



A CONTRIBUIÇÃO DOS ESTUDOS DE GEOMORFOLOGIA FLUVIAL E RECURSOS HÍDRICOS PARA PLANOS DE MANEJO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

Isabel Cristina Moroz

Doutoranda, DG-FFLCH/USP– SP, ic.moroz@uol.com.br

RESUMO

Este artigo propõe-se a apresentar, através de três exemplos, a importância da geomorfologia fluvial e dos estudos relativos aos recursos hídricos no processo de elaboração de planos de manejo para Unidades de Conservação. Neste sentido, são apresentados os diferentes enfoques adotados para a condução desses trabalhos, de acordo com as peculiaridades de cada área: Parque Estadual Intervales, Parque Estadual Jurupará e Parques Naturais do Trecho Sul do Rodoanel, todos localizados no Estado de São Paulo; bem como a contribuição destes na delimitação de Zonas de Amortecimento, no Zoneamento das Unidades de Conservação, e na proposição de medidas e diretrizes para a conservação dessas áreas. Os exemplos apresentados objetivaram demonstrar que os estudos relacionados à hidrografia, à geomorfologia fluvial e aos recursos hídricos apresentam grande potencial de contribuição para o planejamento físico-territorial. No caso de estudos voltados à conservação de áreas protegidas, a contribuição de tais estudos deveria ser mais explorada e valorizada. A manutenção de taxas e balanços do ciclo hidrológico constitui elemento fundamental para a preservação e conservação de ambientes naturais, tanto em termos de qualidade e disponibilidade, quanto em relação ao equilíbrio dinâmico de sistemas naturais, sobretudo no meio tropical úmido, onde a água é elemento fundamental na morfodinâmica.

PALAVRAS-CHAVE: Geomorfologia Fluvial Aplicada; Recursos Hídricos; Plano de Manejo; Unidades de Conservação; Zoneamento Ambiental.

ABSTRACT

This article proposes to present, through three examples, the importance of fluvial geomorphology and studies concerning water resources in the process of developing management plans for protected areas. In this sense, we present the different approaches adopted for the conduct of such work, according to the peculiarities of each area: Intervales



State Park, Jurupará State Park and Natural Parks of South Stretch of Rodoanel, all located in the State of São Paulo; and the contribution of the delimitation of Buffer Zones, in the Zoning of Conservation Units, and in proposing measures and guidelines for the conservation of these areas. The examples presented aimed to demonstrate that the studies related to hydrology, the fluvial geomorphology and water resources have great potential to contribute to the physical and territorial planning. In the case of studies related to conservation of protected areas, the contribution of such studies should be further explored and valued. The maintenance fees and assessments of the hydrological cycle is fundamental to the preservation and conservation of natural environments, both in terms of quality and availability, as compared to the dynamic equilibrium of natural systems, especially in humid tropical environment, where water is a fundamental instrumental in morphodynamics.

KEY WORDS: Applied Fluvial Geomorphology; Water Resources; Management Plan; Protected Areas; Environmental Zoning.

INTRODUÇÃO

Via de regra, a elaboração de diagnósticos ambientais, quer sejam para a avaliação de impactos, como no caso de EIA-RIMAs, quer para objetivos específicos de proteção e conservação, como Planos de Manejo de Unidades de Conservação; compreende a análise integrada dos diversos constituintes dos meios físico, biótico e antrópico.

Neste sentido, os levantamentos e estudos relativos ao meio físico, têm se mostrado fundamentais, em conjunto com os resultados obtidos em outros estudos (meio biótico, situação fundiária, uso do solo e aspectos históricos, por exemplo), para a identificação e avaliação de fragilidades e potencialidades. Assim, os diagnósticos do meio físico constituem-se em subsídios essenciais para nortear o zoneamento, planejamento e a gestão de áreas.

No entanto, têm se observado que, na maioria das vezes, estudos relativos à hidrografia, à geomorfologia fluvial e aos recursos hídricos não têm sido explorados amplamente. Grande parte deles apresenta aspectos hidrográficos de forma meramente descritiva e desarticulada, carecendo de análise e integração com os outros componentes do meio físico e, obviamente, com aspectos do meio biótico e antrópico. Em outros casos mais específicos, observa-se ainda que análises relativas ao tema, apresentam-se como dados quantitativos, privilegiando apenas aspectos hidrológicos, sem uma abordagem sistêmica ou ainda, geográfica.



Diante do exposto, o presente artigo apresenta alguns exemplos de estudos aplicados referentes à hidrografia, à geomorfologia fluvial e avaliação de recursos hídricos, que subsidiaram a elaboração de planos de manejo de Unidades de Conservação.

MATERIAL E MÉTODOS

Como exemplos de estudos, apresentam-se aqui aqueles desenvolvidos para os Planos de Manejo do Parque Estadual Intervales-SP¹; Parque Estadual Jurupará-SP² e Parques Naturais Municipais Rodoanel Trecho Sul³, na Região Metropolitana de São Paulo.

O Parque Estadual Intervales (PEI) situa-se no Vale do Ribeira, no estado de São Paulo. Estende-se desde o divisor de águas das bacias hidrográficas do Alto Rio Paranapanema e Rio Ribeira de Iguape, abrangendo dois compartimentos geomorfológicos distintos: a Serra de Parapiacaba (Planalto Atlântico) e a Depressão do Baixo Ribeira (Bacia Sedimentar do Baixo Ribeira). Enquanto que, no primeiro compartimento, o relevo apresenta-se bastante dissecado, com morros altos e escarpas festonadas apresentando ainda, pequena porção de terrenos calcários; o segundo compartimento caracteriza-se por colinas médias e baixas e amplas planícies fluviais.

Em função dessas características e da diversidade de fisionomias que a área apresenta, os estudos efetuados priorizaram aspectos hidrográficos, morfológico-morfométricos dos sistemas fluviais, e aspectos hidromorfodinâmicos. A produção de conhecimento dos dois primeiros aspectos foi efetuada por meio da elaboração de produtos cartográficos, resultantes de análises e interpretações de documentos da cartografia de base, aerofotográficos e de imagens de satélite. Esse conhecimento cartográfico preliminar subsidiou a análise de parâmetros morfométricos, morfológicos e sedimentológicos obtidos em campo que, por sua vez, orientaram as interpretações sobre tendências espaciais hidrodinâmicas.

A geração e sistematização de informações relativas aos aspectos hidrográficos consistiram na identificação e delimitação espacial de bacias e sub-bacias hidrográficas (que resultou no

¹ O Plano de Manejo do PEI – Parque Estadual Intervales, foi elaborado em 2007, através de convênio entre a Fundação Florestal, da Secretaria de meio Ambiente do Estado de São Paulo e o Departamento de Geografia (FFLCH-USP). Os estudos relativos à Hidrografia e Geomorfologia Fluvial foram orientados e coordenados pela Prof^ª. Dr^ª. Cleide Rodrigues.

² O Plano de Manejo do PEJU – Parque Estadual Jurupará, foi elaborado em 2009, pelo Instituto Florestal, da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, com a coordenação executiva e técnica do Instituto Ekos Brasil. Os estudos relativos aos Recursos Hídricos foram produzidos pela autora que também coordenou o módulo Meio Físico.

³ Os Planos de Manejo dos Parques Naturais Municipais do Rodoanel Trecho Sul estão sendo elaborados, através de convênio entre DERSA e Departamento de Geografia (FFLCH-USP) Os estudos relativos à Geomorfologia Fluvial e Recursos Hídricos são orientados e coordenados pela Prof^ª. Dr^ª. Cleide Rodrigues.



produto Mapa Hidrográfico); na hierarquização da rede de drenagem; na identificação das zonas de nascentes (Mapa da Hierarquia Fluvial) e na identificação de áreas de Influxos e Efluxos (Mapa dos Fluxos dos Sistemas Hidrográficos).

A delimitação espacial de Bacias e Sub-bacias Hidrográficas possibilitou uma visão geral da compartimentação da área, estabelecendo-se os divisores topográficos das bacias e sub-bacias hidrográficas. O mapa auxiliou na interpretação do valor, em termos de singularidade, da Unidade de Conservação caracterizada por conservar área divisora de duas das maiores bacias hidrográficas do Estado de São Paulo.

A hierarquização da rede de drenagem e identificação das zonas de nascentes foram realizadas com a função de facilitar e tornar mais objetivos os estudos morfométricos (análise linear, areal e hipsométrica) sobre as bacias hidrográficas. Resultou na obtenção da ordem hierárquica de cada sub-bacia anteriormente delimitada e na identificação visual das áreas com maior presença de nascentes.

As informações referentes às áreas de Influxos e Efluxos, nascentes e cursos de ordens inferiores foram correlacionadas espacialmente aos limites do Parque e sua Zona de Amortecimento, e às áreas territoriais de outras Unidades de Conservação contíguas. Esses elementos - *inputs* (Influxos) e *outputs* (Efluxos) - de simples identificação cartográfica, revelaram-se indispensáveis para definições espaciais do Zoneamento e Manejo da UC, inclusive quanto ao seu próprio desenho, hierarquizando a Zona de Amortecimento e sua relevância para a preservação do PEI.

Os padrões identificados em gabinete passaram por vistorias de campo, nas quais se agregaram outras informações, principalmente de natureza morfológico-morfométrica, tais como: padrões de vales, gradiente hidráulico de cursos fluviais, larguras dos canais, profundidades médias dos canais, caracterização da carga do fundo do leito, e regime de fluxo fluvial. Além disso, foram realizadas observações sobre a cor e a turbidez da água, e levantamento de velocidades para estimativas de vazão. Em campo, também foram realizadas entrevistas para obtenção de informações sobre a frequência das inundações, níveis d'água em eventos extremos, e tendências de regime de fluxo. Todas essas informações foram articuladas às unidades espaciais identificadas previamente e correlacionadas às informações sobre o embasamento geológico, hierarquia de drenagem, e posição na bacia hidrográfica correspondente.



A abordagem relativa aos aspectos hidromorfodinâmicos foram subsidiadas por esses estudos já relatados, e pela elaboração de perfis longitudinais dos rios Quilombo (Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira do Iguape) e Almas (Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema); e de análises de dados fluviométricos e pluviométricos de série temporal de aproximadamente 20 anos.

Para a caracterização do regime fluvial anual das bacias hidrográficas do PEI, em termos da variabilidade temporal sazonal dos débitos, foram analisados dois postos fluviométricos. Dada a inexistência de postos fluviométricos no perímetro do Parque (ou mesmo em sua área de influência), optou-se por trabalhar com os postos fluviométricos relativamente próximos, sendo um no rio Quilombo (Vertente Atlântica), e outro no rio das Almas (Vertente do Paranapanema).

Para a caracterização do regime fluvial e do potencial de produção de água das duas bacias hidrográficas analisadas, representativas da área do Parque e Zona de Amortecimento, foram utilizados parâmetros estatísticos simples e produzidas representações gráficas das tendências espaciais.

O Parque Estadual Jururará (PEJU) também abrange a porção superior bacia hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape, em áreas próximas aos divisores de água dessa bacia hidrográfica e as bacias hidrográficas do Rio Sorocaba e Alto Rio Paranapanema. Seu perímetro abriga as nascentes e cursos d'água que formam o Rio Juquiá, e encontra-se totalmente inserido no compartimento geomorfológico do Planalto Atlântico, denominado Serra de Paranapiacaba, cujas morfologias caracterizam-se por morros altos e escarpas festonadas.

Essa Unidade de Conservação apresenta uma característica bastante singular: encontra-se praticamente “ilhada”, em função da presença de quatro lagos formados para o aproveitamento hidrelétrico pela CBA (Companhia Brasileira de Alumínio). Em razão dessas intervenções que alteraram de forma irreversível a dinâmica fluvial natural e, principalmente, em função da bacia hidrográfica do Rio Juquiá constituir-se em alternativa para suprir a demanda de abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo optou-se, nesse estudo, a dar uma ênfase maior à questão da qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos superficiais, bem como à questão dos usos e conflitos. A respeito desse último aspecto ressalta-se ainda que, como a criação da UC é relativamente recente (1992), a área do parque abriga ainda cerca de 500 moradores, muitos dos quais produtores rurais que praticam agricultura e pecuária.



Desse modo, o estudo realizado, além abordar aspectos relacionados à espacialização hidrográfica (identificação e delimitação espacial de bacias e sub-bacias hidrográficas; identificação das zonas de nascentes e áreas de Influxos e Efluxos), contemplou a análise de dados referentes à disponibilidade hídrica da área, através da estimativa da vazão mínima dos principais cursos d'água da área. Para tanto foram selecionadas as principais sub-bacias do PEJU e, a partir do cálculo da área de drenagem e localização da foz de cada um desses rios, obteve-se os dados de vazão mínima para sete dias consecutivos com período de retorno de dez anos (Q_{7-10}), bem como da vazão média de longo termo (Q_{LT}), através da Regionalização Hidrológica do DAEE⁴.

Quanto à qualidade das águas interiores, foram realizadas análises laboratoriais de dez pontos amostrais. Cabe ressaltar que as análises realizadas foram de caráter investigatório e não podem ser consideradas como sendo de caráter de monitoramento, uma vez que foi realizada apenas uma única coleta por ponto.

A seleção prévia dos pontos amostrais foi feita a partir de interpretação de imagem de satélite para a identificação de tipos de usos e ocupações do solo que pudessem interferir de forma positiva ou negativa na qualidade das águas, bem como a espacialidade e representatividade das sub-bacias para o PEJU. Assim, foram selecionados quatro pontos distintos de três cursos d'água, onde foram analisados os seguintes parâmetros: pH, Condutividade, DBO, DQO, Coliformes Fecais, N-Amoniacal, N-Nitrato, Nitrogênio Orgânico, Cloreto, Cor Real, Fosfato, Sólidos Totais Suspensos, Sólidos Totais Dissolvidos e Turbidez. Em um dos quatro pontos amostrais, no Rio do Peixe, foi realizada ainda uma análise para investigação de presença de traços de 41 substâncias associadas a Pesticidas Organoclorados; Pesticidas Organofosforados e carbamatos totais e Herbicidas, pois se trata de uma área densamente ocupada por agricultura. Além desses, procedeu-se também a coleta e análise de potabilidade (coliformes totais e fecais, enterococos, pseudomonas aeruginosas e cloristídios sulfito redutores) para seis pontos, onde são feitas captações para abastecimento.

Em complementação a esses dados, foram utilizados ainda os dados obtidos a partir de análises realizadas pela Companhia Brasileira de Alumínio e CETESB, o que possibilitou uma densidade de pontos satisfatória (26 pontos).

Já para os nove Parques Naturais do Rodoanel Trecho Sul, por localizarem-se em áreas intensamente antropizadas pela urbanização e, mais recentemente, pelas intensas

⁴ Disponível no site: <http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/regnet.exe>.



modificações impostas pelas obras de implantação do rodovial, optou-se por conduzir os estudos por meio de uma abordagem antropogeomorfológica, considerando que as ações antrópicas promovem mudanças significativas nos sistemas naturais. Assim, os estudos estão sendo norteados por metodologia proposta e desenvolvida por Rodrigues (1999, 2004) a partir da adequação de ferramentas clássicas da Geomorfologia.

De acordo com Rodrigues (1999, 2004) as atividades humanas promovem mudanças nos atributos das formas, nas propriedades e posicionamento dos materiais, e nas taxas, balanços, magnitude, frequência e localização de processos superficiais. Nessa perspectiva de observação, deverão ser reconhecidas a gênese e a evolução das formas, processos e materiais, derivados direta ou indiretamente de ações antrópicas.

A metodologia para avaliações paramétricas das mudanças em sistemas físicos, vêm sendo desenvolvida a partir de análises retrospectivas cartográficas e hidro-geomorfológicas, voltadas às condições originais de sistemas e sub-sistemas – suas condições pré-urbanas - e às condições representativas de diversos momentos do processo histórico de expansão urbana e produção do espaço urbano metropolitano de São Paulo. Essa abordagem tem por objetivo reconhecer e dimensionar diversos graus de derivação antrópica dos sistemas e sub-sistemas estudados, para instrumentalizar ações e discussões sobre prevenção e limites da renaturalização desses sistemas. (RODRIGUES, 2005).

Os estudos contemplarão análises referentes a aspectos hidrográficos, da geomorfologia fluvial, e também relacionados à qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos superficiais. Nesse sentido deverão abarcar os seguintes aspectos:

- Análises morfológica-morfométricas;
- Mapeamento de Morfologia Fluvial Original (formas hidrogeomorfológicas tais como planícies de inundação, terraços fluviais, patamares e nichos de nascentes, bem como setores de vertentes concentradores/dispersores de fluxos hídricos);
- Identificação e mapeamento de Morfologias Antropogênicas. Tais morfologias podem ser resultantes de mudanças antropogênicas diretas tais como retificações de canais, canalizações, barramentos e supressão de planícies, dentre outras; bem como resultantes de mudanças antropogênicas indiretas que possam interferir nos processos hidrodinâmicos, tais como áreas fontes de sedimentos, padrões de urbanização, taxas de impermeabilização, dentre outras;



- Identificação de processos hidrogeomorfológicos predominantes; eventos e áreas de riscos (inundações, por exemplo);
- Estudos referentes à disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos a partir de pontos de monitoramento pré-existent; e,
- Identificação de usos (tais como pontos de captação de água para abastecimento público, agrícola ou industrial) e conflitos de usos dos recursos hídricos e vetores de pressão.

Os dados levantados, sistematizados e produzidos pelo módulo serão integrados e espacializados através de documentos cartográficos, e ainda correlacionados aos estudos geomorfológicos, pedológicos, climatológicos e de uso e ocupação da terra, com o intuito de gerar um produto cartográfico síntese: Mapa de Unidades Complexas do Meio Físico. A definição de unidades ambientais complexas permitirá a identificação de diferentes níveis de fragilidade, diferentes potencialidades de usos, diferentes níveis de preservação ou degradação física e singularidades, dentre outras leituras possíveis. Portanto, servirão de subsídio ao Zoneamento das UCs e delimitação de suas respectivas Zonas de Amortecimento, e nortearão ainda as recomendações de manejo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises, interpretações e sistematizações acerca das características dos sistemas fluviais e tendências hidromorfodinâmicas, e suas correlações espaciais, elaboradas nos estudos realizados para o Parque Estadual Intervales, possibilitaram a identificação de Unidades Hidro-Geomorfológicas.

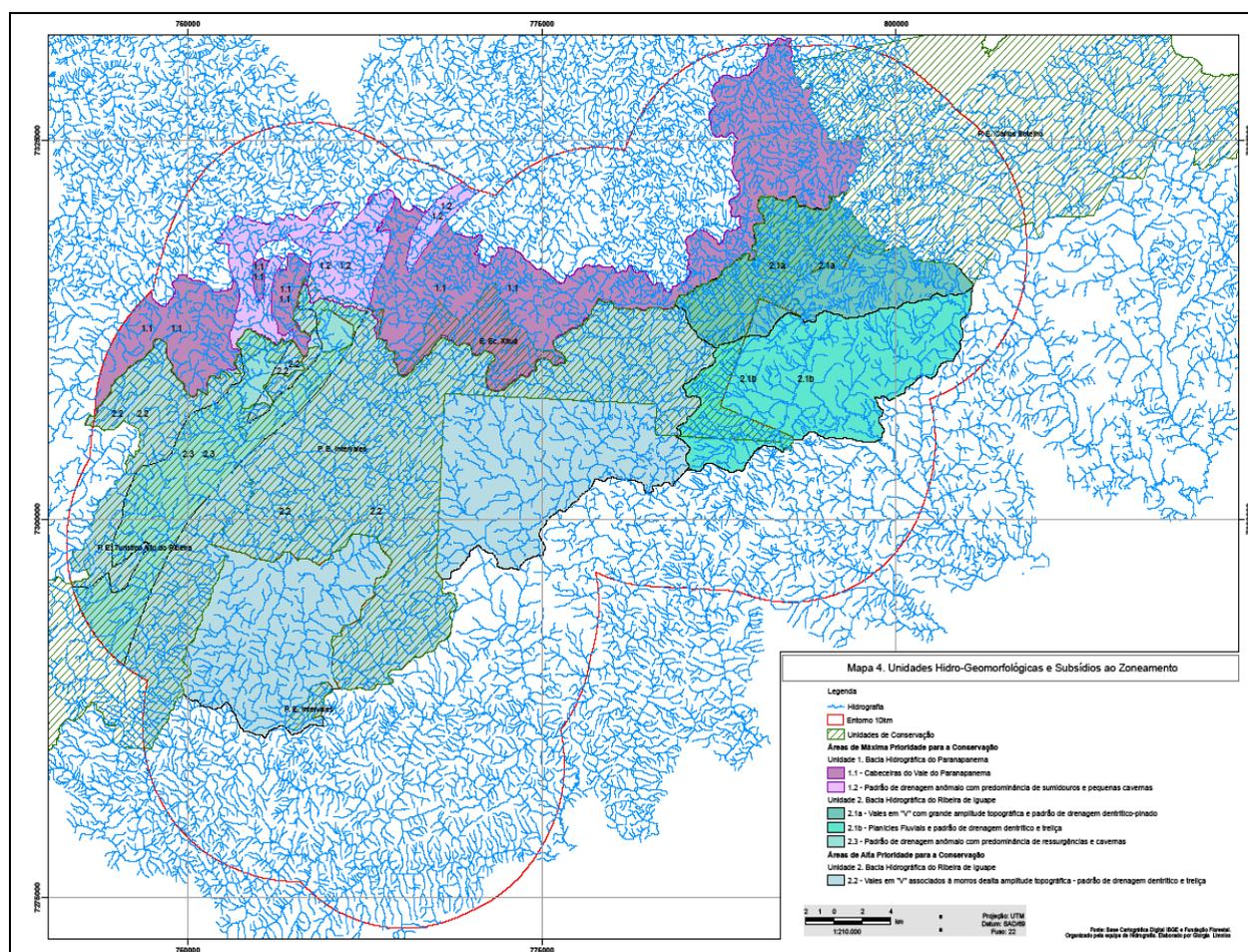
Para o Zoneamento e proposições realizadas no Plano de Manejo, a representação de áreas com diferentes atributos geomorfológicos e hidrológicos apresentaram-se como componentes estruturadores das unidades do meio físico, e de condições abióticas relevantes, a partir da qual interpretações sobre a dinâmica, potencialidade, vulnerabilidade ou restrições de uso foram passíveis de realização. Assim, a delimitação das Unidades Hidro-Geomorfológicas, possibilitou o estabelecimento de níveis de priorização de conservação para cada unidade, sub-unidade ou sistema, conforme apresenta-se na fig. 1.

Considerou-se, nesse estudo, apenas dois níveis de prioridade para a conservação, obtidos em função tanto da fragilidade potencial, como de seu significado quanto à



diversidade ambiental dentro de parâmetros físicos hidro-geomorfológicos: **Prioridade Máxima e Alta Prioridade** para a conservação.

As áreas consideradas de **Prioridade Máxima** e de **Alta Prioridade** para a conservação, correspondem às áreas nas quais o zoneamento deverá estabelecer categorias de uso de **alta restrição**, compatíveis com a manutenção das taxas e balanços dos processos hidro-geomorfológicos hoje atuantes. No caso de constatarem-se usos conflitantes já existentes, deverão adequar-se às características intrínsecas da unidade hidro-geomorfológica por meio de manejo e intervenções de restauração.



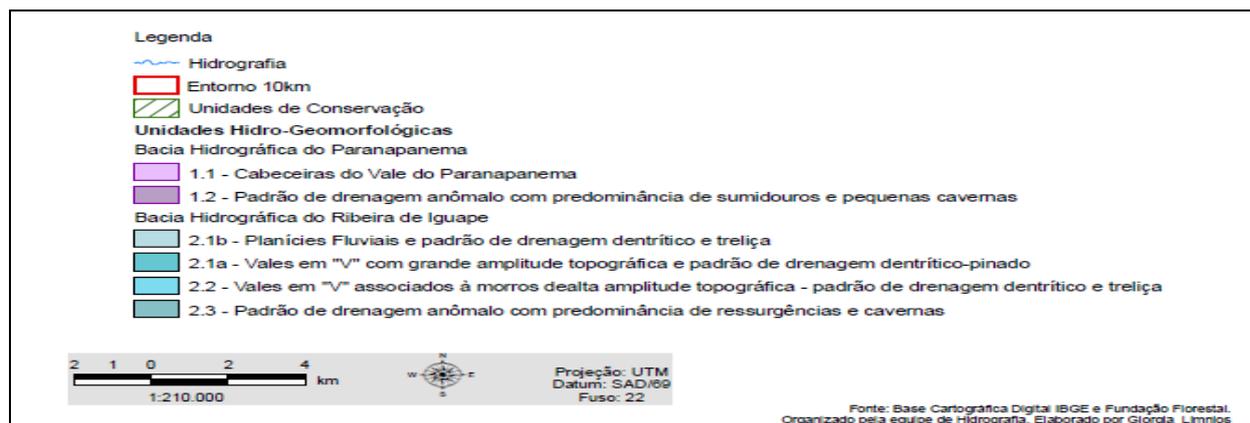


Fig. 1 – Unidades Hidro-Geomorfológicas e Recomendações para o Zoneamento do PEI.

Diante dessas considerações, chegou-se à seguinte síntese (Tab. 1):

UNIDADES HIDRO-GEOMORFOLÓGICAS	SUB-UNIDADES	CARACTERÍSTICAS	NÍVEIS DE PRIORIDADE DE CONSERVAÇÃO
1. BACIA DO PARANAPANEMA	1.1 Cabeceiras do Vale do Paranapanema	Áreas localizadas na Zona de Amortecimento. Embora não drenem superficialmente para a área do PEI, apresentam importância pela função de mantenedoras de um setor de produção de água com presença significativa de nascentes e sistemas geomorfológicos correspondentes (nichos, anfiteatros, colos/ sistemas concentradores). A preservação ou manejo adequado dessas áreas colabora para a manutenção da diversidade biológica, conectando as áreas de cabeceiras da Bacia do Paranapanema às áreas da Bacia do Rio Ribeira de Iguape, ampliando e fazendo jus ao nome Intervalles, e protegendo os limites e divisores de águas internos das duas grandes bacias hidrográficas.	Prioridade Máxima Fragilidade Muito Alta
	1.2 Padrão de drenagem anômalo com presença de sumidouros, pequenas cavernas e caneluras	Em função da imprecisão e desconhecimento da circulação subterrânea nessa sub-unidade, os usos e ocupações do solo podem acarretar no rebaixamento do lençol freático e alterações nas recargas subterrâneas das áreas adjacentes, além de risco de contaminação dos lençóis por infiltração de poluentes. São ainda, áreas sujeitas a colapsos e desabamentos. Em termos de geodiversidade, representam singularidade paisagística e incorporam maior diversidade de áreas de carste, tendo em vista a importância do “exocarste” presente nessa região.	Prioridade Máxima Fragilidade Muito Alta
	2.1 Planícies Fluviais associadas à morros de alta amplitude topográfica	Essa sub-unidade, apresenta singularidade em função da associação de padrões fluviais e geomorfológicos distintos que, combinados, conferem a área um comportamento hidrodinâmico característico. As áreas de vales em “V” com grande amplitude topográfica e padrão de drenagem dendrítico-pinado de alta densidade de drenagem e baixo coeficiente de manutenção, associado à grande amplitude topográfica da área, favorece um comportamento hidrodinâmico caracterizado por extrema torrencialidade. Imediatamente à jusante, as áreas de Planícies Fluviais, desempenham um comportamento hidrodinâmico de amortecimento de cheias, com severos eventos de <i>flash-floods</i> .	Prioridade Máxima Fragilidade Muito Alta
		Essa sub-unidade apresenta maior recorrência tanto na área do Parque Estadual Intervalles, quanto na Zona de Amortecimento, embora seja caracterizada pela diversidade acentuada de formas	Alta Prioridade



2. BACIA DO RIBEIRA DE IGUAPE.	2.2 Vales em “V” associados à morros de alta amplitude topográfica - padrão de drenagem dendrítico e treliça	<p style="text-align: center;">fluviais internas.</p> <p>È considerada como de Fragilidade Alta, em função de suas características geomorfológicas e fluviais - grandes amplitudes topográficas tanto das vertentes quanto dos perfis longitudinais dos rios – que implicam em um comportamento hidrodinâmico torrencial.</p> <p>Essa sub-unidade incorpora ainda áreas de afluxos das sub-bacias do rio Pilões e Taquari, na Zona de Amortecimento.</p> <p>O manejo e ordenamento adequado das áreas de afluxos do rio Pilões colabora para a manutenção da diversidade biológica do PEI e do PETAR, aumentando a conectividade entre as duas unidades de conservação, além de promover a conservação integral da sub-bacia do rio Pilões, uma vez que os demais setores dessa sub-bacia encontram-se dentro de Unidades de Conservação. As áreas de afluxos do rio Taquari, colaboram para a manutenção da diversidade biológica do PEI, por conectar o setor ocidental e oriental do parque, além de atenuar o desenho estreito do PEI, em sua porção central.</p>	Fragilidade Alta
	2.3 Padrão de drenagem anômalo com predominância de ressurgências e cavernas	<p>Assim como a sub-unidade 1.2, essa também apresenta fragilidade Muito Alta, face à imprecisão e desconhecimento da circulação subterrânea nessa sub-unidade. Em termos de geodiversidade, apresentam grande importância paisagística, pois se constituem em áreas de endocarste com grande diversidade de cavernas e ressurgências.</p>	Prioridade Máxima Fragilidade Muito Alta

Tab. 1 - Unidades Hidro-Geomorfológicas e Recomendações para o Zoneamento do PEI

Os estudos realizados para o Parque Estadual Jurupará também contemplaram uma análise espacial da compartimentação hidrográfica e seu significado para a conservação da Unidade de Conservação, conforme se apresenta na fig. 2 e na Tab. 2.

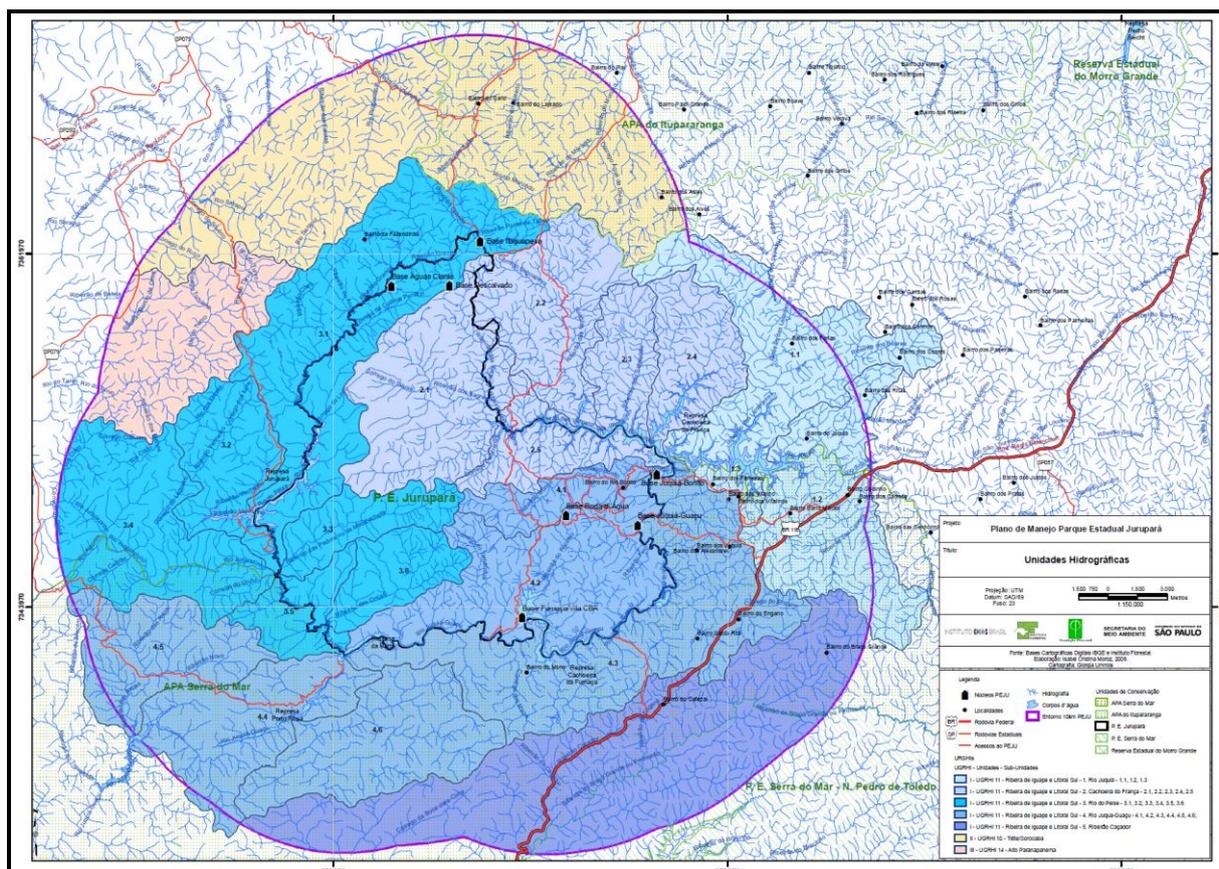
A partir da elaboração e análise de tal compartimentação e correlação espacial, alguns aspectos importantes foram identificados:

- Sub-unidades localizadas na Área de Abrangência que exercem **influência direta nos recursos hídricos da UC**: Correspondem às áreas de **Influxos**. São áreas de nascentes ou trechos superiores de cursos d’água que drenam para dentro do Parque.
- Sub-unidades localizadas na Área de Abrangência que **exercem influência indireta nos recursos hídricos da UC**: Correspondem aos cursos d’água que não drenam diretamente para o interior da UC, mas são contribuintes dos reservatórios limítrofes ao Parque. Embora a contaminação desses corpos d’água tenha seus efeitos restritos aos reservatórios, não representando portanto ameaça aos recursos hídricos da UC, representam riscos de contaminação a todo conjunto faunístico do Parque.
- Sub-unidades totalmente inseridas na UC que exercem **influência direta sobre os reservatórios**: Correspondem à sub-bacias cujo grau de preservação traduzem-se na oferta de



serviços ambientais às áreas do entorno, desde que nelas sejam verificadas a ausência de usos conflitantes e a presença de cobertura vegetal. Estes quesitos garantem a manutenção não apenas da qualidade, como também da quantidade dos recursos hídricos disponíveis às áreas contíguas, uma vez que as funções hidrológicas exercidas pela floresta interferem positivamente para a regularização da vazão dos cursos d'água; para a manutenção da capacidade de armazenamento nas micro-bacias, amenizando as baixas vazões nos períodos de estiagens; e, para o controle de processos erosivos que implicam em perdas de solos e assoreamento de corpos d'água.

- Sub-unidades localizadas na Área de Abrangência que **não exercem influência** e no PEJU e **não sofrem influência** da UC: Correspondem à sub-bacias que não drenam para a UC e seu entorno imediato. Cabe salientar que, embora não exerçam influência na UC, constituem-se em importantes áreas produtoras de água, muitas delas correspondendo a áreas de cabeceiras e nascentes de importantes Bacias Hidrográficas, cuja preservação é fundamental.



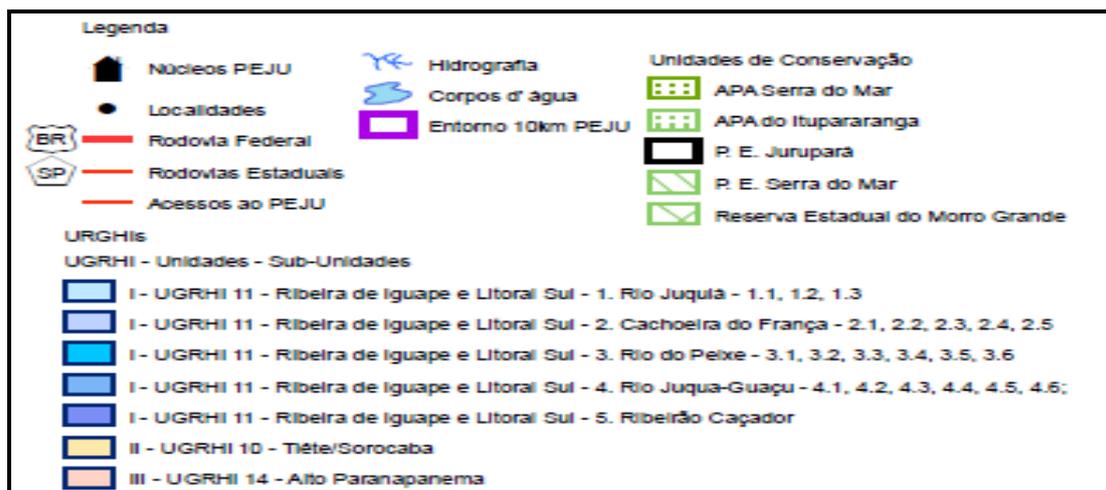


Fig. 2 – Unidades Hidrográficas do Parque Estadual do Jurupará e Zona de Amortecimento.

URHIs	UNIDADES	SUB-UNIDADES	Localização	Relevância
I – UGRHI -11 RIBEIRA DE IGUAPE E LITORAL SUL (Bacia do Alto Rio Juquiá)	1. Rio Juquiá	1.1(Ribeirão dos Soares)	Área de abrangência	Contribuinte do Reservatório Cachoeira do França Influência indireta no PEJU
		1.2 (Rio Juquiá)	Área de abrangência	Contribuinte principal do Reservatório Cachoeira do França Influência indireta no PEJU
		1.3 (Pequenos afluentes da margem esquerda do Rio Juquiá)	Área de abrangência	Contribuinte do Reservatório Cachoeira do França Influência indireta no PEJU
	2. Cachoeira do França	2.1 (Alto e Médio Ribeirão dos Bagres)	Quase totalmente inserido dentro do PEJU.	Contribuinte do Reservatório Cachoeira do França (Influência direta do PEJU no reservatório) Pequena porção fora da UC (Influxo): Influência Direta no PEJU
		2.2 (Ribeirão das Vargens)	Área de abrangência	Contribuinte do Reservatório Cachoeira do França Influência indireta no PEJU
		2.3 (Ribeirão São Sebastião)	Área de abrangência	Contribuinte do Reservatório Cachoeira do França Influência indireta no PEJU
		2.4 (sem topônimo)	Área de abrangência	Contribuinte do Reservatório Cachoeira do França Influência indireta no PEJU
		2.5 (Baixo Ribeirão dos Bagres)	Quase totalmente inserido dentro do PEJU.	Contribuinte do Reservatório Cachoeira do França: (Influência Direta do PEJU no reservatório) Pequena porção fora da UC (Influxo): Influência Direta no PEJU
	3. Rio do Peixe	3.1 (Rio do Peixe)	Afluentes da margem esquerda no PEJU	Contribuinte principal do Reservatório Jurupará: (Influência Direta do PEJU no reservatório) Cabeceiras fora da UC (Influxo): Influência Direta no PEJU
		3.2 (Rib. Vermelho)	Área de abrangência	Contribuinte do Reservatório Jurupará Influência indireta no PEJU
		3.3 (Rib. das Pedras ou Malacacheta)	PEJU	Afluente do Rio do Peixe. Totalmente dentro da UC



				Contribuinte da Represa da Barra: (Influência Direta do PEJU no reservatório)
		3.4 (Rio Juquiázinho)	Área de abrangência	Afluente do Rio do Peixe Contribuinte da Represa da Barra Sem influência para o PEJU
		3.5 (Pequenos afluentes da margem direita do Rio do Peixe)	Área de abrangência	Afluentes do Rio do Peixe Contribuinte da Represa da Barra Sem influência para o PEJU
		3.6 (Ribeirão das Onças)	PEJU	Afluente do Rio do Peixe. Totalmente dentro da UC Contribuinte da Represa da Barra (Influência Direta do PEJU no reservatório)
	4. Rio Juquiá-Guaçu	4.1 (Ribeirão Bonito)	PEJU	Totalmente dentro da UC Contribuinte do Rio Juquiá-Guaçu (Influência indireta do PEJU no reservatório da Fumaça)
		4.2 (Afluentes da margem esquerda do Rio Juquiá-Guaçu)	Área de abrangência	Contribuinte da Represa Cachoeira da Fumaça Influência indireta no PEJU
		4.3 (Afluentes da margem direita do Rio Juquiá-Guaçu)	PEJU	Contribuinte das Represas Cachoeira da Fumaça e da Barra (Influência Direta do PEJU s reservatórios)
		4.4 (sem topônimo)	Área de abrangência	Contribuinte das Represas Porto Raso e Alecrim Influência indireta no PEJU
		4.5 (Rib. Novo)	Área de abrangência	Contribuinte da Represa Alecrim Sem influência para o PEJU
		4.6(sem topônimo)	Área de abrangência	Contribuinte da Represa Porto Raso Sem influência para o PEJU
	5. Ribeirão Caçador		Afluente do Rio Juquiá Sem influência para o PEJU	
II – UGRHI SOROCABA MÉDIO TIETÊ – 10			Nascentes e bacias de pequena ordem que compõem os cursos d'água contribuintes do rio Sorocaba, tais como o Rio Piraporinha Sem influência para o PEJU	
III – UGRHI ALTO PARANAPANEMA – 14			Nascentes e pequenos cursos d'água que formam o Rio Turvo, afluente do Alto Rio Paranapanema Sem influência para o PEJU	

Tabela 2. Compartimentação Hidrográfica do PEJU e área de abrangência.

A identificação de tais áreas e seus respectivos atributos e graus de influência apresentam importância significativa uma vez que implicam em categorias espaciais diferenciadas em termos de manejo.

As áreas de influxo para o PEJU devem ser consideradas como áreas de risco emergente de contaminação ou de perturbação, sendo portanto áreas que merecem investigações mais aprofundadas, principalmente no que se refere à qualidade dos recursos hídricos. Nesse sentido, um dos pontos amostrais, objeto de análise de água, corresponde exatamente ao ponto em que o Rio do Peixe adentra os limites do PEJU. Para tal amostra



foram realizadas análises de IQA (Índice de Qualidade de Água) e Pesticidas, conforme detalhado adiante. Assim, a identificação e análise espacial desses aspectos contribuem para a Avaliação do Meio Físico, definição do Zoneamento, bem como para propostas de manejo da Unidade de Conservação, inclusive fornecendo novos parâmetros a serem considerados para o “desenho” de proteção.

Com a finalidade de caracterizar a disponibilidade hídrica na área do PEJU foram selecionados cinco cursos d’água que se inserem completamente na UC, tendo suas nascentes localizadas no interior do Parque e suas respectivas fozes já nos limites da área. Exceção feita apenas a um dos pontos (Rio do Peixe) que corresponde integralmente à Bacia, incluindo portanto, afluentes que se localizam fora do PEJU. A partir do cálculo da área das micro-bacias e as coordenadas de localização da foz de cada curso d’água, obteve-se dados como a vazão média de longo termo (Q_{LT}) e vazão mínima anual de sete dias consecutivos para um período de retorno de dez dias consecutivos ($Q_{7,10}$), através da metodologia de regionalização hidrológica do DAEE de 1988. (Tab. 3)

Ponto	Sub-bacia	Micro- bacia	Área (km ²)	Precipitação anual média (mm)	Q_{LT} (m ³ /s)	$Q_{7,10}$ (m ³ /s)
Ponto a	Rio do Peixe	Ribeirão das Pedras ou da Malacacheta	22,31	1778,3	0,665	0,267
Ponto b	Cachoeira do França	Ribeirão dos Bagres	63,26	1466,4	1,308	0,526
Ponto c	Rio Juquiá-Guaçu	Córrego Bonito	18,36	1495,8	0,396	0,159
Ponto d	Rio do Peixe	Todas	276,30	1771,1	8,172	3,288
Ponto e	Rio do Peixe	Ribeirão das Onças	21,82	1753,0	0,634	0,255

Tabela 3. Vazão média de longo termo (Q_{LT}) e vazão mínima anual de sete dias consecutivos para um período de retorno de dez dias consecutivos ($Q_{7,10}$) para micro-bacias do PEJU e entorno.

O DAEE considera que a disponibilidade hídrica de uma bacia deve ser 50% de sua vazão mínima anual para um tempo de retorno de dez anos, ou seja, 50% do $Q_{7,10}$. Desse modo, na Tab. 4 são apresentados os dados para as principais sub-bacias do PEJU.

Ponto	Sub-bacia	Micro- bacia	Disponibilidade Hídrica (m ³ /s)
Ponto a	Rio do Peixe	Ribeirão das Pedras ou da Malacacheta	0,133
Ponto b	Cachoeira do França	Ribeirão dos Bagres	0,263
Ponto c	Rio Juquiá-Guaçu	Córrego Bonito	0,07



Ponto d	Rio do Peixe	Todas	1,64
Ponto e	Rio do Peixe	Ribeirão das Onças	0,127

Tab. 4 . Disponibilidade hídrica das principais sub-bacias do PEJU e entorno.

A somatória das áreas correspondentes às subunidades a, b, c e e (inseridas no PEJU), dividida pela somatória da disponibilidade hídrica das mesmas permitiu estabelecer o índice de disponibilidade hídrica por Km² (0,005 m³/s por Km²). Esse índice, quando aplicado para a área total da UC (262,5 Km²), permite inferir uma disponibilidade hídrica total da ordem de 1,31 m³/s/Km² ou, 1.310 l/s/km².

Para a caracterização da qualidade dos recursos hídricos do PEJU e sua área de abrangência foram utilizados resultados obtidos através análises efetuadas pela CETESB, resultados de análises efetuadas pela CBA, e resultados de análises realizadas especialmente para o diagnóstico. Os resultados apontados por essas análises, permitiram chegar às seguintes conclusões gerais:

- A principal ameaça aos recursos hídricos do PEJU e entorno consiste na presença elevada de coliformes fecais. Todos esses pontos críticos exercem influência no PEJU, destacando-se que dentre eles encontra-se o Ribeirão Bonito, cuja bacia insere-se totalmente na UC, e o Ribeirão dos Bagres, com pequena porção da bacia fora dos limites do Parque. Tais áreas coincidem com as áreas de maior ocupação e uso do solo. Considerando que, os coliformes fecais relacionam-se exclusivamente às fezes de animais de sangue quente, supõe-se que os focos de contaminação das águas nesses locais estão associados a esgotos domésticos e efluentes de criações (pecuária, suinocultura, entre outros). A presença de Fósforo Total acima dos valores admitidos pela legislação, no ponto amostrado no rio dos Bagres também confirma tal hipótese, uma vez que as principais fontes dessa substância são esgotos domésticos (detergentes superfosfatados e a própria matéria fecal). Há que se considerar ainda que, exatamente os dois pontos que apresentam maior concentração de coliformes fecais constituem-se em Influxos, ou seja, adentram o Parque.

Os estudos e levantamentos referentes aos Recursos Hídricos, ao serem integrados àqueles relativos aos demais componentes do Meio Físico (geomorfologia, geologia e pedologia), possibilitaram a proposição de zoneamento para a UC e contribuíram substancialmente para a definição de sua Zona de Amortecimento, além de auxiliarem na identificação de vetores de pressão e na indicação de áreas onde intervenções emergenciais ou



medidas de manejos devem ser implantadas, a fim de minimizar os impactos verificados e promover a recuperação ambiental da área. Desse modo, na Zona de Amortecimento foram destacadas duas categorias distintas:

- Áreas de Influência Direta sobre o PEJU, que representam altíssimo risco aos componentes ambientais da UC, que correspondem às áreas de Influxos ou seja, cursos d'água que adentram o Parque, cujas nascentes e trechos de cursos d'água de pequenas ordens localizam-se fora dos limites da UC.
- Áreas de Influência Indireta sobre o PEJU, que correspondem às áreas do entorno do PEJU. Embora os cursos d'água dessas sub-bacias não drenem diretamente para o interior da UC, são importantes contribuintes dos reservatórios e rios limítrofes ao Parque. Embora a contaminação desses corpos d'água tenha seus efeitos um pouco mais restritos, não representando, portanto, ameaça aos demais recursos hídricos da UC, implicam em riscos de perturbações no ciclo hidrológico e na morfodinâmica da área, e sério risco de contaminação a todo conjunto faunístico do Parque.

Quanto ao terceiro exemplo (Parques Naturais do Rodoanel Trecho Sul), mencionado no início desse artigo, em função dos estudos ainda encontrarem-se em fase de sistematização de dados, não é possível, nessa ocasião, apresentar e discutir resultados.

CONCLUSÕES

Os exemplos apresentados objetivaram demonstrar que os estudos relacionados à hidrografia, à geomorfologia fluvial e aos recursos hídricos podem ser conduzidos e desenvolvidos com diferentes enfoques, de acordo com as peculiaridades das áreas a serem diagnosticadas, e apresentam grande potencial de contribuição para o planejamento físico-territorial.

No caso de estudos voltados à conservação de áreas protegidas, a contribuição de tais estudos deveria ser mais explorada e valorizada. A manutenção de taxas e balanços do ciclo hidrológico constitui elemento fundamental para a preservação e conservação de ambientes naturais, tanto em termos de qualidade e disponibilidade, quanto em relação ao equilíbrio dinâmico de sistemas naturais, sobretudo no meio tropical úmido, onde a água é elemento fundamental na morfodinâmica.



A adoção da unidade espacial “Bacia Hidrográfica” é a mais adequada, sob o ponto de vista físico, biótico, cultural e sócio-econômico, para a gestão integrada dos recursos ambientais. Tal pressuposto deveria ser considerado, inclusive, como critério de “desenho” das UCs, e as características relativas aos sistemas hidrográficos deveriam ser melhor investigadas e contempladas nos estudos e programas de proteção ambiental.

REFERÊNCIAS

- MOROZ, I. C. Diagnóstico dos Recursos Hídricos para o Plano de Manejo do Parque Estadual Jurupará in SÃO PAULO (Estado) SMA-INSTITUTO FLORESTAL & INSTITUTO EKOS BRASIL *Plano de Manejo do Parque Estadual Jurupará*. São Paulo, 2008 (em fase de aprovação)
- RODRIGUES, C. Avaliação do Impacto Humano da Urbanização em Sistemas Hidro-Geomorfológicos. Desenvolvimento e Aplicação de Metodologia na Grande São Paulo, in: *Anais do VII Simpósio Nacional de Geomorfologia*, Belo Horizonte, 18p., 2008.
- RODRIGUES, C. Morfologia Original e Morfologia Antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo na metrópole paulista. *Revista do Departamento de Geografia n. 17*, São Paul., p.101-111. 2005.
- RODRIGUES, C. A urbanização da metrópole sob a perspectiva da Geomorfologia: tributo a leituras geográficas. in *Geografias de São Paulo: Representações e crise da metrópole*, vol.1: CARLOS, A. F. A. e OLIVEIRA, A. U. (org), Ed. Contexto, São Paulo, p. 89-114. 2004
- RODRIGUES, C. *Geomorfologia Aplicada: Avaliação de experiências e de instrumentos de planejamento físico-territorial e ambiental brasileiros*. (Tese de Doutorado, Departamento de Geografia, FFLCH-USP), São Paulo, 280p. 1997
- RODRIGUES, C; MOROZ, I. C. & SANTANA, C. L. Estudos hidrográficos, hidrodinâmicos e de geomorfologia fluvial para o Plano de Manejo do Parque Estadual Intervalas in: <http://www.fflorestal.sp.gov.br/planodemanejo/07%20Relatorio%20Hidrografia.pdf>
- RODRIGUES, C; MOROZ, I. C. & SANTANA, C. L. Geomorfologia Fluvial Aplicada ao Planejamento Ambiental: O exemplo do PEI – Parque Estadual Intervalas/SP. In *anais do VII Simpósio Nacional de Geomorfologia*, Belo Horizonte, 2008.