche Geographique de L'Inondation: L'Exemple de la Garonne a L'Aval de Toulouse**, Toulouse:[s.n.], [1999?], pp. 39 – 53.

MEURER, M. Análise dos Regime de Cheias dos Rios Paraná e Ivinhema, na Região de Porto Rico – PR, **Geografia**, 28 (2), 2003, pp.185 – 195.

MEURER, M. **Regime de Cheias e Cartografia de Áreas Inundáveis no Alto Rio Paraná, na Região de Porto Rico – PR**, Maringá, 2004, 55 p., Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Estadual de Maringá.

PLATE, E. J. Flood Risk and Flood Management, **Journal of Hydrology**, 267, 2002, pp. 2 – 11.

ROCHA, P. C. **Dinâmica dos Canais no Sistema Rio-Planície Fluvial do Alto Rio Paraná, nas proximidades de Porto Rico – PR**, Maringá, 2002, 169 p. Tese (Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) – Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura, Universidade Estadual de Maringá.

SOUZA F^o, E. E. de. **Aspectos da Geologia e Estratigrafia dos Depósitos Sedimentares do Rio Paraná entre Porto Primavera (MS) e Guaíra (PR)**, São Paulo, 1991, 112 p. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

SOUZA F^o, E. E. & STEVAUX, J. C. Geologia e Geomorfologia do Complexo Rio Baía, Curutuba, Ivinhema, In: VAZZOLER. A. E. A. de M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. (Editores) **A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná: Aspectos Físicos, Biológicos e Sócioeconômicos**, Maringá: EDUEM, 1997, pp. 3 – 46.

STEVAX, J. C. **O Rio Paraná: Geomorfogênese, Sedimentação e Evolução Quaternária de Seu Curso Superior (Região de Porto Rico – PR)**, São Paulo, 1993a, 242 p. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.



STEVAUX, J. C. Carta Geomorfológica e Perfil Topográfico da Planície Aluvial do Rio Paraná, Região de Porto Rico (PR). São Paulo, 1993b,. 1 mapa, 1 perfil, p&b, 87 cm x 99 cm, Escala aproximada 1/100.000.