

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

CELIA REGINA GAPSKI YAMAMOTO

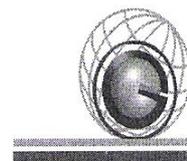
WETLANDS NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA – PR: DIAGNÓSTICO,
CONFLITOS SOCIOECONÔMICOS E DESAFIOS DE GESTÃO

Tese de doutorado

CURITIBA

2011

MEC-UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
- MESTRADO E DOUTORADO



PARECER

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Geografia reuniram-se para a arguição da Tese de Doutorado, apresentada pela candidata **CÉLIA REGINA GAPSKI YAMAMOTO** intitulada **“WETLANDS NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA - PR: DIAGNÓSTICO, CONFLITOS SOCIOECONOMICOS E DESAFIOS DE GESTÃO”**, para obtenção do grau de Doutora em Geografia, do Setor de Ciências da Terra, da Universidade Federal do Paraná Área de Concentração **Espaço, Sociedade e Ambiente**, Linha de Pesquisa **Paisagem e Análise Ambiental**.

Após haver analisado o referido trabalho e argüida a candidata, são de parecer pela APROVAÇÃO da Tese.

Curitiba, 7 de outubro de 2011.

Nome e Assinatura da Banca Examinadora:

Prof. Dr. Naldy Emerson Canali – Orientador

Prof. Dr. Cristóvão Vicente Scapulatempo Fernandes – UFPR

Profa. Dra. Maria Luiza Marques Dias – UFPR

Profa. Dra. Tamara Simone Van Kaick - UTFPR

Profa. Dra. Chisato Oka Fiori - UFPR

CELIA REGINA GAPSKI YAMAMOTO

WETLANDS NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA – PR:
DIAGNÓSTICO, CONFLITOS SOCIOECONOMICOS E DESAFIOS DE GESTÃO

**Tese apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Geografia – Doutorado,
Área de Concentração Espaço,
Sociedade e Ambiente, Linha de
Pesquisa Paisagem e Análise Ambiental,
Setor de Ciências da Terra da
Universidade Federal do Paraná**

**Orientador:
Prof. Dr. Naldy Emerson Canali**

CURITIBA

2011

DEDICATÓRIA

Aos tomadores de decisão, que possam reconhecer os valores das *wetlands* e aportar esforços para uma gestão mais sustentável das *wetlands* para o benefício da sociedade.

“We cannot solve the problem with the same approach which cause the problem”. Albert Einstein

SUMÁRIO

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------|
| LISTA DE FIGURAS | ix |
| LISTA DE TABELAS | xiii |
| LISTA DE QUADROS | xiv |
| LISTA DE SIGLAS | xv |
| RESUMO | xvi |
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 JUSTIFICATIVA..... | 2 |
| 1.2 OBJETIVOS..... | 4 |
| 1.3 HIPÓTESES | 5 |
| 1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO..... | 6 |
| 2 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO | 7 |
| 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 15 |
| 3.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS | 15 |
| 3.2 WETLANDS | 19 |
| 3.2.1 Importância das <i>Wetlands</i> | 20 |
| 3.2.2 Impactos e Medidas Recomendadas..... | 23 |
| 3.2.3 Classificação das <i>Wetlands</i> | 25 |
| 3.2.4 Várzeas..... | 27 |
| 3.2.5 Várzeas Urbanas | 33 |
| 3.2.6 <i>Wetlands</i> Urbanas | 34 |
| 3.2.7 <i>Wetlands</i> Construídas | 37 |
| 3.3 INDICADORES DE ESTADO | 44 |
| 3.4 CONSERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO | 46 |
| 3.5 CONECTIVIDADE | 48 |
| 3.6 PULSOS HIDROLÓGICOS..... | 52 |
| 3.6.1 Efeitos da Alteração dos Pulsos em Rios e <i>Wetlands</i> | 53 |

| | | |
|----------|-----------------------------------------------------------------|------------|
| 3.6.2 | Hidrologia e Hidrodinâmica de <i>Wetlands</i> | 54 |
| 3.7 | MACRÓFITAS AQUÁTICAS..... | 56 |
| 3.8 | MERCADOS DE SERVIÇOS AMBIENTAIS..... | 61 |
| 4 | METODOLOGIA..... | 66 |
| 4.1 | RECORTE DA ÁREA DE ESTUDO..... | 66 |
| 4.2 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS..... | 68 |
| 4.2.1 | Geossistema..... | 69 |
| 4.2.2 | Território..... | 78 |
| 4.2.3 | Paisagem..... | 78 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 80 |
| 5.1 | GEOSSISTEMA..... | 80 |
| 5.1.1 | Conectividade pelas Águas..... | 80 |
| 5.1.2 | Conectividades Antrópicas..... | 92 |
| 5.1.3 | Caracterização da Vegetação..... | 93 |
| 5.1.4 | Qualidade da Água..... | 102 |
| 5.2 | TERRITÓRIO..... | 114 |
| 5.2.1 | Histórico da Ocupação – Alterações Antrópicas..... | 114 |
| 5.2.2 | Fragmentação e Delimitação do Geossistema pela Rede Viária..... | 123 |
| 5.2.3 | Ocupações e Usos das Áreas..... | 125 |
| 5.2.4 | Projetos e Agentes Atuais de Apropriação do Espaço..... | 128 |
| 5.2.5 | Percepção dos Atores..... | 131 |
| 5.2.6 | Contornos Normativos..... | 134 |
| 5.2.7 | Serviço Ambiental..... | 144 |
| 5.3 | PAISAGEM..... | 146 |
| 5.3.1 | Funções..... | 147 |
| 5.3.2 | Problemas Ambientais Observados na Região..... | 153 |
| 5.3.3 | Destaques na Paisagem..... | 160 |
| 6 | CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES..... | 171 |
| 7 | REFERÊNCIAS..... | 179 |
| 8 | LEGISLAÇÃO CONSULTADA..... | 193 |

| | |
|--------------------------------|------------|
| 9 SITES VISITADOS | 195 |
| 10 ANEXOS | 197 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - <i>Wetlands</i> do rio Iguaçu | 7 |
| Figura 2 - Localização das <i>wetlands</i> do Alto Iguaçu | 8 |
| Figura 3 - Perfil esquemático dos tipos de vegetação | 11 |
| Figura 4 - Mapa geológico da região do Alto Iguaçu | 12 |
| Figura 5 - Perfil Marechal Floriano e Avenida das Torres | 14 |
| Figura 6 - Corte esquemático do <i>valley-flat</i> | 28 |
| Figura 7 - Paisagem onde predomina área com turfa | 30 |
| Figura 8 - Sistemas Nogawa, Hirasegawa e Yajigawa..... | 38 |
| Figura 9 - Restauradores <i>Living machines</i> , canal de <i>Baima, China</i> | 39 |
| Figura 10 - Sistema <i>Krefeld</i> | 40 |
| Figura 11 - <i>Wetland</i> construída de <i>Koh Phi Phi Don</i> | 42 |
| Figura 12 - <i>Hong Kong wetland park</i> | 43 |
| Figura 13 - Zona de domínio de atração | 44 |
| Figura 14 - Larguras ideais para as funções da zona ripária. | 51 |
| Figura 15 - Área variável de fonte | 56 |
| Figura 16 - Variedades de heliconia, cana e iris possíveis de utilização no sistema <i>wetland</i> | 60 |
| Figura 17 - Patrimônio mundial da Unesco em <i>Ifugao</i> , nas Filipinas..... | 62 |
| Figura 18 - Áreas de aluvião na bacia do Alto Iguaçu | 66 |
| Figura 19 - Aluviões em áreas urbanizadas da bacia do Alto Iguaçu..... | 67 |
| Figura 20 - Seções dos níveis de cheias considerados para espacialização | 70 |
| Figura 21 - Localização dos pontos e ambientes de amostragem | 73 |
| Figura 22 - Localização e visualização dos pontos de amostragem | 74 |
| Figura 23 - Cota do nível de eventos de cheias do rio Iguaçu. Estações: Olaria do Estado (0,36 km); Pinhais (7,63km); Ponte BR 277 (11,62 km); ETE Sanepar (16,07 km); Ponte Umbarazinho (31,04 km); ETA Araucária (52,83 km) e Balsa Nova (96,05 km)..... | 81 |
| Figura 24 - Planície inundável para diferentes TRs..... | 82 |
| Figura 25 - Conectividade pelo meandro abandonado..... | 86 |
| Figura 26 - Conectividade entre cavas e cava e rio | 90 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 27 - Lagoas – reservatórios da ilha a montante da BR-277 | 92 |
| Figura 28 - Conectividades antrópicas | 92 |
| Figura 29 - Macrófitas emergentes observadas na paisagem do Altíssimo Iguaçu... 94 | 94 |
| Figura 30 - Ambientes a montante da lagoa do Itaquí..... 96 | 96 |
| Figura 31 - Várzea do rio Itaquí..... 96 | 96 |
| Figura 32 - Borda de cavas e várzea do rio Pequeno | 97 |
| Figura 33 - Macrófitas flutuantes observadas na paisagem do Altíssimo Iguaçu | 98 |
| Figura 34 - Retirada de <i>Pistia stratiotes</i> na lagoa e várzea do Itaquí | 99 |
| Figura 35 - Macrófitas submersas observadas em ambientes do Altíssimo Iguaçu | 100 |
| Figura 36 - Exemplos de macrófitas marcantes na paisagem..... 100 | 100 |
| Figura 37 - <i>Erythrina crista-galli</i> L..... 101 | 101 |
| Figura 38 - Precipitação acumulada..... 103 | 103 |
| Figura 39 - Domínio de macrófitas e valores de <i>E. coli</i> encontrados no sistema de contenção de cheias no São Judas Tadeu | 105 |
| Figura 40 - Lixo e quantidade de plantas aquáticas existentes no sistema de contenção de cheias na Vila Zumbi dos Palmares..... 107 | 107 |
| Figura 41 - Ambientes da lagoa da Cidade Jardim em 2010 | 107 |
| Figura 42 - Cavas originadas após extração da areia entre a BR-277 e Avenida Iraí 108 | 108 |
| Figura 43 - Localização dos pontos de coleta na região das cavas. P1 no rio Iraí; P2 no canal extravasor; P3, P4 e P5 nas cavas..... 108 | 108 |
| Figura 44 - Variação da concentração de P-total e de N-amoniaco nos pontos amostrados nas cavas, rio Iraí e canal extravasor..... 109 | 109 |
| Figura 45 - Variação da concentração de oxigênio dissolvido (mg L^{-1}) nos pontos amostrados nas cavas | 110 |
| Figura 46 - Variação da quantidade de <i>E. coli</i> (NMP/100 mL) e da concentração de demanda bioquímica de oxigênio, N-amoniaco, fósforo total, ortofosfato e oxigênio dissolvido nos pontos amostrados no rio Palmital | 113 |
| Figura 47 - Variação da concentração de cafeína no rio Palmital | 114 |
| Figura 48 - Ocupação continuada nas várzeas do Parque Metropolitano do Iguaçu 115 | 115 |
| Figura 49 - Aterro sanitário de Curitiba | 117 |
| Figura 50 - Banhado à margem direita do Iguaçu, município de Curitiba..... 118 | 118 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 51 - Macrófitas identificadas no banhado..... | 119 |
| Figura 52 - Enchentes de 1995 – trecho Av. das Torres – Av. Marechal Floriano, Curitiba..... | 120 |
| Figura 53 - Retificação do rio Iguaçu e alteração das várzeas..... | 120 |
| Figura 54 - Canal extravasor, retificação e alargamento do rio iguaçu | 122 |
| Figura 55 - Guarituba, Piraquara..... | 124 |
| Figura 56 - Ocupação irregular nas várzeas do rio Barigui | 127 |
| Figura 57 - Areal em operação e abandonado | 127 |
| Figura 58 - Aluviões e áreas prioritárias de conservação de biomas | 129 |
| Figura 59 - Área de interesse especial regional do Iguaçu | 130 |
| Figura 60 - Areal em operação nas várzeas do Altíssimo Iguaçu | 132 |
| Figura 61 - Lagoa da Corina..... | 148 |
| Figura 62 - Canal extravasor | 148 |
| Figura 63 - Lagoa do São Judas Tadeu | 149 |
| Figura 64 - Localização e entorno da lagoa da Cidade Jardim | 150 |
| Figura 65 - Lagoa da Cidade Jardim | 150 |
| Figura 66 - Tratamento paisagístico das lagoas de retenção..... | 151 |
| Figura 67 - Ambientes de jusante e montante da lagoa do Itaqui | 152 |
| Figura 68 - Lagoa do Itaqui | 152 |
| Figura 69 - Lançamentos com problemas de qualidade..... | 153 |
| Figura 70 - Ocupação irregular..... | 155 |
| Figura 71 - Descarte de resíduo..... | 155 |
| Figura 72 - Estações de tratamento de esgoto construídas nas várzeas..... | 156 |
| Figura 73 - Desassoreamento de rios e canais | 157 |
| Figura 74 - Areais em operação | 158 |
| Figura 75 - Vista de lavadores de areais fora de operação..... | 158 |
| Figura 76 - Várzeas vistas de pontos elevados da paisagem | 159 |
| Figura 77 - Cavas a montante da BR-277 | 161 |
| Figura 78 - Várzeas e cavas potenciais para implantação de sistemas <i>wetlands</i> ... | 161 |
| Figura 79 - Várzea do rio Iguaçu a jusante do canal extravasor | 164 |
| Figura 80 - Floresta de influência fluvial a jusante da estrada da Cachoeira | 165 |
| Figura 81 - Montante e jusante da estrada do Ganchinho em 07/05/2008..... | 165 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 82 - Ponte Nicola Pelanda sobre o leito antigo do Iguaçu, leito atual do rio Despique/Cotia..... | 166 |
| Figura 83 - Várzeas urbanas a jusante da foz do rio Miringuava | 166 |
| Figura 84 - Mata ribeirinha | 168 |
| Figura 85 - Leito abandonado ao lado de dique marginal ao leito atual | 168 |
| Figura 86 - Várzea e cavas em Balsa Nova | 169 |
| Figura 87 - Última vista da várzea do Iguaçu | 169 |
| Figura 88 - Testemunhos da história econômica..... | 169 |
| Figura 89 - General Lúcio..... | 170 |
| Figura 90 - Usos de lazer | 170 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 1 - Valores econômicos médios por função de <i>wetland</i> | 23 |
| Tabela 2 - Eficiência dos sistemas com vegetação flutuante transversal ao rio..... | 39 |
| Tabela 3 - Eficiência do sistema “zona de raízes” – <i>wetland</i> de fluxo subsuperficial horizontal - Escola Municipal Padre Luigi Salvucci, Foz do Iguaçu/PR..... | 43 |
| Tabela 4 - Pontos de amostragem | 72 |
| Tabela 5 - Porcentagem de dados válidos dos níveis do rio Iguaçu por estação por ano | 80 |
| Tabela 6 - Valores médios dos parâmetros oxigênio dissolvido (OD, mg L ⁻¹), demanda bioquímica de oxigênio (DBO, mg L ⁻¹), carbono orgânico dissolvido (COD, mg L ⁻¹), N-nitrato (N-NO ₃ , mg L ⁻¹), nitrogênio amoniacal (N-NH ₃ , mg L ⁻¹), fósforo total (P-total, mg L ⁻¹) e <i>E. coli</i> (NMP/100 mL). Resultado das quatro coletas realizadas em 2010..... | 110 |
| Tabela 7 - Valores do Índice de Qualidade da Água (IQA) para os ambientes avaliados..... | 111 |
| Tabela 8 - Variação de alguns parâmetros na entrada e saída da lagoa do Itaqui. | 112 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Quadro 1 - Impactos que ocorrem em consequência das várias atividades humanas | 25 |
| Quadro 2 - Diagrama das relações geométricas | 49 |
| Quadro 3 - Espécies de macrófitas aquáticas por zona/profundidade | 60 |
| Quadro 4 - Grupos e gêneros dos estandes das lagoas | 61 |
| Quadro 5 - Relação de campanhas nas várzeas | 79 |
| Quadro 6 - Espécies de macrófitas aquáticas identificadas no ambiente 3 | 91 |
| Quadro 7 - Uso do solo e parcelamento na zona de restrição a ocupação das UTPs | 143 |

LISTA DE SIGLAS

AIERI – Área de Interesse Especial Regional do Iguaçu

APA – Área de Proteção Ambiental

APPs – Áreas de Preservação Ambiental

COD – Concentração de Oxigênio Dissolvido

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

GTP – Geossistema, Território e Paisagem

IDS – Índice de Desenvolvimento Sustentável

MNT – Modelo Numérico do Terreno

RCC – Resíduo da Construção Civil

RMC – Região Metropolitana de Curitiba

SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação

UC – Unidade de Conservação

UTPs – Unidades Territoriais de Planejamento

RESUMO

Diversas políticas públicas aplicadas ao solo urbano atual visam a promoção sustentável do uso dos espaços. Muitas vezes, porém, determinados instrumentos não são suficientes ou não são eficientes para o alcance dos resultados esperados, promovendo desvios nos objetivos projetados, cuja recondução depende de um eficiente sistema de gestão. Saliente-se as gravíssimas conseqüências da poluição das águas bem como a importância da gestão das *wetlands* para as águas e a gestão das águas para as *wetlands*. A pesquisa considera que os desvios entre os modelos aplicados e projetados em áreas urbanas e os ganhos em recursos hídricos podem ser detectados, permitindo o equilíbrio entre a utilização dos recursos disponíveis e o desenvolvimento sustentável das cidades. Assim, o objetivo geral desta tese foi proporcionar e contribuir com a avaliação e gestão das *wetlands* que se mostram potencial para a melhoria da qualidade das águas dos rios em geral. Aplica, de modo inédito, um ensaio metodológico baseado na metodologia GTP - Geossistema, Território e Paisagem - para uma avaliação qualitativa e quantitativa de *wetlands* urbanas e de utilização potencial destas para a melhoria da disponibilidade de recursos hídricos. Adotando-se, como estudo de caso, parte da bacia do Alto Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba, Paraná, foram realizadas as análises qualitativa e quantitativa das variáveis envolvidas, obtendo-se a síntese necessária a priorização de ambientes potenciais para os recursos hídricos e dessa forma, contribuir com diretrizes para a requalificação do espaço (recomposição ambiental das áreas), visando a melhoria das águas urbanas e a conservação das *wetlands* do Alto Iguaçu e, também, a aplicação em outras bacias.

PALAVRAS-CHAVE: gestão urbana; gestão de recursos hídricos; *wetlands*; desenvolvimento sustentável.

1 INTRODUÇÃO

As áreas úmidas, internacionalmente conhecidas por “*wetlands*” são paisagens com presença permanente ou periódica de água e compreendem diferentes ecossistemas que cobrem uma considerável parte da superfície terrestre. A definição mais amplamente difundida para áreas úmidas ou *wetlands* é a adotada pela Convenção de Ramsar, sobre - Zonas Úmidas de Importância Internacional - que as definem como áreas de pântano, charco, turfa ou água, natural ou artificial, permanente ou temporária, com água estagnada ou corrente, doce, salobra ou salgada, incluindo áreas de água marítima com menos de seis metros de profundidade na maré baixa. Essa definição é abrangente na qual se pode incluir as várzeas, como *wetlands* naturais.

Para Tockner e Stanford (2002), atualmente, as *wetlands* são pontos focais para o desenvolvimento urbano e a exploração exaustiva de seus recursos, estando entre os ambientes mais ameaçados pelas atividades humanas, principalmente pela regulação da água, infra-estrutura e disposição de resíduos. As *wetlands* são afetadas pela construção de barragens, suprimento de água para abastecimento, retificações e diques marginais que com isto modificam o regime de suas águas e, conseqüentemente, o fluxo e o rompimento das ligações ao longo dos rios, ou entre os rios e suas planícies de inundação. Os estressores das *wetlands* afetam vários e importantes serviços ecossistêmicos, como armazenamento e purificação da água, recarga de aquíferos subterrâneos, amortecimento de vazão, manutenção da heterogeneidade da paisagem e da biodiversidade, sumidouro de carbono, produção de recursos naturais renováveis e outros.

Quanto aos benefícios econômicos de práticas alternativas de gestão, se comparados com os de sistemas submetidos a práticas insustentáveis, percebe-se que os benefícios dos sistemas que tem uma gestão sustentável são maiores que aqueles dos ecossistemas convertidos (ALMEIDA, 2007).

No Estado do Paraná, as *wetlands* regionais e locais apresentam um valor ecossistêmico importante para estocagem e purificação da água e recreação, mas estão também sob ameaça crescente, decorrente de aterros e poluição, associados a uma população crescente concentrada nas áreas urbanas.

O rio Iguaçu e alguns de seus afluentes apresentam em suas margens inúmeras e extensas *wetlands* naturais, configurando planícies de inundação bem definidas. Portanto deve-se ter um especial interesse na preservação destas *wetlands*, visto que representam importante papel na gestão do meio ambiente e dos recursos hídricos para o desenvolvimento territorial.

Assim, na Região Metropolitana de Curitiba – RMC - um dos maiores desafios regionais é o gerenciamento e a gestão de suas *wetlands*, altamente urbanizadas e povoadas, com evidentes interferências na qualidade das águas, degradadas pelas atividades antrópicas, gerando situações potenciais de escassez de água para o consumo humano em condições adequadas de qualidade.

Este crescimento da demanda por água para os mais variados usos faz crescer e tomar corpo o princípio dos usos múltiplos, gerando uma série de conflitos de interesses (MMA, 2006b).

As *wetlands* do Alto Iguaçu, durante o último século, não foram levadas em consideração nas operações de urbanização, implantações industriais e de infraestrutura viária. A recente consideração do meio ambiente, polarizada na urgência dos problemas de despoluição e de controle de cheias preocupou-se pouco com as *wetlands* e o que elas podem representar para a sociedade. Além da extensiva exploração da mineração, obras foram freqüentemente realizadas sobre elas, ou então foram abandonadas, tornando-se alvos de assentamentos irregulares.

1.1 JUSTIFICATIVA

Segundo Almeida (2007) o valor dos ecossistemas deve ser melhor apropriado, tanto no que se refere à inclusão das externalidades quanto no que se refere a serviços ambientais já internalizados, como o solo. Embora a comunidade acadêmica e outros especialistas venham trabalhando sobre o assunto, a apropriação dos serviços ambientais e formas de quantificação de seus valores são temas ainda em discussão.

Em relação aos serviços ambientais, as *wetlands* são, em sua aparente banalidade, uma verdadeira riqueza regional, necessitando serem administradas, valorizadas e apreciadas, pois em certas periferias urbanas são transformadas e

ameaçadas ao desaparecimento devido a ocupações, trazendo um custo a esta exploração ou uso.

O rio Iguaçu e suas *wetlands* tiveram seu regime modificado pelas retificações, barragens, poluição, usos e atividades nas margens e retiradas de água, areia e argila. Trata-se de um recurso que foi diferentemente valorizado e artificializado pelos sistemas econômicos que se sucederam. A destruição continua em larga escala como consequência de políticas de desenvolvimento inadequadas, a falta de efetividade das leis existentes, bem como de planejamento do uso do solo de longo prazo, afetando negativamente o rio e as *wetlands* em propriedades públicas e privadas.

Decisões nas políticas públicas de caráter social exigem análises custo-benefício que incorporem parâmetros sociais e ambientais de modo a adaptar os projetos a padrões econômica, ecológica e socialmente aceitáveis, uma vez que a mitigação de muitos de seus efeitos negativos nem sempre são possíveis.

Uma política moderna para as *wetlands* baseada em conhecimento científico e capaz de conciliar desenvolvimento econômico com a proteção ambiental e bem-estar social se faz necessária. Esta política deveria considerar o valor das *wetlands* e seus serviços ambientais, além de sua importância para a biodiversidade. A Convenção de Ramsar, da qual o Brasil é um dos 158 países signatários, requer o estabelecimento e implementação de uma política específica para a gestão e proteção das *wetlands*, começando com um inventário das *wetlands* nacionais e a manutenção do seu caráter ecológico mediante um manejo racional. A Declaração de Cuiabá (INTECOL, 2008) chama a atenção para a necessidade de estudos, gestão e proteção das *wetlands* com prioridade para a manutenção dos serviços ambientais para o benefício da espécie humana.

Uma das maiores ameaças é o crescimento populacional que impõem crescentes pressões sobre os recursos das mesmas. Visto que a urbanização continuará crescendo, estas pressões certamente também aumentarão. Assim, a proteção das *wetlands* torna-se uma questão central em relação ao meio ambiente, as transformações do território, a identidade cultural e a qualidade da vida. Um conhecimento melhor das questões relativas a origem, funções, funcionamento,

utilização e representação das várzeas por parte da comunidade só poderá melhorar a pertinência de futuras intervenções.

1.2 OBJETIVOS

Partindo-se da premissa de que a sustentabilidade econômica, social e ambiental da Região Metropolitana de Curitiba - RMC - passa pela consideração da urgência em atenuar os impactos negativos das relações entre desenvolvimento urbano e disponibilidade dos recursos hídricos, o objetivo geral desta tese foi proporcionar e contribuir com a avaliação e gestão das várzeas – *wetlands* - que se mostram potencial para a melhoria da qualidade das águas dos rios.

São objetivos específicos:

- _ Determinar a extensão e variabilidade das várzeas inventariando tipos de *wetlands* ocorrentes na bacia do Alto Iguaçu;
- _ Identificar um banco de *wetlands* atuais na bacia do Alto Iguaçu na R M C;
- _ Analisar os aspectos relevantes, disponíveis no conjunto de normas de gestão territorial, ambiental e de recursos hídricos, aplicáveis às *wetlands* urbanas da bacia do Alto Iguaçu;
- _ Identificar os principais causadores da degradação das *wetlands* metropolitanas da Bacia do Alto Iguaçu;
- _ Avaliar a qualidade da água em determinadas *wetlands*;
- _ Identificar alternativas de integração entre as políticas visando incorporar as *wetlands* e seus valores ambientais ao mosaico de áreas protegidas;
- _ Propor ferramentas de proteção/manutenção e restauração das funções de *wetlands*.
- _ Identificar e valorizar a paisagem das *wetlands*.

1.3 HIPÓTESES

São hipóteses consideradas nesta tese:

- _ Embora importantes para o equilíbrio e o suprimento de vida do ambiente urbano, as *wetlands* são contrariamente e freqüentemente objeto de degradação;
- _ O processo acelerado de degradação das funções das *wetlands* do Alto Iguaçu pode estar sendo causado:
 - o pela baixa valorização decorrente do desconhecimento das funções como ecossistema complexo;
 - o pela falta de estudo do regime hidrológico como um parâmetro a ser considerado na recuperação.
- _ A inclusão da gestão das *wetlands* nos planos diretores pode trazer melhora na qualidade das águas dos rios;
- _ A reestruturação das paisagens através de eco-tecnologias (*wetlands* construídas) pode ser de grande utilidade para a manutenção ou restauração da qualidade dos corpos hídricos;
- _ Os geofácies de vertente se apresentam como potenciais paisagísticos e filtradores de águas da drenagem carregadas da poluição difusa das áreas urbanas;
- _ *Wetlands* não tem preço de mercado determinado pelos serviços ambientais prestados e como tal não são reconhecidas como tendo um valor econômico;
- _ A sociedade percebe ou atribui um valor as *wetlands* (econômico, cultural, ecológico) que depende em grande medida dos objetivos da sociedade e também do grau de conhecimento que a mesma tem a respeito das funções essenciais das *wetlands*. Este conhecimento cresce a partir da pesquisa, mas chega lenta e deficientemente à sociedade;
- _ O valor operacional deste sistema – várzeas-*wetlands* – ainda precisa ser demonstrado, de modo a evidenciar outras alternativas que não seja o de apenas ocupar e degradar todo do território.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Após a Introdução o Capítulo 2 apresenta a caracterização geral da área de estudo, as *wetlands* do rio rio Iguaçu, na RMC.

O Capítulo 3 apresenta a revisão bibliográfica sobre aspectos gerais dos ecossistemas de *wetlands*, onde são descritos: formas de classificação; estruturas, funções e valores de uma *wetland*; uso e conservação; indicadores de estado; hidrologia e hidrodinâmica; e a relação entre hidroperíodo e as comunidades biológicas. Apresenta, por um lado, o resultado da busca por conceitos e diversas técnicas, privilegiando claramente as medidas tendentes á recuperação ambiental de *wetlands*, como modo de fomentar a melhoria da qualidade dos rios urbanos.

O Capítulo 4 apresenta a metodologia do Sistema GTP, adotada nesta pesquisa e dá início a apresentação das *wetlands* do Iguaçu, na bacia do Alto Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba, local selecionado para o estudo de caso.

No Capítulo 5 são apresentados e discutidos os resultados relacionados com os ambientes, os serviços e os instrumentos a serem considerados para a gestão, conservação ou restauração das *wetlands* do Alto Iguaçu na RMC. Neste capítulo são apresentados suas funções e valores, além dos conflitos existentes pelo uso. Ainda neste Capítulo, e atendendo à necessidade da metodologia, o local do estudo de caso é caracterizado em termos hidrológicos e biológicos. Também identifica e analisa aspectos relevantes, disponíveis no conjunto de normas de gestão territorial, ambiental e de recursos hídricos, que potencializem a apropriação destas com usos adequados, alternativas de integração entre as políticas para a incorporação das *wetlands* e seus valores ambientais ao mosaico de áreas protegidas.

Finalmente, no Capítulo 6 encontram-se conclusão e recomendações do trabalho.

2 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

A Região Metropolitana de Curitiba (RMC) está localizada na parte leste do Estado do Paraná, concentrando cerca de 25% da população total e 30% da população urbana do estado. Apresenta população de 2.532.929 habitantes em uma área de 366.180 ha (3.661,80 km²), resultando numa densidade média de 6,92 hab/ha, distribuída em 18 municípios (SUDERHSA, 2007) e devendo ultrapassar 4 milhões de habitantes no ano 2020 (SUDERHSA, 2008) afetando, assim, a área de mananciais das nascentes do rio Iguaçu e necessitando da preservação das áreas de *wetlands*, principalmente pelo fato de apresentarem importante papel na disponibilidade dos recursos hídricos para o desenvolvimento territorial.

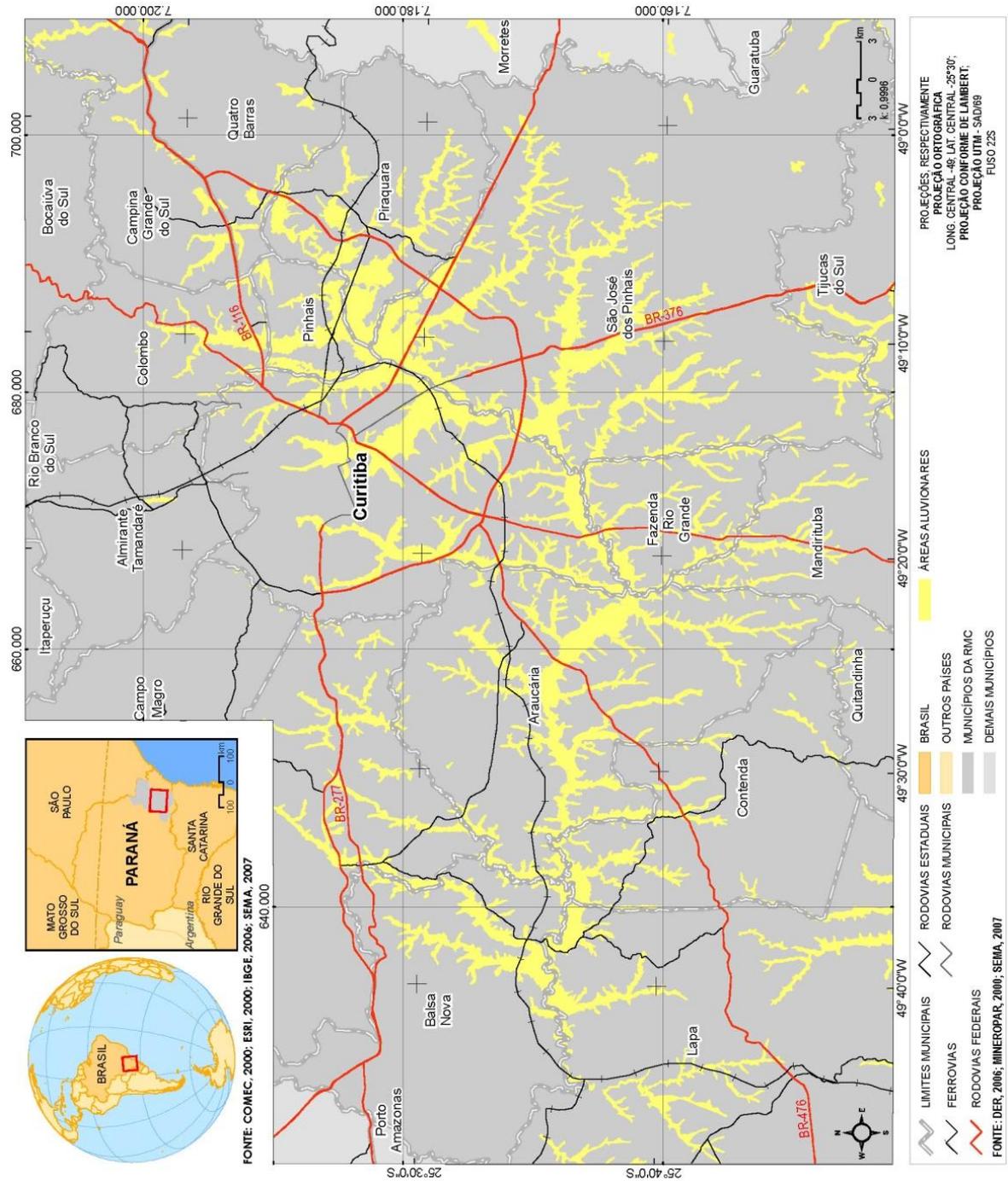
O rio Iguaçu possui uma extensão de cerca de 910 km, drenando com seus afluentes uma bacia de 70.800 km². Ao longo do rio Iguaçu e de seus afluentes existem extensas *wetlands* naturais, configurando sua planície de inundação (Figura 1 e Figura 2), as quais vem sofrendo pressões ambientais, principalmente, pela expansão da ocupação urbana.

FIGURA 1 - WETLANDS DO RIO IGUAÇU



Fonte: COHAPAR, 2007

FIGURA 2 - LOCALIZAÇÃO DAS WETLANDS DO ALTO IGUAÇU



A qualidade das águas do rio Iguaçu, após passar pela RMC, é alterada por diferentes processos antropogênicos, classificando este rio como segundo mais poluído do Brasil, apenas atrás do Tietê, em São Paulo, conforme o Índice de Desenvolvimento Sustentável (IDS), divulgado pelo Instituto de Geografia e Estatística (IBGE) em 2008. Dos 1,3 mil quilômetros do rio Iguaçu, apenas 70 km

apresentam em suas águas sinais de poluição, justamente no trecho das nascentes do Iguaçu. As informações reunidas nos 68 pontos de monitoramento da Bacia do Alto Iguaçu também demonstram que a carga doméstica corresponde a cerca de 90% da poluição, enquanto o restante é provocado por indústrias e carga difusa (resíduos direcionados pelas galerias de águas pluviais) (SEMA, 2008). O rio Belém, um dos seus afluentes, é o mais comprometido e a sua foz no Iguaçu apresenta mau cheiro e um cenário desolador, com urubus explorando o lixo acumulado nas margens. Segundo SANEPAR, o esgoto não é a única fonte de poluição do rio, existindo outras, como drenagem, política inadequada de coleta de lixo, manejo da água da chuva, e ligações irregulares de esgotos. E, através do “Programa Viva a natureza! Se ligue na rede” tem como meta 80% das ligações regularizadas (GAZETA DO POVO, 2008a).

Diferentes estudos comprovaram a contaminação do rio Iguaçu, como o de Lange (2006) e Grando (GAZETA DO POVO, 2008a) que consideram o rio Iguaçu com características de rio natimorto na RMC, embora nas suas margens existam garças e outros que se adaptam às condições insalubres do rio. Ainda, segundo Furlan (2007), entre as espécies presentes na mata ciliar, apesar do número de indivíduos ter reduzido, é possível encontrar veados, capivaras, pacas, cutias, socó-boi, biguás e, entre as espécies da flora, a espinheira-santa, o cambuí, a guajuvira e, em especial, os branquilhos. Carrano (2006), pesquisando as aves, relata a presença de quero-quero nas várzeas, de algumas espécies relacionadas com os ambientes formados pelas cavas, indicando a boa qualidade das suas águas e de maçaricos no rio Iguaçu, com destino ao hemisfério norte. Em termos de ictiofauna, Duboc (2006) identificou estoques naturais disponíveis nas cavas, que cedem exemplares para recomposição do meio. Joilson Tadeu Scepanski, morador há 16 anos à margem da corredeira Caiacanga, um dos trechos mais bonitos do rio Iguaçu, em Porto Amazonas, coloca “ainda dá lambari e bagre por aqui, mas do jeito que está eu não sei até quando. Vai diminuindo a cada ano.” Ele ainda comenta que o rio mudou muito em alguns anos (GAZETA DO POVO, 2008b). A contaminação da biota no rio Iguaçu também foi verificada por Lange e Assis (2006) que, trabalhando com biomarcadores, encontraram concentrações elevadas dos íons cádmio,

arsênico, mercúrio, cobre e chumbo em plasma e músculo de cágados-pescoço-de-cobra (*Hydromedusa tectifera*) na bacia do Alto Iguaçu.

O compartimento Planalto de Curitiba, segundo o Plano Diretor de Manejo Florestal (PARANÁ, 1989) está dividido em três sub-zonas sendo uma delas as Planícies Aluvionares: superfícies de agradação horizontalizadas, que se estendem ao longo dos rios, incluindo as áreas de várzeas propriamente ditas, com ocorrência de solos hidromórficos gleyzados e solos orgânicos. Trata-se de áreas aplainadas formadas pela deposição de material carreado principalmente durante as grandes inundações. As planícies aluviais apresentam geralmente grande fertilidade, encontrando-se periódica ou permanentemente encharcadas. As formações vegetais podem apresentar-se sob duas fisionomias distintas: herbáceo-arbustiva (várzeas e taboais, entre outras) e arbórea (caxetais e maricazais), desenvolvendo-se sobre as planícies aluviais dos rios.

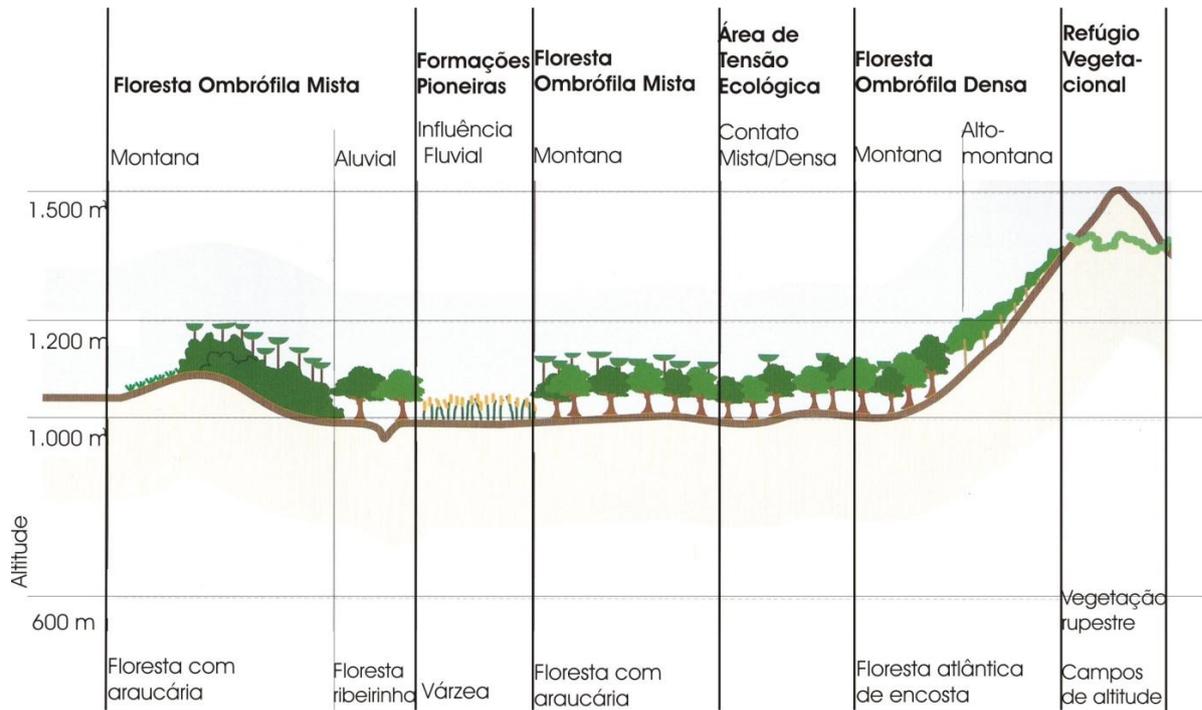
Em várzeas de florística mais heterogênea, restringidas necessariamente às condições de alagamento do solo, predominam espécies das famílias *Cyperaceae* e *Poaceae*, cujas touceiras formam extenso tapete ao longo da planície. De maneira mais esparsa também ocorrem representantes das famílias *Polygonaceae*, *Apiaceae*, *Xyridaceae*, *Lentibulariaceae* e *Alismataceae*, entre outras. Dentre as formações pioneiras com influência fluvial arbóreas, a *Erythrina crista-galli* (corticeira-do-banhado) ocorre em meio à vegetação herbácea das várzeas e taboais (SEMA, 2005; CURSIO *et al.*, 2007).

Esta região também pode apresentar floresta ombrófila mista aluvial (Figura 3), constituindo as florestas ripárias que ocupam sempre terrenos aluviais situados junto aos cursos d'água e estando sujeitas a inundações periódicas. Caracteriza-se estruturalmente por uma elevada densidade de indivíduos de médio e pequeno porte, podendo apresentar comunidades em diferentes graus de desenvolvimento (SEMA, 2005).

No Primeiro Planalto, das nascentes até Balsa Nova/Engenheiro Bley, o solo argiloso é contaminado pelo esgoto e pelo lixo. Segundo Cursio, o lixo é responsável por danificar a vegetação das margens e o esgoto interfere na fertilidade do solo em torno do rio. Na região de Curitiba, o número de espécies que compõem a mata ciliar é bem reduzido, 11 a 15 espécies, enquanto no Segundo Planalto, a partir de

Engenheiro Bley e suas corredeiras ao longo de 15 km, o número aumenta, 25 a 30 espécies. É possível recuperar a mata ciliar no Primeiro Planalto, mas seria preciso limpar o rio. “Eu apostaria no branquilha, que atrai fauna e segura o solo, e o resto viria na sombra”, diz Cursio (GAZETA DO POVO, 2008c).

FIGURA 3 - PERFIL ESQUEMÁTICO DOS TIPOS DE VEGETAÇÃO



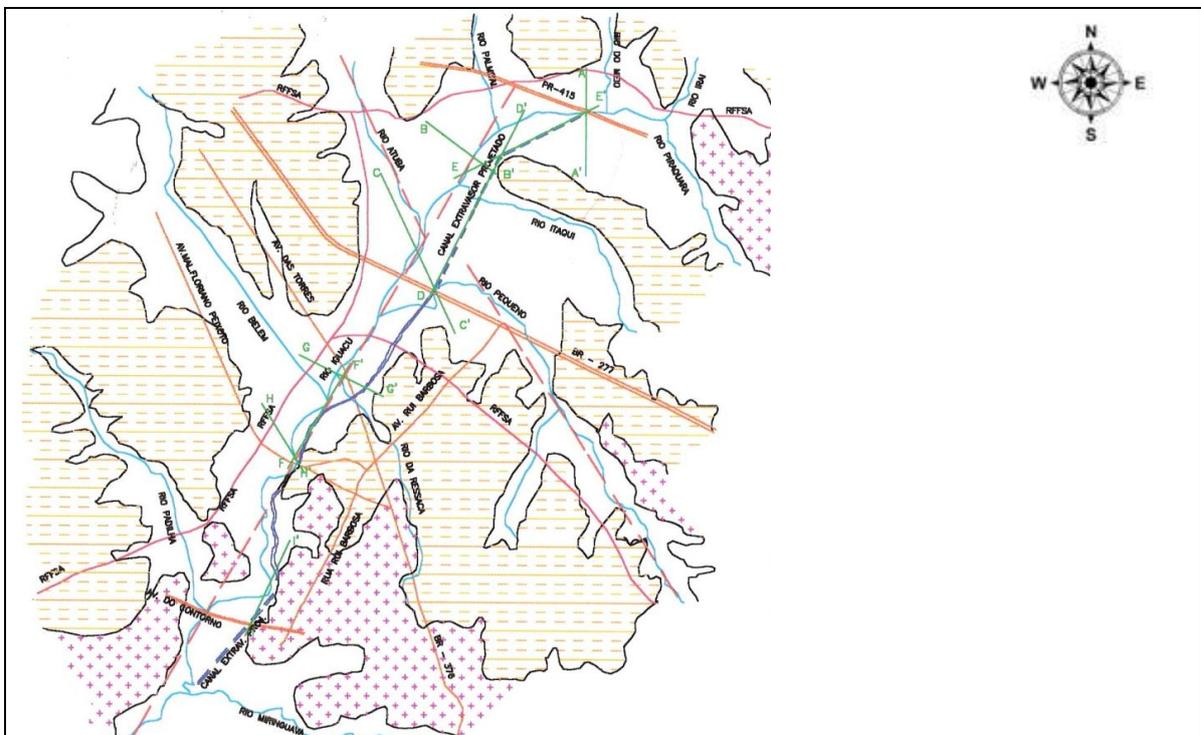
Fonte: SEMA, 2005 adaptado

Em termos de macrófitas, pode-se citar a várzea do rio Barigüi, próximo à foz no rio Iguaçu, em área anteriormente utilizada para extração de areia onde a Superintendência de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, SUDERHSA, prevê o uso de fitorremediação. A várzea apresenta grande diversidade de macrófitas aquáticas, o que pode ser evidenciado pelo grande número de táxons (72 distribuídos em 27 famílias). A extração de areia ocasionou a formação de 14 cavas, de tamanhos que variam de cinco até quinze metros de diâmetro, onde o desenvolvimento de macrófitas aquáticas se deu naturalmente e de forma bastante intensa. As macrófitas foram classificadas como anfíbias, emergentes, flutuantes fixas, submersas livres e flutuantes livres (PEGORINI *et al.*, 2007). O gênero que apresentou maior número de espécies foi *Ludwigia*, com sete espécies, seguido por *Cyperus* (seis) e *Baccharis* (quatro). As espécies *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms

e *Heteranthera reniformis* Ruiz & Pav., tidas como aquáticas, foram encontradas somente em solo úmido, próximo às margens das cavas.

Na área afloram três unidades litológicas: Complexo Gnáissico-Migmatítico, Formação Guabirotuba e Sedimentos Aluvionares. Em toda a área ocorre o Complexo Gnáissico-Migmatítico e em alguns pontos está aflorante, representado por solos residuais, argilosos, de coloração avermelhada, no restante da área está sotoposto aos sedimentos da Formação Guabirotuba ou aos Sedimentos Aluvionares (Figura 4).

FIGURA 4 - MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO DO ALTO IGUAÇU



Legenda

 **ALUVIÃO**
Sedimentos quaternários inconsolidados depositados ao longo das principais drenagens

 **FORMAÇÃO GUABIROTUBA**
Rochas sedimentares pleistocênicas, que preenchem a Bacia Sedimentar de Curitiba

 **EMBASAMENTO CRISTALINO**
Rochas gnáissicas-migmatíticas

 Lineamento Estrutural

 Perfis Geológicos Traçados

 Ferrovia

 Rodovias

 Curso d'água

Fonte: COMEC, 1996

Os sedimentos da Formação Guabirota, que preenchem a Bacia Sedimentar de Curitiba, apresentam predominância de argilas, siltitos argilosos e lentes de arcósios. Os depósitos de sedimentos Aluvionares apresentam camadas siltica-argilosas, entremeadas por lentes de areias médias a grosseiras, quartzosas, esbranquiçadas, com espessuras variando entre 4,00 a 7,00 m. Os lineamentos estruturais traçados referem-se ao canal do rio Iguaçu, o qual se desenvolveu, muito provavelmente, sobre expressiva falha geológica, e aos canais dos rios Pequeno, Atuba, Palmital e Barigui (COMEC, 1996).

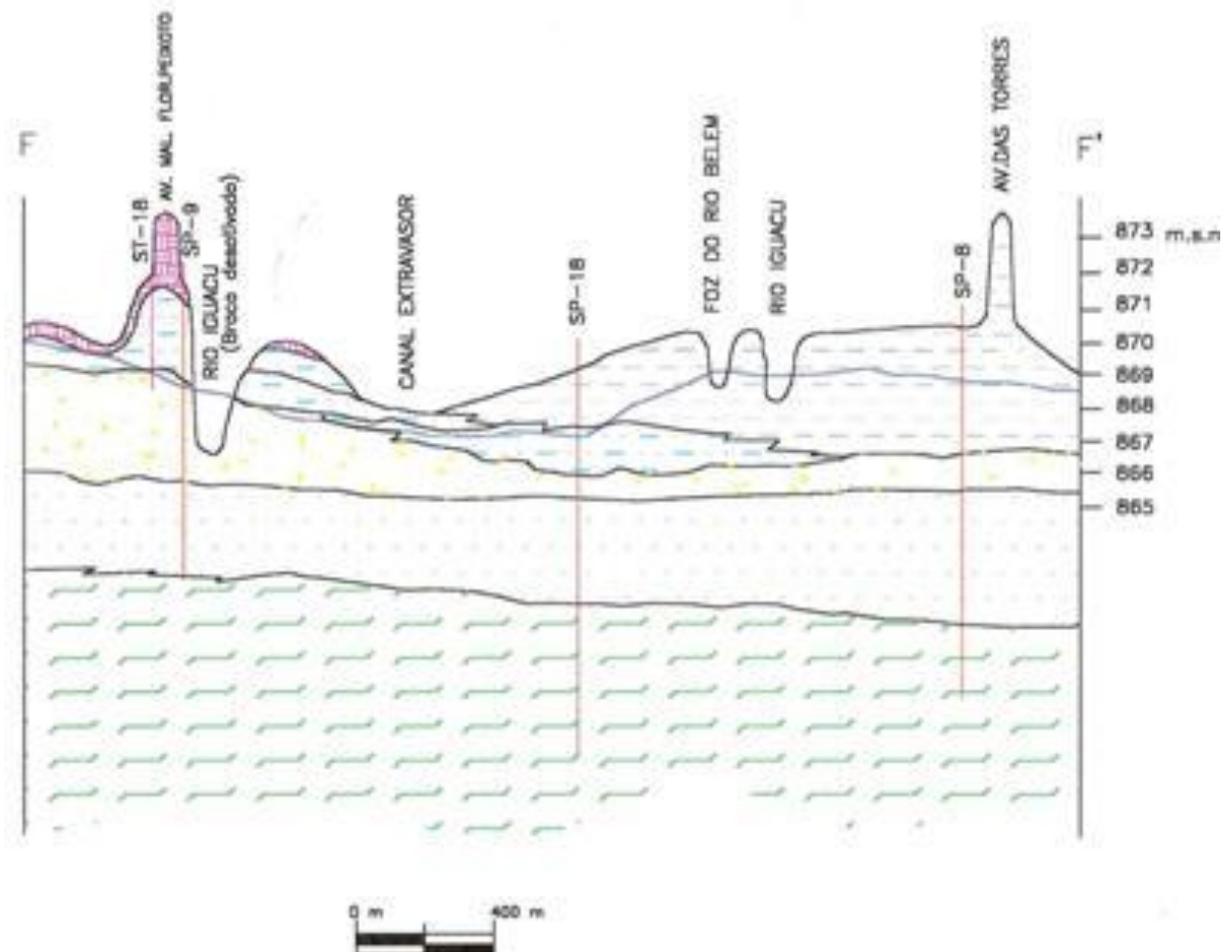
As perfurações realizadas ressaltaram um perfil típico e constante ao longo de todo o aluvião do rio Iguaçu até Balsa Nova. A cobertura do terreno é representada por um solo negro, argiloso, rico em matéria orgânica, muito plástico, caracterizado como solo hidromórfico (Figura 5) (COMEC, 1996).

Imediatamente abaixo, tem-se camada de argila esbranquiçada com porções silticas, pouco consistente. Lateralmente, esta camada de argila interdigita-se com porções mais arenosas. Em meio ao horizonte siltico-argiloso surgem lentes e mesmo bolsões de areias grosseiras de espessuras métricas que apresentam mineralogia quartzo-feldspática, coloração cinza-esbranquiçada e baixa compactação. Entremeando as camadas de argila-siltosa e silte-argiloso, ocorrem lentes métricas de areias médias a grosseiras, mal selecionadas, formadas predominantemente por grãos de quartzo esbranquiçado (COMEC, 1996).

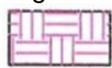
Estas lentes possuem distribuição e espessura errática e são o alvo preferencial dos mineradores (COMEC, 1996), os quais, após a extração da areia, deram origem às cavas do Rio Iguaçu com a abandono da área, sem sua devida recuperação. De uma forma geral e independente da sazonalidade, o lençol freático em toda a planície aluvionar do rio Iguaçu encontra-se, quase sempre, aflorante, de tal forma que nas cavas de areia o nível de água encontra-se sempre muito próximo à superfície.

Observa-se nas cavas, que as águas nelas contidas costumam ser limpas e despoluídas, propiciando a existência de vida aquática, ao contrário dos cursos d'água vizinhos (afluentes), totalmente comprometidos. Isto é propiciado pela passagem das águas por entre os interstícios das camadas de areia, que funcionam como filtros naturais (COMEC, 1996; FURLAN, 2007).

FIGURA 5 - PERFIL MARECHAL FLORIANO E AVENIDA DAS TORRES



Legenda



Solo hidromórfico
Argila cinza-escura, com matéria orgânica, muito plástica



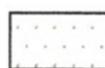
Depósito aluvionar
Argila siltosa com areia fina, de cor marrom escura a vermelha, consistência média



Depósito aluvionar
Areia grosseira, mal selecionada, de cor castanha, pouco compacta



Depósito aluvionar
Argila arenosa, cinza escura, rica em matéria orgânica, muito plástica



Alteração de rocha cristalina
Silte argiloso com areia fina, esverdeado, rígido



Alteração de rocha cristalina
Areia fina, siltosa e argilosa, com coloração castanha clara, compacta



Posição do lençol freático

SP

Ensaio de penetração dinâmica

ST

Perfuração a trado manual

Fonte: COMEC, 1996.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Aspectos de relevância para a gestão de recursos hídricos e uso do solo, são abordados a seguir, tendo como ponto focal o potencial das *Wetlands* na Região Metropolitana de Curitiba para a manutenção do equilíbrio das regiões em que se desenvolvem.

Lima (2006) adverte:

“Pensamos ‘deixa o rio, ele é um artista, é o maior artista porque consegue atravessar quilômetros de área degradada’, mas está morrendo porque as micro bacias que são as alimentadoras dos grandes sistemas pluviais não passam por políticas ambientais. Precisaria dar uma guinada...”

O progresso técnico oferece ao homem a capacidade de modificar profundamente a paisagem e alterar o curso dos acontecimentos naturais. Nos últimos anos, os problemas ambientais criados por uma desenfreada interferência com os diferentes elementos da paisagem para satisfazer as necessidades socioeconômicas têm-se convertido em matéria de preocupação.

A extensão e aceleração da intervenção antrópica na paisagem ocasiona uma explosão de diversas crises: ecológica, de energia e hidrológica, entre outras (VILAS, 1992). Um dos exemplos a citar é a exploração da areia, alterando as várzeas do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba (RMC). Atualmente são observados resultados de um padrão de desenvolvimento anacronicamente predador, em termos sociais e ambientais, e da ação de lideranças mal informadas no geral e mal-intencionadas no particular (ALMEIDA, 2007).

3.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS

Os ambientes que compõem uma bacia dependem de diferentes fatores para seu funcionamento e estabilidade relativa, como pelas taxas de afluxo e efluxo de água, materiais e organismos de outras áreas da bacia. Assim, a bacia hidrográfica, entendida como um sistema aberto, é influenciada e/ou influencia outros sistemas, portanto, qualquer decisão tomada por uma comunidade em uma determinada bacia influencia outras bacias ou sub-bacias (SOUZA, *et al*, 2008). Como exemplo pode-se citar a entrada de esgotos sanitários ou efluentes industriais

nos ambientes aquáticos de uma bacia. Se o material orgânico de esgotos ou de efluentes industriais não puder ser assimilado, o rápido acúmulo de tais materiais poderá destruir o sistema. Por outro lado, a erosão do solo e a perda de nutrientes de uma floresta perturbada ou de um campo cultivado inadequadamente não apenas empobrecem estes ecossistemas, como também tais efluxos apresentam, provavelmente, impactos eutróficos. A expressão "eutrofização cultural" vem sendo utilizada largamente para denotar a poluição orgânica que resulta de atividades humanas. Por isso, a bacia hidrográfica inteira e não somente a massa de água ou trecho de vegetação, deve ser considerada a unidade mínima de ecossistema, quando se trata de interesses humanos. Assim, os campos, as florestas, as massas de água e as cidades, interligadas por um sistema de riachos ou rios (ou canais ou por urna rede de drenagem subterrânea), interagem como uma unidade prática tanto para o planejamento como para o gerenciamento. O conceito de bacia hidrográfica ajuda a colocar em perspectiva muitos dos problemas e conflitos, podendo ser citado que as causas e as soluções da poluição da água não serão encontradas olhando-se apenas para o canal fluvial, sendo necessário considerar a bacia de drenagem inteira como unidade de gerenciamento (ODUM, 1988).

A rápida urbanização e crescimento das cidades durante o último meio-século mudou as bacias hidrográficas mais do que, provavelmente, qualquer outro resultado da atividade humana em toda a história. A cidade, como sistema, é um campo de interações de todo tipo entre os diferentes elementos que compõe o espaço urbano, resultando em significativas mudanças na paisagem, em curto espaço de tempo e na necessidade de planejamento e gestão (PIA, 1992), com a finalidade de minimizar os impactos negativos. Uma cidade que considere em seu desenho os recursos dos elementos antrópicos, bióticos e abióticos e que configuram a paisagem como relevo e água apresentará características próprias que lhe propiciará personalidade urbanística. Em termos de recursos, as cidades ou as áreas metropolitanas são ecossistemas incompletos ou heterotróficos que dependem de grandes áreas externas a elas, uma vez que apresentam: (1) uma grande necessidade de entrada de energia ou recursos, como água; e (2) sua saída mais degradada, com geração de resíduos (ODUM, 1988). O uso da água principalmente como um meio de transporte e como um recipiente de substâncias

indesejáveis inibe o múltiplo uso do recurso e não representa uma estratégia de gestão sustentável (ARHEIMER, B.; TORSTENSSON, G.; WITTGREN, H. B., 2004).

A disponibilidade de água, tanto em quantidade como em qualidade, é um dos principais fatores limitantes ao desenvolvimento das cidades (CURITIBA, 2008). O crescimento da demanda por água, o elemento mais dinâmico da paisagem (SANTOS, 2001), para os mais variados usos faz crescer e tomar corpo o princípio dos usos múltiplos, gerando uma série de conflitos de interesses (MMA, 2006a). As regiões metropolitanas impõem um dos maiores desafios regionais, que é o gerenciamento e a gestão de áreas altamente urbanizadas e povoadas, com evidentes interferências na qualidade das águas, degradadas pelas atividades antrópicas, bem como situações potenciais de escassez (grandes demandas em relação às disponibilidades de água existentes (MMA, 2006b).

Com o crescente processo de urbanização, diversas alterações no meio ambiente podem ser percebidas relacionadas, ao aumento das áreas impermeáveis, que reduz a infiltração, resultando no aumento do volume de escoamento superficial (CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W., 1988), e das redes de condutos e canais de escoamento. Este fato implica em aumento das vazões médias de cheias; aumento da produção de sedimentos; redução da alimentação dos aquíferos, com rebaixamento do nível do lençol freático e, ainda, deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea, devido à lavagem das ruas, ao transporte de material sólido, às ligações clandestinas de esgotos, e à contaminação direta dos aquíferos (SUDERHSA, 2007). A concepção clássica dos sistemas de drenagem urbana recomenda evacuar rapidamente as águas pluviais do meio urbano, através de condutos subterrâneos artificiais, levando ao aumento da velocidade de escoamento e, como conseqüência, da magnitude dos picos de cheia (SUDERHSA, 2002). A combinação destes efeitos da urbanização – aumento dos volumes escoados e aceleração do escoamento – tem levado os sistemas clássicos de drenagem urbana a operarem impactos sociais, econômicos e ambientais. Se a fonte de abastecimento do fluxo dos rios depender principalmente do escoamento superficial, o rio apresentará fluxo muito variável, com grandes cheias ou pequenos volumes mínimos (SUGUIO; BIGARELLA, 1979).

Quando chove, a água carrega poluentes atmosféricos, escorre por telhados, ruas e calçadas limpando a cidade, originando o que Kobiyama, Mota, e Corseuil (2008) chamam de esgoto pluvial, que possui alta carga poluente, sendo que muitas vezes, é impossível conter seu fluxo para tratá-lo. Conseqüentemente, esse fluxo acaba poluindo os corpos d'água.

Na medida em que a adoção do modelo clássico de drenagem não apresenta características de sustentabilidade, uma vez que também são limitados os usos presentes e futuros da água em meio urbano de forma quase sempre irreversível, Baptista e Nascimento, (1996), Kobiyama, Mota e Corseuil, (2008) sugerem uma inversão desta lógica, cunhando o termo "armazenamento urbano". A nova filosofia baseia-se no controle na fonte do escoamento pluvial através do uso de dispositivos que amortecem o escoamento das áreas impermeabilizadas e/ou recuperem a capacidade de infiltração: a) acumular, o máximo possível, os excedentes hídricos a montante, possibilitando assim a retardamento do pico de enchentes para as chuvas de curta duração e maior intensidade; b) recuperar, gradativamente a situação existente anterior a urbanização, ou seja, o coeficiente de escoamento superficial (*runoff*) natural (SUDERHSA, 2002).

Segundo Baptista e Nascimento (1996), as novas tecnologias buscam neutralizar os efeitos da urbanização sobre os processos hidrológicos, permitem a redução dos impactos da poluição de origem pluvial e a continuidade do desenvolvimento urbano, sem gerar custos excessivos, e propor o tratamento conjunto das questões de drenagem pluvial em meio urbano com outras questões urbanísticas, permitindo usos diversos pela população, como áreas de estacionamento, áreas para a prática de esportes, áreas de parques ou de lazer inundáveis. Entretanto, mesmo parecendo indispensáveis ou ricas em potencialidades, estas soluções são freqüentemente pouco ou mal utilizadas (BARRAUD; LE GAUFFRE; MIRAMOND, 2000).

A fragmentação de áreas naturais e destruição das conexões hidrológicas tem resultado em bacias degradadas funcionalmente, nas quais os problemas de qualidade das águas ocorrem regularmente (VERHOEVEN *et al.*, 2008).

Uma vez que é muito difícil e muito cara a recuperação ambiental de um rio poluído, a estratégia de manejo da zona ripária é, sem dúvida, a mais racional para

manter os recursos hídricos e a qualidade ambiental dos rios (NAIMAN; DÉCAMPS, 1997). Por outro lado, como colocado por Gunderson (2000) e Lima (2003), a gradativa perda de resiliência dos ecossistemas ripários, tornando-os, assim, mais vulneráveis a perturbações que de outro modo seriam normalmente absorvidos (e toda a degradação hidrológica decorrente dela) é, sem dúvida, um dos impactos ambientais mais evidentes. Não precisa ir longe, não precisa nem sair da cidade, é só passar por qualquer riacho para ver, pois toda atividade humana produz algum grau de alteração no ambiente. O problema por resolver é, se as paisagens influenciadas pelas obras de engenharia produziram ou produzirão mudanças que comprometam a área ocupada pelas mesmas, sua complexidade estrutural e os principais processos que condicionam a estabilidade dos mesmos (NEIFF, 1999).

3.2 WETLANDS

A palavra inglesa *wetland*, termo de uso internacional, pode ser traduzida como área úmida ou zona úmida que abrange o conjunto de diversos tipos de ecossistemas úmidos existentes que ocupam cerca de 6% da superfície terrestre. São ecossistemas valiosos e compreendem tanto ecossistemas terrestres, fortemente influenciados pela água, quanto sistemas aquáticos com características especiais decorrentes de sua pouca profundidade e proximidade ao solo (SCHUYT ; BRANDER, 2004).

As *wetlands*, de maneira geral são formadas por áreas planas, cuja localização ou condições de precipitação e drenagem fazem delas zonas alagadiças, sujeitas a variações sazonais de áreas inundadas, com pequenas profundidades. Esta caracterização é bastante abrangente, e incluem-se dentro dela áreas como planícies de inundação de rios, áreas inundadas próximas às lagoas, manguezais e áreas submetidas a inundações devido às marés, pântanos e banhados, tanto aquelas áreas que recebem o aporte de cursos d'água como aquelas que têm como única entrada do sistema a precipitação (TASSI, 2007).

IBAMA, SEMA e IAP (2007) definem *wetland* como o segmento de paisagem constituído por solo hidromórfico, que em condições naturais encontra-se saturado de água, permanentemente ou em determinado período do ano, independente de

sua drenagem atual. Em virtude do processo de sua formação, apresenta comumente, dentro de 50 (cinquenta) centímetros, a partir da superfície, cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas e/ou cores pretas resultantes do acúmulo de matéria orgânica.

Com fins operativos, neste trabalho adotou-se a definição de *wetland* proposta por Neiff (1999, p.102) como sendo:

“Sistema de cobertura onde a presença temporal de uma lâmina de água variável (espacial e temporal) condiciona fluxos biogeoquímicos próprios, solos com acentuado hidromorfismo e uma biota peculiar por processos de seleção, que tem padrões próprios em sua estrutura e dinâmica. Podem ser considerados como macrossistemas cuja complexidade cresce com a variabilidade hidrosedimentológica e a extensão geográfica ocupada.”

Assim as várzeas do rio Iguaçu enquadram-se na definição de *wetland* - áreas úmidas - acima mencionada.

3.2.1 Importância das *Wetlands*

Quando gestores ou tomadores de decisão não entendem as funções e valores do ecossistema, podem ser tomadas escolhas errôneas durante práticas de gerenciamento, impossibilitando assim seu pleno funcionamento, podendo trazer mudanças irreversíveis ao ecossistema. O conhecimento das funções e valores de um ecossistema de *wetland* pode melhorar as decisões que são tomadas hoje, e assim proteger estes ecossistemas para gerações futuras (USEPA, 1994), principalmente pelo fato destas áreas, além de uma grande diversidade biológica, exercerem funções ecológicas essenciais (ADAMUS, 1983). Adamus (1983) identificou diferentes funções para as *wetlands*, sendo as principais, relacionadas à capacidade de armazenar e descarregar água, como no controle de inundações, reduzindo a velocidade das enchentes e as catástrofes geradas com a subida das águas, como também desempenham importante papel na manutenção das condições climáticas globais. Outra função importante das *wetlands* é o ciclo biogeoquímico de nutrientes, sua interação com os ambientes aquáticos lóticos (fluxo horizontal) e lênticos (fluxo vertical) que pode ser influenciada por fatores físicos, como solar, ventos, mares (ODUM, 1988; NEIFF, 1999), tendo assim

possíveis variações temporais e espaciais, influenciando a cobertura do solo e a biota do meio (como tipo de vegetação) (USEPA, 2008).

Schuyt e Brander (2004) resgatam uma lista das funções de *wetlands*: funções de regulação (nutrientes, reciclagem, recarga de água, controle de inundação, controle de erosão, manutenção da estabilidade da biodiversidade e do ecossistema); funções de suporte (irrigação, pecuária, transporte, energia, turismo); funções de produção (água, alimento, madeira, recursos medicinais) e funções de informação (pesquisa e educação).

Wetlands, sob condições favoráveis, tem-se mostrado eficiente em remover/degradar/reter nutrientes, compostos orgânicos e inorgânicos naturais ou sintéticos, materiais tóxicos que fluem por estes ambientes aquáticos (MITSCH; GOSELINK, 2000). As *wetlands* também podem atuar como local para sedimentação de material particulado, atividade aeróbica ou anaeróbica, retenção de substâncias pelas plantas (manejo) e em maiores áreas úmidas ocorre também maiores trocas entre a interfase água/sedimento.

As *wetlands* podem ser fatores importantes nos ciclos globais de nitrogênio, enxofre, metano e dióxido de carbono (SAHAGIAN; MELACK, 1998; MITSCH; GOSELINK, 2000; MMA, 2006a).

Outro valor da *wetland* relacionado à hidrologia é a recarga de aquíferos. Esta função tem recebido muito pouca atenção, e a magnitude do fenômeno não tem sido bem documentada. Alguns hidrologistas acreditam que, apesar de algumas *wetlands* recarregarem os sistemas subterrâneos, outras não o fazem (CARTER *et al.*, 1979; NOVITZKI, 1979; CARTER, 1986; CARTER; NOVITZKI, 1988 *apud* MITSCH; GOSELINK, 2000).

O IBAMA (2010), usando o termo banhado, foca numa série de razões para conservar as *wetlands*: estão entre os ecossistemas mais produtivos do planeta em termos de produção primária (de espécies vegetais) e secundária (de animais); a fauna é abundante e diversificada, incluindo espécies ameaçadas de extinção; representam abrigos e áreas de alimentação, reprodução e crescimento de muitas espécies de ambientes vizinhos (rios, lagoas, matas...) e de outras regiões do planeta, como no caso das aves migratórias; filtram as impurezas carregadas pela

água dos rios; regulam o volume de água dos ambientes aquáticos na ocasião de grandes chuvas e são grandes reservatórios de carbono.

A preservação das *wetlands* é condição indispensável para a concretização do desenvolvimento sustentável, sendo o reconhecimento de sua importância, por parte de órgãos governamentais e instituições privadas, bem como da sociedade em geral, o primeiro passo para a sua conservação (IBAMA, 2010).

Mesmo considerando sua importância, existem grandes dificuldades na determinação do *valor* de uma *wetland*. Sua estimativa, em geral, tem uma avaliação muito subjetiva, particularmente a estimativa de uso indireto, uso futuro, ou valores de existência. Hruby (1999), por exemplo, cita a grande dificuldade de valorar uma função (uso indireto), porque os processos em *wetlands* são dinâmicos e requerem intensos trabalhos de amostragem temporal e espacial. A dificuldade está em conciliar a qualidade da informação, que leva tempo a ser obtida com certo grau de confiança, e a necessidade urgente que os tomadores de decisão têm em obter estes *valores*.

Economistas e ecologistas, de modo geral concordam que a teoria econômica, ligada a teoria energética, corretamente compreendida, fornece o potencial para se incluir a obra da natureza como um valor econômico (ODUM, 1988). A estimativa do valor econômico da área total de *wetlands*, de 12,8 milhões de km², é da ordem de \$70 bilhões por ano (SCHUYT; BRANDER, 2004). Ainda que muitas funções das *wetlands* não fossem avaliadas e que somente 63 milhões de hectares integrassem a avaliação, uma amostra de 89 estudos de caso, mostra o valor econômico médio anual da função da *wetland* por hectare de área, conforme Tabela 1.

Os valores ilustram quanto as *wetlands* são valiosas economicamente e representam estimativas iniciais dos custos para a sociedade caso estas *wetlands* sejam perdidas. Por último, deve ser considerado que o valor econômico é somente um componente do seu valor total, que inclui biodiversidade e valores sócio-culturais e científicos, funções que não podem ser expressas em valores monetários (SCHUYT; BRANDER, 2004).

TABELA 1 - VALORES ECONÔMICOS MÉDIOS POR FUNÇÃO DE *WETLAND*

| Funções de <i>wetlands</i> | Valor econômico médio (US\$/ha ano, ano referência: 2000) |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Controle de cheias | 464 |
| Pesca amadora | 374 |
| Recreação | 492 |
| Filtragem de água | 288 |
| Biodiversidade | 214 |
| Berçário | 201 |
| Caça amadora | 123 |

Fonte: SCHUYT; BRANDER, 2004

Apesar do crescente reconhecimento do seu valor e importância, as *wetlands*, são continuamente modificadas com grandes custos, as quais estão desaparecendo, em nível mundial, enquanto outras estão sendo restauradas também com grandes custos.

3.2.2 Impactos e Medidas Recomendadas

Sarakinos *et al.* (2001) mostram que o atual sistema de gerenciamento das *wetlands* no *Quebec/Canadá*, não consegue proteger as espécies deste ecossistema, sendo necessário a adição de novas áreas de proteção no entorno. No entanto, esse processo não é economicamente nem socialmente viável, visto que a maioria das *wetlands* está localizada em áreas de grande concentração urbana. Já Long e Nestler (1996) fizeram uma análise do histórico hidrológico no rio Cachê (*Patterson, Arkansas/EUA*) e perceberam que mudanças de longo prazo no hidroperíodo indicaram um permanente declínio na magnitude dos níveis de água durante períodos de seca, que estavam associadas com o aumento de bombeamento de água e com mudanças do uso do solo nesta bacia. Assim, deve-se ressaltar que o fato de uma *wetland* possuir um sistema hidrológico contínuo, usos que modifiquem esse componente impactarão as partes contíguas.

Além disso, modificações do sistema hidrológico podem ser pensadas como uma autoperpetuação do processo, porque a solução para um problema geralmente cria outro problema para áreas adjacentes. Winter (1988) cita, por exemplo, que uma modificação na paisagem geralmente tem efeitos locais, mas múltiplas modificações podem ter impactos extensivos. Portanto, a adoção de práticas conservacionistas

para uma *wetland* deve contemplar a bacia hidrográfica como um todo, buscando avaliar os impactos em diferentes escalas.

No Brasil não é diferente a mentalidade sobre as *wetlands*. Existe uma variação geográfica das principais causas desse desaparecimento, sendo que as principais atividades impactantes variam bastante de acordo com a região em que ocorrem. Na região Norte, o maior problema é provocado pela falta de manejo adequado da pecuária bubalina, que degrada as áreas, formando canais nas áreas alagadas e mudando a hidrologia do sistema. Na região Sul e Sudeste a expansão agrícola é o principal problema desses ambientes, que são drenados para cultivo de arroz irrigado (IBAMA, 2010).

Resumidamente podem ser citados alguns principais problemas observados nas diferentes regiões brasileiras.

a) A retirada de água altera o padrão natural de vazão, afetando o aporte de nutrientes, alterando a composição da flora e da fauna existente no ambiente. Já a retenção exagerada de água pode contribuir para a alteração da qualidade do solo e a sua drenagem pode promover a acidificação do solo local. Estas alterações podem ser provocadas pela degradação dos cursos de água que abastecem as *wetlands*; retirada de água para uso agrícola, doméstico e industrial; construção de diques, barragens e represas; e drenagem para implantação de atividades agrícolas.

b) A atividade agrícola também afeta as *wetlands*. Além da alteração do solo, o uso de grandes quantidades de herbicidas e fertilizantes contribui para distúrbios na cadeia alimentar e para o desequilíbrio dos ecossistemas. A criação de gado, através do pisoteio do solo, provoca sua compactação, alterando as condições abióticas e bióticas do meio e, também, sua permeabilidade.

c) A ocupação urbana em áreas de *wetlands* é realizada por meio de loteamentos, construção de moradias e implantação de indústrias, cujo processo se dá com remoção da vegetação nativa, aterramento das áreas, disposição inadequada de resíduos sólidos (lixo), lançamento de efluentes (esgotos) domésticos e industriais. A alteração das *wetlands* pela urbanização agrava as enchentes nas cidades.

d) A pavimentação de ruas ou outras construções reduzem a infiltração das chuvas no solo, afetando o abastecimento do lençol freático e aumentando o

escoamento da água pela superfície. Isto ocasiona enchentes, aumento da erosão do solo e arrastamento de poluentes urbanos para o interior dos corpos hídricos.

e) A alteração da biota através da caça, da pesca, do desmatamento e a introdução de espécies exóticas são outros problemas de degradação das *wetlands*.

Nas últimas décadas, os seres humanos causaram alterações sem precedentes nos sistemas para atender a crescentes demandas de alimentos, água, fibras e energia, ajudando a melhorar a vida de bilhões de pessoas, mas, ao mesmo tempo, enfraquecendo a capacidade da natureza de prover outros serviços fundamentais, como a purificação da água e a proteção contra catástrofes naturais, uma vez que, por exemplo, rios e *wetlands*, sofreram alto impacto por mudanças no habitat e poluição por nitrogênio e fósforo (ALMEIDA, 2007) conforme Quadro 1.

QUADRO 1 - IMPACTOS QUE OCORREM EM CONSEQÜÊNCIA DAS VÁRIAS ATIVIDADES HUMANAS

| Atividade humana | Impacto nos sistemas | Valores/Serviços em risco |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Construção de represas | Altera o fluxo dos rios e o transporte de nutrientes e sedimentos | Altera habitats |
| Construção de diques e canais | Destrói a conexão do rio com as áreas inundáveis | Afeta a fertilidade natural das <i>wetlands</i> e os controles das enchentes |
| Alteração do canal natural dos rios | Modifica os fluxos dos rios | Afeta os habitats |
| Drenagem de áreas alagadas | Elimina um componente-chave | Perda de funções naturais de filtragem e de reciclagem de nutrientes e de habitats |
| Desmatamento/uso do solo | Altera os padrões de drenagem | Altera quantidade e qualidade das águas e o controle de enchentes |
| Poluição não controlada | Diminui a qualidade da água | Altera a disponibilidade hídrica |

Fonte: Modificado de TUNDISI; TUNDISI, 2008

3.2.3 Classificação das *Wetlands*

O primeiro passo para estudar uma *wetland* é definir a que nível hierárquico ela pertence. A Convenção de Ramsar divide as *wetlands* em três categorias principais de ambientes: costeiras, interiores e construídas. As costeiras compreendem ambientes de estuários, lagoas, recifes de corais e manguezais. As interiores se referem a áreas de lagoas, rios, cachoeiras, pântanos, turfeiras e campos de inundação. Por último, as construídas incluem canais, tanques de

piscicultura, áreas de armazenamento de água e mesmo áreas de estação de tratamento (SCHUYT; BRANDER, 2004).

Na literatura são encontradas diversas formas de classificar as *wetlands* em níveis (COWARDIN *et al.*, 1979; *Environmental Laboratory*, 1987; GIOVANNINI, 2003; TASSI, 2007). Cowardin *et al.* (1979) classificam em níveis marinho, estuarino, fluvial, lacustre e palustre e sub-níveis que consideram o fluxo de água, tipos de substrato, vegetação e espécies dominantes, regimes de inundação e níveis de salinidade para cada sistema. Outra forma de classificar é hidrogeomórfica de Brinson (1993) que considera três componentes: a geomorfologia que incluem as *wetlands* de depressão, fluviais, de orlas e turfeiras extensivas; a origem da água que pode ser através da precipitação, escoamento superficial e recarga subterrânea; hidrodinâmica que está relacionado com o movimento da água.

Neiff (1999) propõe uma classificação de natureza fisiográfica e dinâmica, que contempla como parâmetros principais o marco geomorfológico e a relação de alagamento com os sistemas vinculados à *wetland*. As principais *wetlands* são: aluvial, marginal, fluvial e lacustre. No sul do Brasil, outro termo bastante usado é o banhado, empregado para caracterizar extensões de terras baixas inundadas pelos rios (GUERRA, 1997). Os banhados e as planícies de inundação são reconhecidos como mosaicos de ecossistemas altamente dinâmicos, de bordas lábeis, onde a estabilidade e a diversidade estão condicionadas primeiramente pela hidrologia e pelos fluxos de matérias (NEIFF, 1999).

A palavra banhado provém do termo espanhol bafiado, sendo utilizada principalmente no Rio Grande do Sul. Na maior parte do país, esses ambientes são conhecidos como "brejos", embora sejam chamados também de "pântanos", "pantanal", "charcos", "varjões" e "alagados", entre outros. Na classificação de vegetação do projeto RADAMBRASIL (IBGE, 1996) os banhados aparecem como Áreas Pioneiras de Influência Fluvial.

As planícies de inundação se constituem em superfícies de agradação horizontalizadas, que se estendem ao longo dos rios, incluindo as áreas de *wetlands* propriamente ditas, com ocorrência de solos hidromórficos gleyzados e solos orgânicos. As suas restrições ao uso do solo dizem respeito a inundabilidade dos terrenos e à estabilidade dos cursos d'água que as controlam (PARANÁ, 1989;

YAMAMOTO, 2005). As planícies constituem sistemas complexos que contém vários subsistemas, e por este motivo, são considerados macrossistemas que compreendem sistemas aquáticos permanentes, temporários e setores de terra firme, dominando areal e funcionalmente os ambientes aquáticos temporários. Estes macrossistemas constituem uma unidade ecológica de funcionamento, em razão dos fluxos de matéria e energia, suas transformações internas que surgem ao comparar entradas e saídas de elementos inorgânicos e orgânicos que normalmente estão relacionados com os pulsos (NEIFF, 1999).

Essa classificação enfatiza a imensa diversidade das *wetlands*, no entanto percebe-se que, de forma geral, as *wetlands* têm ligações estruturais e funcionais com sistemas terrestres e aquáticos. Por outro lado, a estrutura, processos internos e funções das *wetlands* são suficientemente diferentes dos sistemas terrestres ou aquáticos, portanto requerem uma base de conhecimento específico para as mesmas (LEMLY, 1999).

Assim as várzeas do rio Iguaçu enquadram-se na classificação de *wetland*, acima mencionada, como interior, fluvial e aluvial.

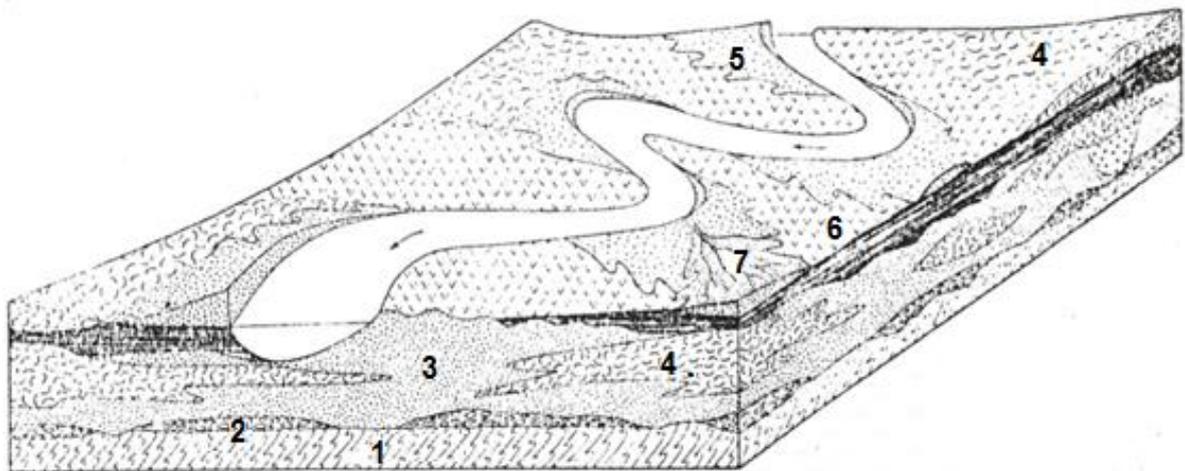
3.2.4 Várzeas

Convém, também, que se caracterize o processo sedimentar fluvial original atuante nas planícies quaternárias anteriormente à urbanização, entendendo conforme Jean Dresch (*apud* PELOGGIA, 1998) que o estudo da transformação das paisagens pelo homem só é autorizado pelo estudo da paisagem natural, e somente a partir daí se pode passar ao exame de uma explicação total.

Entre os processos responsáveis pela formação das várzeas, Suguio e Bigarella (1979) citam: a) deposição lateral no canal nas partes convexas (barras de meandro); b) deposição nas enchentes sobre os diques naturais; c) colúviação. A proporção entre eles depende das características das enchentes, além da disponibilidade e do diâmetro dos detritos. Leopold, Wolman e Miller (1964 *apud* SUGUIO; BIGARELLA, 1979) assinalam que parte das várzeas está sujeita à deposição de colúvio procedente das vertentes do vale, resultante do escoamento superficial e movimentos de massa locais.

Os *valley flats*, conforme Figura 6, representam o último preenchimento dos vales com sedimentos. Neles, vários níveis de terraços formados nas inundações (*overbank flow*), documentam flutuações climáticas, traduzidas por mudanças das condições hidrológicas e no regime do curso d'água (BIGARELLA; MOUSINHO, 1965).

FIGURA 6 - CORTE ESQUEMÁTICO DO VALLEY-FLAT



NOTA: 1 – Substrato rochoso; 2 – depósitos de cascalho do assoalho da várzea; 3 – depósitos dos canais anastomosados, do canal meandrante e dos diques marginais; 4 – colúvio; 5 – depósitos arenosos dos diques marginais; 6 – depósitos de planície de inundação; 7 – depósitos de rompimentos dos diques marginais.

Fonte: BIGARELLA; MOUSINHO, 1965

Apesar da antiga várzea representar em toda a sua extensão uma unidade estrutural definida, ela pode em parte ser recoberta por uma outra unidade, o manto coluvial. As várzeas de inundação atuais dos rios também podem apresentar uma rampa de colúvio, cuja continuidade em relação ao fundo horizontal resultante do preenchimento aluvial é de tal forma marcante, que muitas vezes se torna difícil fazer a sua separação no campo, sem que seja em sub-superfície. Trata-se, portanto, de formas de separação pouco nítidas e tende-se a considerar ambas as feições como um único conjunto, ou seja, a várzea dentro de um sentido mais amplo.

Para Thornbury (1958 *apud* BIGARELLA; MOUSINHO, 1965), os depósitos da várzea são geralmente mais grosseiros na base e os mais finos depositados durante as enchentes no leito maior do rio. Bigarella e Mousinho (1965) verificam uma espessura apreciável dos depósitos de várzea. Em Curitiba, atingem de 8,00 a

15,00 m, desconhecendo-se ainda a sua maior espessura. Os depósitos são caracterizados por duas seqüências sedimentares distintas: A mais antiga, constituída por depósitos de cascalho de natureza variável (quartzo, gnaisses e outras metamórficas), ou de areia grosseira; A mais recente assenta sobre a anterior, sendo constituída por sedimento formado de rochas pré-existentes (clásticos) mais finos (siltico-argilosos). O resultado da ação meandrante dos rios no preenchimento das várzeas origina camadas de areia dispostas irregularmente no espaço. A seqüência mais recente assenta inconformemente sobre a anterior, sendo o conjunto recoberto por um manto coluvial.

Para Leopold, Wolman e Miller (1964 *apud* SUGUIO; BIGARELLA, 1979) a várzea constitui um espaço deposicional do vale dos rios. Os sedimentos deslocando-se ao longo do vale são temporariamente retidos na várzea. Em condições de equilíbrio, a entrada e saída de sedimentos são equivalentes. Um rompimento das condições de equilíbrio por mudanças no regime hidrológico (incluindo mudanças no suprimento de água e sedimentos) resulta na alteração da várzea.

O transbordamento dos rios constitui um importante processo sedimentar, especialmente importante em sistemas fluviais, onde as águas têm sua velocidade bruscamente diminuída, provocando a deposição da fração mais grosseira de sua carga suspensa imediatamente às margens do canal constituindo os depósitos de diques naturais. A fração mais fina da carga em suspensão é espalhada pela planície de inundação, originando os depósitos de planície de inundação ou de várzea (SUGUIO; BIGARELLA, 1979).

A presença de solos hídricos ou hidromórficos é fator de identificação das *wetlands* e pode ser definido como Giovannini (2003): solos formados sob condições de saturação, alagamento ou inundação por tempo suficientemente longo durante a estação de crescimento, para gerar condições de anaerobiose em sua parte superficial.

Segundo Tassi (2007), o conhecimento do tipo de substrato da *wetland* permite construir um retrato de como a mesma pode ser gerenciada. E cita que, se o solo é arenoso, durante o período seco haverá pouca retenção de água e, assim, poucas condições de desenvolvimento de vegetação. E, também, quando há uma

maior concentração de argila, o substrato será mais consolidado durante uma seca e, conseqüentemente, não haverá re-suspensão do solo quando perturbado por uma inundação.

Os solos aluviais de textura fina ou de nível hidrostático muito raso possuem baixa permeabilidade vertical, apresentando camadas superficiais sempre úmidas, ricas em matéria orgânica e subsolos pouco desenvolvidos. As áreas onde naturalmente se encontra a turfa (solo que contém uma proporção elevada de matéria orgânica, principalmente plantas na superfície) podem ser definidas como *peatlands* ou turfeiras, *wetlands* importantes, para a manutenção de suprimento seguro de água limpa para os rios e como reservatório de carbono (IPCC, 2010). A Figura 7 ilustra uma área com turfa que recebe água e nutrientes do solo, subsolo e precipitação.

FIGURA 7 - PAISAGEM ONDE PREDOMINA ÁREA COM TURFA



Fonte: Atkins Brook, Kejimikujik National Park, Nova Scotia, Environment Canada 1999.
<http://www.ipcc.ie/wpcanada.html>

Unidades Fisiográficas das Várzeas

A paisagem de planície aluvial apresenta-se complexa e com grande desenvolvimento de linhas de escoamento, bem como, numerosos canais abandonados, lagunas, banhados ou bacias de inundação, pântanos, diques marginais, barras de meandro, muitas ladeadas por um ou mais terraços fluviais.

Diques marginais

Como elementos morfológicos são notórios os diques marginais, que aparecem como elevações paralelas aos cursos d'água (atuais ou abandonados) (SUGUIO; BIGARELLA 1979). Os diques marginais encontram-se próximos ao leito dos rios e apresentam-se topograficamente mais elevados que as demais unidades fisiográficas da paisagem aluvial. Os solos ocorrentes sobre os diques apresentam uma maior contribuição da fração areia grossa comparados com os materiais constituintes dos solos ocorrentes na bacia de inundação (SOUZA, 1990). Por estarem localizados em posição topográfica mais elevada, apresentam menor influência do lençol freático e, portanto, melhor condição de drenagem favorecendo o estabelecimento de vegetação arbórea (SUGUIO; BIGARELLA, 1979; SOUZA, 1990).

Bacias de inundação

As bacias de inundação são alongadas e apresentam comprimento duas a oito vezes a largura (BIGARELLA; SUGUIO, 1979). Geralmente, dispõem-se paralelamente aos cursos d'água, e tendem a aumentar para jusante. Constituem depressões na planície de inundação e, freqüentemente, possuem um conjunto de pequenos canais, em parte herança de sistemas mais velhos. Estes canais facilitam a entrada da água nas bacias durante as enchentes, bem como auxiliam a drenagem das mesmas durante as vazantes.

A bacia de inundação apresenta-se subdividida em dois compartimentos: bacia de inundação alta e bacia de inundação baixa. A bacia de inundação baixa, normalmente, encontra-se próximo ao centro da planície de inundação, fato este observado por Souza (1990). O material sedimentado na bacia de inundação é fino, normalmente argiloso e que se deposita lentamente por ocasião dos transbordamentos. Por estarem localizadas em posições mais baixas da paisagem, apresentam lençol freático superficial ou até mesmo acima da superfície do solo. Como a condição de drenagem é deficiente, ocorre o favorecimento do desenvolvimento de uma vegetação adaptada ao excesso de água: como exemplo, o campo subtropical hidrófilo de várzea (SOUZA, 1990; CURSIO, 2006). A bacia de

inundação alta encontra-se cerca de 1,0 a 1,50 m elevada, em relação a de inundação baixa. Apresenta sedimentos argilosos e uma vegetação característica de campo subtropical higrófilo de várzea, podendo ocorrer espécies arbustivas (SOUZA, 1990; CURSIO, 2006).

Canais abandonados

Os canais abandonados ocorrem associados a rios meandantes, pela tendência que têm para cortar atalhos. Um lago formado por atalho em colo é rapidamente bloqueado pela corrente devido a grande mudança de ângulo na direção do fluxo. O canal principal do lago é preenchido pelos materiais finos decantados das fases de enchentes. Muitos dos canais abandonados tornam-se verdadeiros lagos com flora e fauna abundante, com baixa taxa de sedimentação. Inicialmente, a sedimentação nos canais abandonados é rápida junto às áreas dos atalhos, diminuindo, posteriormente, com o bloqueio progressivo do canal isolado (SUGUIO; BIGARELLA, 1979).

Barra de meandro

Enquanto o transbordamento acarreta uma acumulação por acreção vertical, a migração lateral dos canais e o desenvolvimento de meandros são processos de sedimentação por acreção lateral. Os meandros e as barras de meandros constituem os aspectos mais notáveis da paisagem aluvial. As barras ocorrem principalmente próximas à margem convexa do canal fluvial sendo formadas por cordões de barras. Entre os cordões de barra encontram-se áreas mais baixas com banhados, poças ou braços rasos da corrente (THORNBURY, 1966; SUGUIO; BIGARELLA, 1979; CHRISTOFOLLETTI, 1981; SOUZA, 1990). Por estarem localizadas próximas ao canal fluvial, normalmente, apresentam-se constituídos de sedimentos grosseiros, conferindo à unidade, boas condições de drenagem (LEOPOLD; WOLMAN; MILLER., 1964; SOUZA, 1990; CURSIO *et al*, 2007), com a parte mais alta apresentando vegetação arbórea e a parte mais baixa uma vegetação de campo (SOUZA, 1990; CURSIO *et al*, 2007).

Terraço fluvial

Os terraços, de uma maneira geral, são superfícies planas ou quase planas que se destacam na paisagem fluvial em posições mais elevadas que os demais compartimentos da várzea (CHRITOFOLLETTI, 1981; SOUZA, 1990). Também são encontrados, com pequena expressão areal, pequenos leques colúvio-aluviais sobre os terraços, normalmente localizados na porção mais alta do terraço e próximo às vertentes das encostas (SOUZA, 1990).

3.2.5 Várzeas Urbanas

As *wetlands* são pontos de extravasamento natural dos rios, atuando na contenção de eventos hidrológicos críticos (TOCKNER; STANFORD, 2002; MMA, 2006a). Essencialmente, as inundações e em menor grau as secas, são problemas eminentemente humanos, já que a estrutura dos ecossistemas inundáveis e a biota em seus diferentes níveis de integração estão ajustadas mediante mecanismos de seleção adaptativa que tem operado de forma contínua durante períodos muito prolongados. A inundação é a “mala” de processos biológicos, sociais, econômicos, políticos e culturais que se originam do extravasamento das águas sobre um território. Esta situação pode resultar prejudicial por sua magnitude, amplitude, pelo inesperado de sua ocorrência, mas também pela incoerência do funcionamento da sociedade humana antes, durante e depois de sua manifestação (NEIFF, 1999; CURSIO *et al*, 2007).

A deterioração da qualidade das águas, a impermeabilização, a perda do meandar como um processo ambiental natural do rio, com a construção de obras de engenharia sobre os rios, de canalização, retificação, drenagem, polderização, represamento, entre outras, ao alterar o regime hidrológico, produzem efeitos concatenados sobre as *wetlands* da bacia (NEIFF, 1999; VERHOEVEN *et al.*, 2008). Uma alteração na vazão modifica a capacidade do rio para transportar sedimentos e desta maneira interfere no balanço dos processos de erosão/sedimentação que controlam as formas do leito e a renovação das geoformas da paisagem (NEIFF, 1999; NEIFF, 2008). As obras de dragagem e canalização, entretanto, não devem

chegar a isolar a planície do curso d'água, pelo que não são esperadas distorções no fluxo de nutrientes entre o curso do rio e sua planície inundável, segundo Neiff (1999). A vegetação dessa planície exerce um forte efeito de amortização (diminuição de picos e retardo das ondas de cheias), dissipando grandes volumes de água, evaporação, evapotranspiração e infiltração. Está bem demonstrada a interação entre os subsistemas hidrologia e biota da paisagem. (NEIFF, 1999; NEIFF, 2008).

A variação nos níveis fluviométricos promove a conectividade entre diferentes *wetlands* e destas com os cursos d'água, promovendo o fluxo de nutrientes e de organismos aquáticos, essencial ao funcionamento dos sistemas fluviais (NEIFF, 1999; TOCKNER; STANFORD, 2002; NEIFF, 2008; VERHOEVEN *et al.*, 2008). A alteração dos pulsos de inundação resulta na quebra da conectividade entre diferentes ambientes, como canal principal, lagos e outras *wetlands* (NEIFF, 1999; TOCKNER; STANFORD, 2002; NEIFF, 2008; VERHOEVEN *et al.*, 2008).

O problema das enchentes continuará se agravando consideravelmente no futuro, mesmo com construção de barragens de controle. Enormes e crescentes quantidades de material mais fino, como areia, silte e argila (SUGUIO; BIGARELLA, 1979, TUNDISI; TUNDISI, 2008) e parte do fósforo e outros nutrientes, aderidos aos sedimentos transportados (NEIFF, 1999; TUNDISI, 2008). podem ser depositadas no leito ou nas várzeas dos rios, retidos nas barragens, reservatórios, canais de drenagem, sempre causando prejuízos (SUGUIO; BIGARELLA, 1979, CURSIO *et al.*, 2007).

Para que não se perca a possibilidade de realização das atividades de lazer como banhos, esportes aquáticos e pesca, principalmente para as futuras gerações, é fundamental a preservação da qualidade das águas (KOBAYAMA *et al.*, 2008).

3.2.6 Wetlands Urbanas

Grandes populações correspondem a pressões maiores sobre a integridade dos processos ecológicos garantidos por *wetlands*. Estão sendo modificadas ou seus recursos são super explorados, ou empreendimentos e urbanizações a

montante alteram a qualidade e as vazões das águas que as alimentam (TUNDISI, 2008). Tem-se com frequência os casos que tomadores de decisão negligenciam ou subestimam os valores de *wetlands* conservadas em oposição à alocação de suas áreas e águas para outros propósitos, que apesar de terem sido realizadas no interesse da sociedade, perderam para atividades que resultaram em benefícios limitados e em custos para a sociedade (SCHUYT; BRANDER, 2004). Assim se o objetivo central é a expansão das fronteiras urbanas, o valor das *wetlands* pode ser nulo. Nestas situações as *wetlands* são alteradas e utilizadas. É dizer, uma prioridade temporal da sociedade ou, mais apropriadamente, de uma parte dela, determina que o objetivo seja priorizado desprezando as funções para chegar ao conceito de valor.

Por outro lado, grandes populações também tendem a imprimir grandes demandas em bens e serviços das *wetlands* e também altos valores econômicos (SCHUYT; BRANDER, 2004). As *wetlands* nas regiões metropolitanas são partes relevantes da paisagem urbana e componentes importantes do sistema, desempenhando, além da função de controle dos níveis de nutrientes, a regulação dos ciclos biogeoquímicos, e assim mantendo a biodiversidade. Independente de serem naturais ou construídas, desempenham uma função fundamental na melhoria ambiental nas regiões metropolitanas (TUNDISI, 2008). As *wetlands* urbanas possuem funções ecológicas importantes para a manutenção do equilíbrio das regiões em que se desenvolvem, por serem ecossistemas que provêm vários serviços ambientais, tanto para a população local que vive no seu entorno quanto para as comunidades localizadas fora da sua área (SCHUYT; BRANDER, 2004; NOVILLO, 2008).

As *wetlands* fornecem os serviços de água doce, alimentos, controle de poluição, controle de enchentes, retenção de sedimentos e transporte, controle de doenças, ciclo de nutrientes, lazer e ecoturismo e valores estéticos. Nas áreas urbanas deveriam, entre outros, prestar os serviços de parques e jardins, controle da qualidade da água, controle do clima local, patrimônio cultural, lazer e educação (ALMEIDA, 2007, TUNDISI, 2008). Superadas as necessidades primárias ou materiais dos habitantes urbanos, as *wetlands* proporcionam a oportunidade de cobrir necessidades de caráter psicológico ao cidadão: a relação social, a oferta

cultural, a possibilidade da prática de diversos esportes e a existência de áreas recreativas ou parques de tipos diversos (PIA, 1992). Um dos aspectos fundamentais da política de áreas verdes urbanas de Curitiba deverá ser a reafirmação da recreação e do lazer como fatores indispensáveis ao equilíbrio físico e mental do ser humano e ao seu desenvolvimento (<http://www.cidadesinovadoras.org.br>).

Como colocado pela Avaliação Ecológica do Milênio – AEM, medidas de preservação de recursos naturais teriam mais chances de sucesso se tomadas sob a responsabilidade das comunidades, que compartilhariam de seus benefícios (WRI, 2006). A tecnologia e o conhecimento disponíveis na atualidade podem reduzir consideravelmente o impacto humano nos sistemas (YAMAMOTO, 2005), mas sua utilização em todo o seu potencial permanecerá reduzida enquanto os serviços oferecidos continuarem a ser percebidos como "gratuitos" e ilimitados, e não receberem seu devido valor (ALMEIDA, 2007). Assim, esforços coordenados de todos os setores governamentais, empresariais e institucionais, no tocante a política de investimento, comércio, subsídios, impostos e regulamentação, serão necessários para uma melhor proteção.

A *The Nature Conservancy* aposta no conceito de “paisagens produtivas funcionais”. São “produtivas” porque promovem a atividade econômica e “funcionais” porque garantem ao mesmo tempo a conservação da biodiversidade e dos serviços ambientais (ALMEIDA, 2007).

Existe uma tendência crescente em restauração de *wetlands*, incluindo re-naturalização de rios, reabilitação de planícies de inundação degradadas, e desativação de represas, especialmente em países industrializados. Muitos países investem grandes somas na restauração de *wetlands* nas quais investiram dezenas ou centenas de milhões de dólares em aterros e canalizações. Na bacia do rio Reno, bilhões foram investidos objetivando a reserva de áreas para retenção e a garantia de mais espaço lateral para as cheias naturais (SCHUYT; BRANDER, 2004). Ao invés de apostar na criação dos parques lineares e na preservação da função natural das várzeas em recolher, reservar as águas das chuvas intensas e deixar escoar lentamente evitando as enchentes, a cidade de São Paulo, permitiu o tipo de urbanização barata e que saiu caro, a ocupação sistemática das áreas de várzeas,

jogando-se o rio embaixo de avenidas, criando-se avenidas em torno de todos os rios importantes. Na atualidade, a cidade intervém urbanisticamente em 20 áreas para a criação de parques lineares, margeando os rios, ampliando as áreas de lazer e as áreas verdes urbanas (MARCONDES, 2008).

3.2.7 Wetlands Construídas

Na natureza as *wetlands* possuem importante papel ecológico, tendo sido comprovada a capacidade dessas zonas em melhorar a qualidade da água (MITSCH; GOSELINK, 2000; JING; LIN, 2004; KOBAYAMA *et al.*, 2008). A princípio, essas áreas naturais foram utilizadas para depuração de esgotos e, posteriormente, serviram como inspiração para o ser humano que passou a construir esses sistemas para tratamento de esgoto, chamados, também, de *wetlands*. Essas técnicas apresentam eficiência comprovada de degradação da matéria orgânica, precipitação do fosfato e remoção do nitrogênio por nitrificação e desnitrificação microbiana (BACHAND; HORNE, 2000; PHILIPPI; SEZERINO, 2004; JING; LIN, 2004; KOBAYAMA *et al.*, 2008). Além disso, também ocorre sedimentação e filtração de sólidos suspensos, eliminação de metais e patógenos (USEPA, 1988; LIM *et al.*, 2001; KOBAYAMA *et al.*, 2008).

Uma alternativa possível para limpar a água é o tratamento no rio a montante de sua foz ou ainda imediatamente a jusante do lançamento. Técnicas e sistemas sustentáveis com boa performance custo/benefício podem assumir diferentes formas e incluem: *wetlands* construídas, restauradores e filtros.

Filtros de areia subterrâneos, apesar de não proverem paisagem podem ser usados como opção de tratamento sem adição de produtos químicos, tanto de águas residuárias (BRIX; ARIAS, 2005) como de águas dos rios conforme experiência de purificação do rio Tama, Japão, a partir de 1973, com a instalação de filtros de pedregulho em três de seus afluentes Nogawa, Hirasegawa e Yajigawa, pois a poluição que excede a capacidade depuradora do rio acaba descendo seu curso sem ser resolvida. Os sistemas (Figura 8) conduzem as águas represadas por barragem inflável (OTA, 1991) por entre os pedregulhos e multiplicam a capacidade depuradora do ambiente natureza, que precisa de longo tempo e longas distâncias.

FIGURA 8 - SISTEMAS NOGAWA, HIRASEGAWA E YAJIGAWA



NOGAWA
Fonte: TAMAGAWA

HIRASEGAWA

YAJIGAWA

A água afluyente aos sistemas Nogawa, Hirasegawa e Yajigawa com DBO de 13, 20 e 15 mg/L foi devolvida ao rio com DBO entre 0,5 e 1,5 mg/L, resultando em eficiência superior a 90%.

Os represamentos deixam de ser considerados problemas (risco de enchentes) em áreas urbanas com a técnica da barragem inflável, vez que opera no automático: dependendo do nível da água, o esvaziamento é acionado.

Tocchetto *et al.* (2008) desenvolveram uma estrutura flutuante vegetada com diferentes espécies de plantas que possam estender seus sistemas radiculares na água. No primeiro experimento instalaram uma faixa transversal ao rio, enquanto no segundo experimento instalaram duas faixas. Os resultados obtidos são apresentados em Tabela 2.

TABELA 2 - EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS COM VEGETAÇÃO FLUTUANTE TRANSVERSAL AO RIO

| | Experimento 1 | | | Experimento 2 | | | |
|----------------------------|---------------|----------|------------|---------------|--------|----------|------------|
| | afluente | efluente | eficiência | afluente | centro | efluente | eficiência |
| DQO | mg/L 22,4 | 6,1 | 73% | 45,2 | 5,8 | 4,7 | 90% |
| DBO ₅ | mg/L 4,1 | 1,9 | 54% | | | | |
| Nitrogênio Total | mg/L 9,7 | 6,8 | 30% | | | | |
| Fósforo Total | mg/L 0,5 | 0,1 | 80% | 0,079 | 0,071 | 0,051 | 35% |
| Nitrato (NO ₃) | mg/L | | | 6,5 | 6,6 | 6,5 | 0% |
| Sólidos Suspensos | g/L | | | 34 | 10,3 | 3 | 91% |
| Turbidez | | | | 6,9 | 3,8 | 0 | 100% |

Fonte: TOCCHETTO *et al*, 2008

Outra tecnologia ecológica que associa vegetação sobre estrutura flutuante, bem mais elaborada que a apresentada acima foi utilizada em *Fuzhou*, China, uma cidade com, aproximadamente, 3 milhões de habitantes na bacia do Min River, que sofria as conseqüências de seu rápido crescimento. Com seus canais históricos cheios de lixo, esgoto *in natura* e sedimento, ocupando as ruas do entorno com um fedor insuportável, adotou uma solução não convencional. Estruturas conhecidas como *living machines*, restauradores que podem tratar esgotos e outras águas em canais ou lagoas construídas ou serem utilizados para manter ou restaurar a saúde de lagoas e rios (<http://toddecological.com>) foram instaladas em 2004 ao longo de 600 m do canal de *Baima*, que recebia esgoto de 12.000 pessoas em 40 pontos, em área densamente ocupada. Após um ano de operação, as águas ao longo do canal se tornaram claras, sem odor desagradável e ainda contento muitos peixes, tempo em que os vizinhos do canal relataram terem visto borboletas e pássaros pela primeira vez em suas vidas (Figura 9).

FIGURA 9 - RESTAURADORES *LIVING MACHINES*, CANAL DE *BAIMA*, CHINA

Fonte: OAI (2008)

Os índices de amônia (de 80 ppm para 10 a 15 ppm) e DBO (de 150 mg/L para 15 mg/L) decresceram, enquanto o oxigênio dissolvido (de 0,3 e 0,5 mg/L para 6 mg/L) que suporta a vida foi aumentado. O sistema instalado corre no meio do canal acompanhando passarelas ladeadas por decks que abrigam, entre outros, 100.000 plantas, resultando em uma bela estrutura e um sistema funcional que custou 1/8 do custo de um tratamento convencional de esgotos (CHARMAN, 2004).

Desenvolvidas na Alemanha, Estados Unidos, Reino Unido e Dinamarca, as *wetlands* construídas são uma evolução das técnicas de filtração e purificação, utilizando plantas aquáticas. Ricas em nutrientes atuam, também, como habitat da vida selvagem ou para a recuperação de um sítio ou lugar após ter sido impactado por poluição ou extração (MOLLE *et al.*, 2005).

Os sistemas com plantas são eficientes porque o processo de degradação da matéria orgânica (mineralização, nitrificação, desnitrificação) é muito completo, devido a grande biomassa. Além disso, são removidos não só nutrientes (por exemplo, fosfatos) que levam a eutrofização das águas, mas também coliformes e substâncias inorgânicas, como metais pesados. Os custos de operação e manutenção são extremamente baixos. Podem ser, se desejável, configurados como elementos de paisagismo, por exemplo, em forma de jardins e parques.(FATMA, 2002).

No sistema *Krefeld* (Figura 10) a água percorre alternativamente horizontal e verticalmente vários canteiros em diferentes níveis e com diferentes espécies de plantas, onde se desenvolvem comunidades específicas de microorganismos.

FIGURA 10 - SISTEMA *KREFELD*



em construção



em funcionamento

Fonte: FATMA, 2002.

No sistema “Zona de Raízes”, a água percorre horizontalmente (BOOS; PANCERI; PIROLA, 2000) ou verticalmente, várias camadas de substratos diferentes (cascalho, brita e areia) que estão densamente entremeadas por raízes de plantas (FATMA, 2002), por exemplo, *Ziganopsis bonariensis*, conhecida como junco brasileiro.

Para tratar 1.000 L d^{-1} exige-se uma área aproximada de $2,16 \text{ m}^2$, e quando se trata de água de córrego, é necessária a construção de uma represa para captar a água a ser conduzida ao sistema (BOOS; PANCERI; PIROLA, 2000). No sistema hidrobotânico, o fluxo de água é horizontal, que flui livremente, onde o material ao fundo serve para fixar as plantas (FATMA, 2002).

Em *Ban Pru Teau*, um sistema com 220 m^2 plantados com *Canna generalis* trata $40 \text{ m}^3/\text{d}$ de efluentes de fossas sépticas de 80 residências. Em *Patong*, um sistema composto de uma *wetland* construída de fluxo horizontal com 3000 m^2 plantados com *Canna generalis* e de um lago com 2000 m^2 trata as águas poluídas de canais de drenagem (capacidade de $1.000 \text{ m}^3/\text{d}$) (KONNERUP; BRIX, 2008). A água é dirigida para uma série de lagos e *wetlands* construídas para a remoção da matéria orgânica e poluentes e devolvidas ao rio que segue seu caminho para o mar. O afluente flui horizontalmente através do filtro arenoso vegetado contido numa membrana. Micro-organismos aeróbios e bactérias digerem a matéria orgânica do afluente enquanto as raízes das plantas (*Canna generalis*) provêm oxigênio para as bactérias e a captura dos poluentes. Acima da superfície as plantas contribuem esteticamente com o ambiente (<http://www.hans-brix.dk>).

Na ilha de *Koh Phi Phi Don*, um sistema múltiplo de *wetland* construída com área total de 6000 m^2 , composto de *wetlands* construídas de fluxo vertical (2.300 m^2), de fluxo subsuperficial horizontal, de fluxo superficial horizontal (1.500 m^2) e lagos (200 m^2) (Figura 11) trata $400 \text{ m}^3/\text{d}$ de esgotos de um hotel incorporando-se como jardins. O sistema remove os contaminantes e retorna a água para reuso nos hotéis, restaurantes e residências da ilha. As espécies utilizadas foram variedades de *Canna* e *Heliconia* (KONNERUP; BRIX, 2008).

Um sistema de depuração, utilizando uma espécie de bambu foi validado pela agência francesa responsável pela água, que embora ainda não possa ser aplicada a todas as poluições, têm uma vantagem estética em relação às estações

de depuração clássicas, e além disso, a tecnologia permite reciclar o bambu, que se apresenta menos eficiente quando termina seu crescimento com até 20 m de altura (FRANÇA, 2004).

O sistema físico-biológico “zona de raízes”, uma *wetland* construída de fluxo subsuperficial horizontal, que envolve processos aeróbicos e anaeróbicos de tratamento, não produz odor e lodo, requer uma área de 0,5 a 0,7 m²/habitante, se integra de forma não agressiva ao ambiente, propiciando potencial paisagístico. Utiliza-se de agregados graúdos (brita e areia) e plantas nativas da flora e exóticas adaptadas. Atende aos principais parâmetros da legislação ambiental brasileira referente ao lançamento de efluentes tratados em corpos hídricos (VAN KAICK *et al*, 2008). A eficiência da estação de tratamento de esgoto por zona de raízes, conforme Tabela 3, se deve ao trabalho desempenhado pela vegetação, tendo sido utilizada a *Canna indica*, parte importante do sistema.

FIGURA 11 - WETLAND CONSTRUIDA DE KOH PHI PHI DON



Vista aérea do sistema



Concepção do sistema



Lago central



Canna da wetland de fluxo vertical

Fonte: <http://www.cowi.com>; Laugesen *et al.*, 2010

Nota: VF – *wetlands* de fluxo vertical; HSSF – *wetlands* de fluxo subsuperficial horizontal; SF – *wetlands* de fluxo superficial horizontal

TABELA 3 - EFICIÊNCIA DO SISTEMA “ZONA DE RAÍZES” – WETLAND DE FLUXO SUBSUPERFICIAL HORIZONTAL - ESCOLA MUNICIPAL PADRE LUIGI SALVUCCI, FOZ DO IGUAÇU/PR

| Parâmetro | Unidade | Concentração | | Eficiência (%) |
|-----------------------------------------|-----------------|--------------------|------------------|----------------|
| | | Entrada no sistema | Saída do sistema | |
| OD – oxigênio dissolvido | mg/L | 0,9 | 3,1 | 71 |
| TU – turbidez | UN | 16,1 | 16,1 | 0 |
| Sólidos Sedimentáveis | l (Cone Himoff) | 1,5 | 0,3 | 80 |
| DBO – demanda bioquímica de oxigênio | mg/L | 195 | 45 | 77 |
| DQO – demanda química de oxigênio. mg/L | | 526,5 | 121,5 | 77 |

Fonte: VAN KAICK *et al*, 2008

Os passeios elevados permitem que os visitantes acessem áreas que seriam inacessíveis devido à fragilidade do habitat ou da dificuldade do terreno e oferecem menos impacto na hidrologia do local em comparação com um caminho construído (<http://www.wwt.org.uk>). A Figura 12 ilustra o parque *wetland* de *Hong Kong*, o primeiro construído em área de mitigação de *wetland*.

FIGURA 12 - HONG KONG WETLAND PARK



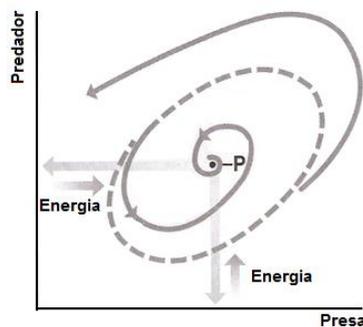
Fonte: <http://www.wwt.org.uk>; <http://www.afcd.gov.hk>;

3.3 INDICADORES DE ESTADO

O conceito de sustentabilidade parte da premissa de que há uma resiliência nos ecossistemas e, portanto, uma capacidade de uso (ALMEIDA, 2007). A resiliência nos *Everglades, Florida, USA*, no entanto, não foi suficiente para evitar que as alterações nos padrões de flutuação dos níveis da água causassem sérios danos e a vegetação original, que se apresentava na forma de um mosaico heterogêneo, foi substituída por uma paisagem bastante uniforme (SCT, 2003). Os sistemas de *wetlands* não são frágeis, uma vez que derivam das próprias alterações a que foram submetidos, retendo considerável biodiversidade, embora, também, não são infinitamente resilientes (TASSI, 2007).

Para que o uso dos serviços ambientais seja sustentável, deve estar dentro da Zona de Domínio de Atração. É uma zona teórica, em que os diversos componentes do ecossistema interagem em equilíbrio dinâmico, apresentada na Figura 13.

FIGURA 13 - ZONA DE DOMÍNIO DE ATRAÇÃO



Fonte: HOLLING, 1978 *apud* ALMEIDA, 2007

Vetores de pressão sobre os ecossistemas podem coexistir, contudo, se deslocarem o ponto P para além da área pontilhada, chamada de Zona de Domínio de Atração, duas situações podem ocorrer: o sistema se extingue ou o equilíbrio se estabelece em outro patamar, isto é, outra área de equilíbrio dinâmico com menor diversidade biológica. O problema se dá quando o ecossistema perde a capacidade de prestar o serviço ambiental ou a capacidade de autodepuração, caminhando para a extinção. É isso que caracteriza o uso insustentável. Do ponto de vista da

sustentabilidade, a última é a situação mais aceitável, na qual certo grau de perda da diversidade é inevitável. (ALMEIDA, 2007).

Os indicadores de estado de uma *wetland* podem ser entendidos como “elementos” que compõem a mesma e permitem investigar o grau de perturbação ao qual está submetida, avaliar a resiliência de espécies específicas, além de se constituírem em importante ferramenta quando o assunto é recuperação ambiental, podendo ser extrapolados de um local extensivamente estudado para *wetlands* de regiões menos conhecidas (TASSI, 2007). Qualidade de água, fitoplâncton, zooplâncton, peixes e vegetação foram utilizados como indicadores de estado, os quais permitiram encontrar muitas diferenças na abundância e composição das espécies (fauna e flora) do passado com relação ao presente, interpretadas como sendo de relevante importância para a mudança da biodiversidade e dos estados de qualidade.

A integridade da comunidade vegetal, a composição química e física da água e solo de *wetlands* da *Florida*, EUA, foram determinadas e correlacionadas com o grau de alteração do solo em cada região. Através desses indicadores de estado, foram obtidas correlações significativas entre as variáveis analisadas, permitindo determinar a qualidade da água das *wetlands* em função dos usos do solo, e, posteriormente, prever impactos futuros nas mesmas (REISS, 2006). As ações de gerenciamento nos *Everglades* (Florida, EUA.), bem como de verificação do sucesso na restauração que passa por devolver ao local as condições de inundação mais naturais possíveis, níveis apropriados de água, duração e sazonalidade, têm sido orientadas pela reposta da população de aves aquáticas de pernas longas (SKLAR *et al.*, 1998).

Müller e Lenz. (2006) utilizaram macrófitas como indicadores de estado de *wetlands* da *Pennsylvania*, EUA, visando avaliar o impacto de atividades humanas na região. Consideradas as atividades agressoras de alterações hidrológicas, geração de sedimentos, aumento de DBO e atividades agrícolas, concluíram que a alteração do regime hidrológico foi responsável pelo impacto mais severo para a conservação das macrófitas.

Apesar da maioria dos trabalhos utilizar indicadores biológicos, é também possível considerar alterações do regime hidrológico, qualidade da água dos rios e uso do solo como indicadores indiretos do estado das *wetlands*.

3.4 CONSERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO

Para desenvolver uma política de conservação do meio natural, as sociedades têm utilizado a proteção de algumas porções consideradas como mais significativas e de maior importância biofísica: os espaços naturais protegidos. Isto implica em agregar a definição de espaço natural um significado legal ou normativo, uma vez que sua proteção deve estar contemplada em legislação ou em normas de ordenamento territorial (INSA, 1992).

Acordos Internacionais para a proteção de *wetlands* ecologicamente importantes têm sido negociados. *Wetlands* têm sido geridas sob normas relacionadas ao uso do solo e qualidade da água. Nenhum destes, tomados separadamente, permitem conduzir a uma política de *wetland* (MITSCH; GOSSELINK, 2000).

No Brasil o ponto focal institucional para a implementação da Convenção de Ramsar é a Secretaria de Biodiversidade e Florestas do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2006a). Portaria MMA nº 126/04 reconhece as várzeas do rio Iguaçu, no bioma mata atlântica, na unidade hidrográfica do Alto Iguaçu, na RMC, como muito alta, em termos de, respectivamente, importância biológica e prioridade de ação, para a conservação da biodiversidade, assim descritas em mapa de áreas prioritárias, que sinaliza com a criação de uma Unidade de Conservação de Proteção Integral, no âmbito do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC (BRASIL, 2004), que implica em restauração e preservação.

Embora os termos restauração, requalificação e reabilitação serem entendidos como sinônimos, alguns autores consideram que apenas a primeira designação tem uma visão mais holística, atribuindo-se os últimos termos a ações de mitigação. A alteração de processos hidrodinâmicos e funcionais, potencializada pela ocupação humana, torna inviável a restauração no seu sentido estrito.

Mitsch e Gosselink (2000) entendem que restauração implica em retornar a *wetland* a sua condição natural prévia, enquanto a criação envolve a conversão de terrenos elevados ou sistemas aquáticos abertos em *wetlands* vegetadas. Tanto restauração quanto criação têm o objetivo do restabelecimento de habitat, das margens ou ainda de áreas de extração. Inicialmente, é necessário estabelecer ou restabelecer as condições hidrológicas apropriadas, e na seqüência o estabelecimento de comunidades de vegetação apropriadas. A criação de *wetlands* em áreas secas e sem vegetação e a restauração onde eram existentes são oportunidades para reverter a tendência de decréscimo e prover unidades funcionais e estéticas a paisagem acrescentando-lhes ainda uma vocação social ao definir que a restauração deve converter um sistema degradado em resultado de interesses específicos num sistema apto a servir a múltiplos objetivos sociais.

Segundo os conceitos atuais, a restauração deve estar orientada para o ecossistema, devendo abarcar primariamente as suas funções hidrológicas e geomorfológicas (DOWNS *et al.*, 2002). E, tal como é lembrado por Bohn e Kershner, (2002), a identificação da deterioração do habitat e o estabelecimento de programas de recuperação devem ser realizados à escala da bacia de drenagem.

E é necessário compreender quando a requalificação deve ser passiva (definida como sendo apenas a remoção dos estresses que causam a degradação) ou ativa, incluindo as múltiplas técnicas tendentes a variar ao longo da mesma bacia de acordo com o uso do solo (VERHOEVEN *et al.*, 2008).

Tendo como objetivo a delimitação dos espaços naturais se tem adotado alguns critérios de seleção, como diversidade, representatividade, singularidade, fragilidade, grau de artificialização, integridade, interesse educativo e grau de potencialidade socioeconômica (INSA, 1992). As chamadas zonas de amortecimento merecem uma referência especial. O conceito de amortecimento, entendido como gradiente de suavização da influência que possam exercer as áreas que recebem um maior uso, produtivo ou recreativo, sobre aquelas de maior proteção, deve ser aplicado em duplo sentido (INSA, 1992).

Insa (1992) e Verhoeven *et al.* (2008) consideram que localização, forma e extensão devam garantir a formação de uma unidade “a mais auto-reguladora

possível dentro de si mesma e que aporte uma função reguladora para as áreas circundantes”.

3.5 CONECTIVIDADE

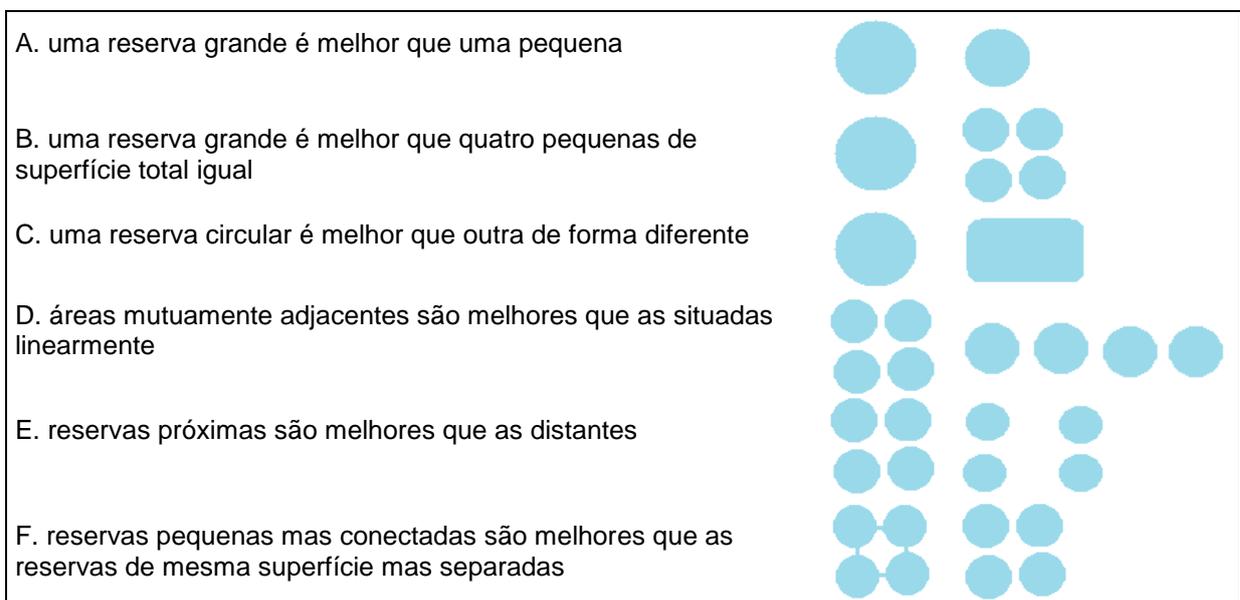
No caso dos rios europeus Reno ou Danúbio, as medidas executadas e em curso procuram aumentar a conectividade lateral e vertical com áreas previamente inundadas antes da artificialização, complementadas com a remoção dos sedimentos finos com cargas orgânicas elevadas (WHALEN *et al.*, 2002;). Nos rios de planície, a ação de restauração deve ser realizada essencialmente em termos de aumento de conectividade entre os diferentes setores do curso de água e zonas fluviais adjacentes (PRETTY *et al.*, 2003). É neste sentido que, Henry e Amoros (1995) consideram que a intervenção deve conduzir um sistema para um estado semelhante ao que prevalecia antes da perturbação, de acordo com as modificações que, entretanto, ocorreram na bacia de drenagem. Assim, se apenas se pode atuar num setor limitado, deve-se ter presente que é fundamental restabelecer a conectividade longitudinal entre esse setor com os trechos a montante e jusante e promover ações que produzam o máximo de resultados ambientais e de uso múltiplo em vez de potencializar apenas um fim exclusivo. Não se deve perder também de vista que o meio aquático deve ser encarado numa perspectiva tridimensional. Portanto, além de se procurar restabelecer a ligação ao longo do eixo longitudinal, torna-se essencial que sejam recriadas as ligações transversais e verticais.

Os limites naturais são dados por características topográficas ou fisiográficas e, neste sentido, mostram-se convenientes os interflúvios ou as cotas altitudinais que marcam diferenças na paisagem. Insa (1992) ao abordar o tema da determinação de limites inclui a relação entre o tamanho e a forma nas áreas protegidas, baseadas em princípios biogeográficos, ilustrada no diagrama apresentado no Quadro 2, em que as formas e as relações da coluna à esquerda são preferíveis à da direita.

A proteção de espaços isolados, ilhas ecológicas, é, a curto e médio prazo, absolutamente ineficaz se não estão incluídos em um contexto mais amplo de ordenamento do uso do solo e dos recursos naturais e que a proteção absoluta seja função das características peculiares de cada caso (INSA, 1992). O estabelecimento

de conectividade entre áreas protegidas, em meio a uma matriz composta por áreas sujeitas a diferentes usos, busca conciliar o desenvolvimento econômico, o respeito à cultura das sociedades e a proteção ao meio ambiente (MILLER, 1997 *apud* MMA, 2006a) e, requer a aplicação efetiva dos diversos instrumentos da política ambiental nas áreas de interstício, quais sejam: o zoneamento, a avaliação de impacto ambiental, o licenciamento, o monitoramento e a fiscalização, visando à redução e à prevenção de impactos ambientais negativos (GANEM, 2005 *apud* MMA, 2006a).

QUADRO 2 - DIAGRAMA DAS RELAÇÕES GEOMÉTRICAS



Fonte: INSA, 1992

Lima (2006) adverte que o serviço ambiental, prestado pela zona ripária, é fundamentalmente dependente da integridade do sistema e aí a complexidade aumenta. A APP não é mais a vegetação que está a 30 metros ou 100 metros, mas a área que deve ser preservada porque é dela que resultam os serviços ambientais. A área e a vegetação característica mantêm o mais importante serviço ambiental ligado à proteção dos recursos hídricos.

Quanto mais equilibrado está um ecossistema, maior o número de espécies e menor o número de indivíduos em cada espécie. Heterogeneidade é sinônimo de equilíbrio nos ecossistemas. Quando um ecossistema é degradado, algumas espécies que resistiram aos impactos tomam conta do ambiente. O resultado é um

menor número de espécies, com maior número de indivíduos existentes em cada uma (ALMEIDA, 2007).

A unidade de ecossistema para gerenciamento prático deve incluir, para cada metro quadrado ou hectare de água, uma área de pelo menos 20 vezes a bacia de drenagem terrestre, sendo necessário considerar a bacia de drenagem inteira como unidade de gerenciamento (ODUM, 1988).

Os serviços ambientais, que desempenham a função de tamponamento, entre os terrenos mais elevados da bacia hidrográfica, normalmente impactados pelo uso intensivo dos recursos naturais, e o sistema aquático, dependem da manutenção do sistema ripário (LEE *et al.*, 1992; FISHER *et al.*, 1998; LIMA, 2003) e, fundamentalmente, de práticas sustentáveis de manejo (LIMA, 2006). A manutenção da integridade do ecossistema ripário não vai ser conseguida apenas pelo seu isolamento físico dos espaços produtivos da paisagem (LIMA, 2003; VERHOEVEN *et al.*, 2008).

Estratégias sistêmicas de manejo incluem a identificação dos limites da zona ripária, inclusive sua dinâmica temporal; e a locação de traçados de vias fora das zonas ripárias (BLINN; KILGORE, 2001) e passam, também, pela agregação de resiliência aos ecossistemas (GUNDERSON, 2000). Entender a presença de núcleos de renovação, como são chamados esses fragmentos, que podem contribuir para a restauração, é parte fundamental dessa resiliência (LIMA, 2006).

Lima (2006) adverte:

“Outro aspecto seria procurar restaurar uma ‘faixinha’ de vegetação voltada àquela integridade do ecossistema ripário, que passa por proteger as áreas ripárias, desenvolver a vegetação característica dessas áreas e dar início ao processo das interações ecológicas que começam a ser desenvolvidas, pois é isso que queremos resgatar. “

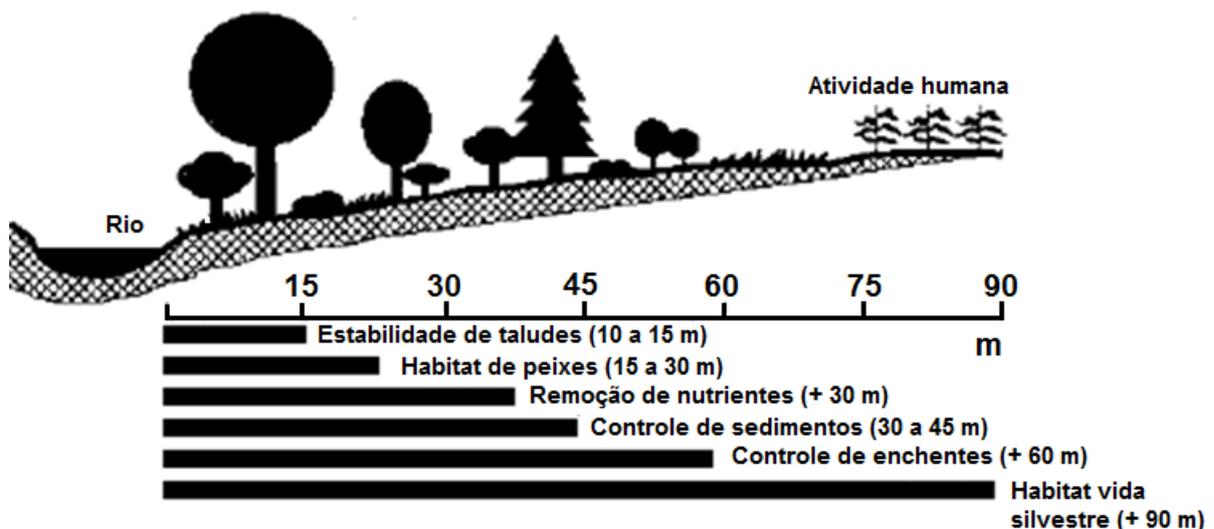
Em primeira instância a vegetação depende do tipo de solos, da disponibilidade de água e elementos nutrientes carreados pelo escoamento e pelo armazenamento/acumulação de água na paisagem (NEIFF, 1999).

Não há regras padronizadas para a definição da largura das faixas ripárias a instalar e tudo depende da morfologia e número de ordem do rio e, ainda, das funções prioritárias que se desejam ver implementadas. Se, por exemplo, o objetivo for o de aumentar o sombreamento, O'Laughlin e Belt (1995) definem que a largura da faixa deve ser equivalente à altura máxima de uma árvore potencialmente

adaptada à zona ribeirinha. No caso de se pretender aumentar o *input* de folhada, preconizam apenas uma largura metade da anterior e mesmo um pouco inferior se o objetivo essencial for o de estabilizar as margens. Todavia, a zona ripária multi-funções tem como objetivo teórico procurar que esta faixa apresente uma largura capaz de atingir o efeito cumulativo de 100%, ou seja, maximizando o conjunto das diferentes funções.

Segundo Gregory e Ashkenas (1990), a zona de manejo ripário não coincide com a ripária. Para melhorar a condição da zona ripária, o manejo deve ser efetuado onde a zona ripária coincide com a planície de inundação, as várzeas, as *wetlands*. A Figura 14 mostra uma relação das larguras recomendadas para as faixas ripárias de acordo com as funções que elas desempenham.

FIGURA 14 - LARGURAS IDEAIS PARA AS FUNÇÕES DA ZONA RIPÁRIA.



Fonte: CRJC, 2011

A fragmentação de áreas naturais e destruição das conexões hidrológicas tem resultado em bacias degradadas funcionalmente, nas quais os problemas de qualidade das águas ocorrem regularmente (VERHOEVEN *et al.*, 2008).

Um conceito de unidade de paisagem funcional que combina a conectividade hidrológica e biótica deve ser considerada para analisar as melhores opções para restauração do funcionamento dos sistemas *wetlands*.

A ferramenta unidade funcional da paisagem permite selecionar os melhores locais para restauração na bacia e determinar que medidas são necessárias para

restaurar as conexões, ou seja, restaurar os elementos que os sistemas e suas funções necessitam para operar bem. As várzeas, freqüentemente drenadas ou aterradas, e também recheadas de tubulações de drenagem urbana de maneira que as águas da cidade chegam diretamente aos rios e o estado da deterioração da qualidade das águas fluviais atestam a importância de medidas de restauração auto-sustentável dos processos e suas funções (VERHOEVEN *et al.*, 2008).

O mapa da unidade funcional da paisagem representa a combinação de elementos da paisagem que são necessários para a criação das condições para as funções ambientais (ecossistêmicas), compreendo as relações espaciais mais relevantes. Para a definição da unidade identificam-se inicialmente os objetivos da restauração e funções a serem restauradas, as principais características da área a ser restaurada em termos de geomorfologia, hidrologia, uso do solo e cobertura vegetal. O segundo passo consiste em identificar e analisar os mecanismos espaciais chaves para os objetivos de restauração em termos de hidrologia e dispersão, cruciais para a restauração. O terceiro passo consiste em identificar o tamanho da unidade de paisagem através dos componentes da paisagem a serem conectados, os caminhos das águas, sejam os rios e ou os fluxos, que se fazem necessários para a restauração do funcionamento hidrológico e regime das águas e dispersão das espécies de plantas. Frequentemente envolve a identificação de: 1) áreas fonte: reservas naturais, áreas com alta biodiversidade; 2) áreas receptoras: potenciais para restauração e que se constituem em áreas alvo; e 3) caminhos conectores como rios e outros fluxos (VERHOEVEN *et al.*, 2008).

3.6 PULSOS HIDROLÓGICOS

Os fluxos horizontais de água e matéria nas *wetlands* planície inundável determinam que a composição geoquímica e biótica de cada segmento geográfico dependa mais da dinâmica hidrossedimentológica do rio do que do metabolismo interno do ecossistema sob análise (NEIFF, 1999).

A complexidade se relaciona com o número de compartimentos que apresentam em diferentes pulsos ao longo de uma série temporal enquanto a complexidade interna de cada mosaico depende da amplitude em sua capacidade

de carga (NEIFF, 1999), entendida como a possibilidade de um sistema de manter uma constelação de entidades bióticas diferentes, com um tamanho oscilante de suas populações numa série de tempo, sendo função de ajuste entre a variabilidade do ambiente e a adaptabilidade dos organismos que se encontra impressa em cada sistema como memória biológica (NEIFF, 1999).

3.6.1 Efeitos da Alteração dos Pulsos em Rios e *Wetlands*

É importante considerar que a magnitude das mudanças na qualidade da água durante as cheias depende das características dos pulsos, tendo importantes conseqüências tróficas e ecológicas concatenadas dentro do sistema e, também, que as estruturas e processos que compõem a paisagem são impactados ou condicionados de distintas maneiras pelos atributos dos pulsos (NEIFF, 1999).

A freqüência das fases resulta uma componente da dinâmica de aportes hidrológicos e da geomorfologia de cada seção do rio nas distintas ecorregiões e regula fundamentalmente o crescimento das plantas em suas primeiras etapas.

As mudanças na intensidade das fases (associadas à duração das mesmas) são determinantes da estratificação e complexidade da vegetação, especialmente nos três primeiros metros de altura sobre o solo. A intensidade, tanto de inundações como de secas extremas, controla o desenvolvimento do sub-bosque (NEIFF, 1999).

A tensão está relacionada com o número de espécies, de bioformas e com a estrutura de tamanhos para uma mesma população. Se a tensão do pulso é aumentada em uma série temporal, seria esperada uma queda na complexidade estrutural e de nichos dentro da vegetação. Uma variabilidade baixa é associada a ambiente mais previsível, e determina menores taxas de mudança na paisagem (NEIFF, 1999).

A presença de muitas plantas nos sistemas fluviais está condicionada a duração das fases mais que por outros atributos do pulso. A amplitude de fase também condiciona o espectro biológico da vegetação. Quando aumenta a duração da fase de inundação, as bioformas flutuantes tenderão a dominar nas lagoas e banhados da várzea do rio. Quando a fase seca tem uma duração superior a normal, as bioformas enraizadas emergentes começam a dominar (NEIFF, 1999). A maior

duração da fase de inundação pode produzir *stress* grave às plantas como consequência da deficiência de oxigênio nos sistemas radiculares (hipoxia, anoxia) que, entretanto, pode ser compensada mediante adaptações especiais das plantas (NEIFF, 1999). A posição dos sistemas radiculares nas plantas de várzeas é muito variável e, geralmente, pode mudar em curto prazo para se adaptar as condições hidrológicas: geralmente as raízes chegam até 100-120 cm dependendo da textura do solo das várzeas, com maior concentração entre 10 e 30-40 cm de profundidade (NEIFF, 1999). Entretanto, se a magnitude da cheia determina uma lâmina superior a 3,50 m, as plantas morrem (NEIFF, 1999).

A alteração significativa da sazonalidade pode determinar a segregação de uma espécie de determinada área, temporária ou permanente, e produzir mudanças na distribuição da vegetação, na taxa de retenção de sedimentos e também no regime de oxigênio dissolvido nos corpos d'água, podendo resultar em modificações na taxa de decomposição da matéria orgânica e na disponibilidade temporal dos nutrientes liberados no processo (NEIFF, 1999).

As alterações hidrológicas da magnitude dos pulsos têm diferente importância em função da geomorfologia da paisagem. As alterações de altura de lâmina podem influir nos padrões de organização da paisagem, especialmente sobre a vegetação. Estas modificações sobre a vegetação podem produzir mudanças no tempo de residência da água sobre a planície inundável, dificultar os processos de arraste e dissolução da matéria orgânica sobre os solos e ainda produzir fenômenos pontuais de erosão/sedimentação nas proximidades dos cursos d'água da planície como consequência da aceleração do escoamento.

3.6.2 Hidrologia e Hidrodinâmica de *Wetlands*

Tassi (2007) cita diferentes autores os quais consideram que a ocorrência de um ecossistema de *wetlands* requer que o substrato possua condições de manter a umidade por todo o ano, ou pelo menos parte dele, onde a água que alimenta uma área úmida pode ser proveniente da precipitação direta, lençol freático ou escoamento superficial. Assim, os níveis de água podem ser muito variados, sendo que algumas *wetlands* têm um nível de água quase constante; no entanto, a

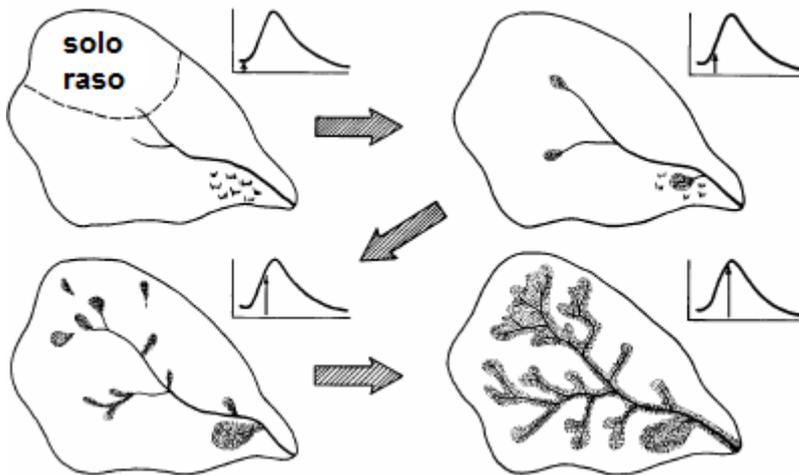
situação mais comum é de oscilações nestes níveis (hidroperíodo), que é, provavelmente, o determinante individual mais importante para o seu estabelecimento e sua manutenção, como também dos processos que ocorrem nas mesmas (diversidade da fauna e flora, ciclagem de nutrientes, degradação da matéria orgânica, área de inundação). Hidroperíodo é definido como a profundidade, duração, tempo e periodicidade de inundação, não incluindo, no entanto, o movimento da água na área de *wetland*, que dependerá da sazonalidade, frequência, duração da inundação e profundidade.

As *wetlands* como ecossistemas dinâmicos, heterogêneos em tempo e espaço, dependem da hidrologia para a manutenção de sua diversidade biológica e produtividade. O movimento de expansão e contração dos corpos d'água determina a alternância entre as fases terrestre e aquática nesses ambientes, o que, conjugado a fatores físicos, químicos e bióticos, condiciona intensos processos de decomposição, produção e consumo (JUNK, 2003). O contínuo aporte e retenção de sedimentos, ricos em nutrientes provenientes dos cursos d'água e das margens resulta em altíssima produção primária, que chega a ser 3,5 vezes superior à observada em ambientes terrestres (TOCKNER; STANFORD, 2002).

Pode-se dizer que os rios são sistemas ou macrossistemas nos quais a água, nutrientes, sedimentos e organismos passam através de certa secção a certa velocidade. Já as *wetlands* fluviais funcionam como retardadores do escoamento, verdadeiros reatores nos quais a informação afluente a partir dos trechos superiores do rio (água, sedimentos, organismos) é transformada para reingresso ao curso do rio por movimento horizontal ao início da próxima "cheia" (NEIFF, 1999).

A área variável de fonte (*variable source area*) (HEWLETT, 1961; KOBAYAMA *et al.*, 2008) ou de afluência (SANTOS, 2001) não necessariamente coincide com a zona ripária, mas possui um conceito semelhante à mesma. A Figura 15 mostra ocorrência da área variável de fonte com vários tempos em um hidrograma. No momento do pico do hidrograma, essa área corresponde a área máxima da zona ripária se o hidrograma correspondesse ao evento de chuva intensa (KOBAYAMA *et al.*, 2008).

FIGURA 15 - ÁREA VARIÁVEL DE FONTE



Fonte: HEWLETT, 1982; SANTOS, 2001; KOBAYAMA *et al.*, 2008.

Para Lima (2003), as características hidrológicas constituem, sem dúvida, fator de fundamental importância para a proteção, a restauração e o manejo das zonas ripárias, visando à permanência dos serviços ambientais imprescindíveis para a manutenção da saúde da microbacia, dos recursos hídricos e do ecossistema aquático. O conhecimento atual das relações hidrológicas da zona ripária é, sem dúvida, crucial para proposta de recuperação de várzeas, assim como para o equacionamento de freqüentes conflitos relacionados com o manejo dessas áreas. E, a permanência da integridade do ecossistema, desta forma, constitui fator crucial para a manutenção da saúde da microbacia, como unidade geoecológica da paisagem.

3.7 MACRÓFITAS AQUÁTICAS

Nas proximidades dos rios encontra-se a mata ribeirinha, também chamada de mata de galeria ou ciliar, e ainda “florestinha”, onde são encontradas espécies tais como sarandi, unha de gato, camboim, branquilho, aroeira e salgueiro. São matas subarbustivas na nascente tornando-se matas de regular extensão e altura em relação ao volume de água dos terrenos aluviais (HERTEL, 1969 *apud* SOUZA, 1990).

Segundo Gregory *et al.* (1991), Hupp e Osterkamp (1996) e Kobiyama *et al.*, 2008, a vegetação ripária ocupa uma das áreas mais dinâmicas da paisagem. A

distribuição e a composição das comunidades de plantas ripárias refletem a história da inundação. Inundações freqüentes dificultam o estabelecimento da vegetação pela erosão superficial e também pelos efeitos fisiológicos da inundação. A magnitude, a freqüência e a duração de inundação diminuem lateralmente para fora do curso ativo da água, influenciando a distribuição de espécies. Desta forma, na área próxima ao rio, a vegetação é mais jovem e baixa. Mesmo na área de inundação, se for longe do curso da água, normalmente a vegetação é mais antiga e alta. Além de magnitude, freqüência e duração de inundação, sedimentos depositados também influenciam a distribuição de espécies (MELICK; ASHTON, 1991; KOBAYAMA *et al.*, 2008).

A vegetação ripária (matas ciliares, florestas de galeria) constitui manifestação fantástica, em termos de composição florística, biodiversidade, estrutura e funcionalidade, de interação com os processos geomorfológicos fluviais que propiciam o suporte ecológico para o seu desenvolvimento. A composição de espécies arbóreas e arbustivas apresenta enorme variação de área para área, o que torna muito difícil uma definição de sua composição florística (NAIMAN; DÉCAMPS, 1997; AB'SABER, 2000; RODRIGUES; NAVE, 2000; DURIGAN *et al.*, 2000; LIMA, 2003).

As macrófitas aquáticas são as comunidades vegetais que melhor representam uma *wetland*. As macrófitas afetam os atributos do meio ambiente e os processos biogeoquímicos em uma variedade de caminhos, incluindo a redução da luz (necessária para a existência de algas e macrófitas submersas), redução da temperatura e circulação da coluna da água, com efeitos resultantes sobre as trocas de gás e transporte de material. Dos efeitos diretos e indiretos na biogeoquímica, a estrutura da vegetação é um dos fatores mais importantes, afetando a cadeia alimentar e bioenergética em ecossistemas de *wetlands* (LEMLY, 1999; TASSI, 2007).

Estudos indicam que com o aumento da profundidade da lâmina de água ocorre a predominância de espécies de macrófitas aquáticas flutuantes, como também uma tendência à redução do número de espécies de macrófitas aquáticas (MOTTA MARQUES *et al.*, 1997), mesmo para uma variação relativamente pequena de 0,75 a 0,93 m (TASSI, 2007).

Em levantamento preliminar realizado nas *wetlands* do Rio dos Sinos, Rio Grande do Sul, foi registrada a presença de 141 espécies vegetais, pertencentes a 61 famílias. Estas espécies se distribuem no ambiente ao longo de uma sucessão vegetal que acompanha, de maneira geral, a topografia do terreno e as condições de solo. A vegetação característica das áreas do banhado, que fica submersa durante vários meses do ano, é constituída por espécies adaptadas a terrenos encharcados, na maioria herbáceas, como o junco (*Juncus sp*), o papiro (*Cyperus papyrus*), a tiririca (*Cyperus sp*) e a maria-mole (*Senecio brasiliensis*); e, em alguns casos, plantas de porte arbustivo como o sarandi-amarelo (*Terminalia australis*). Nos locais mais profundos, onde se desenvolvem pequenas lagoas, as águas são povoadas por plantas flutuantes, principalmente pelos aguapés (*Eichornia sp*), e também por plantas enraizadas e folhagem emersa, como o chapéu-de-couro (*Echinodorus grandiflorus*), o pinheirinho-da-água (*Myriophyllum brasiliensis*) e a soldanela-da-água (*Limnanthemum humboldtianum*). Nas áreas ocasionalmente alagadas, onde a água geralmente não permanece estagnada, dominam gramíneas como o capim-natal (*Eriolaena rosea*) e a grama-seda (*Cynodon dactylon*). Já nas áreas não inundadas com muita freqüência, destacam-se a corticeira-do-banhado (*Erythrina crista galli*), o salgueiro (*Salix humboldiana*), o maricá (*Mimosa bimucronata*) e o ingá (*Inga uruguensis*), entre outros (IBAMA, 2010).

Diferentes formas de vegetação estão envolvidas na remoção de nutrientes, e a diversidade de classes de vegetação assegura os processos de ciclagem de nutrientes. São várias que podem ser utilizadas, entretanto existem características que devem ser consideradas, como: tolerância a altas taxas de poluentes, produtividade, adaptação às condições climáticas do local, entre outras (KOBAYAMA *et al.*, 2008).

A diversidade de grupos funcionais ajuda no desenvolvimento de mecanismos diferenciados de transformação e remoção de nutrientes. Isto é feito tanto pela transferência para a biomassa das macrófitas aquáticas como pela acumulação de biomassa no fundo do sistema e através do estímulo de processos microbianos. A tomada de nutrientes é geralmente mais elevada em plantas persistentes emergentes, as quais podem transferir nutrientes para áreas além da área de atividade biológica (SUDERHSA, 2004).

As plantas em *wetlands* construídas contribuem para o tratamento das águas, sendo parte essencial dos sistemas. As mais comumente usadas são espécies de *Phragmites*, *Typha* e *Schoenoplectus*, pelo desempenho que apresentam para o tratamento (TCHOBANOGLIOUS; BURTON, 1991). Entretanto são espécies que tem baixo valor paisagístico e/ou ornamental. Konnerup e Brix (2008), utilizaram flores ornamentais com alto valor no mercado em *wetlands* construídas na Tailândia para o tratamento de águas poluídas de canais de drenagem e de esgoto doméstico (Figura 16). *Zantedeschia aethiopica*, *Strelitzia reginae*, *Anthurium andraenum* e *Agapanthus africanus* foram usadas em *wetlands* construídas no México (ZURITA *et al.*, 2007)

Canas, *Heliconias* e *Iris* foram produzidas em diferentes *wetlands* de tratamento de fluxo horizontal: *Canna glauca* na Nicarágua (PLATZER *et al.*, 2002), *Canna* sp. em Moçambique (PAULO *et al.*, 2008), *Canna* x. *generalis* em Kentucky, USA (KARATHANANANIS *et al.*, 2003), *Canna indica* em Portugal (CALHEIROS *et al.*; 2007), *Heliconia psittacorum* no Brasil (PAULO *et al.*, 2008) e na Colômbia (ASCUNTAR RIOS *et al.*, 2009), *Heliconia rostrata* no México (HERNÁNDEZ ; SÁNCHEZ-NAVARRO, 2008), *Iris versicolor* no Kentucky, USA (WATSON *et al.*, 1990), *Iris sibirica* na Europa (VYMAZAL, 2011), *Iris pseudacorus* em Portugal (CALHEIROS *et al.*, 2007), e na República Tcheca (VYMAZAL, 2006), sem qualquer relato de redução da eficiência do sistema de tratamento (Figura 16).

Para as áreas com nível de água baixo é recomendado o plantio de espécies emergentes. Na zona intermediária devem ser usadas espécies enraizadas e que possam formar tapetes flutuantes. Nas áreas de águas abertas, entre os estandes de plantas emergentes, recomenda-se a formação de pequenos estandes de espécies submersas (permitem melhorar o fluxo da água e formam habitats abertos) (SUDERHSA, 2004).

Para cada zona indicada no Quadro 3, conforme a profundidade, uma espécie, dentre as indicadas, deverá ser selecionada para compor os estandes iniciais da *wetland* do sistema Barigui

FIGURA 16 - VARIEDADES DE HELICONIA, CANA E IRIS POSSÍVEIS DE UTILIZAÇÃO NO SISTEMA WETLAND

a) Heliconia



b) Canna Indica- Cana sp ou biri



c) Iris spp



Iris pseudacorus

Iris sibirica

Iris versicolor

Fonte: a) <http://www.heliconia.org>;
 b) <http://www.clickmudas.com.br>;
 c) <http://www.honeysomeaquaticnursery.co.uk>

QUADRO 3 - ESPÉCIES DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS POR ZONA/PROFUNDIDADE

| Zona 1 0 – 0,20 m | Zona 2 0,20 – 0,40 m | Zona 3 0,40 – 0,75 m | Zona 4 > 0,75 m | Zona 5 Águas profundas |
|-----------------------|-----------------------------|-------------------------|----------------------|---------------------------|
| Pontederia lanceolata | Cyperus spp. | Nymphaea spp | Scirpus californicus | Cabomba spp. |
| Hydrocotyle spp. | Echinochloa spp. | | Scirpus giganteus | Ceratophyllum demersum |
| Sagittaria spp. | Leersia hexandra | | Thypha spp. | |
| Ludwigia spp. | Alternanthera philoxeroides | | | |
| Polygonum spp. | | | | |

Fonte: SUDERHSA, 2004.

Com o tempo desenvolvem-se estandes com uma diversidade de espécies razoável, principalmente em áreas a serem recuperadas cercadas por áreas

naturais. Assim a diversidade inicial imposta no processo de recuperação deixará de ter importância (SUDERHSA, 2004).

Para os estandes flutuantes das lagoas do sistema, OAI em SUDERHSA (2004) recomenda a seleção de vinte e três espécies de plantas perenes, que cresçam em ambiente aquático ou encharcados, tendo-se pelo menos um representante de cada uma das famílias seguintes: Araceae, Cyperaceae, Gramineae, Juncaceae, Salicaceae, Saururaceae, Zingiberaceae. Recomenda, ainda, que todos os oito (8) grupos seguintes devem ser representados nas seleções finais de plantas, com pelo menos uma espécie, conforme Quadro 4.

QUADRO 4 - GRUPOS E GÊNEROS DOS ESTANDES DAS LAGOAS

| Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 3 | Grupo 4 | Grupo 5 | Grupo 6 | Grupo 7 | Grupo 8 flutuantes |
|------------------|------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|
| 3 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Typha Cyperus | Juncus Eleochari s | Alocasia Colocasia | Alisma Polygonu m | Hibisco Salix | Canna Zantedeschi a | Bacopa Oxalis | Nelumbo Nymphoide s |
| Scirpus | Arundo | Philodendro n | Pontederi a | Bambusa | Zingiber | Philodendro n | Hydrocotyl e |
| Phragmite s | Carex | | Rhapis | Alnus | Íris | Ludwigia | Azolla |
| Arundo | Glyceria | | Pteridium | Cephalanth us | Mimulus | Hydrocotyle | Lemna |
| | Acorus Leersia Zizania | | Sagittaria Saururus Peltandra | Cornus Ilex Itea Juglans Lindera Populus Rosa | | | Eichornia Pontentilla |

Fonte: SUDERHSA, 2004.

3.8 MERCADOS DE SERVIÇOS AMBIENTAIS

Operar na sustentabilidade implica atuar num mundo tripolar, em que os poder tende a se repartir, de maneira cada vez mais equilibrada, entre governos, empresas e organização da sociedade civil (ALMEIDA, 2007), não havendo formulação de política ou solução possível sem o envolvimento desses três atores fundamentais da sociedade, tendo o conhecimento produzido pela ciência como orientação. Essa é a conclusão da Cúpula de Johannesburgo, a Reunião Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, promovida pela ONU na África do Sul, em 2002, que assim recomendou as parcerias público-privadas (PPPs) (ALMEIDA,

2007). Um projeto, mesmo de pequeno porte, para a transformação radical de uma determinada área, se receber recursos financeiros, liderança forte e for desenhado para resultar em ganhos de escala, resultará num modelo capaz de “contaminar” o entorno e alcançar escala, no mínimo, regional (ALMEIDA, 2007).

Os terraços de *Ifugao* nas Filipinas, mostrados na Figura 17 são um exemplo de uso do solo resultante de uma interação harmoniosa entre habitantes e seu ambiente e a manutenção destes reflete o espírito de cooperativa de toda a comunidade, a qual esta baseada no conhecimento da alta diversidade dos recursos biológicos existentes no agro-ecossistema (<http://whc.unesco.org>).

FIGURA 17 - PATRIMÓNIO MUNDIAL DA UNESCO EM *IFUGAO*, NAS FILIPINAS.



Fonte: www.google.com.br

Esse patrimônio da humanidade inspira considerar a possibilidade de reverter espaços sem valor em paisagens funcionais e rentáveis, relacionadas aos sistemas de aproveitamento das cavas, lagoas que se formaram com a extração principalmente da areia nas várzeas, que poderão levar a ganhos importantes em termos de manutenção dos mesmos.

A percepção da degradação dos serviços ambientais é diferenciada nos diversos níveis socioeconômicos, assim como os impactos primários da degradação atingem a humanidade de modo inversamente proporcional à classe social. Isso explica porque a tomada das decisões que levariam a gestão responsável dos serviços ambientais é tipicamente lenta. Via de regra, o tomador de decisão não sofre, ou, se sofre, tem como minorar os danos, os efeitos perversos de sua relação com a natureza. Contudo, mudanças nos valores e demandas da sociedade, catalisadas pelas evidências da degradação dos ecossistemas e seus serviços, serão cada vez mais perceptíveis.

Despontam mercados de serviços dos ecossistemas, baseados em mecanismos de crédito similares aos desenhados para o carbono. São ou serão mercados de créditos de recarga de aquíferos, de produção e uso de energias renováveis e de mitigação de impactos sobre *wetlands* e sobre a biodiversidade (ALMEIDA, 2007). Incentivos governamentais são oferecidos para compensar, por exemplo, proprietários de terras que abriram mão de ganhos com a exploração de suas propriedades para proteger os serviços ambientais não precificados que elas fornecem. Um exemplo são as Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs), cujos proprietários se beneficiam da isenção do Imposto Territorial, representando um mecanismo que aponta, em direção para modelos de negócios inteiramente diferentes dos conhecidos e praticados hoje (ALMEIDA, 2007).

Em algumas regiões vale muito mais ser produtor de água e gerar um novo fluxo de receita baseado em serviços ambientais. Há o exemplo da água mineral *Perrier* que, preocupada com os produtores que estão à montante de suas fontes, nas cabeceiras, dialoga para que façam conversão a técnicas menos impactantes de produção e banca a restauração florestal nas suas áreas de captação. Já na associação de irrigantes na Colômbia, os produtores da baixada, que têm rentabilidade mais alta pela cultura irrigada, pagam os das terras altas para que reflorestem e mantenham mananciais. Há o exemplo clássico do manejo de bacias em Nova York, onde a cidade fez todo um trabalho de proteção dos mananciais, optando por não construir uma nova ETA (Estação de Tratamento da Água) orçada em \$3,8 bilhões investindo \$1,5 bilhões nas terras localizadas no entorno dos reservatórios (CARVALHO, 2008). A cidade de Nova York pagou aos proprietários de terras em *Catskill* o correspondente a R\$ 800.000,00, pela compra do direito de desenvolvimento e, também, o equivalente a R\$ 600,00/ha/ano, um aluguel ao longo de 15 anos, apostando que basta isolar que a zona ripária se recupera. No caso de descumprimento do acordo é previsto multa e devolução do valor pago com juros. (videoglobo, 2008).

E por fim, no Brasil, há o ICMS Ecológico, reconhecido internacionalmente como um bom exemplo de pagamento por serviços ambientais. A Lei Estadual nº59, de 01 de outubro de 1991, prevê o repasse de 5% do ICMS a municípios que abrigam em seu território mananciais de abastecimento público de interesse de

municípios vizinhos ou unidades de conservação ambiental. Contempla 52 mananciais de abastecimento público de aproximadamente 55% da população urbana do Paraná e beneficia 82 municípios situados nestas áreas mananciais. Cada município tem seu índice ambiental financeiro calculado anualmente com base na evolução da qualidade da água e das ações efetivamente implementadas voltadas a conservação e melhoria das condições ambientais nas bacias contempladas (SAMEK, 2008). Há, também, o mercado de “servidão florestal”, que trabalha com a criação de um valor para a floresta em pé daquela propriedade que apresenta excedente florestal, isto é, área acima daquela que representa os 20% de reserva legal e as APPs, a redução de custos de cumprimento do Código Florestal daquele proprietário com déficit florestal, mediante a “transferência onerosa dos direitos de servidão”. Um hectare de área natural tem que ser comparável a um loteamento, ou a uma área plantada, sendo ela urbana ou rural (BORGES, 2008). A municipalidade de Extrema, SP, através de lei municipal nº 2.100 de 21 de dezembro de 2005, instituiu o pagamento de 100 UFEX/ha/ano, equivalente a R\$150,00/ha/ano a cada proprietário do programa “Conservador das Águas”, responsável por abastecer 1.800 paulistanos. Um contrato estabelece o que o proprietário está obrigado a fazer de modo a receber o pagamento.

O programa ‘Produtor de Água’ busca a parceria com comitês de bacia, para destinar parcelas do recurso arrecadado com a cobrança pelo direito de uso de recursos hídricos à conservação do solo, à recuperação de matas ciliares e à proteção de remanescentes florestais. Está baseado na relação entre cobertura nativa e saúde da bacia, buscando conscientizar os usuários e quem vai tomar a decisão no comitê, reforçando a importância de recursos para esse fim. O objetivo é sempre ter o produtor convencido e engajado a entrar nesse processo (VEIGA, 2006). Da forma como está desenhado aparece como pagamento por serviços ambientais, financiado pelo Sistema de Gestão de Recursos Hídricos. Através da lógica da compensação dos produtores rurais por melhores práticas, reflete-se a lógica do princípio produtor-beneficiário, um espelho do princípio poluidor-pagador, e o proprietário das terras recebe por estar preservando os ambientes naturais .

Deliberação Conjunta dos Comitês PCJ nº 038/2006, de 05/05/2006 indica o Programa Município Produtor de Água para financiamento com recursos oriundos do

Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FEHIDRO e da cobrança pelo uso dos recursos hídricos em rios de domínio federal, localizados nas bacias PCJ – Cobrança PCJ (ANA, 2010).

O Comitê Guandu aprovou recursos iniciais de R\$40 mil a serem aplicados em 2008 no projeto Produtores de Água e Floresta em área piloto da microbacia do rio das Pedras (5.227 ha), na APA Alto Piraí, Rio Claro, que, estimula a proteção de nascentes com a ampliação de matas ciliares e a manutenção dos remanescentes florestais nas propriedades, pelo que os produtores receberão, comprovados de manterem a floresta em pé. Desde a elaboração do Plano de Bacia, em 2005, busca-se a associação dos valores água-floresta, num conjunto de ações visando a recuperação de coberturas florestais, matas ciliares e a proteção de áreas de nascentes (ÁGUAS GUANDU, 2008).

Os sistemas Alto Cotia e Baixo Cotia abastecem 500 mil pessoas em São Paulo; o Alto Cotia é protegido por florestas e o Baixo Cotia está todo ocupado. A SABESP teve um custo em 2005 de 3,3 vezes mais pra tratar o Baixo Cotia, o que dá a dimensão muito clara do serviço prestado pela floresta do entorno do Alto Cotia. Representa um valor, que poderia ser dividido com os produtores, para que pudessem manter vegetados e protegidos esses mananciais. Controle de erosão tem a ver com redução de turbidez, que se reflete em custos para as empresas que tratam água. Então controle de erosão tem a ver com custo de tratamento de água - eis um valor econômico. À medida que se reduzem os sedimentos carregados às lagoas está-se aumentando a vida útil, e, isso significa valor econômico (VEIGA, 2006).

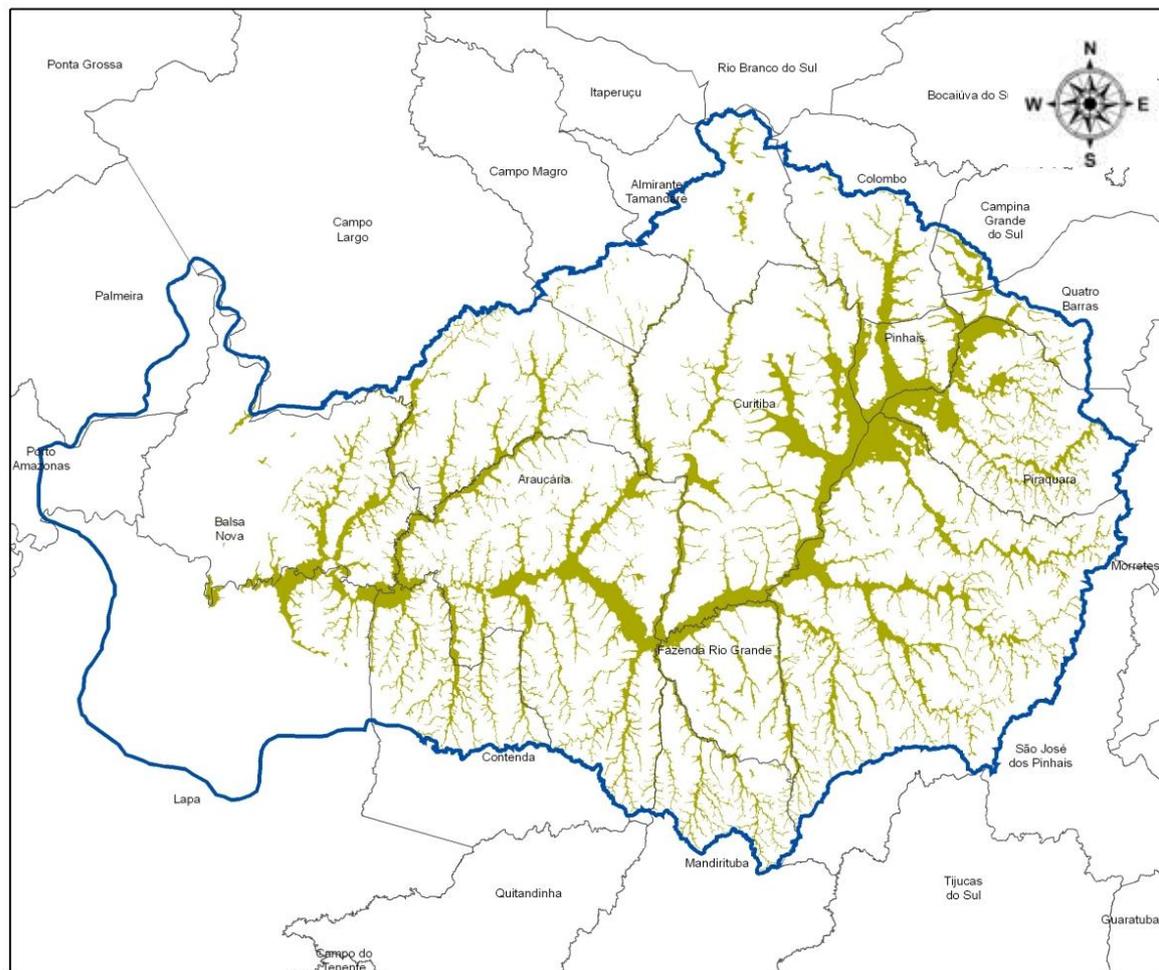
Aqueles que provêm o serviço, ou seja, aqueles que detêm os fragmentos ou que se propõem a fazer restauração devem ser recompensados por isso. E os beneficiados pelo serviço devem pagar por ele, seja a sociedade local, seja a regional, refletida num comitê de bacia, seja a global, refletida no mercado de carbono. Esse é o princípio central do pagamento por serviços ambientais. Tais estratégias são mais flexíveis e representam um passo adiante dos mecanismos tradicionais de comando e controle (as regulamentações governamentais) (ALMEIDA, 2007).

4 METODOLOGIA

4.1 RECORTE DA ÁREA DE ESTUDO

A Figura 18 apresenta as áreas de aluviões atuais, sedimentos areno-síltico-argilosos depositados em ambiente fluvial, intercalados com camadas de areia fina a grossa e cascalhos, que caracterizam, preliminarmente, as wetlands do rio Iguaçu, mais conhecidas como as várzeas do rio Iguaçu, correspondendo à superfície de 465,40 km², na RMC e bacia do Alto Iguaçu.

FIGURA 18 - ÁREAS DE ALUVIÃO NA BACIA DO ALTO IGUAÇU



Legenda

■ ALUVIÕES

□ LIMITE MUNICIPAL

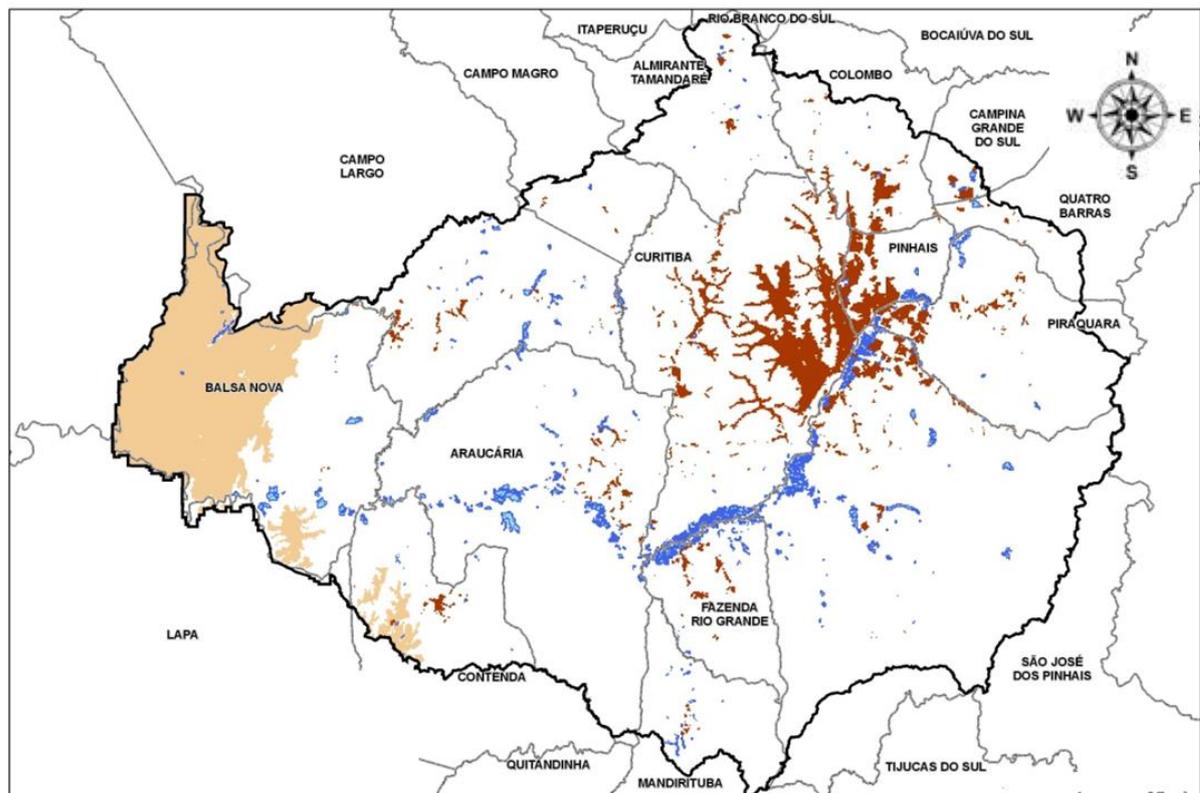
■ LIMITE ALTO IGUAÇU ADOTADO PELO PLANO DE BACIA

Fonte: SUDERHSA, 2001; SEMA, 2004

Os aluviões representam 16% da área da bacia do Alto Iguaçu, e 15% desses encontram-se em áreas já urbanizadas, apresentando alterações antrópicas de magnitude.

A Figura 19 apresenta, em vermelho, a espacialização de 68 km² resultantes do cruzamento das áreas urbanas, assim consideradas pelo uso de solo de 2000, com a classe aluviões e terraços aluvionares. Apresenta, também, as áreas alagadas e de cavas (39 km²) na bacia do Alto Iguaçu (2.882 km²), que ocorrem nas áreas de aluviões atuais na bacia de gestão do Alto Iguaçu.

FIGURA 19 - ALUVIÕES EM ÁREAS URBANIZADAS DA BACIA DO ALTO IGUAÇU



Legenda

- BACIA DO ALTO IGUAÇU
- LIMITES MUNICIPAIS
- ALAGADOS
- CAVAS
- CRUZAMENTO ÁREAS URBANAS / TERRAÇOS ALUVIONARES / ALUVIÕES
- FORMAÇÃO FURNAS

Fonte: SUDERHSA, 2001

Nas *wetlands* na região do Alto Iguaçu, onde já foram observadas grandes inundações ao longo da história, em particular, destacam-se as enchentes de julho de 1983 e de janeiro de 1995 (Figura 52).

Assim a área objeto de estudo de caso apresenta as características descritas acima, como resultante do recorte que considera o macrossistema compreendido na bacia do Alto Iguaçu, no Primeiro Planalto, na Região Metropolitana de Curitiba, a jusante das barragens de abastecimento, fora da área cárstica, não urbanizada, e considerada urbana ou de expansão urbana.

4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para dar conta da análise e compreensão dos processos atuais entre as interações da sociedade moderna e da natureza que se fazem necessários, e da avaliação das *wetlands*, visto que o seu estado atual na área de estudo é de uma situação de conflito pelo uso da água num quadro de intenso processo de degradação ambiental devido a urbanização descontrolada dos anos recentes é aplicado o que Bertrand e Bertrand (2007) propõem: o uso da abordagem tripolar - GTP – GEOSSISTEMA-TERRITÓRIO-PAISAGEM, que associa o geossistema ao território e à paisagem, três categorias espaço-temporal diferentes, mas complementares. O Geossistema permite um esboço de análise espaço-temporal através do seu grau de antropização, por suas características espaciais, biogeoquímicas de sua água e de seus ritmos hidrológicos, situando cada unidade geossistêmica em uma perspectiva dinâmica. O Território permite analisar as repercussões da organização e dos funcionamentos sociais e econômicos sobre o espaço considerado: os atores, individuais ou coletivos, atuais ou passados que intervêm no território considerado; correspondendo à análise do recurso, da gestão (aspectos jurídicos e econômicos, com uma particular atenção concedida aos diferentes zoneamentos), da poluição-despoluição; sua organização espacial e seu funcionamento. A Paisagem representa a dimensão sociocultural do mesmo conjunto geográfico: os tipos de relações entre os lugares e os atores da paisagem, individuais ou coletivos, que intervêm diferentemente na paisagem, do simples passante ao construtor, enquanto estados paisagísticos da sociedade. Ainda,

conforme os autores, a paisagem é também um espelho que as sociedades erguem para si mesmas e que as reflete.

Esta grade de leitura permite, em princípio, evidenciar as questões, as contradições e os conflitos que nascem em torno da paisagem. A confrontação permanente entre os subsistemas, com diferentes escalas de tempo e de espaço, permite analisar a sinergia do complexo das *wetlands* do Iguaçu e evidenciar as disfunções internas e potenciais, que as caracterizam.

4.2.1 Geossistema

A primeira etapa da aplicação da seqüência metodológica consistiu na identificação da *wetland* como um geossistema caracterizando suas propriedades e processos:

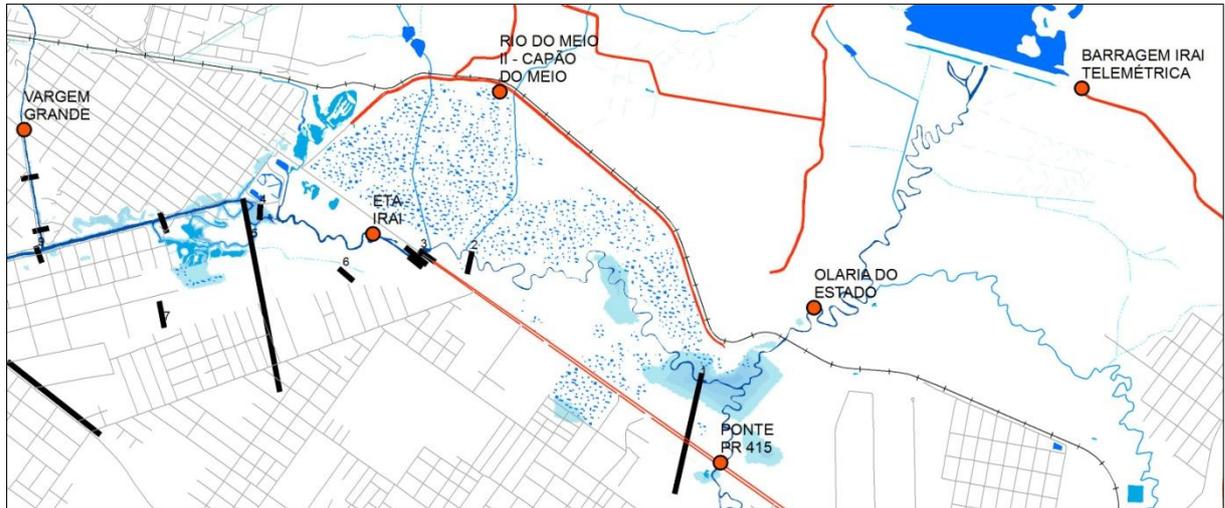
1) Foram avaliadas as áreas onde existe habitat de qualidade para as espécies de macrófitas aquáticas emergentes, locais onde não existem condições para o estabelecimento desse tipo de vegetação, visto que as lâminas de água são elevadas, caracterizando um corpo d'água, e ainda as regiões em que frente a um dado regime hídrico permanecem secas, não permitindo o desenvolvimento de vegetação hidrófila ou higrófila, mas caracterizando o ambiente abiótico adequado para o desenvolvimento de espécies mesófilas (TASSI, 2007).

Foram necessárias basicamente duas informações para elaboração dos modelos de avaliação da qualidade de *habitats*: uma imagem que representa o modelo numérico da topografia de fundo das várzeas, modelo digital do terreno, e uma imagem que representa a cota da lâmina de água para o cenário hidrológico a ser avaliado. Assim, para conhecer a lâmina de água ou a profundidade do freático é necessário subtrair a cota do nível da água da cota da topografia de fundo da várzea, ambas no mesmo sistema geográfico.

Para a topografia do fundo, foi utilizado o modelo numérico topográfico (MNT) gerado a partir de SIG/SUDERHSA (2003). A partir dos níveis máximos de enchentes resultantes de simulação para os tempos de recorrência de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos para 92 seções nos rios Iraí/Iguaçu e canal paralelo (Figura 20) entre as estações telemétricas Olaria do Estado e Balsa Nova (COMEC, 1996) foi possível

estabelecer a altura da lâmina da água para os diferentes tempos de recorrência utilizando a interpolação *Kriging*, que se mostrou mais adequada para a quantidade de dados disponíveis.

FIGURA 20 - SEÇÕES DOS NÍVEIS DE CHEIAS CONSIDERADOS PARA ESPACIALIZAÇÃO



- Estações de monitoramento
- Seções nos rios

Cada *pixel* corresponde a um valor de altura de lâmina d'água. Para determinar a altura de lâmina d'água em cada *pixel*, considerou-se o valor resultante da subtração da planificação do nível de cheia (cota na estação) fornecido pela simulação e o nível do terreno. O produto final desse tipo de modelagem foi um mapa em escala de cores, que reflete a qualidade de cada *pixel* em relação a capacidade de comportar níveis d'água (alturas de lâminas) e assim de comportar as espécies de macrófitas aquáticas.

2) Foi realizada avaliação dos níveis de inundação na planície do rio Iguaçu e caracterização das componentes do hidroperíodo, sua frequência, intensidade, níveis máximos e mínimos, amplitudes e sazonalidade, no período 2000 a 2008 da série histórica de níveis, dados do monitoramento hidrológico dos rios obtidos por estações telemétricas instaladas em 1999 ao longo do Iguaçu e de alguns de seus afluentes. As informações hidrológicas registradas pelas estações telemétricas Pinhais (65006075), BR-277 (65009000), ETE SANEPAR Belém (65013005), Ponte Umbarzinho (65017006), ETE Araucária (65019980) e Balsa Nova (65028000)

(SUDERHSA) coincidentes com as seções de simulação 12, 18, 33, 59, 77 e 92 (COMEC, 1996), foram relacionadas a uma cota local georreferenciada. A partir dos dados da série de cotas foi possível inferir, de forma aproximada, a dinâmica na planície e, também construir a evolução da dinâmica dos fluxos e a conseqüente variação dos pulsos, com a finalidade de possibilitar a análise de condições sob as quais as *wetlands* do Iguaçu estiveram sujeitas.

3) Na bacia do Alto Iguaçu, em alguns pontos, foi avaliada a qualidade da água. Foram realizadas diferentes campanhas, sendo as principais realizadas nas cavas das várzeas ilhadas a montante da BR-277, entre canal extravasor e rio Iraí. Estas campanhas foram trimestrais, a partir de abril de 2008 a dezembro de 2010. Em 2009 foram inseridas *wetlands* construídas e os rios Itaqui e Pequeno na pesquisa e em 2010 as amostragens foram, também, realizadas em outros rios da bacia do Iguaçu (rios Palmital e Atuba), ampliando assim o entendimento dos efeitos nas várzeas do Alto Iguaçu, conforme, Figura 21, Tabela 4 e Figura 22.

Em todos os pontos amostrados a água foi coletada superficialmente, exceto na cava 2 (P4) que foi, também, realizada coleta no fundo da cavas.

4) Seguindo a metodologia GTP e considerando as possibilidades de abordagem das variáveis ou atributos do Geossistema, foram realizadas campanhas para a identificação das espécies de macrófitas nas cavas entre o canal extravasor e o rio Iraí, procedendo-se coletas de amostras e fotografias das espécies existentes. A identificação foi realizada através de consulta à literatura e entrevistas com informantes qualificados. Estas campanhas foram trimestrais, a partir de abril de 2008 a dezembro de 2010.

Para a identificação por comparação das espécies da flora foi dado preferência ao material que continha flor, pois a flor é uma estrutura que varia menos, segundo Pott e Pott (2000). O nome científico é, e assim também neste trabalho, a palavra chave internacional para procurar informações na bibliografia ou nas redes eletrônicas. Tal levantamento florístico poderá subsidiar a revitalização paisagística das *wetlands*, cujas mudas poderão ser coletadas e cultivadas na própria área de restauração. Os pontos onde foram realizadas as fotos e as coletas das amostras da flora foram, principalmente (Figura 22a): Rio Iraí (P1); canal extravasor (P2); primeira cava (P3); segunda cava (P4); e terceira cava (P5).

TABELA 4 - PONTOS DE AMOSTRAGEM

| Ambiente | Código | Característica | Coordenadas | | 2008 | 2009 | 2010 | |
|-----------------------|-----------------------|----------------|----------------------|---------|--------|------|------|---|
| Wetland Construída | CJ1 | Canal drenagem | 7175695 | 679418 | | X | X | |
| | Cidade Jardim | CJ2 | Canal Canudo Maciel | 7176471 | 679923 | | X | X |
| | | CJ3 | Saída | 7175818 | 679421 | | X | X |
| | São Judas Tadeu | SJ1 | Entrada lagoa | 7180020 | 681838 | | X | X |
| | | SJ2 | Saída lagoa | 7180024 | 681809 | | X | X |
| | Zumbi dos Palmares | ZP1 | Lateral montante | 7190903 | 683530 | | X | X |
| | | ZP2 | Drenagem 4 | 7190801 | 683565 | | X | X |
| | | ZP3 | Drenagem 5 | 7190752 | 683609 | | X | X |
| | | ZP4 | Drenagem 6 | 7190707 | 683631 | | X | X |
| | | ZP5 | Saída | 7190625 | 683650 | | X | X |
| Cavas | P3 | Cava1 | 7182125 | 683748 | X | X | | |
| | Cavas montante BR-277 | P4 | Cava2 – canal | 7181677 | 683608 | X | X | X |
| | | P4 | Cava2 - Iraí | 7181925 | 682863 | | | X |
| | P5 | Cava 3 | 7180082 | 682827 | X | X | | |
| Rios | Rio Iraí | IR1 | Olaria do Estado | 7184731 | 689136 | | X | X |
| | | IR2 (P1) | Pinhais | 7183475 | 683876 | X | X | X |
| | Canal paralelo | CE1 | Montante rio Itaqui | 7182890 | 684072 | | X | X |
| | | CE2 (P2) | Jusante rio Itaqui | 7182200 | 683823 | X | X | X |
| | | CE3 | Jusante lagoa Corina | 7180039 | 682888 | | X | X |
| | Rio Palmital | PA1 | Viveiro EMBRAPA | 7189118 | 684984 | | | X |
| | | PA2 | Estrada da Graciosa | 7190313 | 683756 | | | X |
| | | PA3 | Vargem Grande | 7184681 | 684259 | | | X |
| | Rio Pequeno | PQ1 | BR-277 Km58 | 7170685 | 700845 | | | X |
| PQ2 | | Entrada lagoa | 7179996 | 683922 | | X | X | |
| PQ3 | | Saída lagoa | 7180080 | 682914 | | X | X | |

continua

| Ambiente | Código | Característica | Coordenadas | 2008 | 2009 | 2010 |
|------------|--------|-----------------------|----------------|------|------|------|
| Rio Itaqui | TQ1 | Posto Paris | 7175514 691808 | | X | X |
| | TQ2 | Montante lagoa | 7178203 688980 | | | X |
| | TQ3 | Jusante lagoa | 7178651 688052 | | X | X |
| | TQ4 | Foz | 7181674 685817 | | X | X |
| Rio Atuba | AT1 | Jusante Autódromo | 7184868 681040 | | | X |
| | AT2 | Jusante ETE Atuba Sul | 7181323 682422 | | | X |
| Rio Iguçu | IG1 | Ponte BR-277 | 7180213 681965 | | X | X |

FIGURA 21 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS E AMBIENTES DE AMOSTRAGEM

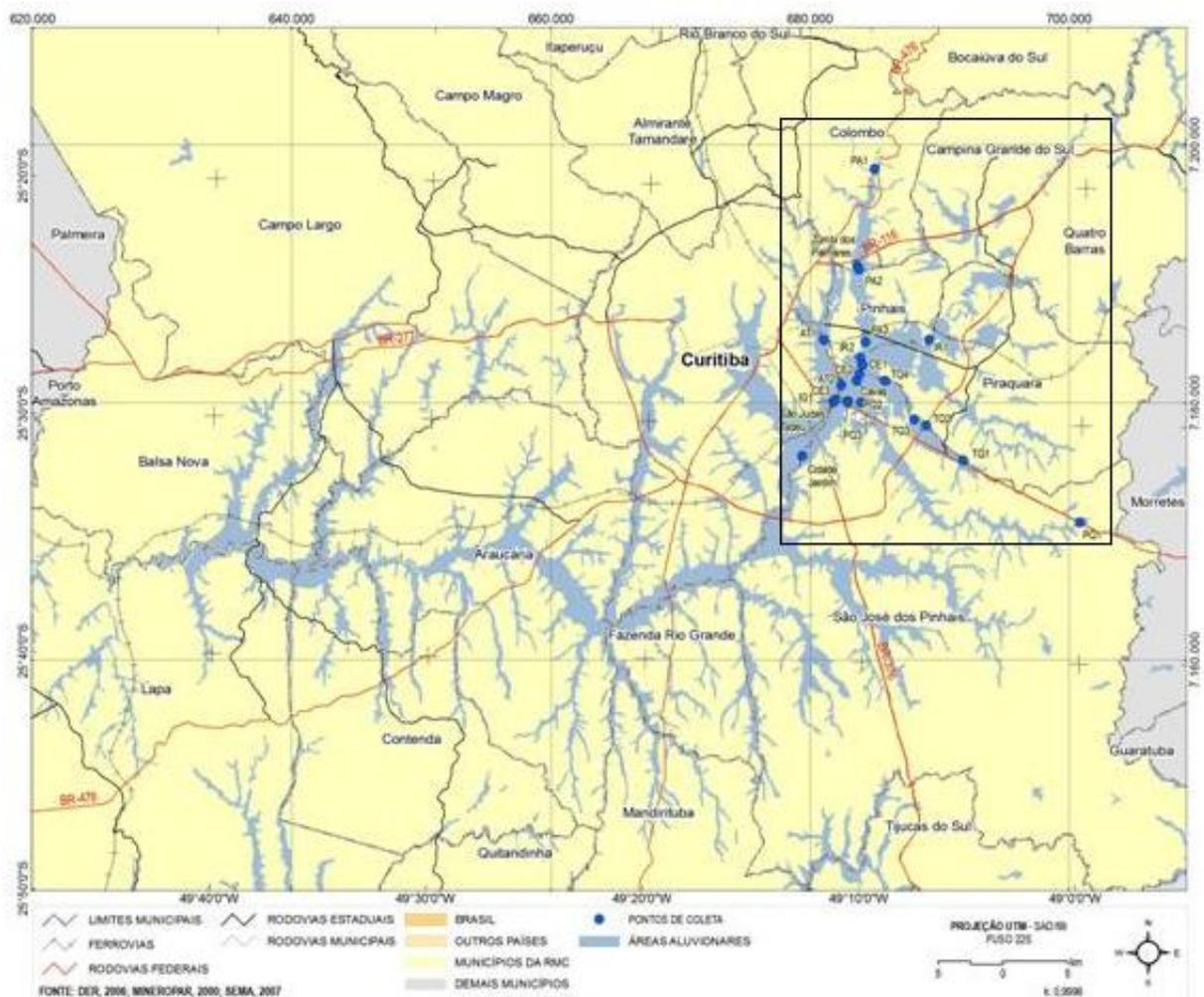
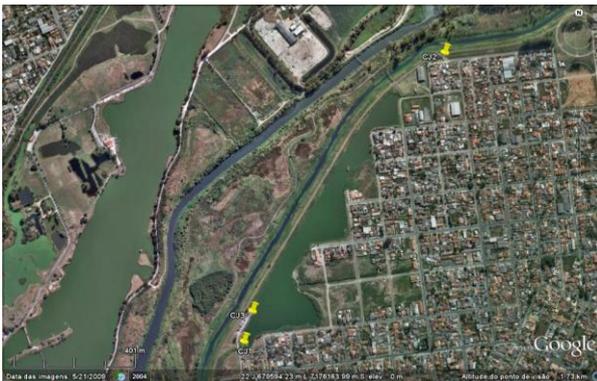


FIGURA 22 - LOCALIZAÇÃO E VISUALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM



a) Cava



b) Cidade Jardim



c) São Judas Tadeu



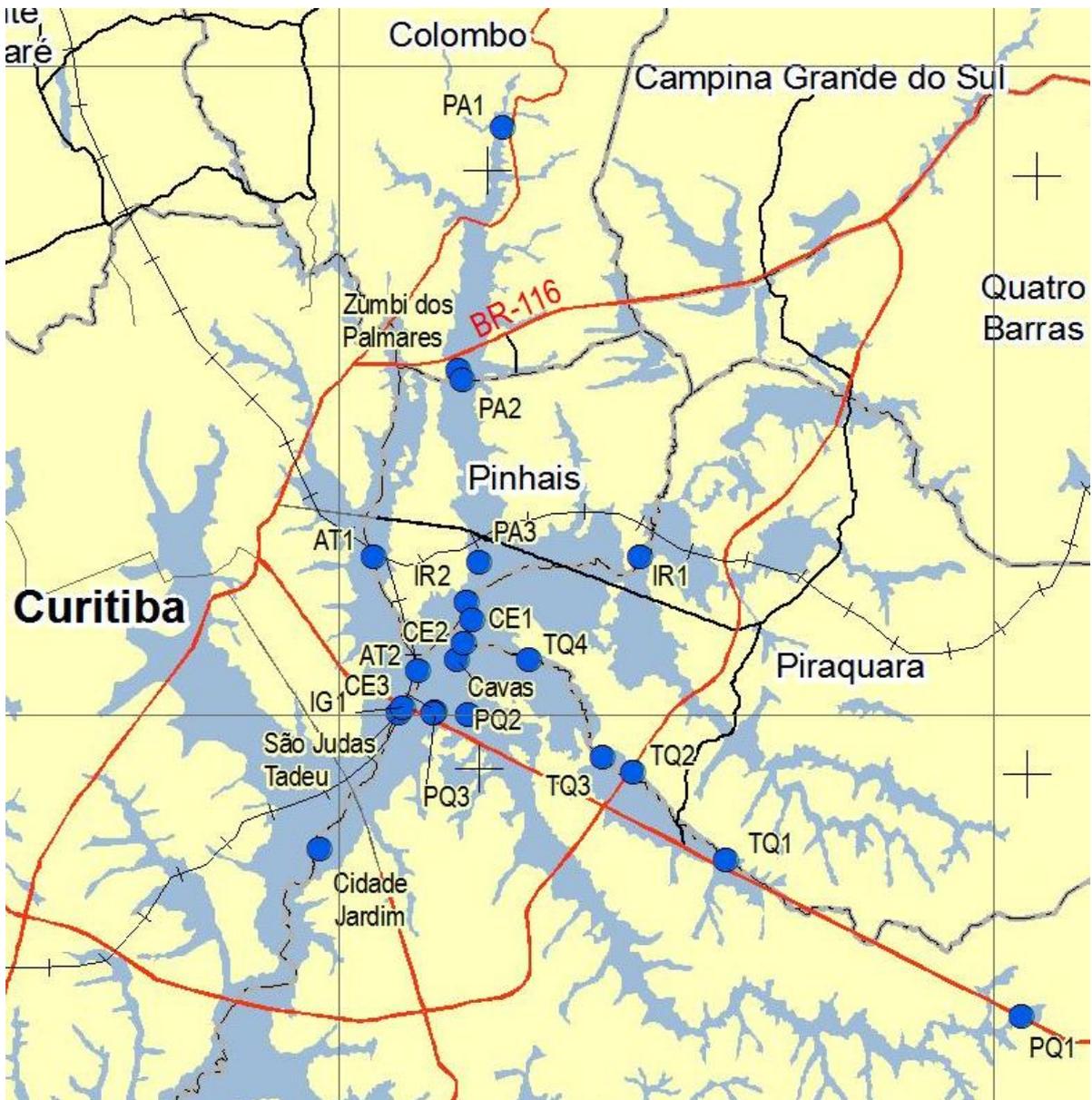
d) Zumbi dos Palmares



e) Corina



f) Lagoa do Itaqui



g) Visualização geral dos ambientes amostrados

Os locais que foram monitorados com a parceria entre o Instituto das Águas do Paraná, UTFPR e IAP foram:

_ cavas de areia: parcela das cavas de areia do rio Iguaçu. Área explorada pela atividade mineradora por décadas, produzindo com esta atividade, mais de 65 cavas na área de estudo a montante da BR-277, entre canal extravasor e rio Iraí, com profundidades entre 1,00 m e 4,50 m, totalizando uma superfície de lâmina d'água de 1.040.185 m² e volume aproximado de 2,5 milhões de metros cúbicos (SANEPAR, 2006);

_ rio Iraí: a sub-bacia com 113 km² é o principal manancial da bacia do Rio Iguaçu da RMC. O reservatório do Iraí supre o abastecimento público de água para mais de um milhão de pessoas da RMC (ANDREOLI 2003);

_ canal extravasor de água limpa: inicia-se próximo à captação Iraí, e segue paralelo ao rio Iguaçu até a foz do rio Miringuava. Foi construído na década de 1990 e tem como finalidade amortizar enchentes na região. Após receber os rios Itaqui e Pequeno (via lagoa–reservatório da Corina), as águas do canal passam por baixo do leito do rio Iguaçu através de um sifão, sendo dirigidas à captação Iguaçu (SUDERHSA, 2007);

_ rio Itaqui: drena os municípios de Piraquara e São José dos Pinhais, com área de 39,80 km² e vazão de 118 L/s (ANDREOLI, 2003). Recebe águas residuárias da Estação de Tratamento de Esgotos Martinópolis, cuja eficiência média de DBO é de 81% (AGUASPARANA, 2011). Destaca-se o fato de esta bacia apresentar densa ocupação com numerosas vilas e favelas (IAP, 2009);

_ lagoa do Itaqui: resultante de represamento por um barragem de pequena altura para operação de um pesque –pague, contribui significativamente no amortecimento das enchentes da região, podendo acumular 587.805 m³ de água (COPEL, 2007). Está localizada a jusante da ETE Martinópolis entre o Contorno Leste e a foz do rio Itaqui no canal de água limpa;

_ lagoas ou bacias de retenção nas localidades de Zumbi dos Palmares (município de Colombo, bacia do rio Palmital), Cidade Jardim e São Judas Tadeu (município de São José dos Pinhais, bacia do rio Iguaçu);

_ rio Pequeno, que drena parte do município de São José dos Pinhais, uma bacia de 134 km² (SANTOS, 2001);

_ lagoa – reservatório da Corina (município de São José dos Pinhais, bacia do rio Pequeno), operada pela Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, contribuindo para a captação Iguaçu – BR-277;

_ rio Palmital: tem suas nascentes no município de Colombo, atravessa a área urbana dos municípios de Colombo e Pinhais e tem sua foz no rio Iraí, a jusante da captação Iraí, situação que implica numa combinação de águas no ponto amostrado, onde predominam as características do rio Palmital;

_ rio Atuba: é o elemento separador dos territórios de Curitiba e Pinhais. Após receber os efluentes de ETE Atuba Sul, junta-se com o rio Iraí para formar o rio Iguaçu;

Para realização de todas as análises, os materiais foram previamente descontaminados, as amostras coletadas foram estocadas de acordo com a posterior análise a qual a mesma seria sujeita. A água, para as análises físicas e químicas em laboratório, foi coletada com garrafas de Van Dorn, armazenadas e preservadas em gelo até o deslocamento ao laboratório onde foram armazenadas a 4°C até serem realizadas todas as análises. As análises físicas e químicas da água foram realizadas em amostras in natura e filtradas. As filtrações foram realizadas utilizando-se membranas Millipore de éster de celulose, 0,45 µm.

Em campo foram obtidos valores de temperatura da água e ar, pH (pHmetro Digimed-DM2), oxigênio dissolvido (Oxímetro Digimed-DM4), intensidade luminosa e profundidade (disco de Secchi) da água. No laboratório da UTFPR foram analisados os parâmetros de: N-nitrito (método colorimétrico), N-nitrato (método da redução do Cádmio), N-amoniaco (método de fenato), ortofosfato (método do ácido ascórbico) e fósforo total dissolvido (metodologia de digestão ácida, a qual oxida a matéria orgânica e libera ortofosfato, quantificado pelo método do ácido ascórbico), todos os métodos descritos por APHA (1998).

A partir de amostras in natura foram quantificados a concentração de fósforo total e demanda química de oxigênio (APHA, 1998). As análises de cloreto seguiram o método titulométrico do nitrato mercúrico, sólidos o método gravimétrico e a clorofila seguiu o método proposto pelo Instituto Ambiental do Paraná, através de extração com álcool etílico. O teste de alcalinidade foi realizado logo após a coleta, já no laboratório, através do método Gran. A concentração de oxigênio dissolvido -

COD - foi determinada empregando o equipamento TOC 5000-A Shimadzu em amostras filtradas (APHA, 1998). A determinação da cafeína foi realizada por cromatografia líquida na UFPR.

As análises de DBO, *E. coli* e coliformes totais foram realizadas nos laboratórios do Instituto Ambiental do Paraná.

4.2.2 Território

A segunda etapa dá conta da organização dos antecedentes, que se revelam fundamentais ao estudo do tema, já que grande parte da informação relevante não está organizada de forma facilmente acessível. Num primeiro momento, serão abordados os antecedentes históricos, mediante consulta a bibliografia, seguido dos antecedentes ambientais e urbanísticos, que remetem à leitura dos atores atuais de apropriação do espaço e análise dos contornos normativos. As normas abordadas expressam o estado da arte dos sistemas de gestão e da legislação ambiental, urbana e de recursos hídricos, que devem interagir no espaço das cidades, na formação de estoque de áreas de várzeas urbanas, apropriadas com usos considerados de interesse para o alcance dos objetivos de melhoria de qualidade das águas e da sustentabilidade da metrópole.

4.2.3 Paisagem

A terceira etapa, lançando mão da abordagem Paisagem da metodologia adotada, foram identificadas quais são as principais funções das *wetlands* no cenário por ela ocupado, como por exemplo, redução de cheias, melhoria da qualidade da água, recreação e lazer, entre outros, mediante o estudo da literatura e, principalmente, reconhecimento de campo na área de estudo. Toda a extensão de planície aluvionar foi visitada pelo menos uma vez com a finalidade de perceber a mensagem da paisagem, conforme Quadro 5.

Esta metodologia é coerente com a situação atual, pois se faz necessário um conhecimento do estado e funcionamento dos processos físicos e biológicos, além da percepção dos impactos que tem ocorrido pela apropriação e uso das várzeas do Alto Iguaçu, e deve permitir auxiliar na definição de critérios para o

gerenciamento de *wetlands*, onde a água representa uma ameaça à sustentabilidade do ecossistema regional

QUADRO 5 - RELAÇÃO DE CAMPANHAS NAS VÁRZEAS

| Ano | Mês | Dia | Bacia |
|------|-----|-----|-------------------------------|
| 2006 | abr | 20 | ITAQUI |
| 2007 | mar | 16 | IGUAÇU; IRAÍ; ITAQUI; PEQUENO |
| 2007 | abr | 13 | IGUAÇU |
| 2007 | mai | 4 | IGUAÇU |
| 2008 | mai | 7 | IGUAÇU |
| 2008 | jul | 9 | IGUAÇU; BARIGUI |
| 2008 | jul | 10 | IGUAÇU |
| 2008 | jul | 16 | IGUAÇU |
| 2008 | ago | 27 | IGUAÇU; VERDE; PASSAÚNA |
| 2008 | set | 16 | PALMITAL |
| 2008 | set | 24 | PALMITAL |
| 2008 | nov | 20 | ITAQUI |
| 2009 | jan | 14 | ITAQUI |
| 2009 | jan | 14 | PEQUENO |
| 2009 | jan | 28 | PALMITAL |

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 GEOSSISTEMA

As várzeas apresentam os ambientes inundados agrupados em dois tipos básicos de origem da água, os de chuva e os de rio. Há muitas áreas com água de ambos os tipos de inundação. Existem ainda os ambientes antrópicos (exploração da areia) que originaram as cavas que passaram a atuar também como lagoas-reservatórios, além de reservatórios de controle de enchentes. Dentro de cada tipo de ambiente ainda existem gradientes de profundidade e flutuação dos níveis de água. As lagoas de meandro e as cavas são lagoas permanentes, como também as lagoas-reservatórios, compreendendo lagoas para controle de cheias, de armazenamento de água para abastecimento e os barramentos para criação de lagoa.

5.1.1 Conectividade pelas Águas

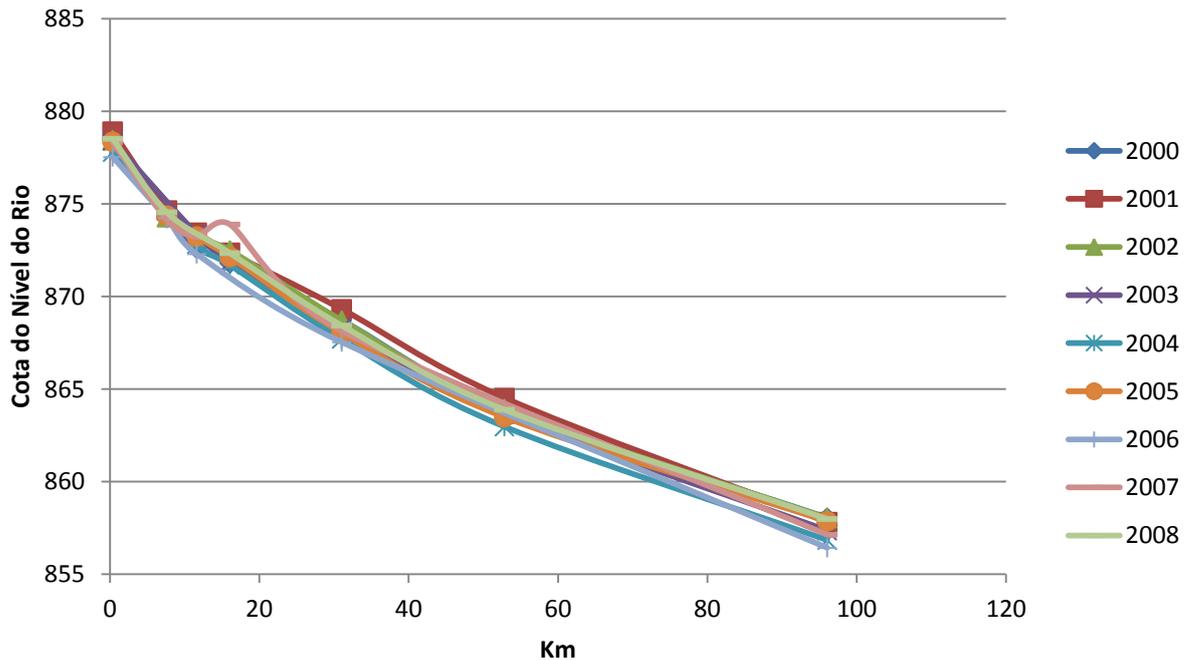
A conectividade pelas águas capaz de se estabelecer com o extravasamento do rio deveria ser analisada com a espacialização dos níveis de cheias do Iguaçu para a planície, contudo a tarefa foi dificultada pela ausência de dados em determinados períodos e limitados a existência de estações de monitoramento. A Tabela 5 informa a percentagem de dados válidos para 6 estações ao longo do rio Iguaçu no primeiro planalto entre 2000 e 2008.

TABELA 5 - PORCENTAGEM DE DADOS VÁLIDOS DOS NÍVEIS DO RIO IGUAÇU POR ESTAÇÃO POR ANO

| ANO | PINHAIS | PONTE BR-277 | ETE SANEPAR | PONTE UMBARAZINHO | ETA ARAUCÁRA | BALSA NOVA |
|------|---------|--------------|-------------|-------------------|--------------|------------|
| 2000 | 99,82 | 99,94 | 99,99 | 99,97 | 100 | 99,99 |
| 2001 | 66,65 | 99,99 | 96,05 | 93,1 | 100 | 99,99 |
| 2002 | 99,99 | 98,11 | 97,23 | 99,98 | 100 | 99,99 |
| 2003 | 0 | 100 | 75,17 | 38,54 | 100 | 100 |
| 2004 | 0 | 99,99 | 99,91 | 71,91 | 100 | 100 |
| 2005 | 63,93 | 100 | 65,5 | 100 | 75,74 | 100 |
| 2006 | 99,98 | 97,5 | 0 | 99,99 | 0 | 99,98 |
| 2007 | 98,72 | 45,28 | 39,81 | 97,59 | 63,69 | 99,92 |
| 2008 | 79,03 | 0 | 79,05 | 79,05 | 99,44 | 79,05 |

A Figura 23 apresenta o padrão dos eventos de inundação que ocorreram no período compreendido entre 2000 e 2008 resultantes de cotas nas estações de monitoramento.

FIGURA 23 - COTA DO NÍVEL DE EVENTOS DE CHEIAS DO RIO IGUAÇU. ESTAÇÕES: OLARIA DO ESTADO (0,36 KM); PINHAIS (7,63KM); PONTE BR 277 (11,62 KM); ETE SANÉPAR (16,07 KM); PONTE UMBARAZINHO (31,04 KM); ETA ARAUCÁRIA (52,83 KM) E Balsa Nova (96,05 KM).



Fonte dos dados: AGUASPARANA, 2011

Superfície areal inundada pelo rio

As *wetlands* como ecossistemas dinâmicos, heterogêneos em tempo e espaço, dependem da hidrologia para a manutenção de sua diversidade biológica e produtividade. E, ainda, segundo Gregory e Ashkenas (1990), o manejo deve ser efetuado até o limite da planície de inundação.

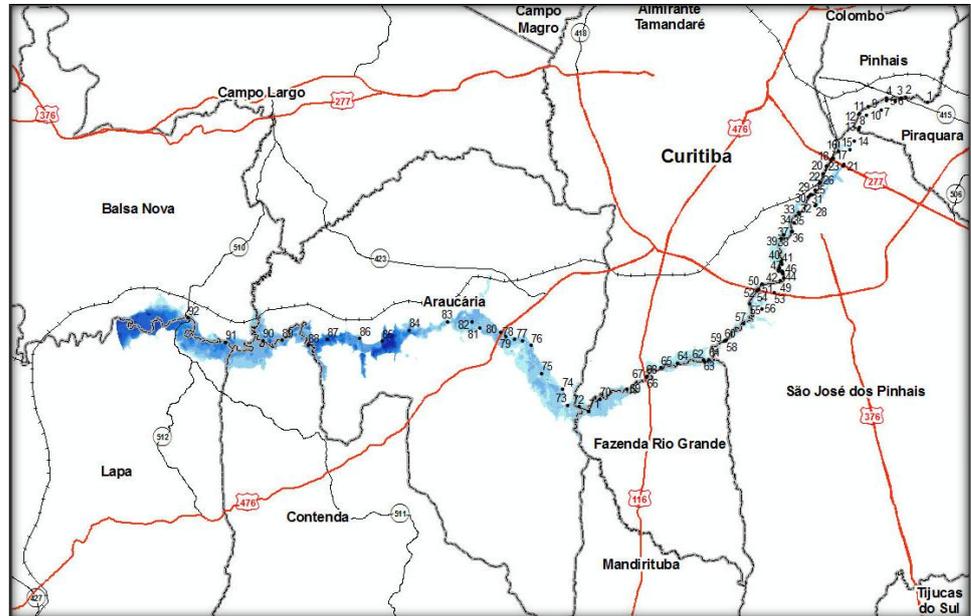
Assim, através da simulação espacial (interpolação) foram obtidos os mapas da planície inundável para diferentes tempo de recorrência (TRs 2, 5, 10, 25, 50 e 100) sendo observado através da Figura 24 a região de inundação e a altura das lâminas da água. A dinâmica potencial de inundação também pode ser observada em ANEXOS.

FIGURA 24 - PLANÍCIE INUNDÁVEL PARA DIFERENTES TRS

Intervalos das lâminas

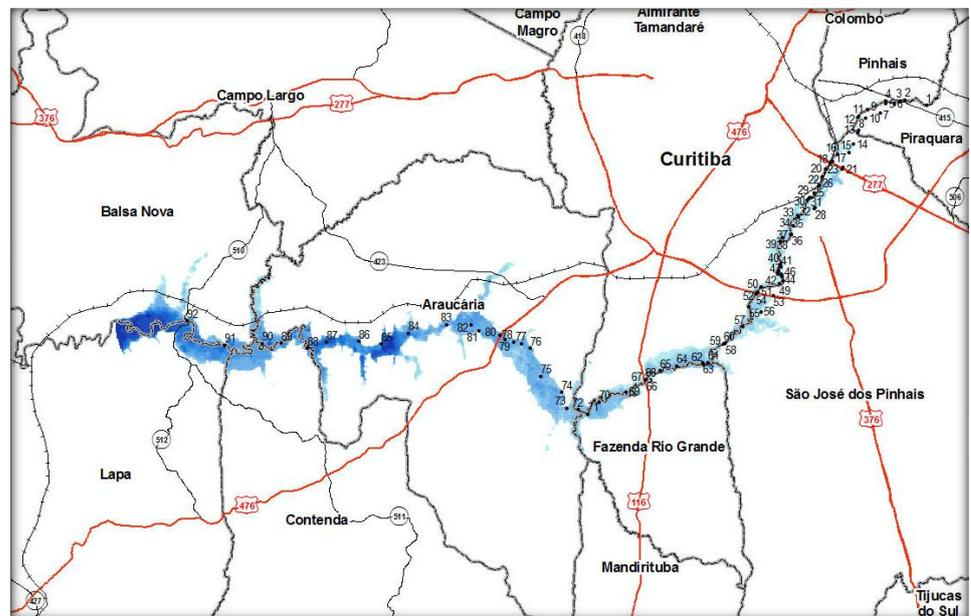
Espacialização das lâminas

- 0,069757918 - 1
- 1,000000001 - 2
- 2,000000001 - 3
- 3,000000001 - 4
- 4,000000001 - 5
- 5,000000001 - 6
- 6,000000001 - 7
- 7,000000001 - 8
- 8,000000001 - 9



Lâmina de inundação para TR 2

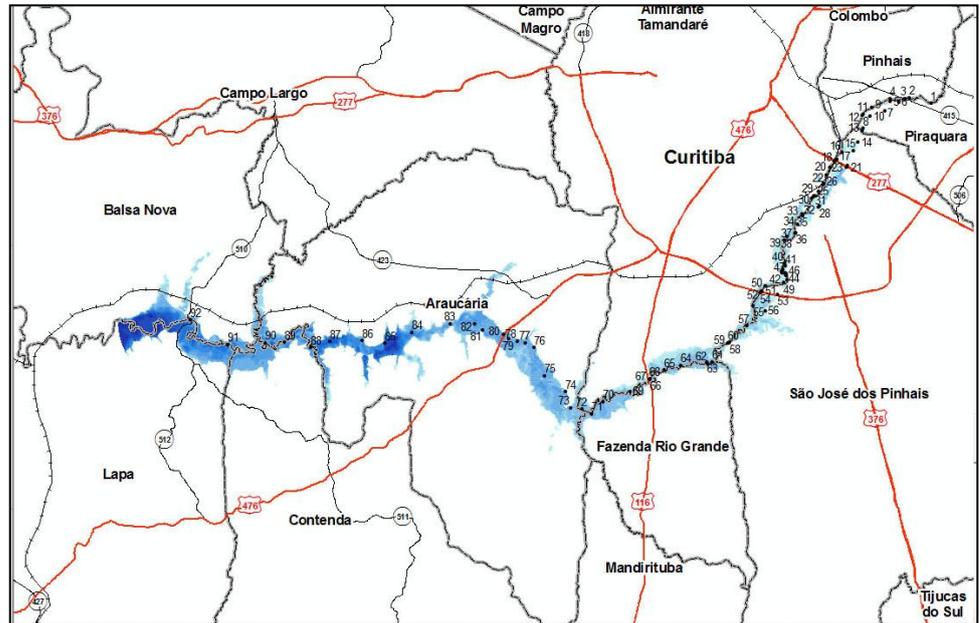
- 0,372450885 - 1
- 1,000000001 - 2
- 2,000000001 - 3
- 3,000000001 - 4
- 4,000000001 - 5
- 5,000000001 - 6
- 6,000000001 - 7
- 7,000000001 - 8
- 8,000000001 - 9
- 9,000000001 - 10
- 10,00000001 - 11
- 11,00000001 - 12



Lâmina de inunda o para TR 5

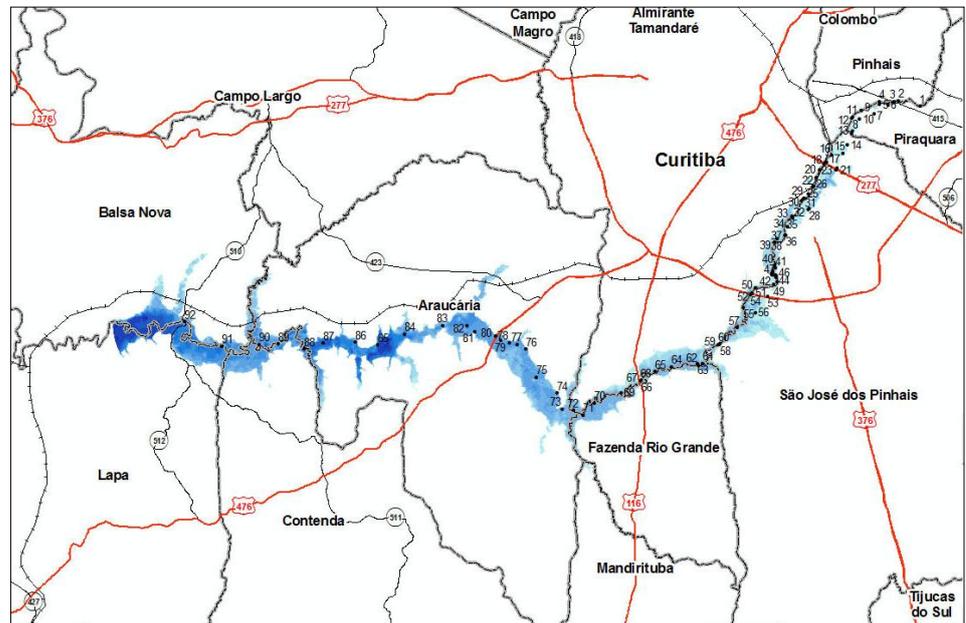
Intervalos das lâminas Espacialização das lâminas

- 0,372450885 - 1
- 1,000000001 - 2
- 2,000000001 - 3
- 3,000000001 - 4
- 4,000000001 - 5
- 5,000000001 - 6
- 6,000000001 - 7
- 7,000000001 - 8
- 8,000000001 - 9
- 9,000000001 - 10
- 10,00000001 - 11
- 11,00000001 - 12



Lâmina de inundação para TR 10

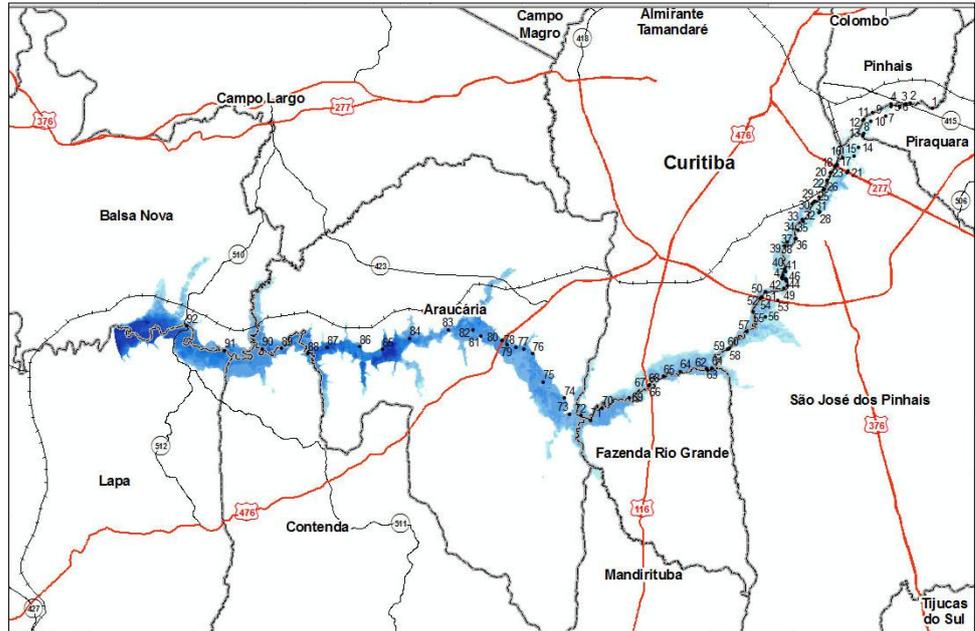
- 0,311426021 - 1
- 1,000000001 - 2
- 2,000000001 - 3
- 3,000000001 - 4
- 4,000000001 - 5
- 5,000000001 - 6
- 6,000000001 - 7
- 7,000000001 - 8
- 8,000000001 - 9
- 9,000000001 - 10
- 10,00000001 - 11
- 11,00000001 - 12
- 12,00000001 - 13



Lâmina de inundação para TR 25

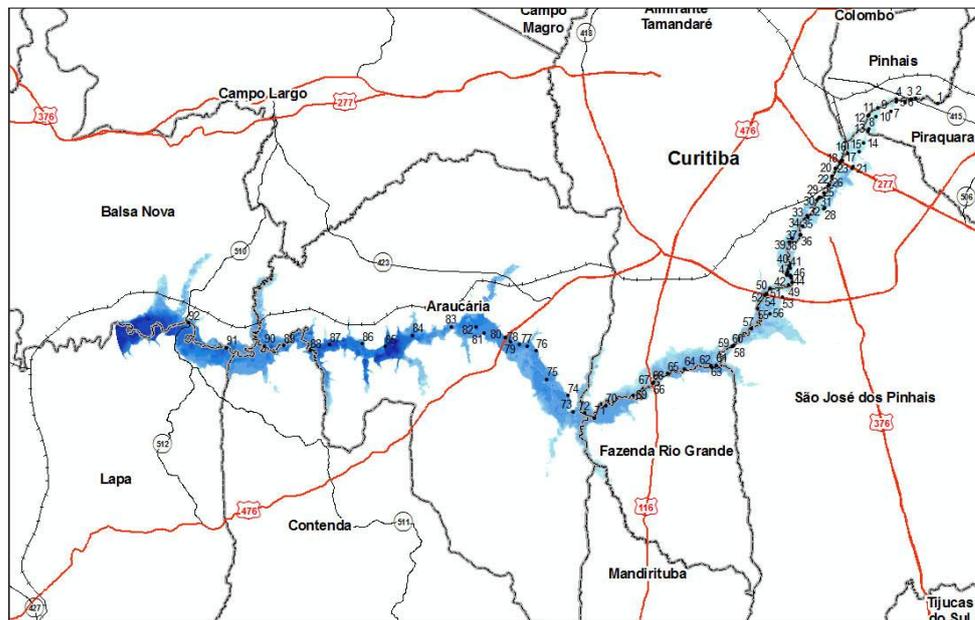
Intervalos das lâminas Espacialização das lâminas

- 0,542855296 - 1
- 1,000000001 - 2
- 2,000000001 - 3
- 3,000000001 - 4
- 4,000000001 - 5
- 5,000000001 - 6
- 6,000000001 - 7
- 7,000000001 - 8
- 8,000000001 - 9
- 9,000000001 - 10
- 10,00000001 - 11
- 11,00000001 - 12
- 12,00000001 - 13



Lâmina de inundação para TR 50

- 0,388985668 - 1
- 1,000000001 - 2
- 2,000000001 - 3
- 3,000000001 - 4
- 4,000000001 - 5
- 5,000000001 - 6
- 6,000000001 - 7
- 7,000000001 - 8
- 8,000000001 - 9
- 9,000000001 - 10
- 10,00000001 - 11
- 11,00000001 - 12
- 12,00000001 - 13



Lâmina de inundação para TR 100

Fonte dos dados: AGUASPARANA, 2001

As manchas obtidas confirmam que a magnitude e a frequência diminuem lateralmente para fora do curso ativo da água, influenciando assim distribuição de diferentes formas de vegetação envolvidas na remoção e ciclagem de nutrientes.

A análise na escala do tempo se mostra útil para discutir os fatores que mantém a complexidade zonal das várzeas, que se constituem macrossistemas de alta variabilidade espaço-tempo. A elasticidade do macrossistema é da ordem de 3 vezes, no mínimo, um vez que é resultante do cociente entre a superfície ocupada durante a fase de máxima inundação considerada como a superfície inundável TR100 (122 km²) e a que corresponde ao período de seca extrema restrita as áreas alagadas e de cavas (39 km²) na bacia do Alto Iguaçu.

As intervenções representadas pela abertura do canal paralelo, retificação do rio Iguaçu e implantação de caminhos de operação e manutenção em ambas as margens dos rios Irai e Iguaçu e do canal paralelo produziram uma alteração para a planície de inundação do Alto rio Iguaçu e o conhecimento atual das relações hidrológicas é crucial para proposta de recuperação de *wetlands*, assim como para o equacionamento de freqüentes conflitos relacionados com o manejo.

Os resultados de atributos dos pulsos apresentados para 5 estações/seções mostram diferentes graus de conectividade entre diferentes setores do curso d'água e zonas fluviais adjacentes.

Olaria do Estado, primeira estação a jusante da Barragem do Iraí, acusa níveis compatíveis com probabilidade de inundação da planície, a exceção de 2007 quando apresentou níveis abaixo das cotas dos diques marginais na seção, com frequência variando de 2 a 13 vezes/ano, respectivamente em 2006 e 2001, amplitudes mínimas de 6 horas em junho de 2003 até máximas de 26 dias e 4 horas em fevereiro/março de 2002, e intensidades mínimas de aproximadamente 3 cm em maio de 2006 e máximas de 90 cm em outubro de 2001. As fases de seca e inundação de Olaria do Estado podem ser consideradas como padrão de conectividade para o trecho mais natural de rio e várzea compreendido entre os reservatórios do Iraí inaugurado em 1999, do Piraquara I, inaugurado em 1979 (vazão regularizada da ordem de 0,6 m³/s) e do Piraquara II, (vazão regularizada da ordem de 1.140 l/s, 1,14 m³/s) e a PR-415. Logo a jusante se inicia o canal paralelo.

O trecho entre PR-415 e BR-277, que pode ser considerado monitorado em parte pela estação Pinhais, localizada no rio Iraí, não apresentou fases de inundação, apesar das cotas 874,645 m em 2 de outubro de 2001, e 874,548 m em 29 de abril de 2008 representarem risco de inundação conforme a simulação (COMEC, 1996). Observe-se que todos os dados de 2003 e 2004 foram invalidados, e ainda que após anos da abertura do canal paralelo, nenhuma estação do órgão gestor de recursos hídricos monitora vazões, níveis e/ou qualidade das suas águas.

Enquanto na estação Pinhais somente foram identificadas fases secas considerando as cotas dos níveis de água no rio e as cotas dos diques direito e esquerdo do rio Iraí, em visita realizada ao ambiente na porção que as cavas se aproximam do leito antigo do Iraí mostrou possível apontar pelo menos uma entrada da inundação para a planície entre rio e canal, o meandro abandonado do rio (Figura 25), podendo ser uma causa da infestação de Typha em cavas.

FIGURA 25 - CONECTIVIDADE PELO MEANDRO ABANDONADO



Typha



Meandro



Macrófitas no meandro



Margem do rio Iraí

Fotos do autor: 17 jun. 2011

Diferentemente da estação Pinhais, a Estação BR-277, apresentou a possibilidade de 14, 2 e 4 fases de inundação, respectivamente, em 2002, 2005 e 2006, com amplitudes variando entre pouco mais de um dia e meio a duas horas no

ano de 2002 e intensidades máximas e mínimas de 1,45 m e 11 cm. Nos demais anos as possíveis fases de inundação alcançaram a amplitude máxima de 9 horas e 30 minutos e intensidade máxima de abaixo de 53 cm, em 75% das fases registradas.

É aqui onde o rio Atuba, ao encontrar-se com o rio Irai dentro da Área de Proteção Ambiental do rio Iguaçu (APA-Iguaçu), em frente à estação de captação de água da SANEPAR, na BR-277 e após receber os efluentes da ETE Atuba Sul, forma o rio Iguaçu (CURITIBA, 2008).

É neste trecho que se situam o dique com crista na cota 874,60 m (SUDERHSA, 2002) que contorna a parte habitada do Jardim São Judas Tadeu por 1.070 m, exceto pelo lado norte onde a proteção é feita pelo aterro da BR-277, onde a cota máxima prevista para TR100 é 872,90 m (COMEC, 1996), e outro em construção no contexto da regularização da ocupação Vila Audi/União e da implantação do Parque da Imigração, município de Curitiba.

Os dados da estação ETE SANEPAR, localizada no rio Iguaçu, a jusante da foz do rio Belém, registraram três fases de inundação, uma no verão de 2000 e duas no final de outono/início de inverno de 2001, apresentando cotas máximas de 867,92 m, 869,13 m e 868,31m, respectivamente.

E neste trecho se situam o dique com aproximadamente 2.500 m de extensão entre a Av. das Torres e a Av. das Américas (prolongamento da Av. Marechal Floriano Peixoto) com crista na cota (873,35 m a 872,75 m), protegendo a localidade denominada Cidade Jardim, município de São José dos Pinhais para TR 100 (COMEC, 1996).

Os resultados da simulação de cotas de inundação indicam redução de níveis de cheia no trecho compreendido entre a PR-415, que praticamente corresponde com o início do canal paralelo e a Foz do rio Miringuava, quando o canal deságua no rio Iguaçu, 4 km a montante da Ponte Umbarazinho e, o aumento de níveis no trecho a iniciar na Foz do rio Miringuava (SUDERHSA, 2002; COMEC, 1996). O que se verificou, analisando-se o regime pulsátil na seção Ponte Umbarazinho, 31 km a jusante da barragem do Iraí, foi que as fases de inundação limitaram-se ao ano de 2000, na primavera (1), verão (3) e inverno (1), esta última com maior amplitude (7 dias) e intensidade (1,02 m). Nos demais anos duas

situações empataram em número de dados inválidos ou nível máximo do rio abaixo do nível dos diques marginais.

Apesar das cotas da Estação Araucária corresponderem a cotas abaixo da simulada para TR 2 (865,14 m), quando associadas com as cotas dos diques laterais, as mesmas indicaram 17 fases prováveis de inundação, a de maior intensidade no final de inverno de 2000 correspondendo a 1,66 m e a última com intensidade superior a um metro foi registrada em 3/10/2001. A partir do verão de 2002, foram registradas fases com menor amplitude e intensidade (entre 0,542 e 0,027) média de 28 cm de altura de lâmina d'água. Valores de intensidade muito baixos podem não representar a existência de uma fase de inundação, em virtude das precisões na representação da seção da estação de monitoramento. Esses resultados confirmam os resultados das simulações de cotas de inundações ao longo do rio Iguaçu, onde se espera elevação do nível de água de 1,00 m no cenário pós construção da barragem Piraquara e o desenvolvimento urbano correspondente (COMEC, 1996; SUDERHSA, 2002).

Em Balsa Nova (nível zero da régua = 854,35 m), a estação não registrou inundação. Vale citar, entretanto, que na maioria das checagens de cota entre sensor e régua, foram registradas diferenças (máximo de 0,68 m em 22/11/2005 e 0,79 m em 04/12/2006). Em 16/03/2007 às 9:10 (Cota régua = 2,34 m e Cota sensor = 0,38 m) a diferença foi de tal ordem (1,54 m), que motivou a substituição do sensor a ocorrer em 28/06/2007. O período anterior, até 12/12/2006, de verificação da correspondência de dados e o posterior até a normalização das leituras ficam sujeitos a interrogações. Após a substituição, as leituras não apresentaram desconformidades podendo assim serem considerados os valores expressos pelo sensor que foram os trabalhados nessa análise.

O estudo das fases, com as limitações impostas pelo histórico da estação, contrariam o cenário esperado pelos projetistas do canal paralelo e retificação do rio Iguaçu (mapa –Figura 24), de inundação do areal em operação, a jusante da cidade de Balsa Nova, que teria as atividades suspensas num período que varia de 1 a 2 meses por ano, período que a várzea permanece inundada após 3 dias de avanço das águas com a enchente de São Miguel, no mês de setembro (entrevista concedida por Cleber do areal, em 10/07/2008). Pelo mapa em (Figura 24 - Planície

inundável para diferentes TRs) também observa-se que as inundações podem ser mais danosas nas bacias dos rios Belém, Padilha, Atuba, Palmital e Passaúna, que são mais urbanizadas.

Através da caracterização dos pulsos de cheias foi possível identificar os ambientes inundáveis (potencial) por extravasamentos dos rios (inundação), onde a lâmina de água depende da cota, verificando assim a dinâmica na planície.

Esta caracterização do regime pulsátil nas 5 seções do sistema Iguazu onde foram instaladas as estações telemétricas, além de validar os cenários simulados, permite definir 3 trechos distintos a saber: 1) entre pé da barragem do Iraí até PR-415 com conectividade rio/planície importante; 2) do início ao final do canal paralelo, onde os níveis do rio, associados com as intervenções antrópicas indicaram ausência de conectividade com a planície de inundação, sinalizando assim para a importância em se preservar os corpos d'água existentes no ambiente delimitado pelo rio e canal paralelo (lagoas, paleoleitos e meandros abandonados), que apresentam-se potenciais de conectividade com o rio, pela ausência de diques e ainda em recuperar algumas funções da várzea, incorporando o potencial de *wetland* representado pelas inúmeras cavas remanescentes da atividade extrativa de areia na região; 3) do final do canal paralelo para jusante, trecho que em se adotando a estação de Araucária como representativa de um tramo de quase 65 km, pela falta de outras seções monitoradas pelo sistema de gestão de recursos hídricos, ocorre o potencial da conectividade rio/planície maior no verão apesar de não tão intensas com lâminas de no máximo 54 cm, e menor na primavera, contudo apresentando maiores intensidades. A retificação, canalização e duplicação de rios, executados com o propósito de evitar as cheias urbanas, liberam maiores vazões para jusante, o que poderia justificar as cheias ainda presentes a jusante do fim do canal.

O tipo de dado disponível não permitiu, contudo, conhecer a amplitude da inundação na planície. Para tanto outros equipamentos terão que ser instalados na planície e monitorados preferencialmente em tempo real para subsidiar as ações para proteção das várzeas.

Superfície areal dos ambientes aquáticos (cavas)

As conectividades aquáticas corresponderam as conectividades entre rio e ambientes da planície, entre cavas e as conectividades rio/cava na várzea provocadas por ação antrópica localizada. Três casos serão apresentados e discutidos a seguir.

A Figura 26 ilustra a conectividade superficial das cavas a montante da BR-277 que diferem de outros ambientes de cavas. Enquanto nos demais, as cavas se apresentam como várias lagoas isoladas, nesse ambiente da ilha fluvial, pode-se diagnosticar a existência de 3 grandes sistemas, repletos de reentrâncias, e diferentes profundidades.

Um dos sistemas tem início nas proximidades do leito abandonado do rio Itaqui e se desenvolve acompanhando o canal de água limpa e os meandros abandonados do rio Iraí, compreendendo pelo menos 7 cavas interligadas em superfície, resultando numa superfície de água com pelo menos 352.235,00 m², e um perímetro molhado de 22.706,00 m (Figura 26a).

FIGURA 26 - CONECTIVIDADE ENTRE CAVAS E CAVA E RIO



Outro sistema com 147.563,00 m² e perímetro de 4.331,00 m (Figura 26b) encontra-se com mais de 85% de sua superfície tomado por *Typha dominguensis* Pers. (taboa), ocupação esta decorrente de ingresso de vazão de estiagem dos sistemas unitários (valetas) ocorrentes a margem esquerda do canal no município de São José dos Pinhais ou ainda por conectividade com o rio Iraí através de meandro abandonado.

O terceiro ambiente diagnosticado (Figura 26c) abrange uma superfície total de 340.985,00 m², apresentando-se ao final do período de avaliação com 13%

coberto de macrófitas aquáticas, correspondendo ao trecho de jusante conectado com o canal paralelo (Quadro 6).

QUADRO 6 - ESPÉCIES DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS IDENTIFICADAS NO AMBIENTE 3

| Espécie | 03/abr/08 | 15/ago/08 | 02/out/08 | 27/nov/08 |
|----------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <i>Alternanthera philoxeroides</i> (Mart.) Griseb. | | | 1 | 1 |
| <i>Bubostilis</i> | | | | 1 |
| <i>Commelina Schomburgkiana</i> Klotzsch ex Seub. | | 1 | | 1 |
| <i>Cyperus papyrus</i> ; | | 1 | | |
| <i>Egeria densa</i> Planch. | | | 1 | 1 |
| <i>Egeria najas</i> Planch. | | 1 | | |
| <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms. | | 1 | 1 | 1 |
| <i>Eleocharis cf. mutata</i> | | 1 | | |
| <i>Myriophyllum aquaticum</i> (Velloso) Verde | 1 | 1 | | |
| <i>Pistia stratiotes</i> Linn. | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Polygonum ferrugineum</i> Wedd. | | | 1 | 1 |
| <i>Polygonum hydropiperoides</i> Michx. | | 1 | | |
| <i>Potamogeton</i> | | 1 | | 1 |
| <i>Rhynchospora corymbosa</i> (L.) Britt. | | 1 | 1 | 1 |
| <i>Sagittaria montevidensis</i> Chan et Szech | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Salvinia auriculata</i> Aubl. | 1 | | 1 | |
| <i>Salvinia herzogii</i> de La Sota | | 1 | 1 | 1 |
| <i>Salvinia minima</i> Bak. | 1 | | 1 | 1 |
| <i>Typha domingensis</i> Pers. | 1 | | | |
| <i>Urochloa plantaginea</i> (Link) Welster | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Utricularia gibba</i> L. | | 1 | | |

Em 14/01/2009 bombas estavam operando lançando as águas dos ambientes de cavas no canal alimentador da captação BR-277. Ao mesmo tempo, as águas passavam sobre a soleira no sentido cava - canal. Em 03/02/2009, a situação, era distinta. Canal paralelo - canal alimentador - cava se conectavam em nível, conforme (Figura 27), fato que lhe dá o título de lagoa reservatório.

Os mananciais utilizados têm seu barramento a montante e a vazão regularizada alcança os pontos de captação que se situam dentro da cidade, percorrendo o próprio leito do rio, otimizando as vazões passíveis de serem captadas, em função da utilização das bacias incrementais de forma associada. O sistema de distribuição Iguaçu não é interligado com o sistema Passaúna, e, portanto qualquer problema de qualidade de água, causado por acidente ou mesmo

pela degradação paulatina, determinará o desabastecimento de cerca de 2,0 milhões de habitantes (CURITIBA, 2008), deixando claro que a qualidade das águas é dependente da gestão dos territórios das bacias e sub-bacias urbanas.

FIGURA 27 - LAGOAS – RESERVATÓRIOS DA ILHA A MONTANTE DA BR-277



a) 14/01/2009
Fotos do autor.

b) 03/02/2009

5.1.2 Conectividades Antrópicas

Vazões de estiagem dos sistemas unitários (valetas) da planície a margem esquerda do canal paralelo alcançam as cavas através de sifões. Tubos de PVC ligam cava e canal, contudo, pela altura que estão dispostos e considerando a altura da soleira à jusante é improvável que ocorra entrada das águas do canal para a cava. Um terceiro tipo de conexão se dá por meio de “balsa”, que cruza o rio Iraí, utilizada por aqueles que desejam fazer uma pescaria com o bicho da laranja nas cavas à sua margem esquerda e barco ou travessia à pé no canal que conduzem os usuários das cavas para diferentes usos, como pescaria e natação recreativa (Figura 28).

FIGURA 28 - CONECTIVIDADES ANTRÓPICAS



Balsa: 16/03/2007



Barco: 02/10/2008



a pé: 02/10/2008



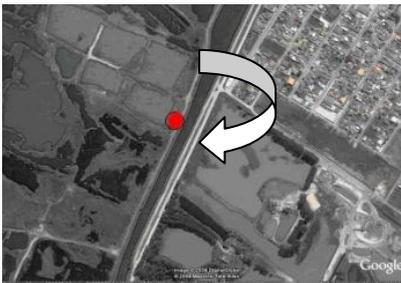
Rede de esgoto: 27/11/2008



Valeta do sifão 3:
16/03/2007



Ligações com sifões



Localização dos tubos:
27/11/2008
Fotos do autor



Chegada dos tubos na cava:
27/11/2008



Chegada dos tubos no canal: 27/11/2008

5.1.3 Caracterização da Vegetação

“Sem compreender as necessidades de uma cidade e, principalmente, sem compreender as funções das áreas verdes, o paisagista não poderá realizar jardins” (MARX, 2010)

O bom paisagismo é uma interferência sutil inserida naturalmente na paisagem, reproduzindo o ecossistema natural. Para pensar em acrescentar algo, inicialmente foi necessário fazer um inventário cuidadoso (CHACEL, 2009).

Macrófitas aquáticas

Na aplicação da metodologia proposta neste trabalho, foi dada atenção especial às macrófitas emergentes e/ou flutuantes, que dominam na paisagem das várzeas do Iguaçu. Uma interferência nas várzeas do Iguaçu foi a extração de areia, tendo originado as cavas a montante da BR-277, compreendidas na atualidade entre o rio Irai e o canal paralelo (ou canal de água limpa), onde foi percebida variação na

quantidade e tipo da vegetação. Comparativamente a outras cavas existentes às margens dos rios, estas ficaram isoladas do resto da planície e das vertentes, originando ambientes aquáticos de extrema beleza e dinâmica. Em campanhas diferentes foi percebido que ocorriam alterações dos tipos de plantas existentes na região, podendo ser proveniente da sazonalidade ou sucessão.

A seguir será apresentada uma breve descrição de espécies de macrófitas identificadas nas *wetlands* e consideradas neste estudo: nas cavas do trecho do Altíssimo Iguaçu foram observadas diferentes plantas aquáticas, emergentes (Figura 29) tais como: flutuante (A) *Commelina schomburgkiana* Klotzsch ex Seub (Santa Luzia); anfíbia (B) *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb (tripa-de-sapo); (C) *Eleocharis acutangula* (Roxb.) Steud. (cebolinha triangular); (D) *Ludwigia* sp. (cruz-de-malta); (F) *Hedychium coronarium* J. König; (G) *Cyperus papyrus* (H) *Typha domingensis* Pers (taboa), (F) *Pontederia cordata* L. (guapé); (H) *Sagittaria montevidensis* Cham. & Schltl (chapéu-de-couro).

FIGURA 29 - MACRÓFITAS EMERGENTES OBSERVADAS NA PAISAGEM DO ALTÍSSIMO IGUAÇU



(A) *Commelina schomburgkiana* Klotzsch ex Seub.



(B) *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb.



(C) *Eleocharis acutangula* (Roxb.) Steud.



(D) *Ludwigia* sp. (cruz-de-malta)



(E) *Ludwigia* sp. (cruz-de-malta)



(F) *Hedychium coronarium* J. König

(G) *Cyperus papyrus*(H) *Typha domingensis* Pers.(I) *Eleocharis* sp(F) *Pontederia cordata* L.(G) *Rhynchospora corymbosa*
(L.) Britt(H) *Sagittaria montevidensis*
Cham. & Schtdl

Fotos do autor

Alternanthera philoxeroides (Mart.) Griseb e alguns indivíduos de *Typha domingensis* Pers., *Sagittaria montevidensis* Chan et Szech, *Egeria densa* e *Pistia stratiotes* Linn. ocupavam parte do leito menor do rio Itaqui, ambiente a jusante do Contorno Leste e montante da lagoa do Itaqui, freqüentado por pescadores e utilizado para natação pelas crianças moradoras do entorno (Figura 30). Muitos indivíduos de *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb. (tripa-de-sapo) florescidos foram também encontrados nas margens da lagoa da Corina.

FIGURA 30 - AMBIENTES A MONTANTE DA LAGOA DO ITAQUI

Montante do contorno
Fotos do autor em 14/01/2009

Jusante do contorno

Na saída da lagoa do Itaqui foi encontrada massa de *Pistia stratiotes* decomposta na várzea do rio Itaqui, surgindo a *Hydrocotyle ranunculoides* L. f. (chapéu-de-sapo), que cresce também sobre *Salvinia* sp. Esta espécie invasora (*Hydrocotyle ranunculoides* L. f. ocorre em águas rica em fosfato, o qual pode estar vindo da decomposição da *Pistia* (Figura 31) ou da ETE Martinópolis (lagoas anaeróbia, facultativa e de polimento). *Pistia stratiotes* L. cosmopolita tropical e subtropical apresenta grande capacidade despoluidora de água de esgoto, indicadora de eutrofização, agressiva, avança rapidamente e se adensa principalmente em água poluída, rica em nutrientes (POTT; POTT, 2000). Foi encontrada recobrando toda a superfície da lagoa do Itaqui, parte da lagoa da Corina, toda a lagoa da Cidade Jardim, muitos ambientes de cavas situadas a montante da BR-277 e margem esquerda do canal paralelo ao rio Iguaçu.

FIGURA 31 - VÁRZEA DO RIO ITAQUI



Pistia stratiotes L.



Várzea a jusante da lagoa Itaqui



Hydrocotyle ranunculoides L. f.

Fotos do autor em 20/11/2008 e 14/01/2009

Já nas cavas, foi observada a presença de *Eleocharis* sp, sendo o mesmo efeito observado por Pott e Pott (2000) para *Eleocharis* sp, em outros ambientes, que cresce na faixa intermediária da borda para o centro da lagoa, em águas rasas, as vezes originando ambientes dominados por esta espécie.

Pontederia cordata L. (guapé), indicada para tratamento de esgoto, utilizada em *wetland* em Ohio, USA (STEER *et al.*, 2002), sendo considerada invasora, pode cobrir completamente água rasa ou solo úmido, exceto em área alterada. Sua ocorrência é de esparsa a freqüente em borda de lagoas, bacias de inundação, solos arenosos ou argilosos, mais nos férteis (POTT; POTT, 2000), a qual foi encontrada recobrando as águas rasas a montante da BR-277, formando um jardim, tanto das cavas quanto da lagoa do Itaqui. Nas cavas e nas várzeas do rio Itaqui, a montante da lagoa, também foram encontradas a *Sagittaria montevidensis* Cham. & Schltidl (chapéu-de-couro) que cresce em água poluída, como influência de esgoto, portanto, indicadora de ambiente antropizado e água eutrofizada (POTT; POTT, 2000) (Figura 32).

FIGURA 32 - BORDA DE CAVAS E VÁRZEA DO RIO PEQUENO



Pontederia cordata L. (guapé)
Fotos do autor



Sagittaria montevidensis Cham. & Schltidl

A *Typha dominguensis* Pers. (taboa) que é cultivada como filtro biológico para esgoto doméstico, efluentes industriais e de criação de animais, sendo capaz de remover metais pesados (VYMAZAL, 2011), cobre integralmente um ambiente de cavas estando presente em muitos outros arranjos em ambientes de cavas, leito menor de rios e banhados.

Em termos de macrófitas flutuantes foram observadas (Figura 33)

a: *Salvinia* sp. (orelha-de-onça) que é útil para purificação e oxigenação da água; *Salvinia auriculata* Aubl de folha de 2,5 cm x 2,0 cm (ou apenas 1 cm, quando

jovem, parecendo *S. minima*) com pelos fechados nas extremidades; *Salvinia minima* Bak.: folha de 1,2 cm x 0,6 cm com pelos abertos (POTT; POTT, 2000);

FIGURA 33 - MACRÓFITAS FLUTUANTES OBSERVADAS NA PAISAGEM DO ALTÍSSIMO IGUAÇU

Flutuantes livres



Pistia stratiotes Linn..



Pistia stratiotes Linn



Salvinia auriculata Aubl.



Eichornia crassipes (Mart.)
Solms



Epífita *Oxycaruum cubense*
(Poepp. & Cunth) Lye sobre
Salvinia herzogii de La Sota



Salvinia minima Bak.

Flutuantes fixas



Nymphaea sp.27/11/2008



Eichornia azurea (Sw.) Kunth

Fotos do autor: 27/11/2008

b: *Eichornia azurea* (Sw.) Kunth (camalote, aguapé), mesmo sendo a principal espécie em diversas lagoas, não formava cobertura elevada, como também observado por Pott e Pott (2000) e a *Eichornia crassipes* (Mart.) Solms capaz de retirar metais pesados, outras toxinas e nutrientes é, também, a mais temida invasora aquática de represa, canais e rios em vários países e a mais estudada.

Duplica a biomassa a cada duas semanas, ao fechar a superfície atinge 50 t/ha de massa verde e o total de 200 t/ha/ano. Esse material orgânico é depois colonizado por *Ipomoea*, *Oxycaryum*, e outras (POTT; POTT, 2000);

c: *Pistia stratiotes* apresenta um crescimento acelerado ao encontrar ambientes propícios e estes ambientes são fartos na bacia do Altíssimo Iguaçu.

Em final de 2008, em especial *Pistia stratiotes* recobriam a superfície da lagoa do Itaqui com aproximadamente 215.304,00 m², colocando em risco a estrutura da barragem. Retiradas com equipamento a partir do pé da barragem, conforme Figura 34, uma montanha se formou a margem. Níveis relativamente estáveis do lago (MITCHELL *et al.*, 1990) e aumento dos aportes de nutrientes por escoamento superficial teriam levado a rápida infestação no lago.

FIGURA 34 - RETIRADA DE *PISTIA STRATIOTES* NA LAGOA E VÁRZEA DO ITAQUI



Fotos do autor em 20/11/2008

O fato é que os indivíduos de *Pistia* e *Eichornia* continuam descendo pela soleira e ocupando a várzea do Itaqui e o canal de água limpa, podendo ter sido ocasionado por fontes naturais ou mecanismos antrópicos, visto que a prática para controle da planta era exatamente soltá-la rio abaixo.

As aquáticas submersas (Figura 35) *Potamogeton* foram percebidas no canal de água limpa e na cava com a qual se conecta, *Egeria najas* Planch e *E. densa* Planch puderam ser apreciadas nas águas rasas de cavas da ilha fluvial, enquanto que o *Myriophyllum aquaticum* (Veloso) Verde, pinheirinho-d'água, mostrava-se nas bordas de cavas rasas e fundas.

FIGURA 35 - MACRÓFITAS SUBMERSAS OBSERVADAS EM AMBIENTES DO ALTÍSSIMO IGUAÇU



Myriophyllum aquaticum (Veloso) Verde



Egeria najas Planch

Fotos do autor

Em condições favoráveis a submersa *Myriophyllum aquaticum* (Veloso) Verde impedia a navegação na lagoa do Itaqui e, conforme Souza e Maranhão (2008; 2009), estaria contribuindo para a melhoria das águas, apresentando eficiência para os parâmetros Demanda Bioquímica de Oxigênio, Nitrogênio total e Fósforo total, respectivamente.

Em termos de paisagismo (Figura 36) para as *wetlands*, pode-se citar: *Ipomoea cairica*, cujas flores aparecem continuamente durante os meses quentes. Tolerando condições mais secas, uma vez bem estabelecida, preferindo ambientes úmidos, onde estolhos são liberados após eventos de inundação (SGA, 2011).

FIGURA 36 - EXEMPLOS DE MACRÓFITAS MARCANTES NA PAISAGEM



a) *Ipomoea cairica*



b) *Eichornia azurea* (SW.) Kunth



c) *Ludwigia* sp com *Pontederia cordata* L.

Fotos do autor: a) 27/11/2009; b) 17/02/2009; c) 03/04/2008

A *Hedychium coronarium* J. König (lírio-do-brejo, mariazinha-do-brejo, gengibre-branco), a *Pontederia cordata* L. (guapé), a *Eichornia azurea* (Sw.) Kunth , a *Ludwigia* sp e a *Nymphaea* também podem ser usadas como esta finalidade.

A *Erythrina crista-galli* L., com o nome popular de corticeira-do-banhado habita florestas ribeirinhas e várzeas inundáveis no Alto Iguaçu (IBAMA, 2010), merecendo ser considerada arbusto-símbolo das *wetlands*. A Figura 37 a seguir mostra um indivíduo sem flor da várzea do rio Palmital. As flores de grande valor ornamental, que podem atingir 30 a 45 cm de comprimento, desabrochando, a partir da segunda quinzena de outubro e início do verão (UFMS, 2011) merecem integrar o banco de espécies de interesse da valorização da paisagem.

Outras tantas plantas aquáticas encontradas nos ambientes pesquisados merecem ser manejadas pois tem e, certamente, terão papel primordial no tratamento e prevenção de contaminação de rios e lençóis d'água, no crescente problema de água dos centros urbanos.

Tendo-se que os sistemas com múltiplas espécies (policultura) provem o melhor e mais consistente tratamento para todos os parâmetros de águas residuárias, enquanto se apresentam como o menos suscetível às variações sazonais (VYMAZAL, 2001) todas as espécies identificadas são potenciais para a melhoria da qualidade das águas urbanas.

FIGURA 37 - *Erythrina crista-galli* L.



Fonte: UFRGS, 2011



Foto do autor: 22/05/2009

5.1.4 Qualidade da Água

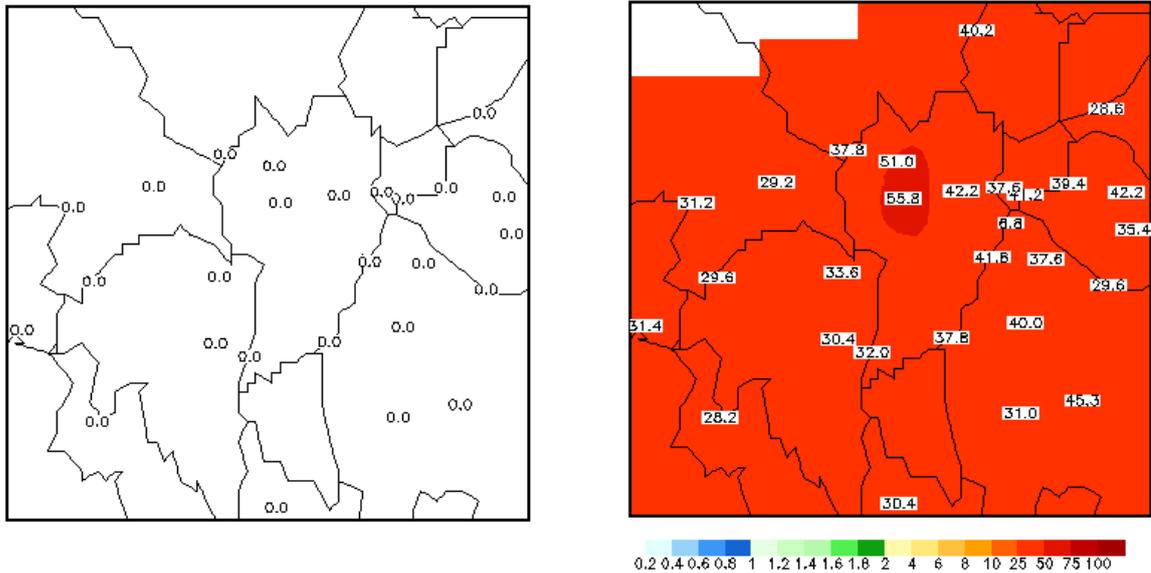
A poluição no rio Iguaçu faz-se sentir principalmente no seu trecho de montante na RMC e alguns afluentes, indicando que as principais fontes de poluição são baseadas em terra. Essa situação decorre da ausência de uma política urbana integrada às demais políticas públicas, refletida em grandes concentrações urbanas ao longo do Iguaçu e seus afluentes, parcialmente beneficiadas por serviços de saneamento básico e drenagem urbana.

Estima-se ser da ordem de 50% o remanescente de DBO que alcança os corpos d'água, através do escoamento superficial, das redes de drenagem ou de esgotos ou do lançamento de efluentes de ETEs, comprometendo assim a sua disponibilidade para usos mais exigentes (SUDERHSA, 2007), entre os quais deveria estar incluída a paisagem urbana.

O processo de eutrofização pode inviabilizar a navegação, a balneabilidade de rios e represas e até o abastecimento doméstico e industrial de água. O mau odor prejudica os serviços ambientais culturais, como o lazer e o turismo, conforme colocado por Almeida (2007). Além destes prejuízos há que ainda ser considerado a questão relacionada ao valor das propriedades urbanas. Num primeiro instante, as leis de zoneamento permitem, com a definição de coeficientes de aproveitamento elevados, um aumento de concentração populacional e de valor da terra. Num segundo momento, com uma carga poluidora produzida e lançada no ambiente, além da sua capacidade de carga, tem-se a perda da qualidade ambiental. O odor é apenas uma manifestação da perda do saudável, levando quem tem melhores condições a buscarem novos locais de moradia, deixando para trás uma propriedade com valor depreciado.

A Figura 38 a seguir mostra a precipitação acumulada no período de dois eventos, um seco e outro chuvoso. Os valores em milímetros aparecem expressos nos mapas da região, onde se identifica o município de Curitiba no centro do recorte espacial e com a maior precipitação acumulada de 55,8 mm no período de 03/06/2008 a 12/06/2008, correspondendo a um evento chuvoso.

FIGURA 38 - PRECIPITAÇÃO ACUMULADA



a) Evento seco
04/03/2008 00:00 a 07/03/2008 12:35

b) Evento chuvoso
03/06/2008 00:00 a 12/06/2008 12:10

Nos eventos chuvosos, como o ocorrido em junho de 2008, os índices da DBO, se mostram superiores aqueles avaliados em período de seca, como por exemplo o evento de março do mesmo ano, no inverno e verão, respectivamente. Valores maiores de DBO para fases de seca foram identificados em duas seções de monitoramento, a jusante de ETEs. O rio Iguaçu, poucos metros do seu marco zero, logo após a junção dos rios Atuba e Iraí, seus formadores, e a jusante da ETE Atuba Sul, apresenta valores de DBO 9,6 e 11 mg/L (AGUASPARANA, 2011), para os eventos chuvoso e seco, índices incompatíveis com a preservação da fauna aquática. Os maiores valores, 17 e 25 mg/L (AGUASPARANA, 2011), para os eventos chuvoso e seco são registrados na estação de monitoramento localizada a jusante da ETE e da foz do rio Belem, que drena a área de Curitiba mais urbanizada com 100% de cobertura da rede de coleta de esgotos.

A metrópole exportou para os saltos de Caiacanga, no município de Porto Amazonas, considerando esses eventos, concentração de DBO superiores a 5 mg/L, definida como índice limite para os rios classe 2, como é o rio Iguaçu, e carga de 183.208 kg/d, enquanto a primeira estação, Olaria do Estado, a jusante do reservatório do Iraí, “entrada na metrópole” recebeu águas com concentração de 3,3 mg/L e uma carga de 14.940 kg/d.

Nesse trecho de montante, os resultados das campanhas apontam para condições pobres de ambiente de entorno dos ambientes aquáticos como estressores impactando a qualidade das águas dos ambientes lênticos (wetlands construídas para o controle de cheias, lagoas) e lóticos (rios), indicando, entretanto que as cavas de várzeas do Iguaçu no Primeiro Planalto suportam comunidades saudáveis.

Ambientes construídos para contenção de cheias

As águas afluentes as bacias de retenção oriundas de drenagem, portanto de run-off superficial, alcançam as lagoas, principalmente por canais revestidos ou não e por tubulações de concreto das galerias de águas pluviais. Concebidas do ponto de vista de armazenamento temporário de run-off situam-se no exutório de bacias de contribuição que abrigam assentamentos que outrora foram atingidos por enchentes fluviais.

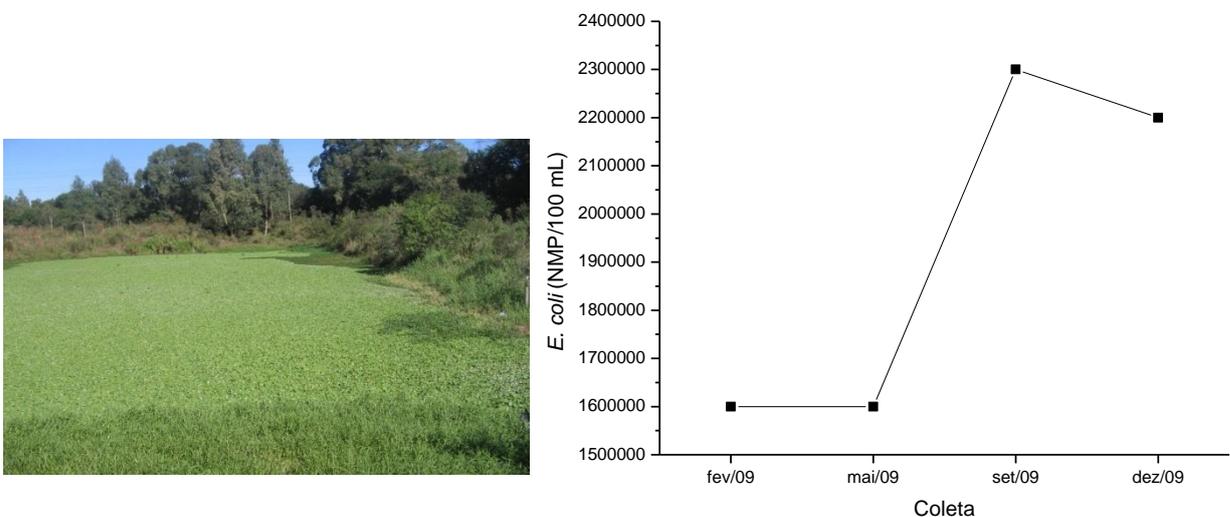
Em geral os taludes apresentam inclinação de 1:1, considerados inadequados (NOVILLO, 2008). A adoção de taludes “solo-consumptivos” de 2:1, 3:1 ou mais é recomendado, ou outras ecotecnologias (CORTES *et al.*, 2004; CWP, 2009), que além de resolverem a questão da estabilidade das margens, contribuem para a qualificação da vegetação, uma vez que essas lagoas não apresentam pré tratamento, sendo elas próprias as estruturas de pré-tratamento das águas de run-off afluentes aos rios.

A gestão ou manejo da vegetação foi um aspecto nestas *wetlands* construídas de relevância quando a questão em foco foi qualidade do ambiente e desempenho do sistema, apresentando vegetação excessiva ou ausência, resultados de ausência de plano de manejo. Os mecanismos de tratamento não foram efetivos, também, dado a existência de curtos-circuitos (linha de fluxo muito curta entre entrada e saída).

a) Lagoa do São Judas Tadeu

Este ambiente apresenta-se dominado por macrófitas aquáticas (Figura 39) devido à entrada de efluentes domésticos (esgotos) que carrearam e acumularam nutrientes neste ambiente que apresenta água parada, propiciando assim sua eutrofização. Esta entrada de esgotos foi confirmada através dos altos valores de *E. coli* (Figura 39), os quais foram superiores a 1.600.000 (NMP/100 mL).

FIGURA 39 - DOMÍNIO DE MACRÓFITAS E VALORES DE *E. COLI* ENCONTRADOS NO SISTEMA DE CONTENÇÃO DE CHEIAS NO SÃO JUDAS TADEU



Neste ambiente também foi observado um odor forte e desagradável, proveniente da decomposição de matéria orgânica no sedimento, provavelmente, do acúmulo de material proveniente das macrófitas nos sedimentos. A entrada de esgotos e esta decomposição liberou grandes quantidades de nutrientes para a coluna de água, como foi observado em termos de N-amoniaco que apresentou valor médio de $12,36 \pm 7,80$ mg/L (máximo de 28,59 mg/L) e de P-total com valor médio de $7,89 \pm 5,45$ mg/L (máximo de 15,32 mg/L).

Este ambiente caracteriza bem a falta de cuidados pelos gestores, pelo fato da entrada de esgotos e falta manejo do mesmo. Para melhoria deste ambiente seria necessário:

- _ eliminar a entrada de esgotos;
- _ realizar o manejo (retirada) das macrófitas aquáticas;

- _ retirar uma camada superficial de sedimento, o qual contém matéria orgânica e nutrientes que poderão ser liberados com sua decomposição, provocando novamente sua eutrofização;
- _ planejar a manutenção do ambiente visando o controle da eutrofização e da sua finalidade que é de controle de cheia e não de lagoa anaeróbia.

b) Lagoa da Vila Zumbi dos Palmares

Este ambiente apresenta grande quantidade de lixo e plantas aquáticas (Figura 40). Existe um aporte de nutrientes devido à entrada de efluentes domésticos (esgotos) através das galerias pluviais. Esta entrada de esgotos foi confirmada através dos altos valores de *E. coli*, os quais foram superiores a 1.600.000 (NMP/100 mL). A entrada de esgotos e o acúmulo de nutrientes foi verificado através da concentração de N-amoniaco, que apresentou valor médio de $2,86 \pm 2,73$ mg/L (máximo de 11,65 mg/L) e de P-total com valor médio de $1,49 \pm 0,94$ mg/L (máximo de 3,51 mg/L). Os valores obtidos neste ambiente aquático apresentaram-se acima do CONAMA 357/05, de 0,05 mg/L P, para ambientes lênticos classe 3.

Neste ambiente também foi verificada a falta de cuidados pelos gestores e da própria comunidade local. Para melhoria deste ambiente seria necessário:

- _ eliminar a entrada de esgotos;
- _ realizar o manejo (retirada) das plantas aquáticas;
- _ desenvolver um trabalho de educação ambiental com a comunidade, com a finalidade de evitar que o local se torne um depósito de resíduos sólidos;
- _ proceder a requalificação das margens da lagoa, ampliando a estabilidade e, assim a diversidade biológica;
- _ planejar a manutenção do ambiente visando o controle da eutrofização e da sua finalidade que é de controle de cheia e não de lagoa facultativa de degradação de esgotos, pois este ambiente normalmente apresentou valores de oxigênio dissolvido próximo de 3,0 mg/L.

FIGURA 40 - LIXO E QUANTIDADE DE PLANTAS AQUÁTICAS EXISTENTES NO SISTEMA DE CONTENÇÃO DE CHEIAS NA VILA ZUMBI DOS PALMARES



Foto do autor

c) Lagoa da Cidade Jardim

Lagoa que apresenta normalmente *bloom* de fitoplâncton (Figura 41a), principalmente próximos aos canais que apresentam conexão com a lagoa da Cidade Jardim (Figura 41b), carreando esgotos para a lagoa, que foram comprovados pelos altos valores de *E. coli* ($> 1.600.000$ NMP/100 mL), valor máximo de fósforo total de 7,45 mg/L e de N-amoniaco de 18,07 mg/L, com valores médios de $1,47 \pm 1,70$ mg/L de P-total e $3,78 \pm 4,25$ mg/L de N-amoniaco, determinados nas águas destes canais. Atualmente, foram retiradas todas as macrófitas aquáticas (Figura 41c) da lagoa, mas a mesma apresenta, ainda, *bloom* de algas.

FIGURA 41 - AMBIENTES DA LAGOA DA CIDADE JARDIM EM 2010



a) Canal de entrada



b) Canudo Maciel



c) Lagoa da Cidade Jardim

Cavas de areia existentes entre a BR-277 e a Avenida Iraí e entre o Rio Iraí e o Canal Extravasor

As cavas (Figura 42) apresentaram os melhores resultados de qualidade da água. Isto porque as lagoas originadas após a extração de areia (P3, P4 e P5, Figura 43) e limitados pelo canal extravasor (P2) e rio Iraí (P1) não recebem influência direta de cargas de efluentes domésticos ou industriais. Os valores apresentados resultam de 13 coletas: C1 (01/04/08); C2 (02/06/08); C3 (03/08/08); C4 (04/10/08); C5 (05/11/08); C6 (06/02/09); C7 (07/06/09); C8 (08/08/09); C9 (09/11/09); C10 (10/02/10); C11 (11/05/10); C12 (12/08/10); C13 (13/11/10)

FIGURA 42 - CAVAS ORIGINADAS APÓS EXTRAÇÃO DA AREIA ENTRE A BR-277 E AVENIDA IRAÍ



a) cava 2 (P4)



b) cava 1 (P3)

Fotos do autor: 03 abril 2008

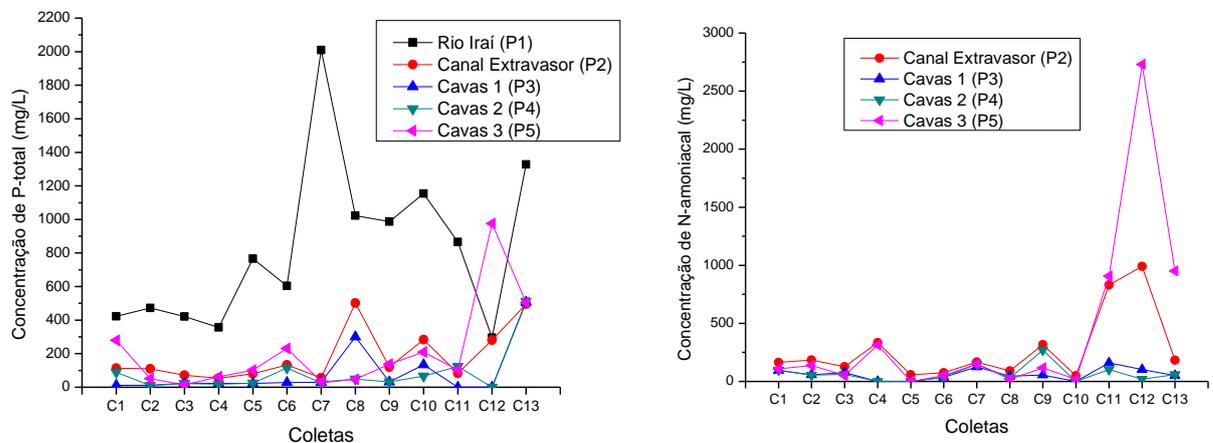
FIGURA 43 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA NA REGIÃO DAS CAVAS. P1 NO RIO IRAÍ; P2 NO CANAL EXTRAVASOR; P3, P4 E P5 NAS CAVAS



Fonte: adaptado de Google Maps, 2009.

Nos pontos P3 e P4 foram obtidos baixos valores médios de *E. coli* (< 7.000 NMP/100 mL); $0,047 \pm 0,061$ mg/L de P-total (Figura 44a), $0,054 \pm 0,058$ mg/L de N-amoniacoal (Figura 44b) e maiores quantidades de oxigênio dissolvido (Figura 45), confirmando a pouca influência de efluentes neste sistema, pois no rio Iraí os valores médios foram de 1.000.000 NMP/100 mL *E. coli*, $0,784 \pm 0,521$ mg/L de P-total e chegou a $3,22 \pm 1,78$ mg/L de N-amoniacoal. Já o canal extravasor apresentou valores médios de 79.000 NMP/100 mL *E. coli*; $0,183 \pm$ mg/L de P-total e $0,274 \pm 0,095$ mg/L de N-amoniacoal.

FIGURA 44 - VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE P-TOTAL E DE N-AMONIACAL NOS PONTOS AMOSTRADOS NAS CAVAS, RIO IRAÍ E CANAL EXTRAVASOR



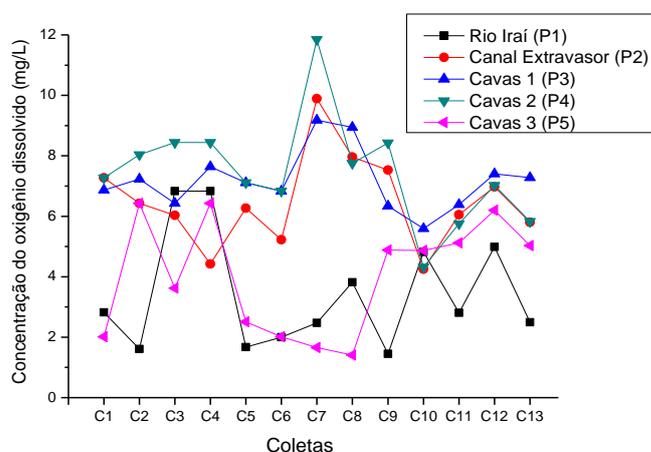
a) Variação da concentração de P-total

b) Variação da concentração de N-amoniacoal

As concentrações no canal extravasor foram menores que as do rio Iraí pelo fato de receber descarga de rios (Itaqui e Pequeno) que passam por região com menor densidade populacional, o que não é observado no rio Iraí, que recebe as águas do Rio Palmital.

A variação de P-total, N-amoniacoal e do oxigênio na cava 3 (P5) está relacionado com a influência do canal extravasor (P2) que carrou nutrientes para esta cava e, conseqüentemente, está dominada por macrófitas, que ao se decomporem liberam nutrientes para o canal e menor concentração de oxigênio dissolvido (Figura 45).

FIGURA 45 - VARIACÃO DA CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (MG L⁻¹) NOS PONTOS AMOSTRADOS NAS CAVAS



Qualidade da água de alguns rios da Bacia do Alto Iguaçu

Os resultados obtidos nas amostragens de alguns rios da bacia hidrográfica do Alto Iguaçu apresentaram grande influência de esgotos domésticos, que é comprovado pelos altos valores de *E. coli* (Tabela 6), com exceção do rio Pequeno que tem menor influência.

TABELA 6 - VALORES MÉDIOS DOS PARÂMETROS OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD, MG L⁻¹), DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO, MG L⁻¹), CARBONO ORGÂNICO DISSOLVIDO (COD, MG L⁻¹), N-NITRATO (N-NO₃, MG L⁻¹), NITROGÊNIO AMONIACAL (N-NH₃, MG L⁻¹), FÓSFORO TOTAL (P-TOTAL, MG L⁻¹) E *E. COLI* (NMP/100 ML). RESULTADO DAS QUATRO COLETAS REALIZADAS EM 2010

| Rio | <i>E. coli</i> | OD | DBO | COD | N-NO ₃ | N-NH ₃ | P-total |
|----------|---------------------|---------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|----------------|
| Palmital | 2506455 ±3480516 | 5,19 ±2,46 | 11,13 ±5,51 | 10,69 ±6,74 | 0,82 ±0,52 | 6,20 ±6,98 | 1,68 ±2,59 |
| Iraí | 1700000 ±510053 | 4,68 ±1,78 | 8,56 ±5,80 | 5,81 ±4,12 | 0,47 ±0,28 | 3,22 ± 1,78 | 0,78 ± 0,52 |
| Atuba | 5229967 ±5963166 | 3,63 ±1,32 | 33,13 ±28,35 | 31,39 ±32,78 | 0,87 ±0,61 | 13,82 ±16,30 | 3,07 ±1,97 |
| Iguaçu | 3300000 ±2268259 | 3,55 ±1,42 | 17,78 ±10,96 | 23,09 ±27,01 | 1,52 ±1,93 | 10,26 ±7,88 | 1,22 ±0,76 |
| Pequeno | 79050 ±105350 | 6,68 ±2,02 | 3,18 ±0,69 | 10,90 ±11,26 | 0,48 ±0,40 | 0,75 ±0,68 | 0,31 ±0,27 |
| Itaqui | 239561 ±223120 | 4,74 ±1,53 | 3,46 ±1,80 | 13,45 ±13,18 | 0,63 ±0,51 | 1,38 ±1,75 | 0,51 ±0,29 |

O mesmo pode ser observado pelos valores de DBO, nitrogênio amoniacal e fósforo total, sendo que os pontos dos rios Atuba e Iguaçu apresentam maior degradação. Isto, provavelmente, está relacionado com o fato de um dos pontos amostrados no rio Atuba se localizar logo após a saída da ETE Atuba Sul, a qual

aumenta a concentração de N-amoniaco e P-total, pois o tipo de tratamento adotado (anaeróbio) nesta ETE não remove nutrientes. Como o ponto amostrado no rio Iguaçu é a jusante da ETE Atuba Sul (aproximadamente 600 metros) esta carga também pode estar contribuindo com os valores obtidos neste rio.

Como comentado anteriormente, os rios Itaquí e Pequeno apresentam menor influência de esgotos domésticos, apesar de o rio Itaquí apresentar uma lagoa que pode estar retendo os poluentes provenientes de efluentes domésticos.

Para estes ambientes e coletas realizadas foi calculado o índice de qualidade da água (IQA). Este índice foi calculado através de alguns parâmetros (pH, oxigênio dissolvido, DBO, coliformes totais, nitrogênio nitrato, ortofosfato, turbidez, sólidos totais e temperatura) e pesos relacionados com estes parâmetros.

De acordo com os valores obtidos tem-se:

| | |
|----------------------|-------------------------------|
| Faixa 90 < IQA ≤ 100 | Nível de Qualidade Excelente |
| Faixa 70 < IQA ≤ 90 | Nível de Qualidade Bom |
| Faixa 50 < IQA ≤ 70 | Nível de Qualidade Médio |
| Faixa 25 < IQA ≤ 50 | Nível de Qualidade Ruim |
| Faixa 0 < IQA ≤ 25 | Nível de Qualidade Muito Ruim |

Os valores médios para os ambientes avaliados neste período de 2008/2010 constam na Tabela 7.

TABELA 7 - VALORES DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA) PARA OS AMBIENTES AVALIADOS

| Local | Valores IQA | Classificação |
|--------------------------------------|-------------|---------------|
| Rio Iguaçu (IG1) | 21,5 | Muito Ruim |
| Rio Atuba (AT1; AT2) | 24,9 | Muito Ruim |
| Vila Zumbi (ZP1; ZP2, ZP3; ZP4; ZP5) | 26,8 | Ruim |
| Cidade Jardim (CJ1; CJ2; CJ3) | 29,5 | Ruim |
| Rio Iraí (IR1; IR2) | 35,0 | Ruim |
| Rio Itaquí (TQ1; TQ2; TQ3; TQ4) | 45,6 | Ruim |
| Rio Palmital (PA1; PA2; PA3) | 49,5 | Ruim |
| Canal Extravasador (CE1; CE2; CE3) | 51,2 | Médio |
| Rio Pequeno (PQ1; PQ2; PQ3) | 82,2 | Bom |
| Cavas (P3; P4; P5) | 93,5 | Excelente |

Observa-se que tanto o rio Atuba como o rio Iguaçu apresentam IQA Muito Ruim. Também, observa-se que outros ambientes apresentaram qualidade Ruim (rios Itaquí, Palmital e Iraí, e lagoas da Cidade Jardim e Vila Zumbi) o que sugere um

maior cuidado com os ambientes aquáticos da Região Metropolitana de Curitiba. Confirmando os dados obtidos, o ambiente menos degradado foram o Rio Pequeno (baixa densidade populacional) e as cavas amostradas.

Lagoa do Rio Itaqui

A entrada da lagoa apresentou maiores valores de alguns parâmetros em relação a sua saída (Tabela 8), indicando que a lagoa atua como um sistema de absorção de nutrientes, principalmente pelo fato de facilmente ocorrer o domínio de macrófitas aquáticas. Isto ocorre tanto pela entrada de nutrientes (concentração de fósforo total, ortofosfato e N-amoniaco) como também pelo fato do sedimento desta lagoa estar rico de matéria orgânica e nutrientes que são liberados pela decomposição, o que pode ser confirmado pelos valores dos mesmos nutrientes na saída da lagoa do Itaqui.

TABELA 8 - VARIAÇÃO DE ALGUNS PARÂMETROS NA ENTRADA E SAÍDA DA LAGOA DO ITAQUI.

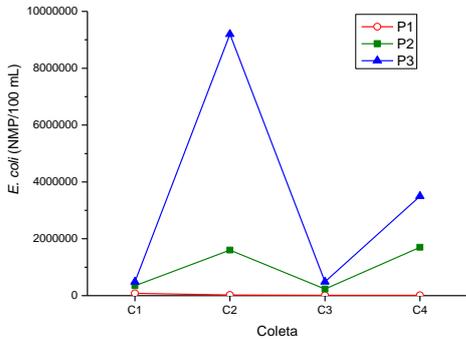
| Parâmetros | Entrada da lagoa | Saída da lagoa |
|-----------------------------|------------------|----------------|
| DBO (mg/L) | 4,40 ± 2,89 | 2,9 ± 0,669 |
| Ortofosfato (mg/L) | 0,31 ± 0,39 | 0,1 ± 0,166 |
| P-total (mg/L) | 0,66 ± 0,52 | 0,47 ± 0,23 |
| N-amoniaco (mg/L) | 2,41 ± 3,21 | 1,06 ± 1,76 |
| <i>E. coli</i> (NMP/100 mL) | 207000 ± 147000 | 7000 ± 640000 |

Rio Palmital

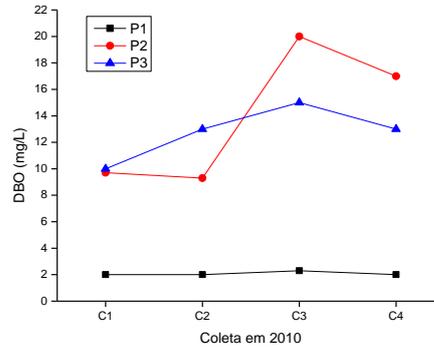
A variação da qualidade da água no rio Palmital está relacionada com a densidade populacional da região, principalmente pela influência direta de esgotos, como mostra a Figura 46a. Esta influência da entrada de esgotos domésticos no percurso do rio Palmital pode ser confirmada também pela variação da DBO (Figura 46b); nitrogênio amoniaco (Figura 46c); fósforo total (Figura 46d); ortofosfato (Figura 46e) e concentração de cafeína (Figura 47). Estas variações estão mais relacionadas com entrada de esgotos domésticos, principalmente a cafeína que não é encontrada em ambientes aquáticos continentais e é bastante consumida pela população. Esta entrada de esgotos foi também percebida através da variação da

concentração de oxigênio dissolvido, onde o ambiente que tem maior entrada de esgotos apresentou as menores concentrações de oxigênio dissolvido (Figura 46f).

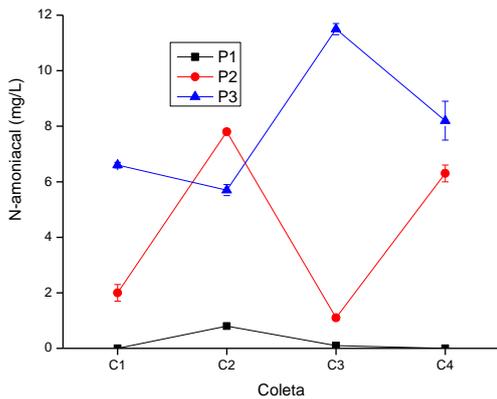
FIGURA 46 - VARIAÇÃO DA QUANTIDADE DE *E. COLI* (NMP/100 ML) E DA CONCENTRAÇÃO DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO, N-AMONIACAL, FÓSFORO TOTAL, ORTOFOSFATO E OXIGÊNIO DISSOLVIDO NOS PONTOS AMOSTRADOS NO RIO PALMITAL



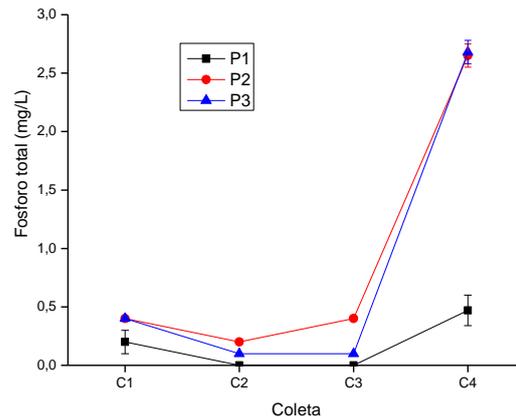
a) Variação da quantidade de *E. coli*



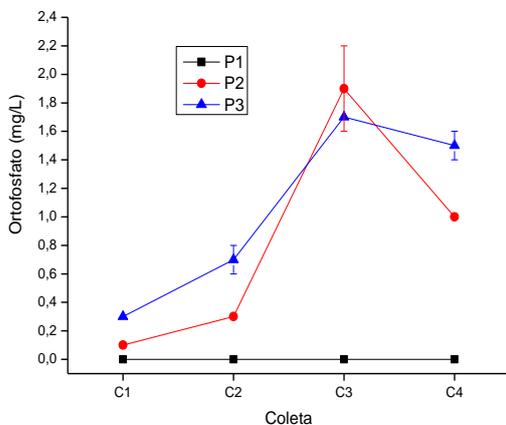
b) Variação da concentração de demanda bioquímica de oxigênio (DBO)



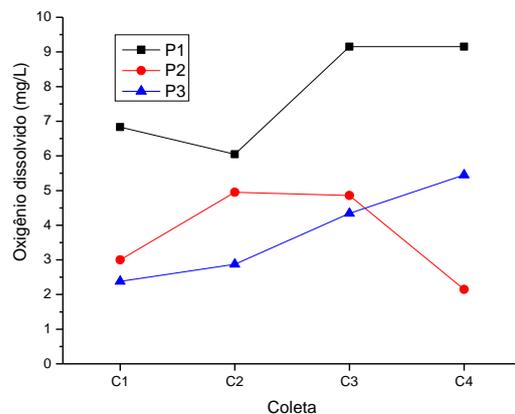
c) Variação da concentração do N-amoniaco



d) Variação da concentração de fósforo total

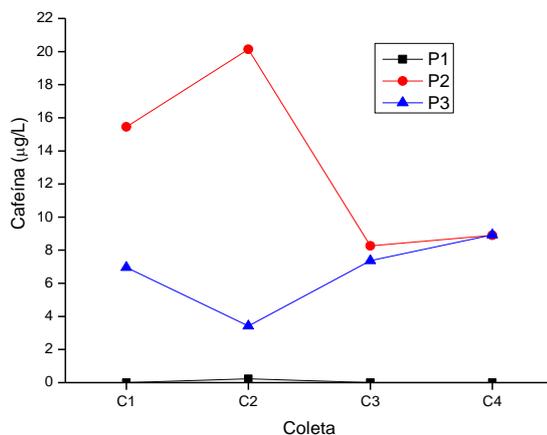


e) Variação da concentração de ortofosfato



f) Variação da concentração do oxigênio dissolvido

FIGURA 47 - VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CAFEÍNA NO RIO PALMITAL



Pontos amostrados: P1 na EMBRAPA (Colombo); P2 a jusante da Vila Zumbi dos Palmares; P3 próximo de sua foz
 Campanhas: C1 (8/2/2010); C2 (4/5/2010); C3 (3/8/2010); C4 (16/11/2010)

5.2 TERRITÓRIO

A apresentação e discussão dos resultados iniciam-se com a organização dos antecedentes, que se revelam fundamentais ao estudo do tema, já que grande parte da informação relevante não está organizada de forma facilmente acessível. Num primeiro momento, serão apresentados os antecedentes históricos, que devem permitir o entendimento do caminho percorrido, seguido dos contornos normativos, além do âmbito dos recursos hídricos, incorporando questões tipicamente de gestão ambiental e gestão urbana, uma questão de gestão integrada.

5.2.1 Histórico da Ocupação – Alterações Antrópicas

Segundo Trevisan (2004), a qualidade da água vem se constituindo em preocupações centrais em Curitiba, desde o século XIX. Já naquela época, a baixa qualidade da água era decorrência do crescimento populacional da cidade e da conseqüente ocupação de áreas à beira de córregos, rios, vales e áreas de mananciais, locais pouco próprios à moradia, o que foi confirmado pelas atividades em campo realizadas neste estudo. Ainda, de acordo com este autor, a água, em seu sentido geral se tornou um dos elementos direcionadores da expansão urbana, questionando mesmo se a água seria um impedimento ou um incentivador à

ocupação. O que se observa atualmente é que estas *wetlands* ainda são consideradas regiões de pouca importância ecológica e a água não se tornou impedimento para as populações mais pobres (Figura 48) mas deve-se pensar no seu uso de forma adequada, considerando aspectos ecológicos, econômicos, sociais e de paisagens.

FIGURA 48 - OCUPAÇÃO CONTINUADA NAS VÁRZEAS DO PARQUE METROPOLITANO DO IGUAÇU



Área do Parque
Butiazinho



Área do Jardim Independência



Preparação do lote com
resíduos da construção civil

Fotos do autor: 16 mar 2007

Saneamento

Curitiba, hoje, é o resultado do trabalho acumulado de dezenas de gerações. Teria se formado sobre as várzeas e as intervenções nessas. Retificações e aterramentos já se mostravam significativas em meados do século XIX.

A povoação começou em agrupamentos distantes e segundo o historiador Júlio Moreira, citado por Duarte e Guinski (2002), o mais importante foi o arraial da vilinha que se desenvolveu às margens do rio Atuba e lá ficou até 1654. Já nos idos de 1700, os moradores localizados em outro sítio ficavam obrigados a limpar o Ribeiro (hoje rio Belém), a fim de evitar o banhado em frente à igreja matriz (<http://www.curitiba.pr.gov.br>). Seu primeiro parque, o Passeio Público se concretiza, em 1886, a partir dos trabalhos de saneamento do rio Belém, famoso por suas áreas de terrenos alagadiços, consideradas problema (DUARTE; GUINSKI, 2002). O mesmo princípio aplicado na década do século XX, reurbanizar confunde-se com higienizar (BONI, 1985, *apud* CASTRO, 2005), e os pobres e os sapos dos pântanos vão indo cada vez para mais longe e não se percebe uma preocupação com os aspectos ecológicos. Os ambientes de *wetlands* eram considerados áreas insalubres e que deviam ser “saneados”, ou seja, deveriam ser transformados em outro tipo de

ambiente, pela drenagem ou aterro ou qualquer outra forma a fazê-los desaparecer (VITOR, 1996).

Em diferentes regiões da bacia hidrográfica do rio Iguaçu, estes fatos foram observados, podendo ser citado o aterro de cavas e o aterro das várzeas com resíduos da construção civil.

Os rios, também, eram tidos como problemas desde o século XIX. “Além de prejudicar o desenvolvimento urbano, o Belém e seus afluentes contribuíam para a disseminação de doenças, porque eram contaminados pelo lançamento de esgotos”. Entre 1932 e fins da década de 1940, atenção é dedicada ao saneamento, essencial numa cidade com muitos rios e áreas alagadiças, onde parte da várzea do rio Iguaçu foi aterrada e o curso do rio Belém foi retificado até o rio Iguaçu (DUARTE; GUINSKI, 2002). A situação de comprometimento dos rios da cidade de Curitiba é resultado de um processo de mais de trezentos anos de história de ocupação. O rio Belém com extensão de 21 km nasce no bairro Cachoeira, atravessa a cidade de Curitiba de norte a sul, percorrendo vários bairros até desaguar no rio Iguaçu, no bairro Boqueirão e aparece como o mais impactado pela urbanização da cidade de Curitiba, onde o atendimento por rede de esgoto é de aproximadamente 90%. Os índices dos parâmetros físico-químicos monitorados extrapolam os limites da classe 4.

As Estações de tratamento de esgotos – ETEs da Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, ETE CIC/Xisto, Padilha Sul, Atuba Sul e Belém, e a extração de argila e areia são, na atualidade, vistos como exemplos de atividade geradora de passivos ambientais. No caso de um acidente operacional ou excesso de demanda, a possibilidade da geração de passivos ambientais é muito grande. Os lançamentos “in natura” pelas redes da SANEPAR, onde ainda não foram implantados os emissários e as ligações clandestinas dos habitantes da cidade que lançam seus efluentes diretamente nos rios ou nas galerias de águas pluviais representam passivos ambientais com relação aos recursos hídricos (CURITIBA, 2008).

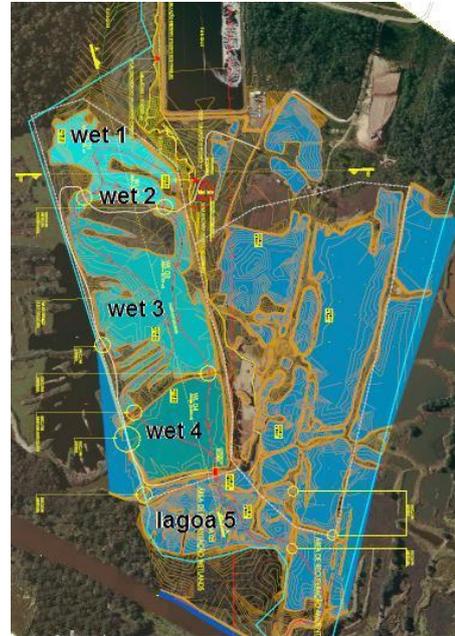
Os efluentes do aterro sanitário de Curitiba na Caximba (Figura 49), que recebe o resíduo sólido da Região Metropolitana de Curitiba, passam, em parte das cavas existentes no local, as quais atuam como *wetlands*, funcionando como

sistema complementar de tratamento antes de alcançarem o corpo receptor, o rio Iguaçu (CURITIBA, 2009).

FIGURA 49 - ATERRO SANITÁRIO DE CURITIBA



Fonte: Google



Fonte: Curitiba, 2009

A cava, que está conectada superficialmente com o canal de chorume, encontra-se totalmente sem plantas. Já outros ambientes, um conjunto de quatro, em série, mais próximo ao mais distante do canal, apresentam-se, dominado por 1) brachiaria, 2) aguapé e alface d'água, 3) manchas de aguapé, e 4) chapéu de couro e elodea, que são macrófitas aquáticas indicadoras de água limpa. Nesse caso, é possível considerar as seguintes hipóteses: estariam a brachiaria reduzindo a carga orgânica como em *wetland* em El Salvador (KATSENOVICH *et al.*, 2009) e os outros ambientes recebendo menores aportes a partir de filtragens realizadas em subsuperfície, atravessando as faixas estreitas de material arenoso/argiloso (resíduo da mineração) que as separam; estariam todas conectadas como percebido, nos ambientes de cavas, a montante da BR-277.

Atualmente, conforme a Tabela 7 em 5.1.4, a qualidade da água na Região Metropolitana de Curitiba encontra-se em estado alarmante, onde os principais rios do Altíssimo Iguaçu apresentam uma tendência a piorarem, principalmente devido as ocupações irregulares do solo e a entrada de esgotos.

As várzeas ao longo do tempo passaram a receber um conjunto de redes de drenagens dos territórios urbanizados, subterrâneas e superficiais, responsáveis por aporte de fluxos concentrados ricos em sedimentos e poluentes agregados.

O rio Iguaçu em trecho em frente ao ponto de descarga da lagoa do São Judas Tadeu mostra duas colorações: uma acinzentada que vem de montante e uma amarronzada oriunda da margem direita, água que vem escoando da área de banhado, que pode ser considerado como um exemplo, visível na imagem da Figura 50. As águas de drenagem paralela a BR-277 adentram ao banhado e chegam ao rio através de tubulação de drenagem pluvial. E, os banhados se incorporam a área de recreação de uso público.

FIGURA 50 - BANHADO À MARGEM DIREITA DO IGUAÇU, MUNICÍPIO DE CURITIBA



Fonte: Google Earth



Foto do autor: 14/01/2009

Typha domingensis Pers, *Sagittaria montevidensis* Chan et Scech e *Hedychium coronarium* J. König abraçavam a superfície de argila exposta (Figura 51).

Várias foram as discussões para identificar os motivos que levavam a população ao descaso no cuidado com os recursos hídricos, sendo apontados como fatores principais a falta de informação e de pertencimento em relação a este recursos natural (BOSCARDIM, 2008). Partindo-se da premissa de que “ninguém cuida daquilo que não é seu”, para a efetiva melhoria da qualidade dos recursos hídricos, é indispensável a cumplicidade da população, reconhecendo-os como patrimônio comum e estabelecendo um vínculo de pertinência determinante para a preservação dos mesmos.

FIGURA 51 - MACRÓFITAS IDENTIFICADAS NO BANHADO



Typha domingensis Pers,



Sagittaria montevidensis Chan et Szech

Sagittaria montevidensis
Chan et Szech

Foto do autor em 14/01/2009

O fator cheias

Os extravasamentos, durante um certo período, não incomodavam, pois ninguém ainda se aventurava a ocupar a várzea que nada mais era do que o leito maior dos rios. Grandes enchentes ocorreram em 1891, 1911 e 1983 (LANGE, 2005), causando tanto trauma na cidade quanto se poderia esperar na atualidade, guardadas as devidas proporções

Para combater as enchentes urbanas foram realizados projetos de canalização dos rios de Curitiba. Entre 1975 e 1978, o rio Belém foi desviado para a vizinha rua Tibagi e recebeu também nova canalização na rua Mariano Torres, passando a correr em canalização subterrânea ao longo de 2.160 m, da avenida Cândido de Abreu até a estação rodoferroviária, situação que permanece na atualidade.

Muitos municípios da bacia, a exemplo de Curitiba, drenaram e ocuparam suas várzeas. Várias intervenções se realizaram com os propósitos de sanear as áreas alagadiças, ganhar terreno aproveitável e evitar os efeitos das enchentes.

Após a grande inundação de 1995 (Figura 52), adotaram-se medidas de controle: ampliação da capacidade de escoamento com a execução do canal paralelo e retificação dos meandros do rio Iguaçu, construção de diques laterais em alguns trechos (1995 a 2002) e a implantação do Parque Metropolitano do Iguaçu,

como medida para impedimento da ocupação do leito maior, e, posteriormente a elaboração do plano diretor de drenagem (SUDERHSA, 2002).

FIGURA 52 - ENCHENTES DE 1995 – TRECHO AV. DAS TORRES – AV. MARECHAL FLORIANO, CURITIBA



Fonte: IPPUC

Há que ressaltar que as planícies de inundação e os rios não são os mesmos rios e planícies anteriores à urbanização que provocou redução dos cursos naturais pela retificação e/ou canalização removendo os meandros (Figura 53).

FIGURA 53 - RETIFICAÇÃO DO RIO IGUAÇU E ALTERAÇÃO DAS VÁRZEAS

ANO 1965

ANO 1996



Entorno da BR 116



Entorno da Av Marechal Floriano Peixoto

Fonte: DSG

Se na planície original as inundações sazonais eram naturais, não são mais as mesmas inundações que atualmente ocorrem devido as alterações do curso dos rios e da várzea em certas partes de forma irreversível, a menos de um brutal reordenamento urbano.

O que se observou foi uma modificação nos processos atuantes, pela ação humana, tendo sido substituída a aluviação holocênica pelo progressivo aterramento das planícies no decorrer dos anos, e também pelo assoreamento dos canais pela sedimentação correlacionada à erosão acelerada. O entulhamento das várzeas se deu e se dá por aterramento ou depósitos tecnogênicos construídos, termo utilizado por Peloggia (1998), concomitante às intervenções de retificação e canalização.

Estudo realizado no âmbito do Programa de Saneamento Ambiental da Região Metropolitana de Curitiba (PROSAM) apontou como principais causas das inundações ao longo do rio Iguaçu: a baixa capacidade do leito menor, inferior a 2 anos de período de retorno; ocupação urbana inadequada do leito maior; incremento de vazões de enchentes provocado pelo aumento das áreas impermeáveis da bacia, decorrente do crescimento da mancha urbana; e impactos localizados causados por obstruções criadas pelo desenvolvimento urbano tais como pontes e aterros. As intervenções propostas foram a adequação, ampliação, retificação da calha do rio Iguaçu e a construção de um canal paralelo.

O sistema fluvial Iguaçu apresenta-se na atualidade como um binário em sua parte de montante. O fator controle de cheias provocou a retificação do curso do rio Iguaçu, eliminando sua característica meandrante e conferindo-lhe um traçado retilíneo de 30 m de largura média e cerca de 29 km, entre a PR-415 e a BR-116 e a abertura do canal paralelo (1995 a 2000), que inicia no rio Irai, a jusante do rio Piraquara e PR 415, se desenvolve paralelo à margem esquerda do rio Iguaçu até além do Contorno Leste, às proximidades da foz do rio Miringuava, numa extensão de 20,0 km (19.896,00 m). Desde ponto em diante a calha do rio Iguaçu foi ampliada e retificada, até a travessia sob a BR-116, numa extensão de mais 9 km (9.060 m), conforme ilustrado na Figura 54.

FIGURA 54 - CANAL EXTRAVASOR, RETIFICAÇÃO E ALARGAMENTO DO RIO IGUAÇU



Em alguns locais, essa concepção não resolveria as enchentes nas áreas ribeirinhas, sendo proposta e executada a implantação de diques nos bairros de Cidade Jardim e Jardim São Judas Tadeu, ambos localizados no município de São José dos Pinhais, bem como foi proposta e parcialmente realizada a operação de transferência de parte da população residente nas várzeas.

O nível e a qualidade das águas

É de interesse considerar as impressões do ambiente fornecidas por pessoas, representantes de grupos que viveram o ambiente nas diferentes épocas o que conforme Lynch (1960) pode ser chamado de “imagens públicas”. Os engenheiros Keller, em 1866, fazem uma descrição da região: “O rio, em

conseqüência de chuvas copiosas, conservava-se numa altura de 2,50 m acima do nível das águas baixas, e as margens eram inundadas geralmente de mais de 1,00 m de altura”. Rodolfo Zimmermann, 87 anos, que trabalhava com a navegação até 1940, relata que “O rio sempre mantinha água; agora parece que a água está desaparecendo”. Ciro Ribas, 81 anos, que trabalhou com vapores no Iguaçu de 1940 a 1949, compara o ontem e o hoje: “No tempo da navegação, o rio era uma maravilha! Naquele tempo, a gente iluminava com lanterna a querosene e enxergava o peixe um metro no fundo do rio para fisgar! Hoje, dez centímetros não se enxerga e nem peixe tem.”(LANGE, 2005).

Este mergulho na história permitiu concluir que os problemas das cidades, em especial dos rios poluídos e do uso inteligente das várzeas, entretanto não foram enfrentados. O aumento populacional e o crescimento econômico, exigindo maior demanda e imprimindo maior consumo dos recursos naturais, exerceram influências negativas sobre os sistemas fluviais. Hoje, faz-se necessário compreender adequadamente os sistemas e os serviços que prestam sob pena de correr o risco de não poder romper o círculo constituído pela pressão, impactos e respostas que se manifestam na degradação das águas.

5.2.2 Fragmentação e Delimitação do Geossistema pela Rede Viária

As alterações viárias existentes na Região Metropolitana passaram a atuar como diques fragmentando e/ou delimitando o sistema rio Iguaçu. Como exemplo podem ser citados os trechos:

_ entre PR-415 e Av. Irai: o trecho está protegido contra cheias de até 100 anos de recorrência, permitindo a origem do projeto de regularização do Jardim Guarituba que contempla pavimentação, ciclovias e galerias pluviais, implantação da rede de esgoto e água, macrodrenagem, com um investimento da ordem de R\$ 91,7 milhões do PAC. Na intervenção, 803 famílias serão realocadas para as áreas onde estão sendo realizadas obras de secagem e terraplenagem (Figura 55) e outras 8.087 terão garantidas as posses de suas terras (COHAPAR, 2009).;

FIGURA 55 - GUARITUBA, PIRAQUARA



Área de realocação

Obras de drenagem

Foto: Carlos Ruggi, 06 fev. 2009

_ entre Av. Iraí e BR-277, a planície está protegida contra cheias de até 100 anos de recorrência, exceto uma parte final que fica protegida para enchentes de até 25 anos de recorrência, onde o Bairro Jardim Weissópolis em Pinhais sofre forte influência de enchentes dos rios Palmital e Atuba. As margens esquerda do canal e direita do rio Iraí, tem suas planícies, predominantemente ocupadas, restando um conjunto de espaços abertos, constituído de várzeas e cavas, que merecem serem incorporados em um sistema de parque de tratamento das águas urbanas, que contribuem para a captação SANEPAR BR-277 e para a formação do rio Iguaçu, da junção dos rios Iraí e Atuba;

_ entre BR-277 e Av. das Torres, a proteção oferecida é variável (cheias de até 5 anos), com extravasamentos localizados; e até 10 anos com extravasamento entre a BR-277 e o Parque Inter-Cavas internamente ao dique paralelo ao rio Iguaçu e a ferrovia que isola, em termos razoáveis esta região de várzea, onde ocorreu a regularização da Vila Audi/União, área densamente ocupada que já sofreu inundações (foto da cheia de 1995 em Figura 52) no passado. Para enchentes a partir do Tr 50 anos é esperado algumas áreas inundadas em São José dos Pinhais, próximas a BR-277 e a Av. das Torres;

_entre Av. das Torres e Av. Marechal Floriano, as várzeas entre canal e rio abrigam o Parque São José dos Pinhais e a proposta do Parque Hípico. As várzeas urbanas de Curitiba abrigam o Parque Náutico, o Parque Mehl e a ETE Belém, que cercada por dique com crista acima da elevação 874,00 m está protegida contra inundações de até 100 anos de recorrência. A construção de dique, ao longo da borda esquerda do canal entre a Av. das Torres e Av. Marechal Floriano, exclui, também, o bairro Cidade Jardim em São José dos Pinhais do transbordamento de enchentes, protegido para cheias de até 50 anos de recorrência;

_entre Av. Marechal Floriano e Contorno, foz dos rio Miringuava e ribeirão dos Padilhas, as várzeas urbanas ainda sem uso prioritário estabelecido, e também por serem as que precedem o trecho de várzea sinalizado como de interesse para constituir uma unidade de conservação de proteção integral, devem ser consideradas como ambientes a terem a sua função de filtro recuperadas. As cavas urbanas de Curitiba das várzeas da APA municipal do Iguaçu são os últimos ambientes além do próprio leito do rio Belém a poder proceder a melhoria de suas águas, diminuindo a carga que atualmente impõem ao rio Iguaçu.

_existem outros diques viários a jusante como contorno, Estrada do Ganchinho, Nicola Pelanda, BR-116, Estrada Euclides Gonçalves Ferreira, PR-510 e a Ferrovia nas proximidades da Estação Engenheiro Bley.

5.2.3 Ocupações e Usos das Áreas

Assentamentos

A ocupação das várzeas foi potencializada pelas retificações dos rios, que canalizaram os leitos em cursos retilíneos de declividades superiores àquela do curso meandrante e, assim, também, quebraram definitivamente os processos naturais de funcionamento das planícies holocênicas.

Desde a década de 1950, tem início a ocupação das planícies de inundação do sistema fluvial do Iguaçu, que drena a região de Curitiba, por população de baixa renda provocando alterações visuais no ambiente e na qualidade da água, através de despejos de esgotos domésticos e de resíduos sólidos.

Zanella (2006), ao tratar das inundações e suas conseqüências em várzeas do Atuba ocupadas irregularmente por uma população de baixa renda, ressalta que o risco tratado corresponde ao risco natural, contudo é antes de tudo e de qualquer coisa, um fenômeno social, pois atinge populações urbanas socialmente vulneráveis. Uma medida considerada definitiva é o aterro: a grande maioria da população levantou suas casas ou mencionam que vão levantá-las. Após a regularização das áreas, surgem sobrados, justificados pela melhoria do padrão econômico, para proteção e segurança contra as cheias, tentando diminuir o alcance dos possíveis prejuízos.

Os gestores (engenheiro, vereador e administrador regional) entendem o conflito que se instala em ocupação das áreas de risco de modos diferentes: o engenheiro afirma “existe terra para plantar, terra para morar e terra para preservar (...). As áreas sujeitas à inundação deveriam ser cercadas, criados parques (...) e não permitir a ocupação delas”; o político, embora admita ser o ambiente físico uma ameaça constante, não enxerga isso como fator determinante ou justificável para que essas áreas sejam obrigatoriamente impedidas de serem ocupadas, sendo sua maior preocupação a garantia dos direitos sociais da população que lá se instala; a administração regional, por sua vez, afirma que a realização de mudanças nas áreas de risco ou mesmo a transferência da população que nelas se instala apresentam dificuldades, haja vista a complexidade de elementos envolvidos: sociais, econômicos, culturais, psicológicos e ambientais (ZANELLA, 2006).

Esta urbanista e pesquisadora entende que não drenar nem aterrar é melhor como política de futuro. Ações de controle de cheias sempre que possível devem interagir com espaços verdes e devem contemplar o tipo bacia de retenção, concebido também para desempenhar a função de redução de poluentes pela ação de microorganismos, do fitoplâncton e da vegetação superior. Caso se perpetue a restrição a usos economicamente e ambientalmente sustentáveis, permitindo a continuidade da ocupação desordenada urbana sobre as várzeas, não haverá mais nada a fazer do que lamentar a perda da possibilidade do novo equilíbrio.

Amplas áreas são ocupadas através de progressivos aterramentos, propiciando um recobrimento das antigas planícies, dos meandros abandonados e dos antigos leitos. Como exemplo da evolução dos problemas na região pode-se citar o Guarituba que abrigava em 1.997 aproximadamente 12.000 habitantes e em 2005 aproximadamente 20.000 habitantes, em 5.000 unidades irregulares (COMEC, 2006). As ocupações com moradias irregulares e aquelas inseridas em APAs e APPs dos rios, lagos e nascentes são consideradas, mais recentemente, como passivos ambientais, com a remoção da vegetação natural, a impermeabilização do solo e a ocupação da área de alagamento natural do rio causando sérios danos a natureza e conseqüentemente um retorno catastrófico ao homem com enchentes e a perda da qualidade de vida (CURITIBA, 2008). A ocupação recente nas várzeas

inundáveis do rio Barigui, em propriedade pública, próximo a sua foz no rio Iguaçu é um desses passivos (Figura 56).

FIGURA 56 - OCUPAÇÃO IRREGULAR NAS VÁRZEAS DO RIO BARIGUI



Fotos cedidas: AGUAS PARANA 23/5/2011

Contudo, “ninguém invade parques e campos de futebol”, declarou um ex-prefeito (WORLD BANK, 2007).

Mineração

Nas visitas técnicas observou-se que a exploração desenfreada da área, para extração de areia e argila (Figura 57) agride o meio ambiente, o que já havia sido abordado por Furlan (2007): escavação, retirada da argila e depois da areia, destruição da vegetação, e abandono da área alagada.

FIGURA 57 - AREAL EM OPERAÇÃO E ABANDONADO



Areal limite com a linha férrea, entre Araucária e Guajuvira: 10/07/2008
Fotos do autor



Cavas em Fazenda Rio Grande: 09/07/2008

Os depósitos de areia estão associados a sedimentos fluviais recentes e sub recentes de paleocanais e terraços de rios situados dentro ou nas proximidades das cidades. Os aluviões do Iguaçu do entorno de Curitiba têm contribuído com importantes reservas de areia e cascalho para construções, onde areia foi explorada nessas várzeas formando as cavas profundas na Planície de Inundação do Alto Rio Iguaçu. Essa condição transformou os banhados e solos saturados em lagoa, com substituição do padrão da vegetação, onde as macrófitas emergentes tem seu ambiente reduzido.

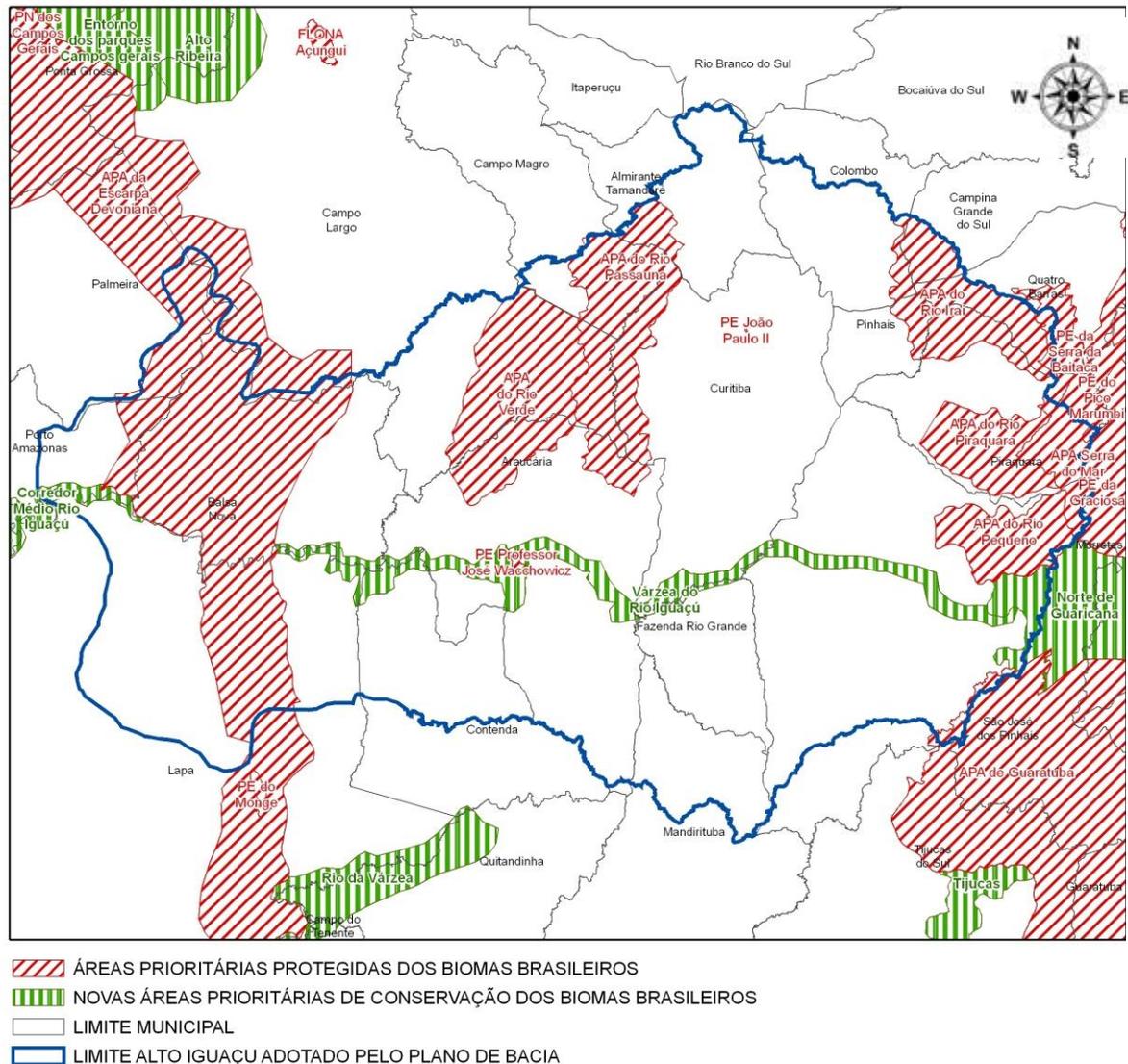
5.2.4 Projetos e Agentes Atuais de Apropriação do Espaço

O enfoque tecnicista e a postura assumida de que a natureza pode ser domada pela tecnologia resultaram em “des-serviço” a sociedade.

Na emergência da crise ambiental, a qualidade de vida nas cidades, juntamente com o questionamento de novos parâmetros de desenvolvimento, tem conduzido a discussões interdisciplinares, que se centralizam na concepção de uma ocupação mais coerente e de espaços construídos, social e ambientalmente, mais justos e harmoniosos. A alteração consciente deste ambiente físico em grande escala só se tornou possível recentemente. Atualmente, paisagens completamente novas podem ser criadas em breve espaço de tempo. Uma nova unidade funcional está sendo construída juntamente com o crescimento da região metropolitana, mas que ainda precisa ser entendida e deve ter sua correspondente imagem.

As várzeas do rio Iguaçu, na unidade hidrográfica do Alto Iguaçu, na RMC, foram reconhecidas como muito alta, em termos de importância biológica e prioridade de ação para a conservação da biodiversidade, assim descritas em mapa de áreas prioritárias, que sinaliza com a criação de uma Unidade de Conservação de Proteção Integral, no âmbito do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC (MMA, 2007). A unidade Várzeas do Iguaçu, com área de 115,18 km², fica compreendida entre a APA da Escarpa Devoniana e a também recomendada UC Norte de Guaricana, correspondendo no primeiro trecho às várzeas ao longo do rio Iguaçu, e no segundo trecho, àquelas ao longo do rio Miringuava (Figura 58).

FIGURA 58 - ALUVIÕES E ÁREAS PRIORITÁRIAS DE CONSERVAÇÃO DE BIOMAS



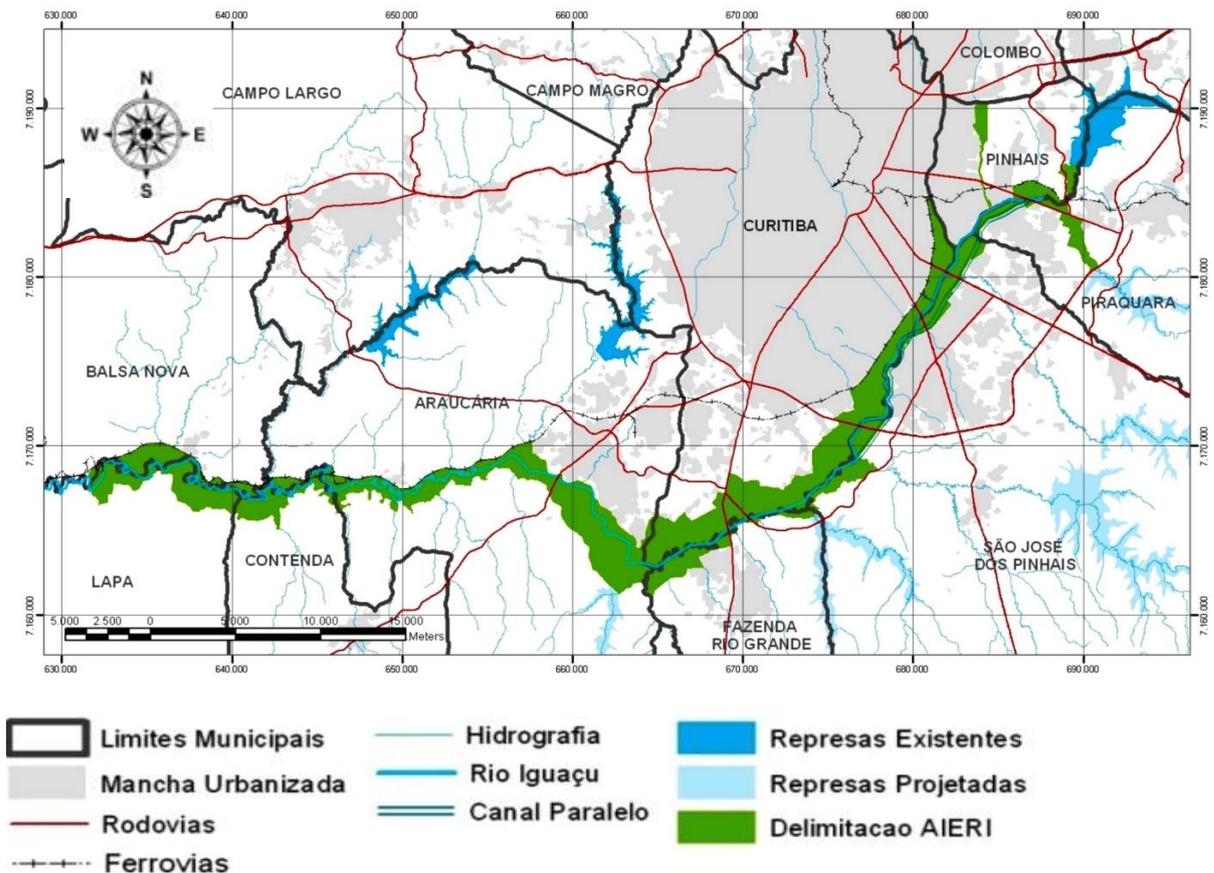
Fonte: MMA, 2007; SUDERSA, 2001; SEMA, 2004

Essas unidades conservação de proteção integral visam preservar a natureza, sendo, apenas, permitido o uso indireto dos seus recursos naturais, e compostas pelas categorias de estação ecológica, reserva biológica, parque, monumento natural e refúgio da vida silvestre, o que deveria ser o suficiente para sua preservação e proibição de alterações, como construções de barragens.

O Governo do Estado consolida a diretriz de instituição de instrumento legal de proteção das várzeas do Iguaçu, proposta constante do Plano de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Curitiba-2006 e declara como Área de Interesse Especial Regional do Iguaçu (AIERI) as áreas contíguas ao

leito do Rio Iguaçu, no trecho compreendido entre as barragens do Rio Irai e do Rio Piraquara, e do Rio Palmital, a jusante da Estrada da Graciosa, em Pinhais, até o início da Área de Proteção Ambiental da Escarpa Devoniana (Figura 59) (Ver, também, ANEXOS).

FIGURA 59 - ÁREA DE INTERESSE ESPECIAL REGIONAL DO IGUAÇU



Fonte: COMEC, 2008

Tal área tem por objetivos: promover a proteção, manutenção e recuperação ambiental e paisagística, propiciar a conservação e preservação dos biomas mais significativos, orientar a ocupação da área condicionando-a à sustentabilidade ambiental e paisagística, propiciar a recuperação da qualidade hídrica do Rio Iguaçu, proteger, recuperar e conectar os fragmentos florestais, disponibilizar usos turísticos, de lazer e recreação às populações do entorno e, também orientar a recuperação de áreas de extração mineral, incorporando-as a ações de minimização

de inundações e cheias bem como de recuperação de serviços ambientais prestados pelas várzeas;

5.2.5 Percepção dos Atores

Depois de mais de 10 anos da promulgação da lei nº 9.433/97, pouco se avançou na gestão dos recursos hídricos, principalmente no tocante aos municípios. Esta situação decorre do fato que a referida Lei prevê a gestão das águas tendo as bacias hidrográficas como unidades de gestão e delega aos Estados e a União a outorga de direito de uso, entretanto a gestão do uso do solo é de competência dos municípios (CURITIBA, 2008).

Filippin (2008), representando as organizações não governamentais, acredita que aos comitês de bacias hidrográficas e ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos se apresenta mais uma oportunidade importantíssima de repensar o que fazer com os rios do Paraná, sendo o momento para assumirem verdadeiramente suas competências legais e estabelecerem um novo paradigma sustentável para o uso da água. Conclui afirmando que os rios paranaenses precisam continuar tendo suas cheias e secas naturais e que é o momento de assim estar posto nos Planos Estadual e das Bacias”.

Da extensão total de várzeas do rio Iguaçu entre Balsa Nova e Pinhais, na Região Metropolitana de Curitiba, 48 quilômetros já foram completamente extintos. Os areais detonaram Pinhais, São José dos Pinhais, Fazenda Rio Grande. Ao longo de 35 quilômetros em Araucária, atuam cerca de 13 areais, seis de grande porte. As organizações ambientais alertam: 25% da várzea remanescente estão comprometidos; sendo preciso preservar o que ainda resiste (FURLAN, 2007). Ao longo das décadas de 60, 70 e 80 essa atividade foi desenvolvida sem o devido cuidado ambiental gerando passivos ambientais que superam em muito os efeitos positivos da atividade sobre a componente social e econômica do município de Curitiba (CURITIBA, 2008).

De acordo com Peters, promotor do Centro de Apoio Operacional das Promotorias Ambientais, citado em FURLAN (2007), o volume de extração de areia continua crescente tanto no leito do Rio Iguaçu quanto nas várzeas, o que pode ser observado ao longo da planície e como exemplo tem-se a recente extração entre as

ruas Iraí e BR 277 (Figura 60). Uma das maneiras apontadas por ele para conter essa exploração e preservar as várzeas é a criação de uma unidade de conservação.

FIGURA 60 - AREAL EM OPERAÇÃO NAS VÁRZEAS DO ALTÍSSIMO IGUAÇU



Entre Av. Iraí e BR-277, visto do canal: 17/06/2001



Entre Av. Iraí e BR-277, visto do rio Iraí: 08/10/2010

Fotos do autor

Pinhais estabelece como regiões que podem vir a serem consideradas como *wetlands*, os aluviões, tipicamente formados por gleissolos, incluídos na classe dos solos hidromórficos, onde percentual expressivo da área urbana está localizada, de modo que estas não podem ser consideradas como áreas de preservação. Praticamente toda a área de aluviões que margeia o rio Atuba, e o rio Iraí, entre foz do rio Palmital e rio Atuba, e a que acontece a margem direita do rio Palmital está densamente ocupada. As demais áreas de aluviões encontram-se desmatadas e, aparentemente utilizadas para pequenos cultivos (PINHAIS, 2008). Conclui-se que com este diagnóstico e ausência de propostas do município que contemplem o tema, nada se espera de inovação em termos de sua gestão.

Piraquara entende, como Pinhais, que os aluviões compõem as várzeas. Contudo, enxerga a várzea como água, colocando o aquífero superficial, situado na base dos sedimentos de várzea, caracterizado como livre, com seu nível de água diretamente relacionado à pluviosidade, situando-se em geral a menos de 1,5 m de profundidade e não apresenta nenhuma proposta (PIRAQUARA, 2008).

Para Curitiba, enquanto a qualidade das águas dos rios urbanos aparece como fortemente associada a disposição de resíduos ou seu lançamento de forma direta ou indireta nos cursos d'água, a atividade de extração de areia e argila e a ocupação irregular são apontadas como principais causas da degradação das

margens do rio Iguaçu. A extração de areia e argila, que ainda persiste essencialmente na planície aluvionar do Iguaçu, coincidente junto a APA – Iguaçu (bairros Caximba e Campo de Santana) se caracteriza pela geração de passivos ambientais, pela retirada da camada de solo ou pela remoção da vegetação. Em 1998 a SMMA passou a controlar esta atividade, através da aprovação do Decreto Municipal nº 556/1998, que regulamentou o licenciamento ambiental da atividade e estabeleceu a obrigatoriedade da apresentação de Planos de Recuperação Ambiental, em todas as áreas de extração. O processo da expansão urbana avançou muitas vezes sobre as margens dos rios, em áreas que deveriam ser preservadas. Ao longo de 40 km de extensão, dentro do município de Curitiba, a bacia de contribuição direta do Iguaçu, considerada como de baixa densidade com aproximadamente 12 habitantes/ha, abriga 27.971 domicílios com cerca de 81.870 habitantes. Quase 30% desta população residem em domicílios irregulares: nos 20 assentamentos espontâneos encontram-se 5.587 domicílios (21.510 habitantes), nos 8 loteamentos clandestinos 472 domicílios (1.817 habitantes) e nos 3 assentamentos originários do Programa PROLOCAR 33 domicílios (127 habitantes).

O plano de recursos hídricos do município de Curitiba elegeu as bacias hidrográficas dos rios Barigui, Belém, Passaúna, Atuba, Iguaçu e Ribeirão dos Padilhas para revitalização, compreendendo desocupação e recuperação das margens, metas de qualidade e proibição da canalização dos corpos d'água, incentivo a re-naturalização de alguns corpos d'água, incorporando-os a paisagem urbana novamente. Elegeu, além das metas relativas ao abastecimento de água potável e atendimento dos serviços de esgotamento sanitário, a realização da “drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, compreendido pelo conjunto de atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas”.

Araucária, com apenas 8,95% do território coberto com várzeas, correspondendo a 4.172 ha, destaca, por um lado, tratar-se de uma unidade de frágil suporte geotécnico e muito insalubre, necessitando obras de melhorias para seu uso e ocupação (drenagem, aterramento, saneamento, etc.) e, por outro lado expressa

preocupação com a sua conservação, colocando que se não forem tomadas medidas urgentes a mata ciliar e toda a várzea em alguns trechos pode desaparecer, comprometendo a qualidade da água e a paisagem da importante bacia do rio Iguaçu e do rio Maurício (onde está prevista a construção de barragem para abastecimento público) (ARAUCÁRIA, 2008). O plano diretor (lei complementar nº 05/2006) do município prevê que para implementação da política de preservação dos recursos hídricos dever-se-á implementar programas de proteção do ecossistema de várzea do município e revitalizar os cursos hídricos, promover ações de reflorestamento das APPs, implementar corredores de biodiversidade nas principais bacias hidrográficas, disciplinar a ocupação das cabeceiras e várzeas, preservando a vegetação existente, visando a sua recuperação. Para a implantação da política de preservação da cobertura vegetal, além de outras ações estratégicas o Plano Diretor prevê a elaboração de estudo de viabilidade para implantação de Unidades de Conservação abrangendo a várzea do Iguaçu. As áreas de várzeas sujeitas a inundações, pertencentes aos rios Faxinal, das Onças, Guajuvira, Isabel Alves, Iguaçu, Verde, Passaúna e Barigui, além das áreas das APAs do rio Verde (Decreto Estadual nº 2375/2000), Passaúna (Decreto Estadual nº 5063/2001) e área de manancial do rio Faxinal (Decreto Estadual nº 6390/2006), ficam compreendidas pela Macrozona de Interesse Ambiental, para as quais está prevista a fiscalização intensa para evitar invasões e a elaboração de projetos para uso adequado das áreas de várzea (ARAUCÁRIA, 2008).

Assim, como o município de Araucária, é possível considerar, como uma das alternativas para a garantia da preservação das APPs, a parceria da prefeitura municipal com as associações de moradores, que poderiam utilizar parte destas áreas para lazer da comunidade, apostando que desta forma a comunidade do entorno sentir-se-ia co-responsável na preservação do restante da área.

5.2.6 Contornos Normativos

As normas abordadas expressam o estado da arte dos sistemas de gestão e da legislação ambiental, urbana e de recursos hídricos, que devem interagir no espaço das cidades, na formação de estoque de áreas de várzeas urbanas,

apropriadas com usos considerados de interesse para o alcance dos objetivos de melhoria de qualidade das águas e da sustentabilidade da metrópole.

Tanto impactos das normas sobre o ambiente de interesse, quanto alternativas e lacunas de integração entre as políticas para a incorporação das várzeas da bacia do Alto Iguaçu na RMC e seus valores ambientais ao mosaico de áreas protegidas merecem ser apontados. Trata de responder a pergunta “quais são os instrumentos de interação da política de recursos hídricos com as cidades, e os possíveis de serem aplicados para a incorporação das várzeas e seus valores ambientais, potencializando os usos possíveis e adequados, ao mosaico de uso e ocupação do solo, capaz de se traduzir em alternativa para o tratamento de interferências e conflitos entre usos do solo e uso da água”?

Gestão de recursos hídricos

A Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997 instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Entre seus principais objetivos estão os de assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água com qualidade adequada para seu uso; o uso racional e integrado dos recursos hídricos, com vistas ao desenvolvimento sustentável e, por último, a preservação e a defesa contra eventos hidrológicos críticos, sejam de origem natural ou decorrentes do uso inadequado, não só das águas, mas também dos demais recursos naturais, conforme seu Art. 2º.

O artigo 3º define as diretrizes gerais de ação para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, merecendo especial destaque: a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade e a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental. Essas duas diretrizes visam à superação da dicotomia entre a gestão da qualidade e da quantidade hoje ainda existente.

Além disso, a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo aponta um caminho difícil, porém indispensável, já que a gestão das águas não pode prescindir de uma adequada disciplina de uso do solo. Aliás, por essa razão,

algumas leis de proteção de mananciais são, essencialmente, leis disciplinadoras do uso do solo.

A outorga do direito de uso dos recursos hídricos constitui um dos instrumentos da Política Nacional e Estadual de Recursos Hídricos previstos na Lei Federal nº 9.433/97 e Estadual nº 12.726/99, respectivamente, e tem como objetivo assegurar o controle qualitativo e quantitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água (ANA, 2005a). Alguns usos sujeitos à outorga, de acordo com Art. 13 da Lei Estadual, tratam de usos específicos: derivação ou captação e extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo em processo produtivo, lançamento em corpo de água de esgotos e resíduos, aproveitamento dos potenciais hidroelétricos e intervenções de macrodrenagem urbana para retificação, canalização, barramento e obras similares que visem o controle de cheias. A lei ainda sujeita à outorga outros usos que alteram o regime, a quantidade ou a qualidade da água ou o leito e margens de corpos de água, sendo genérico sua interpretação. Qualquer uso não expressamente definido, mas que altere o regime hídrico, está sujeito à outorga, como exemplo podem ser citadas as interferências nas várzeas.

Qualquer atividade que altera as características das várzeas e suas funções de controle de cheias, de regularização de vazão da base dos corpos hídricos de biorremediação natural das águas afluentes, reduzindo a poluição difusa, oriunda das estradas, vias urbanas, esgotos lançados indevidamente em galerias de águas pluviais e da agricultura, deveria ser objeto não só de outorga, emitidas na esfera da Gestão de Recursos Hídricos, mas também de licenciamento ambiental, emitida na esfera da Gestão Ambiental.

A outorga está sempre vinculada aos objetivos da Política de Recursos Hídricos (art. 5º do Decreto Estadual nº 4.646/01) e condicionada, além do enquadramento, às prioridades de uso, estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos e à preservação do uso múltiplo das águas (art. 14 da Lei Estadual nº 12.726/99).

Mais do que uma simples classificação, o enquadramento dos corpos d'água deve ser visto como um instrumento de planejamento ambiental, pois o enquadramento dos corpos d'água deve estar baseado não necessariamente no seu

estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir ou ser mantidos para atender às necessidades estabelecidas pela comunidade. Nos casos em que as condições de qualidade estiverem aquém dos limites estabelecidos para a classe em que o corpo hídrico foi enquadrado, ressalvado os parâmetros que não atendam aos limites devido às condições naturais, deverão ser buscados investimentos e ações, necessários ao alcance da meta final de qualidade da água desejada. (ANA, 2005b).

De fato, a Lei estadual nº 12.726, de 1999, estabelece que o Plano de Bacia Hidrográfica, de longo prazo, deve, além de outros conteúdos, conter:

- _ medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para o atendimento de metas previstas;
- _ propostas para a criação de áreas sujeitas a restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos e dos ecossistemas aquáticos.

Gestão ambiental

A Política Nacional do Meio Ambiente tem como objetivo a compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico, bem como a preservação e restauração dos recursos ambientais com vistas à sua utilização racional e disponibilidade permanente, concorrendo para a manutenção do equilíbrio ecológico propício à vida, além de impor ao poluidor e ao predador a obrigação de restaurar, recuperar e/ou indenizar os danos causados (Artigo 4º, incisos I, VI e VII da Lei federal nº 6.938/81).

A mesma Lei nº 6.938/81 considera o meio ambiente como um patrimônio público a ser assegurado e protegido tendo em vista o uso coletivo (art. 2º, I). Esse bem de uso comum não implica em apossamento dos bens públicos e privados, individualmente considerados, mas em domínio eminente que o Estado exerce sobre todos os bens, no interesse coletivo. Tal domínio eminente se traduz, quer pelas limitações administrativas ao uso de bens e ao exercício de atividades, quer pela definição de normas legais que determinem o uso de bens para que atendam a sua função social.

A competência legal e o encaminhamento das questões relativas à preservação e manejo das *wetlands* no Brasil estão nas esferas municipais, estaduais e federal. A legislação é classificada em leis, decretos, resoluções e normas. No âmbito federal, estas questões estão sob supervisão do IBAMA; no âmbito estadual, sob supervisão dos órgãos de meio ambiente estaduais e, no âmbito municipal, sob responsabilidade das secretarias municipais de meio ambiente. As atividades, nestes sistemas, dependem de prévio licenciamento pelo órgão estadual competente, sem prejuízo de outras licenças exigíveis, os quais analisam, licenciam, propõem e orientam diversas formas de pesquisas, usos e manejos, o que atualmente não vem ocorrendo na Planície de Inundação do Alto Rio Iguaçu. Apesar das empresas de extração de areia terem a licença de funcionamento, o que se percebeu na região foi a falta de manejo dos ambientes explorados anteriormente.

Áreas de preservação permanente

As Áreas de Preservação Permanente – APP – são definidas como áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas, nos termos do Artigo 1º, § 2º inciso II do Código Florestal – Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, incluído pela Medida Provisória nº 2.166-67, de 2001.

Resolução CONAMA nº 303/02, ao considerar: a função sócio-ambiental da propriedade (prevista nos arts. 5º, inciso XXIII, 170, inciso VI, 182, § 2º, 186, inciso II e 225 da Constituição Federal) e os princípios da prevenção, da precaução e do poluidor-pagador; a necessidade de regulamentar o art. 2º da Lei Federal nº 4.771/65, no que concerne às Áreas de Preservação Permanente; as responsabilidades assumidas por força da Convenção da Biodiversidade de 1992, da Convenção Ramsar, de 1971 e da Convenção de Washington, de 1940, bem como os compromissos derivados da Declaração do Rio de Janeiro, de 1992; as Áreas de Preservação Permanente e outros espaços territoriais especialmente

protegidos, como instrumentos de relevante interesse ambiental, integram o desenvolvimento sustentável, objetivo das presentes e futuras gerações.

Considerando os aspectos sazonais e o leito dos rios da planície de inundação do Rio Iguaçu, as cavas tornam-se ambientes importantes nas APPs, onde o órgão ambiental competente deve estabelecer, previamente à emissão da autorização para a intervenção ou supressão de vegetação, as medidas ecológicas, de caráter mitigador e compensatório (previstas no § 4º, do art. 4º, da Lei Federal nº 4.771/65), esta consistindo de efetiva recuperação ou recomposição de APP na mesma sub-bacia hidrográfica, criando uma alternativa importante para a apropriação de fragmento(s) de *wetlands* recuperados.

Unidades de conservação

Atualmente, as várzeas deveriam ser integradas ao mosaico de unidades de conservação. Um mosaico de unidades de conservação ou as UCs deverão contar com um conselho a quem compete otimizar a alocação nas unidades de recursos advindos da compensação referente ao licenciamento ambiental de empreendimentos com significativo impacto ambiental (Art. 10 do Decreto Federal nº 4.340/02).

Esses recursos advindos da compensação referente ao licenciamento ambiental de empreendimentos com significativo impacto ambiental ampliam as possibilidades de alocação dos recursos para a proteção destes espaços, enquanto “especialmente protegidos”. Os recursos (mínimo de 0,5% dos custos totais previstos para implantação do empreendimento (Parágrafo único, art. 31 do Decreto Federal nº 4.340/02) deveriam ser aplicados em regularização fundiária e demarcação das terras, plano de manejo e aquisição de bens e serviços necessários à implantação, gestão, monitoramento e proteção das UCs (Art. 33 do Decreto Federal nº 4.340/02), o que não é observado nesta região. A representação da sociedade civil nos conselhos deve contemplar representantes dos comitês de bacia hidrográfica (§ 2º, Art. 17 do Decreto Federal nº 4.340/02). Cabe, ainda, citar que o usuário de recursos hídricos, beneficiário da proteção proporcionada por uma unidade de conservação, deverá contribuir financeiramente para a proteção e implementação da unidade (Art. 47 e 48 da Lei nº 9.985/00).

Para a criação de unidades de conservação públicas, que visam proteger e recuperar recursos hídricos e/ou recuperar ou restaurar ecossistemas degradados, como as *wetlands* do Alto Rio Iguaçu, a propriedade particular deverá ser desapropriada mediante prévia e justa indenização em dinheiro.

A desapropriação com títulos da dívida pública está prevista, somente, para garantir a ocupação compulsória da propriedade urbana no atendimento da sua função social. Cabe levantar a questão posta no parágrafo 4º do Artigo 182 da Constituição Federal de 1988 que orienta o entendimento da função social da propriedade urbana estar necessariamente associada à ocupação. E, este não é o caso quando se entende que a função social da propriedade reflete os princípios da proteção ambiental. Adequado aproveitamento não implica compulsoriamente em parcelamento ou edificação, mas por vezes em destinação tal que implica em que não seja edificado. Sobre a função social da propriedade pode-se dizer que altera essencialmente o direito do proprietário de dela livremente dispor, condicionando seu uso e fruição ao interesse social e que o interesse social não é apenas econômico, mas também ambiental.

A Transferência de Potencial Construtivo, apesar de se mostrar importante como alternativa a desapropriação que implica em previsão orçamentária e disponibilidade financeira, e parceira na apropriação de ambiente urbano de interesse para o ecossistema aquático, não tem se mostrado eficiente o necessário. Ainda é pequeno o número de participantes comprando e vendendo com diferentes custos e benefícios.

Wetlands no estado do Paraná

A Resolução Conjunta IBAMA/SEMA/IAP nº 45/2007 considera que as *wetlands*:

“São ecossistemas frágeis, de alta complexidade ecológica, importantes para o processo de estabilidade ambiental e manutenção da biodiversidade, que, por estarem em relevos planos ou abaciados, se encontram freqüentemente com elevados níveis de saturação hídrica, situação essa que determina uma elevada capacidade de fixação de carbono que, por sua vez, resulta numa alta capacidade de retenção de água e de íons no solo, aumentando a capacidade de filtragem das águas e de regularização da vazão dos rios.”

Esta Resolução (45/2007) possibilita assim a recuperação dos ambientes das várzeas do Rio Iguaçu, mesmo após atividade antropogênica. Assim, para preservar estes ambientes deve-se considerar como sendo *wetland* o segmento de paisagem constituído por solos hidromórficos e entorno protetivo como a faixa marginal constituída por solos não-hidromórficos, adjacente à *wetland*, cuja largura mínima depende, localmente, da declividade do relevo e da textura do solo. Nesta região, pelo fato da textura na região ser arenosa e baixa declividade a largura mínima deveria ser de 50 metros.

A região estudada engloba toda a AIERI e uma APA municipal. Neste caso deve-se considerar algumas providências imediatas nesta região, como: recuperação imediata de áreas mineradas; priorização do saneamento de efluentes em áreas habitacionais; conservação da biodiversidade, restituindo o mais próximo possível da sua condição original, o ecossistema ou parte da população silvestre degradada (inciso XIV do artigo 2º da Lei Federal nº 9.985/00). Esta restauração destes ecossistemas deve ser de forma a reinseri-los no processo de preservação da sua função.

Gestão urbana

As regras para o parcelamento e as restrições de uso incidentes sobre as propriedades privadas impostas pelas legislações, apesar de importantes, não conseguiram evitar o crescimento de duas cidades. Pode-se citar como exemplo na região de estudo a área legal, principalmente longe das margens dos rios e, outra à margem da ilegalidade, como por exemplo as ocupações nas várzeas, cujo crescimento não é acompanhado de efetiva urbanização. A Lei nº 6.766/79 passou a condicionar a aprovação de parcelamentos urbanos à existência de padrões urbanísticos mínimos para a qualidade das cidades, e na outra ponta da questão estão as ocupações irregulares como ocorre nas proximidades das cavas. Este é o aspecto mais grave da pressão da ocupação por causa da grande e absoluta precariedade das instalações praticadas, conseqüentemente, promovendo a degradação dos cursos d'água (LIMA, 2004).

Conforme Lei Federal nº 6.766/79, é proibido o parcelamento do solo para fins urbanos em áreas alagadiças e sujeitas a inundações, antes de tomadas providências para assegurar o escoamento das águas, ou onde as condições geológicas não aconselham a edificação e em áreas de preservação ecológica ou naquelas onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até a sua correção (parágrafo único do art. 3º da Lei 6.766/79), e é obrigatória, ao longo das águas correntes e dormentes, a reserva de uma faixa não-edificável de 15 m de cada lado, salvo maiores exigências da legislação específica.

A tradição jurídico-administrativa sustenta que o direito de construir é inerente ao direito de propriedade. Há, contudo, que se considerar que a tradição também reforça que o direito de construir terá de se submeter ao que dispuserem os preceitos urbanísticos de interesse público e que respeitem as legislações vigentes, o que não foi o caso desta região de estudo, onde foram observadas ocupações irregulares mesmo em regiões de APA.

Um conjunto de normas estaduais e municipais impõe limitações de uso e ocupação do solo, caracterizando as faixas marginais aos cursos d'água como de restrição. Em parte das várzeas à montante da BR-277 incide o zoneamento estabelecido pelas Unidades Territoriais de Planejamento (UTPs) de Pinhais, Itaqui e Guarituba, conforme Lei Estadual nº 12.248/98 que também criou o sistema integrado de gestão e proteção dos mananciais da RMC.

De acordo com esse zoneamento, a região de várzea é uma Área de Restrição à Ocupação, que deveria ser considerada de interesse de preservação com o objetivo de promover sua recuperação e conservação dos recursos naturais, assegurando a manutenção da biodiversidade e a conservação do ecossistema.

As Áreas de Restrição à Ocupação poderão ser computadas no cálculo das áreas reservadas como áreas de lazer em parcelamento de solo, reserva florestal conforme a legislação em vigor ou transferência de potencial construtivo. Usos do solo e parâmetros para o parcelamento do solo estabelecidos em decretos estaduais são restritivos (Quadro 7).

QUADRO 7 - USO DO SOLO E PARCELAMENTO NA ZONA DE RESTRIÇÃO A OCUPAÇÃO DAS UTPS

| UTP | Uso do solo | | | Parcelamento |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| | Usos permitidos | Usos permissíveis | Uso proibido | Lote Mínimo (m ²) |
| Pinhais | Atividades de lazer e de conservação definidas em plano de manejo e/ ou projeto urbanístico específico. | Uma moradia a cada 20.000 m ² Extração de areia. | Usos que por suas características comprometem a qualidade hídrica da bacia e a qualidade de conservação do meio ambiente | 20.000 * |
| Itaqui | | | | |
| Guarituba | Atividades agrícolas; Atividades de lazer e de conservação definidas em plano de manejo para a área | - | Usos que por suas características comprometem a qualidade hídrica da bacia e a qualidade da conservação do meio ambiente | 20.000 * |

Nota: * Liberado parcelamento somente nos casos de doação de área para compra de potencial construtivo

Fonte: Decretos Estaduais nº 808/99, 809/99 e 1454/99

As restrições de uso incidentes sobre as propriedades privadas impostas pelas legislações de Curitiba (Lei 9.800/00, Lei nº 9.805/00, Lei nº 9.806/00) que incidem sobre estes ambientes não conseguiram assegurar a manutenção de características e funções importantes que determinados ambientes desempenham para os recursos hídricos nesta região. Na medida que se impõem limitações administrativas ao potencial construtivo de uma área urbana, aparentemente, aguça-se o proprietário que não raras vezes abandona ou toma uma atitude pró-ativa a venda irregular de frações do solo, resultando em grandes bolsões de problemas de ordem sócio, econômico e ambiental. Não são raras as ocupações irregulares que se apropriam indevidamente destes espaços, inclusive em área definida como Área de Proteção Ambiental, APA. É o caso da Vila Audi-União, denominação de uma ocupação irregular situada na APA municipal do Iguaçu, com seu perímetro limitado pela BR-277, Av. das Torres, linha férrea e rio Iguaçu, abrangendo cerca de 1 km² de área (COHABCT, 2006).

Com os novos instrumentos de gestão urbanística, em especial as operações urbanas, regulamentados com o Estatuto das Cidades, as cidades vêm ampliadas as condições de promover uma reforma urbana, lutando contra a exclusão social, recuperando o meio ambiente e resgatando a qualidade de vida de todos os cidadãos. Apesar de não exercitado, parece de relevância para a apropriação sustentável das várzeas, o instituto das operações urbanas consorciadas consideradas como o conjunto de intervenções e medidas

coordenadas pelo Poder Público municipal, com a participação dos proprietários, moradores, usuários permanentes e investidores privados, com o objetivo de alcançar em uma área transformações urbanísticas estruturais, melhorias sociais e a valorização ambiental. O que precisa ser considerado para a RMC, ainda, é a integração das políticas públicas no âmbito da bacia hidrográfica. A integração com a gestão ambiental e a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo apontam um caminho difícil, mas, indispensável, já que a vida não pode ser exercida sem água e a qualidade das águas não pode prescindir de um adequado uso do solo.

5.2.7 Serviço Ambiental

Sob o ponto de vista da aplicação da metodologia para a conservação do ecossistema, foram identificadas as funções e valores do local, para que uma avaliação criteriosa sobre a necessidade ou não de sua preservação ou recuperação seja realizada.

Para que as *wetlands* do Alto Rio Iguaçu venham a desenvolver seu devido papel no território será necessário aplicar recursos para a sua manutenção, recuperação e preservação. A proteção desses sistemas essenciais para a produção dos serviços ambientais básicos, tais como ciclagem da água, armazenamento de carbono e conservação da biodiversidade, não será alcançada apenas com a criação de instrumentos legais restritivos aos usos da terra. Os ambientes naturais que sobraram estão em mãos de proprietários privados. Assim, é defensável a idéia de desenvolver novos mercados de serviços ambientais de água nas áreas urbanas.

No âmbito da legislação pátria, pode-se dizer que o dispositivo legal precursor da compensação por serviços ambientais foi a Lei 7.990/89, que instituiu para os Estados, os Municípios e o Distrito Federal a compensação financeira pelo resultado da exploração de recursos hídricos para fins de geração de energia e de outros recursos minerais, o que já havia sido previsto no ano anterior pelo § 1º do art. 20 da Constituição Federal.

A forma de adquirir estes recursos pode ser através da geração de créditos ou outros mecanismos de incentivo positivo para induzir que os agentes envolvidos

no uso das *wetlands* mudem seu comportamento em favor da conservação e recuperação do ambiente. Não basta apenas cobrar de quem polui ou degrada, sendo preciso destinar recursos a quem garante a oferta das *wetlands* saudáveis, onde foram identificadas alternativas, para cada sistema de gestão envolvido:

- _ aplicação do instrumento da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) em áreas urbanas para composição do mosaico das áreas protegidas. Na atualidade, por exemplo, o município de Curitiba aplica a RPPN Municipal às áreas com cobertura de bosque, estimulando proprietários de áreas verdes localizadas no meio urbano a preservá-las, que podem transferir 100% do potencial construtivo para outras áreas da cidade;

- _ compensação para aquele que mantenha ou recupere o ambiente que gera os benefícios não materiais os quais enriquecem a qualidade de vida, tais como o sentido de lugar, valor de patrimônio cultural, recreação e turismo;

- _ proposição aos proprietários das áreas de várzea de um incentivo semelhante ao IPTU em área verde, podendo chegar a 100% de redução do valor do imposto devido;

- _ ICMS Ecológico, laureado mecanismo já adotado no Paraná;

- _ pagamento por serviços ambientais para aquele que empregar esforços para a restauração das funções imprescindíveis oferecidas pelos ecossistemas para a manutenção de condições ambientais adequadas, como por exemplo, regulação e purificação da água, controle de erosão, e mitigação de riscos.

As florestas e as *wetlands* devem estar contempladas na agenda do comitê de bacia, no caso do Comitê de Bacias do Alto Iguaçu e Afluentes do Ribeira-COALIAR, além da agenda marrom, que abriga as questões relacionadas à infraestrutura de saneamento. O manejo sustentável das bacias e a restauração dos ambientes com objetivos de melhorar a qualidade das águas do escoamento superficial das cidades e dos rios podem ser muito interessantes como forma de garantir qualidade dos ambientes de jusante. Trabalhando com a idéia de pagamentos por serviços ambientais, baseado no princípio protetor – beneficiário, o proprietário das terras recebe por estar preservando os ambientes naturais. Os fundos de recursos hídricos constituídos por receitas originadas da cobrança pelo direito de uso dos recursos hídricos, da compensação financeira pela exploração dos

recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica, entre outras, podem ser considerados fontes de recursos para este mercado. Os valores creditados em favor do Fundo Estadual de Recursos Hídricos, com aprovação do Comitê de Bacia Hidrográfica poderão ser aplicados, a fundo perdido, em projetos e obras que alterem a qualidade, a quantidade e o regime de vazão de um corpo d'água, de modo a beneficiar a coletividade (Decreto nº 4.647/01).

5.3 PAISAGEM

Sob o ponto de vista espacial é difícil delimitar com precisão as zonas marginais. Geralmente é aceito que os corredores ripários são faixas abrangendo a área entre as cotas máximas e mínimas do curso de água, englobando ainda o sistema terrestre desde a cota da superfície livre da água até ao extremo da encosta onde a vegetação pode ser influenciada por cheias ou por condições hidrológicas associadas com o canal fluvial, tais como variações decorrentes das alterações do nível freático dependentes do caudal do curso de água, sendo impossível dissociá-las da reabilitação de cursos de água e da gestão dos recursos hídricos. Na região, no máximo, pode-se imaginar um corredor Iguaçu com largura variável limitado pela cota máxima de cheias de 100 anos. Estas zonas como espaços abertos ou livres tendem a ser estreitas em muitos dos rios afluentes alcançados pela urbanização e inseridas em áreas densamente ocupadas. Contudo, de modo geral, as partes terminais de cursos de água são caracterizadas por várzeas muito extensas transversalmente e muito complexas estruturalmente, as quais são freqüentemente inundadas.

A paisagem não é um espelho morto: é um código dinâmico de símbolos que falam de seu passado, presente e futuro, permitindo assim que sejam desvendados alguns elementos (BUSTOS ROMERO, 2007) importantes nos esquemas de análise. Assim, muitas funções foram identificadas mediante a leitura destes símbolos.

5.3.1 Funções

Embora possam ser enumeradas as funções e conseqüentes valores das várzeas do Iguaçu, deve-se observar que existem conflitos na preservação de uma função/valor em detrimento de outra função/valor. Assim se o objetivo central for a expansão das fronteiras urbanas, a maximização de lotes ou mesmo a eliminação de resíduos da construção civil e a instalação de ETEs (todos usos identificados nas várzeas), o valor das *wetlands* pode ser nulo. Nestas situações as *wetlands* são alteradas e utilizadas. Uma prioridade temporal da sociedade ou, mais apropriadamente, de uma parte dela, determina que o objetivo seja priorizado desprezando as funções dos geossistemas para chegar ao conceito de valor. Parece que isto ocorre quando a sociedade carece da necessária informação ambiental, e também quando não tem alternativa que não a sobrevivência suicida, acima de qualquer valoração lógica.

As principais funções das *wetlands* das várzeas identificadas neste trabalho são apresentadas a seguir:

_ *Habitat* para várias espécies da fauna e flora: além da fauna, existem abundâncias de macrófitas emergentes, que desempenham importante papel na remoção de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo que ingressam no local. Também foram observadas atividades de pescarias nas cavas.

_ Fornecimento de água para abastecimento público: a existência de cavas nas várzeas do rio Iguaçu e seus afluentes, pelo elevado volume de água armazenada, constitui-se em:

_ Reserva estratégica em períodos de escassez de água: como exemplo pode ser citado o uso da água, bombeada para o canal paralelo, das cavas localizadas entre rio Irai, canal paralelo, BR-277 e Av Irai, em 2006 pela SANEPAR;

_ Reservatório, como é o caso da lagoa da Corina: as águas do rio Pequeno, represadas na soleira com cota em 872,80 m, abastecem este reservatório (Figura 61) antes de sua captação na Estação BR-277 para abastecimento. Essa lagoa-reservatório abriga as flutuantes, *Salvinia* sp, *Pistia stratiotes* e *Eichornia* e as emergentes, *Sagittaria* sp, *Alternanthera* sp. Similar ao que acontece quando a lagoa do Itaqui apresenta-se mais vegetada, a mancha das macrófitas flutuantes concentram-se a montante ou a jusante conforma a direção dos ventos e ao longo

da linha de maior fluxo. A forma de manejo verificada consiste na liberação das macrófitas para o canal paralelo, descendo livremente até encontrar obstáculo, ou seja, tanto a matéria orgânica como os nutrientes continuam no ambiente aquático. Um dos maiores problemas observados nesta lagoa foi a falta de manejo adequado, pois a existência das macrófitas caracteriza entrada de nutrientes, que foram assimilados, que após sua decomposição tornam o sedimento rico em nutrientes e podem ser liberados para coluna de água, ocorrendo assim a possibilidade de eutrofização deste ambiente, como foi observado na lagoa de contenção de cheia do São Judas Tadeu (Figura 63)

FIGURA 61 - LAGOA DA CORINA



Vista de montante



Vista de jusante



Localização (adaptado de Google earth)



Canal paralelo com macrófitas flutuantes



Soleira do rio Pequeno

Fotos do autor: 14/01/2009

Em 14/jan e 03/fev de 2009 , pode-se inferir que a escassez era tamanha que a soleira construída no canal não permitia sequer a passagem do que seria a vazão ecológica (Figura 62).

FIGURA 62 - CANAL EXTRAVASOR



A) soleira



B) canal extravasor à jusante soleira

Fotos do autor: 14/01/2009

No canal paralelo, a jusante da soleira, somente corriam os efluentes espumantes lançados pela tubulação de drenagem e as águas do rio Pequeno que não alimentaram a lagoa – reservatório da Corina.

_ Controle de cheias: a lagoa, reservatório de retenção, construída em 2000 abrange uma área de cerca de 3.246 m² contra os 14.300 m² de projeto, que considerava a ocupação de depressões correspondentes ao antigo leito do rio Pequeno e algumas cavas oriundas de extração de areia. Destina-se a acumular temporariamente as águas provenientes do escoamento superficial decorrente das chuvas precipitadas sobre a área protegida por um dique que contorna a parte habitada do Jardim São Judas Tadeu, exceto pelo lado norte onde a proteção é feita pelo aterro da BR-277, e que fluem por gravidade ou as bombas iniciam a operação de recalque para o rio Iguaçu (SUDERHSA, 2002). Essa lagoa apresentava-se com uma lâmina permanente de água de aproximadamente 1,50 m, que pelo mau cheiro (decomposição de macrófitas) e aspecto não suporta mais a carga afluyente de matéria orgânica da ocupação na região e a falta de manejo das macrófitas, principalmente, da espécie *Pistia stratiotes*, que ocupam toda a superfície aquática (Figura 63), conforme comentado anteriormente.

FIGURA 63 - LAGOA DO SÃO JUDAS TADEU



A) São Judas Tadeu

Foto do autor: 12/01/2009



B) lagoa e estrutura de descarga



C) leito antigo afluyente

A lagoa da Cidade Jardim (Figura 64 e Figura 65), reservatório de retenção, construído em 1999, com uma superfície de 77.327 m² foi projetada para receber as águas provenientes do escoamento superficial decorrente das chuvas precipitadas sobre a área de 250 ha da Cidade Jardim, protegida por um dique de

aproximadamente 2.500 m de extensão entre a Av. das Torres e o prolongamento da Av. Marechal Floriano Peixoto (COMEC, 1997).

FIGURA 64 - LOCALIZAÇÃO E ENTORNO DA LAGOA DA CIDADE JARDIM



Fonte: Google; foto do autor

FIGURA 65 - LAGOA DA CIDADE JARDIM



Foto do autor: 12/01/2009

Mesmo quando as lagoas artificiais são concebidos unicamente para funções de controle de cheias, a população urbana naturalmente interage com eles, e essas são diversas, podendo ir do repúdio à convivência pacífica e ao uso para inúmeras finalidades. Usos não previstos desenvolvem-se inteiramente fora do controle do poder público que, no entanto, permanece responsável por geri-los e pelos riscos a que submete os usuários informais, ainda que involuntariamente. A pescaria encontra-se entre os usos informais identificados ao longo da pesquisa, na bacia da Cidade Jardim. A lagoa rasa com aproximadamente 80 cm já esteve, como o reservatório de retenção do São Judas Tadeu, tomado por *Pistia stratiotes*. Feita a retirada e soltura no canal paralelo em dezembro de 2008 (HABITZREUTER-JUNIOR, 2008), prática que se repete em vários ambientes, restaram presentes indivíduos de *Lemna minor* e *Pistia stratiotes*, estes últimos indivíduos pequenos, permitindo o lazer de pescadores de tilápia, bagre e traíra, que freqüentam a área desde 2006 (visita em 12/01/2009).

Na construção de lagoas de retenção de cheias, como no caso da Cidade Jardim e, também, Vila Zumbi (Figura 66), observa-se o descaso da gestão pública, com falta de opções de uso pela comunidade, degradação da qualidade da água com entrada de esgotos e falta de paisagismo apropriado. Percebe-se, entretanto, um paisagismo do entorno da lagoa da Cidade Jardim como resultado do início de um processo de apropriação do espaço pelos moradores, o que pode no futuro resultar em novos ganhos como já apontado por Boscardim (2008).

FIGURA 66 - TRATAMENTO PAISAGÍSTICO DAS LAGOAS DE RETENÇÃO



a) Cidade Jardim
Fotos do autor



b) Zumbi dos Palmares

A série de medidas de controle de cheias deve estar contextualizada e integrada às políticas urbanas, de proteção ambiental e a vida das pessoas. Com a adoção das medidas de controle, obtém-se uma redução de 7 a 10 vezes no valor do investimento da solução de drenagem (SUDERHSA, 2002), que pode ser canalizada para a urbanização e tratamento da paisagem.

_ Recreação e Lazer: a represa no rio Itaqui data de 1960 dando origem a uma lagoa que se destinava a um pesque – pague. Em abril de 2006 a lagoa se mostrou ambiente propício ao desenvolvimento excessivo das macrófitas aquáticas, em especial *Pistia stratiotes*, comprometendo a atividade de lazer formal mas não os usos não previstos que ocorrem, por exemplo, na porção de entrada da lagoa (Figura 67). Este crescimento de macrófitas pode estar relacionados ao fato da lagoa receber a poluição difusa proporcional à densidade demográfica da bacia e o efluente da ETE Martinópolis.

Mais de dois anos se passaram até que as instituições enfrentassem a operação de controle mecânico para a retirada das macrófitas da lagoa, a transferência do material para o ambiente terrestre e o transporte parcial e descarte do material coletado. Parte desta macrófita retirada foi destinada às margens da lagoa ou liberada após a comporta (Figura 67). Nestes locais ocorreram sua

decomposição, que além do mal cheiro liberado, também disponibilizou nutrientes para os ambientes aquáticos, ou seja, possibilitando a eutrofização de ambientes aquáticos a jusante.

FIGURA 67 - AMBIENTES DE JUSANTE E MONTANTE DA LAGOA DO ITAQUI



Macrófitas em decomposição a jusante



Um bom banho de rio a montante

Foto do autor: 14/01/2009

A questão do manejo das macrófitas aquáticas merece fazer parte da agenda do órgão gestor dos recursos hídricos. Além de se apresentarem como indicadores ambientais, por serem parte integrante dos ecossistemas aquáticos, desempenham funções vitais a manutenção dos mesmos conforme resultados em 5.1.4 Qualidade da Água. Certamente a prática de manejo a ser adotada por recomendação do órgão gestor de recursos hídricos e/ou órgão ambiental estadual será outra que não a soltura rio abaixo.

Em 14 de janeiro de 2009, a lagoa se mostrava com pouca vegetação, presentes *Eichornia* sp, *Pistia stratiotes* Linn e *Typha domingensis* Pers somente próximo às margens, tanto no trecho de montante e quanto de jusante (Figura 68).

FIGURA 68 - LAGOA DO ITAQUI



Foto do autor: 14/01/2009

5.3.2 Problemas Ambientais Observados na Região

O impacto percebido decorre do processo de ocupação antrópica dos espaços, onde práticas econômicas e sociais arcaicas se têm perpetuado. Foi evidenciado na região do Alto Iguaçu o uso intensivo e irracional do solo das várzeas, resultando na sua degradação, com grandes conseqüências para a sociedade. Estes danos estiveram principalmente, mas não exclusivamente, relacionadas com a extração de areia. Na atualidade, muitas das práticas incluem a premissa de que em áreas urbanas e de expansão da urbanização a conservação não se aplica e que, portanto, não se justificam iniciativas de preservação ou conservação cujo efeito imediato resulta em aumento dos custos de produção.

Além dos problemas da qualidade da água já comentados, foi observado também:

_ Lançamentos de resíduos na bacia hidrográfica do Alto Iguaçu (Figura 69);

O índice de atendimento com os serviços de coleta de esgoto não atende todas as bacias, e quando atende, ou não atende na sua totalidade ou possui falhas na rede. Existem regiões que são atendidas por rede de coleta de esgoto, entretanto, algumas casas estão ligadas irregularmente nas redes de águas pluviais ou diretamente nos rios.

FIGURA 69 - LANÇAMENTOS COM PROBLEMAS DE QUALIDADE

Galerias de águas pluviais e erosão associada



Entre Av. Iraí e BR-277: 17/06/2011



Lançamento no canal em tempo chuvoso e na várzea em estiagem: 17/06/2011



Guajuvira, lado da estação de monitoramento:
10/07/2008



Balsa Nova, lado da estação de monitoramento:
16/07/2008

Rios urbanos sem várzeas livres



Rio Belém, entre Av. Torres e Mal. Floriano:
13/04/2007

Rios urbanos com várzeas livres



Efeito do ribeirão dos Padilhas no rio Iguazu:
07/05/2008

Lixo urbano



Rio Palmital, jusante da estrada da Graciosa: 11/04/2011



Chácara Encanto das Sereias, lixo depositado com
as inundações, Curitiba: 09/07/2008
Fotos do autor



Macrófitas e lixo urbano abraçados a árvore
caída, Guajuvira: 10/07/2008

Da ponte sobre o rio Belém da rua Dr. Bley Zornik, para além dos trilhos da ferrovia, percebe-se a possibilidade de derivar parte das águas do rio Belém para o canal inter-cavas e *wetlands* do acesso ao zoológico, para daí reconduzi-las ao rio Iguaçu mais limpas.

_ Invasões na região do Alto Iguaçu (Figura 70) que geram esgotos e resíduos sólidos;

FIGURA 70 - OCUPAÇÃO IRREGULAR



Invasão reiniciando na área do Parque Butiazinho, São José dos Pinhais: 13/04/2007
Fotos do autor



Invasão margem esquerda do canal, São José dos Pinhais: 13/04/2007



Realocação programada, Fazenda Rio Grande: 07/05/2008

_ Entulhos da construção civil;

Apesar da existência de técnicas de beneficiamento de resíduos da construção civil, uma parcela dos RCC vem sendo depositadas de forma inadequada em fundos de vale, cursos d'água, bosques e aterros clandestinos das cavas e várzeas do Alto Iguaçu (Figura 71).

FIGURA 71 - DESCARTE DE RESÍDUO



Aterro de cava, final rua Casemiro Gapski, várzea do Avariú, São José dos Pinhais: 04/05/2007
Fotos do autor



Material de rejeito depositado sobre a várzea do Iguaçu, Balsa Nova: 16/07/2008



Aterro sobre várzea e cava, entre Mal. Floriano e Contorno, área de contribuição direta do Iguaçu: 04/05/2007

_ Existência de ETE's que apresentam baixa remoção de nutrientes (Figura 72);

FIGURA 72 - ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO CONSTRUÍDAS NAS VÁRZEAS



Espumas do efluente da ETE Atuba Sul:
11/04/2011



Transbordamento da lagoa da ETE Martinópolis:
12/1/2009



ETE Fazenda Rio Grande, paisagem inóspita:
09/07/2008
Fotos do autor



ETE Padilhas, cavas ao lado: 04/05/2007

_ Limpeza e desassoreamento de rio e canal

As matas ciliares extensamente desmatadas, terraplanagem e manejo de grandes volumes de terra nas áreas em urbanização, sem o uso de técnicas adequadas para o controle da erosão, o lançamento de resíduos sem o devido tratamento vem causando o assoreamento, a poluição e a degradação física, biológica e paisagística das águas urbanas. O curso do rio Iraí e do canal de água limpa foram dragados, com o objetivo de aumentar a sua profundidade de modo a evitar o alagamento, durante os períodos de cheia, das várzeas marginais com intensa utilização urbana e o resultado não se fez esperar: as margens começaram a colapsar, levando ao arrastamento a vegetação ripária. Este processo de ajustamento foi potencializado pela extrema vulnerabilidade dos solos. As margens

do canal de água limpa foram “limpas”, desprovido os taludes de vegetação, prática que provocou, provavelmente, a desestabilização das margens (Figura 73).

Nos espaços ajardinados junto à linha de água, onde previamente eliminou-se a vegetação ribeirinha, obteve-se como resultado a destruição desses frágeis jardins, bem como incisões profundas nas margens em resultado dos processos erosivos decorrentes da limpeza e desassoreamento. Nos espaços estreitos entre via e cavas se acumula a vegetação retirada das margens do canal, configurando um deslize de manejo.

FIGURA 73 - DESASSOREAMENTO DE RIOS E CANAIS



Canal, margem esquerda:
17/06/2011

Fotos do autor

Rio Palmital, margem esquerda:
11/04/2001

Canal, margem direita:
17/06/2011

_ Extração de areia;

Em alguns pontos, nas imediações da Av. Marechal Floriano, o potencial mineral encontra-se esgotado (MINEROPAR, 2004). Essa é uma atividade que tende a continuar, uma vez que o Plano Diretor de mineração da região (MINEROPAR, 2004) atesta a vocação da área para lavra de areia destinada à construção civil e argilas para a indústria oleira. Os sedimentos aluvionares ocorrem em cerca de 22% do município de Piraquara nas extensas planícies de inundação dos rios Piraquara, Irai, Iraizinho e Itaqui. São representados por areias, siltes e argilas escuras, sendo também comuns depósitos de turfas, exploráveis nos aluviões dos rios Piraquara e Irai (PIRAQUARA, 2008). Nos aluviões, depósitos de sedimentos não consolidados, à base de areias, argilas e matéria orgânica (turfas), restritos às planícies aluvionares dos rios Iguazu, Passaúna, Cachoeira e Barigui, a exploração de areia estava presente. Em visita de campo nas várzeas do Iguazu, foi possível validar a extração em Guajuvira entre a foz do rio Passaúna e foz do rio Verde (ARAUCÁRIA, 2008). Os maiores danos são observados quando a extração é

realizada através de equipamentos pesados (máquinas e caminhões), corroborando com os resultados obtidos por Bustos Romero (2007). São várias as áreas da várzea que se encontram sob exploração de areais em terras de sua propriedade ou de terceiros nas várzeas do Iguaçu. A Figura 74 ilustra alguns desses casos.

Em outros trechos das várzeas foram identificadas diversas paisagens que correspondem a areais fora de operação. O que se eleva na paisagem de várzea são os aterros dos lavadores do material explorado (Figura 75).

FIGURA 74 - AREAIS EM OPERAÇÃO



Entre Contorno e final do canal extravasor, área entre canal e rio: 04/05/2007



Cavas do areal em operação, Balsa Nova: 10/07/2008



Areal (camadas: 2,50 m de barro e 0,50 a 1,00 m de areia) divisa com a linha férrea, entre Araucária e Guajuvira: 10/07/2008
Fotos do autor



Mineração GAI_Areal em operação, jusante BR116: 09/07/2008: Curitiba

FIGURA 75 - VISTA DE LAVADORES DE AREAIS FORA DE OPERAÇÃO



Entre Av. Iraí e BR-277, São José dos Pinhais, bacia do rio Pequeno
Foto do autor: 16/03/2007

Pelo fato do lençol freático nestas áreas de várzea (aluviões), apresentar-se próximo a superfície, sendo aflorante ou sub-aflorante, a escavação realizada para exploração de areia, intercepta o lençol freático gerando verdadeiras lagoas nestas áreas de mineração.

São poucos os trechos possíveis de serem percorridos que permitem olhares sobre a planície, e esses confirmam a presença das cavas em meio às várzeas (Figura 76).

FIGURA 76 - VÁRZEAS VISTAS DE PONTOS ELEVADOS DA PAISAGEM



Várzea do Barigui e Iguçu a partir da rua delegado Bruno de Almeida, Curitiba: 09/07/2008



Várzea e cavas do Iguçu, a partir do loteamento Tupi, Araucária: 09/07/2008



Várzea do Iguçu a partir de Campina da Barra, Araucária: 09/07/2008
Fotos do autor

Essas planícies são ricas em recursos naturais essenciais para a sociedade considerando-se a cultura e a tecnologia empregada na construção civil. A lei do SNUC prevê que recursos de uma unidade revertam para o sistema. Caberia considerar a retirada de areia do geossistema de várzeas como uma atividade e um recurso possível de ser considerado para a conservação daquelas?

5.3.3 Destaques na Paisagem

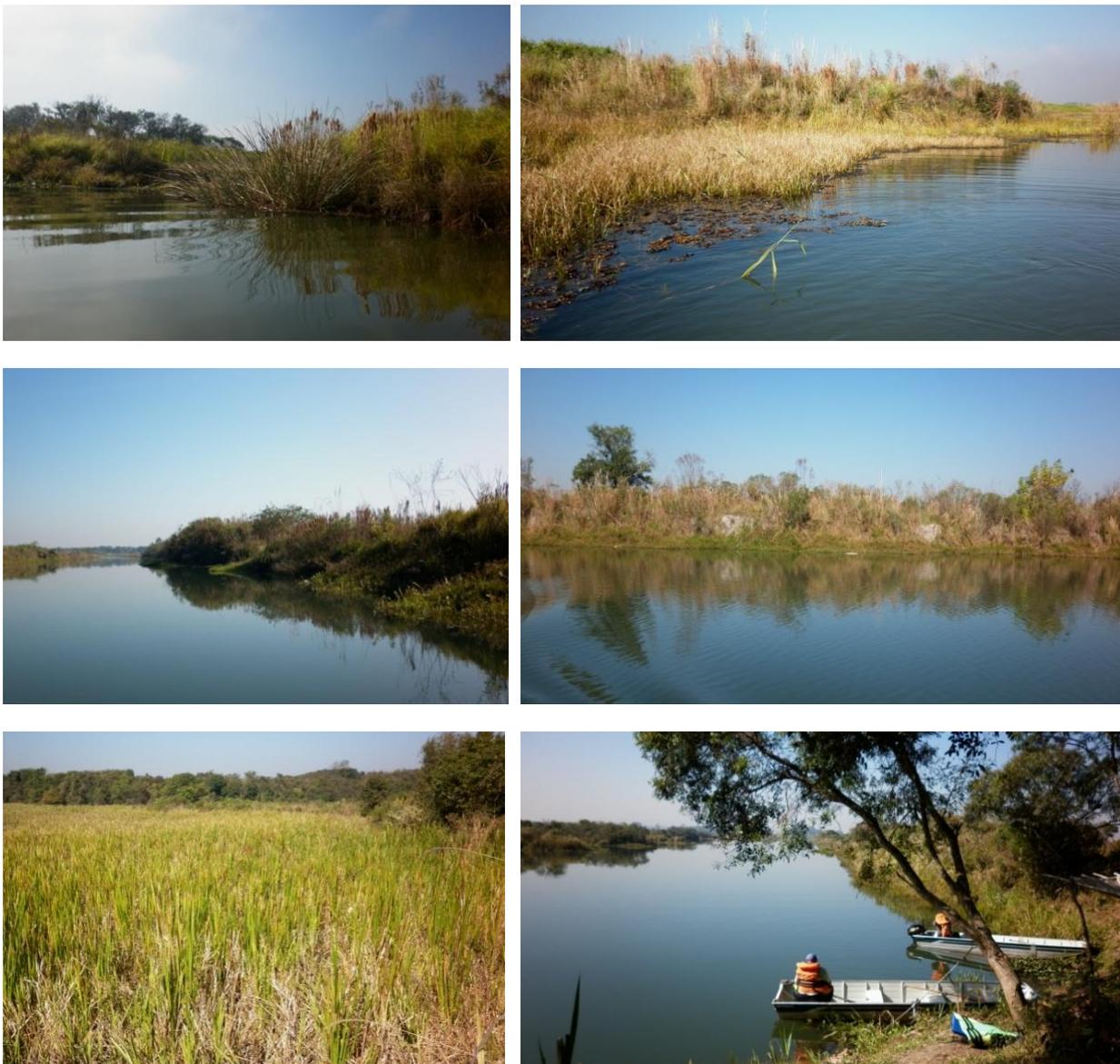
Dominando a paisagem está a ampla planície aluvionar interligada com as várzeas dos seus afluentes, apresentando topografia notavelmente plana, com pequeno declive em direção aos rios, principalmente em direção ao Rio Iguaçu.

Muito embora as atividades de retificação e duplicação do rio e da extração de areia e argila para a construção civil tenham causado inúmeras alterações no ambiente, não apenas no aquático, mas também no ambiente terrestre, as cavas, em conjunto com o leito meandrante dos rios e com as lagoas marginais naturais da planície aluvial do alto curso do rio Iguaçu, formam um sistema de canais, que conferem um aspecto peculiar à região do Alto Iguaçu, e do Altíssimo Iguaçu na região das cavas, a montante da BR-277.

O local a montante da BR-277 está bastante alterado, não só pela extração de areia, típica da região superior do rio Iguaçu, que resultou em quantidade expressiva de cavas de áreas e profundidades totalmente desiguais, algumas estanques outras interligadas, proporcionando o desenvolvimento de comunidades florísticas (e, provavelmente faunísticas), mas também pelos efluentes de estiagem das redes de galerias de águas pluviais da margem esquerda do canal de água limpa. A oscilação do nível do rio influencia essas áreas alagadas de diferentes maneiras, dependendo da conexão entre estes dois ambientes, que pode ser temporária ou permanente. Algumas áreas alagadas podem estar atuando em certas épocas do ano como canais naturais, contendo água corrente, e merecem ser investigadas (Figura 77).

Estendendo os olhares para além dos limites do sistema das várzeas do rio Iguaçu, proteger suas conexões com outros sistemas na paisagem mostra-se importante e, na escala da gestão da paisagem é possível destacar alguns ambientes (Figura 78) para propor medidas para garantir os serviços ambientais, de modo a equilibrar as necessidades humanas e ambientais dos recursos hídricos.

FIGURA 77 - CAVAS A MONTANTE DA BR-277



Fotos do autor: 17/06/2011

FIGURA 78 - VÁRZEAS E CAVAS POTENCIAIS PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS WETLANDS
Entre Av. Iraí e BR-277



município de São José dos Pinhais, ambiente entre rio Iraí e canal: 27/11/2008



município de São José dos Pinhais, bacia do rio Pequeno, que apresenta entre o canal paralelo e Av. Rui Barbosa um espaço aberto de forma irregular com aproximadamente 1.800.000,00 m²: 16/3/2007



município de São José dos Pinhais, bacia do rio Itaqui: 16/3/2007

Entre BR-277 e Av. das Torres



Cavas eutrofizadas, tomadas por macrófitas do loteamento Aníbal Cury: 13/4/2007



Cavas entre rio e canal: 13/4/2007

Entre Mal. Floriano e Contorno



Cavas caminho zoológico, vila Pantanal ao fundo: 13/4/2007



Rua Alfredo João Bortoloti, várzea e cavas do rio Avariú: 4/5/2007



Chegada do leito antigo do rio Iguaçu no canal extravasor: 4/5/2007



Chegada do leito antigo no rio Iguaçu: 4/5/2007



Cavas a montante do Contorno entre canal e rio: 4/5/2007

Entre Contorno e final do canal extravasor



Várzea do Iguaçu, margem direita: 4/5/2007



Cavas entre rio e canal:4/5/2007



Cavas jusante do contorno entre canal e rio: 4/5/2007

Fotos do autor

As observações realizadas ao longo das planícies fluviais do Alto Iguaçu na RMC levam a convicção de que a continuidade lateral de depósitos antropogênicos representa mais um quadro por manchas isoladas do que a regra geral. A própria planície, formada por aluviões quaternários, foi aterrada com diversos entulhos provenientes da construção civil. Por outro lado, a paisagem “natural” se faz presente em superfície significativa em locais onde a pressão é menor (Figura 79).

FIGURA 79 - VÁRZEA DO RIO IGUAÇU A JUSANTE DO CANAL EXTRAVASOR



Rio Iguaçu, jusante ribeirão dos Padilhas e do Contorno, os opostos vau e espumas da ETE: 4/5/2007



União de rio e canal, fim do canal extravasor: 4/5/2007

Fotos do autor

Conforme sinalização do MMA, com o final do canal extravasor (Figura 79) e a foz do rio Miringuava, entra-se em ambiente merecedor de ser transformado em Unidade de Conservação de Proteção Integral. As águas do rio Miringuava ainda se apresentavam elevadas, comparativamente com os níveis verificados ao longo do Iguaçu, onde podia ser percebido a marca da cheia de dia(s) anterior(es). As suas margens apresentam-se, no ponto visitado, protegidas pela floresta ou ainda saturadas (Figura 80).

Nas várzeas do Iguaçu e seus afluentes alguns aspectos da paisagem merecem ser destacados. Foi possível distinguir na paisagem meandros abandonados de rios, com uma ligação ao canal principal, onde o solo apresenta uma umidade elevada e a vegetação é diversa da circundante, como fossem lagoas marginais. Como exemplo, pode ser citado o leito antigo do rio Iguaçu que aparece preenchido com sedimentos apresentando vegetação baixa de solo hidromórfico a montante da Estrada do Ganchinho. A jusante da ponte as águas apresentam um

movimento em espiral, imprimindo força sobre a margem direita onde é possível perceber erosão de margem. A margem esquerda tem início a formação de uma superfície de agradação (Figura 81).

FIGURA 80 - FLORESTA DE INFLUÊNCIA FLUVIAL A JUSANTE DA ESTRADA DA CACHOEIRA

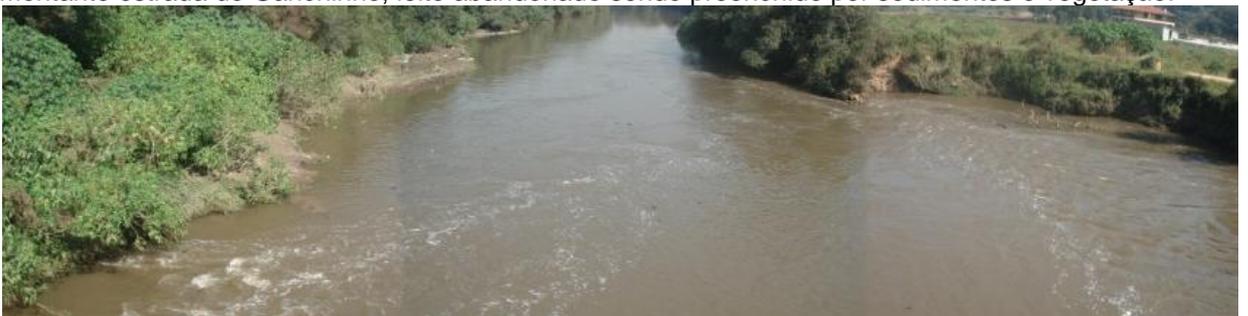


Foto do autor em 07/05/2008

FIGURA 81 - MONTANTE E JUSANTE DA ESTRADA DO GANCHINHO EM 07/05/2008



Montante estrada do Ganchinho, leito abandonado sendo preenchido por sedimentos e vegetação:



Jusante estrada do Ganchinho, agradação e erosão de margem

Fotos do autor

Meandros remanescentes da retificação, executada para o controle das cheias na RMC, estão presentes (Figura 82). Uma ponte metálica garante a travessia do tráfego da Nicola Pelanda sobre o leito antigo, permitindo olhares a montante e a jusante.

FIGURA 82 - PONTE NICOLA PELANDA SOBRE O LEITO ANTIGO DO IGUAÇU, LEITO ATUAL DO RIO DESPIQUE/COTIA



Montante



Jusante

Fotos do autor: 7/5/08

Várzeas com cavas ocupam tanto as margens do rio Iguaçu, quanto dos afluentes, neste trecho de importância para a conservação da biodiversidade, e que no entanto são áreas urbanas, merecendo serem vistas com tipologia diferente de unidade de conservação, objetivando a sua recuperação e a recuperação do meio (Figura 83).

FIGURA 83 - VÂRZEAS URBANAS A JUSANTE DA FOZ DO RIO MIRINGUAVA



Várzea e cavas do rio Divisa/Ana Luiza, Fazenda Rio Grande: 7/5/2008



Várzea e cavas do rio Iguaçu, Fazenda Rio Grande: 7/5/2008



Várzea com *Eritrina crista galli*, jusante BR116, Curitiba: 9/7/2008



Cavas com até 6,00 m de profundidade e garça, em várzea do Iguaçu, jusante BR116, Curitiba: 9/7/2008



Cavas a margem direita e lateral a oleoduto, vegetadas com *Eichornia* sp. e *Pistia stratiotes*, Curitiba: 9/7/2008, patos, gaviões e outros pássaros se alimentam na Pistia



Pecuária (cavalos, ovelhas) patos em várzea e casa a margem direita do Iguaçu, Curitiba: 9/7/2008

Fotos do autor

A paisagem anterior com jeito de rural, em área que está sob a influência das cheias do rio Iguaçu, dá lugar a mineração de areia e *wetlands* (aproveitamento de cavas existentes) do aterro sanitário da Caximba em Curitiba, funcionando como sistema complementar de tratamento do efluente, conforme apresentado em Figura 49.

Os diques marginais encontram-se próximos ao leito do rio Iguaçu e de seus efluentes e apresentam-se topograficamente mais elevados que as demais unidades fisiográficas da paisagem aluvial, com exceção dos terraços. Em alguns deles a vegetação estava presente em maior ou menor grau de alteração (Figura 84).

FIGURA 84 - MATA RIBEIRINHA



Florestinha nas várzeas do rio Iguçu, ponte Araucária: 9/7/2008



Várzea inundada junto à ponte sobre o rio Iguçu, Araucária: 9/7/2008



Rio e várzea em Guajuvira: 10/7/2008



Corredeiras a jusante da ponte férrea, em General Lúcio: 9/7/2008



Rio e várzeas do Verde, águas claras: 10/7/2008



Rio e várzea do Iguçu montante ponte Balsa Nova: 16/0/2008

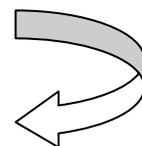
Fotos do autor

Percebe-se a ocorrência de diques marginais ao lado de canais abandonados, que apesar da possibilidade da ocorrência natural do fenômeno relatada por Souza (1990), no caso da várzea do rio Palmital mostrado na Figura 85 parece ser obra da ação de retificação realizada pelo homem. O lençol aflora e a vegetação que se desenvolve no antigo leito é típica de ambientes alagados.

FIGURA 85 - LEITO ABANDONADO AO LADO DE DIQUE MARGINAL AO LEITO ATUAL



Foto do autor: 17 set 2008



Régua da Estação de Balsa Nova vai até a marca 7,00 m o que dá conta das máximas cheias já ocorridas na região (Figura 86).

FIGURA 86 - VÁRZEA E CAVAS EM Balsa Nova



Foto do autor:

Quem percorre as várzeas do rio Iguaçu, no primeiro planalto, na RMC, despede-se com a vista da Chácara Estação Afonso Moreira (Figura 87).

FIGURA 87 - ÚLTIMA VISTA DA VÁRZEA DO IGUAÇU



Foto do autor: 16/7/2008

Olarias e moinhos ainda permanecem visíveis na paisagem como testemunhos de outros tempos (Figura 88).

FIGURA 88 - TESTEMUNHOS DA HISTÓRIA ECONÔMICA



a) Olaria próxima ao leito do rio Iguaçu, Fazenda Rio Grande



b) Moinho antigo às margens do rio Itaqui. Balsa Nova

Fotos do autor: a) 7/5/2008; b) 10/9/2008

A ferrovia, implantada ao longo do Iguaçu, constituiu-se em um dique e um limite imposto às várzeas inundadas pelo extravasamento do rio. A linha e algumas das antigas estações são presenças marcantes na paisagem. A antiga estação General Lúcio (Figura 89), ponto de descida de pescadores no século passado, ainda é referência na várzea e portão de acesso às margens do Iguaçu.

FIGURA 89 - GENERAL LÚCIO



Foto do autor: 10/7/2008

E, o lazer, antes garantido pelas pescarias ao longo do rio Iguaçu e pelos banhos de rio, repletos de histórias contadas por pai, mãe e irmãos mais velhos, na atualidade, foi estruturado em diferentes parques (Figura 90) nas várzeas do Iguaçu.

FIGURA 90 - USOS DE LAZER

Entre Av. das Torres e Mal. Floriano



Parque de São Jose dos Pinhais: 14/4/2007



Raia de remo, Curitiba: 4/5/2007

Fotos do autor

6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A dependência da disponibilidade hídrica de uma metrópole é um fator essencial para as possibilidades de promoção do seu desenvolvimento e manutenção das condições de atratividade, quer em cenários próximos, quer em cenários futuros. Portanto, a degradação da qualidade nos ambientes urbanos da Metrópole impõe a busca de alternativas que devem ser assimiladas enquanto investimentos, pois serão recuperados evitando-se assim, gastos sociais maiores no futuro.

Apenas a existência de infra-estrutura de saneamento, do arcabouço legal e das intervenções das instituições públicas não tem sido suficientes para resolver os problemas dos rios urbanos. As ações setoriais não têm refletido em resultados eficientes e as ações institucionais municipais ficam limitadas ao espaço territorial municipal. Assim, um desafio da gestão de recursos hídricos é a promoção de ações que possibilitem a implantação de um sistema gerencial integrado e participativo, servindo de base à proteção e conservação das águas na cidade.

O sistema rio-planície fluvial é um só. Na área pesquisada, observou-se que não se tem rio saudável sem planície fluvial, e não se tem várzea saudável sem rio saudável. O desafio para a gestão é ter a medida certa entre quanto, onde e como conservar e recuperar e com que objetivos a serem alcançados a curto, médio e longo prazo. Tanto a recuperação quanto a conservação das *wetlands* passam, também, pela recuperação da qualidade das águas que por elas fluem.

As *wetlands* da bacia hidrográfica do Alto Iguaçu, desde que correspondendo a áreas alagadiças e sujeitas a inundação sazonal, encontram-se parcialmente protegidas por instrumentos legais como Áreas de Preservação Permanente, Áreas não sujeitas ao parcelamento para fins urbanos e Áreas de Restrição à Ocupação e Uso. Estes instrumentos se referem a limitações de uso urbanísticas que contudo, não se configuram como garantias quantitativas ou qualitativas de proteção. Reconhecer a vinculação da qualidade das águas com as atividades que ocorrem nas respectivas bacias de contribuição e em especial nas *wetlands*, levaria ao aperfeiçoamento dos mecanismos de gestão, permitindo, assim, a proposição de critérios para ordenar parcelamento, uso e ocupação do solo, de modo compatível com os usos pretendidos das águas.

Dentre os instrumentos da política urbana que representam possibilidade de interação com a política de recursos hídricos, possíveis de serem aplicados para a incorporação das várzeas e seus valores ambientais, aparecem como promissores os institutos jurídicos e políticos de instituição de unidades de conservação e transferência do direito de construir, associados ou não a operações urbanas consorciadas. Para as regiões de *wetlands* aqui estudadas, leis específicas poderão delimitar os ambientes em que o interesse é de proteção do ecossistema, definindo as propriedades como prioritárias para transferência de potencial, estabelecendo um paralelo com o direito de preempção. Na medida que é considerada uma Unidade de Conservação, a *wetland* pode ser o *locus* da contribuição financeira dos empreendimentos com significativo impacto ambiental e, também, dos usuários de recursos hídricos beneficiários da proteção.

Restauração, conservação e preservação do ecossistema *wetlands* e das suas funções e valores ambientais poderiam ser integrados nos planos de gestão das bacias hidrográficas, enquanto medidas estruturais e não estruturais de controle da quantidade e qualidade das águas. Esta integração contribuirá para o alcance dos objetivos de qualidade e disponibilidade hídrica capaz de suportar os usos mais exigentes, como abastecimento para consumo humano e de proteção das comunidades aquáticas, pactuados no comitê de bacia e expressos em termos de enquadramento e plano de investimento desenhado com base em metas progressivas.

Assim, além de considerar os instrumentos de gestão urbanística, ambiental e de recursos hídricos é necessário a integração das políticas públicas no âmbito da bacia hidrográfica, apresentando potencial para uma discussão da política de crescimento sustentável de toda uma região e da apropriação e proteção das *wetlands*, em especial.

Apesar da identificação de um conjunto de instrumentos previstos na legislação permanece como desafio a identificação de novos e a efetiva implementação de mecanismos existentes de alocação de várzea impactada ou não, para a função principal relacionada aos recursos hídricos e, ainda, que sejam suficientemente atrativos, de modo a não propiciar uma condição de continuidade dos padrões atuais de apropriação destes ambientes sensíveis aos usos tradicionais

urbanos, permitindo a integração aos mosaicos de áreas protegidas, formando os corredores ecológicos na unidade de gestão do Alto Iguaçu na RMC.

O ideal é a recuperação e conservação das várzeas. Contudo, as desejáveis recuperação e conservação passam necessariamente pela proteção de seu entorno e esses no território urbano estão ocupados com usos que ao invés de protetores são estressores.

Caso seja alcançado o enfoque setorial com foco no controle das cheias, situação desejável em que as águas de cheias seriam abrigadas no leito menor dos rios, as planícies deixam de ser inundadas por transbordamento do rio e a melhoria da qualidade das suas águas será no mínimo limitada. Caso se proceda à implantação dos controles de vazão na fonte sem considerar associada aos controles da qualidade das águas do escoamento superficial urbano, as águas carregadas da poluição difusa das cidades continuarão a alimentar os rios urbanos e a melhoria da qualidade das suas águas será no mínimo limitada. E, ainda, caso se perpetue tratamentos ineficientes de esgotos, não haverá mais nada a fazer do que lamentar a perda da possibilidade do novo equilíbrio.

Entender esses fatos resulta em mudança no enfoque e os principais objetivos de gestão mudam para ser: proteção do ciclo natural da água e dos sistemas ecológicos; restauração dos rios e introdução de controles da poluição, como tratamento em sistemas biológicos naturais ou construídos como lagoas e *wetlands*. A água deve ser considerada como elemento principal na concepção das unidades de conservação e como principal objeto da proteção ambiental.

Com a Lei Estadual 12.726/99 e os estágios de implantação do sistema e dos instrumentos de gestão, é esperado que os impactos sobre os recursos hídricos resultantes de ações anteriores sejam corrigidos. Uma boa política pode ao mesmo tempo em que recupera os ambientes já em degradação, promover novos usos econômicos que se associam positivamente à manutenção da qualidade ambiental e hídrica. Determinar o limite de depuração do ambiente das cavas (capacidade de carga), aliar as oportunidades econômicas ainda inexploradas no uso de *wetlands* alteradas das várzeas, nos aspectos paisagísticos e de educação ambiental, e as formas de agir para construir segurança em relação aos riscos ambientais sobre os

rios são alguns dos conteúdos estratégicos numa proposta orientada para a sustentabilidade, que a gestão dos recursos hídricos tem o desafio de encaminhar.

São condicionantes da preservação dos ambientes das várzeas naturais, reconhecidas como de muito alta importância biológica e muito alta prioridade de ação, para a conservação da biodiversidade, e assim sinalizadas com a criação de uma Unidade de Conservação de Proteção, a implantação de ações de recuperação de efeitos negativos da ocupação indevida a montante.

A qualificação dos espaços abertos das várzeas urbanas “naturais” deve estar focada no atendimento das demandas da metrópole sem ampliar os usos urbanos, tendo em vista o comprometimento dessas áreas com a função de qualidade da água. As várzeas (*wetlands*) dos vazios urbanos e das áreas de expansão da urbanização devem exercer, principalmente, a função de se impor na paisagem de modo a induzir novas formas urbanas e se concretizarem como áreas protegidas.

A alteração de processos hidrodinâmicos e funcionais, potencializada pela ocupação humana, torna inviável a restauração no seu sentido estrito. Assim, é bastante razoável considerar para os rios e suas várzeas urbanas da bacia de drenagem do Alto Iguaçu o entendimento que restauração implica em restabelecimento de função devendo converter um sistema degradado num sistema apto a servir a múltiplos objetivos sociais, onde o conceito de requalificação, reabilitação ou restauração a desenvolver corresponde a um conjunto de técnicas que visam restabelecer o funcionamento do sistema aquático nas várzeas, permitindo ainda maximizar o uso múltiplo das condições oferecidas por esse sistema e a melhoria da qualidade dos rios urbanos.

Aqui, a extração de areia deu origem à criação de uma sucessão de zonas lânticas artificiais (cavas), ao longo da linha de água, muitas das quais isoladas do rio, que englobam potenciais de sistemas de tratamento naturais: *wetlands* construídas de fluxo superficial, de fluxo sub-superficial, de fluxo vertical e lagoas restauradoras.

O uso de novas tecnologias nas intervenções humanas do meio urbano, especialmente ligadas às cavas se mostram oportunas. A partir do patrimônio

natural, ou de sua recomposição, pode-se e deve-se recuperar a água no meio urbano.

A preservação de remanescentes de áreas inalteradas (se houver) ou pouco alteradas pode até ser a principal prioridade dos programas de conservação, entretanto uma intervenção sobre áreas consideravelmente impactadas, visando sua recuperação e, conseqüentemente, a minimização dos impactos sobre os remanescentes menos alterados situados a jusante, é uma medida importante que deve ser tomada. Trata do aproveitamento das cavas existentes, que com poucas intervenções, permitem transformar um passivo ambiental – cavas – em *Wetlands*, implantar áreas de recuperação, instalar uma Estação/Centro de *Wetlands* e melhorar a qualidade das águas fluviais e efluentes da drenagem urbana, requalificando o ambiente através da utilização de plantas típicas desta região.

A reconstrução das *wetlands* (requalificação das cavas) do Alto Iguaçu permitirão a restauração do maior sistema ripário natural da metrópole, assegurando um tratamento natural e uma paisagem agradável. A pesquisa permitiu definir ao longo dos 96 km do sistema fluvial, entre a barragem do Iraí e Balsa Nova, os segmentos prioritários (aproximadamente 17 km) que devem ser recuperados, com o foco de melhorar a qualidade das águas do rio Iguaçu. O trecho a montante apresenta uma especial relevância social, econômica e ecológica dada a sua elevada diversidade de ambientes, onde se destaca a presença de cavas, lagoas, reservatórios e captação para o abastecimento humano, a que acresce o fato de se constituir no primeiro trecho do sistema fluvial Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba a apresentar conflitos e potencial de requalificação. Acresce ainda que este segmento de várzea é atravessado por vários afluentes manancias e abriga uma população urbana expressiva e recebe esgotos de estações de montante, decisivas para o enriquecimento em nutrientes dos ambientes lênticos e do rio Iguaçu e seu canal paralelo, fato que conduz a fenômenos evidentes de eutrofização, que foram observadas na lagoa do Itaqui e na Cidade Jardim.

Todavia, nesta área que exhibe as conseqüências deste conjunto de perturbações, bem patente pela dominância de macrófitas aquáticas (lagoas do Itaqui e Corina), qualquer projeto de intervenção deve ter em conta as suas paisagens de interesse ao desenvolvimento imobiliário e recreativo da área bem

como as suas potencialidades em termos de melhoria da qualidade das águas do Iguaçu, seus formadores e afluentes. Chega de considerar o rio e sua planície de inundação um quintal. Se a idéia é sustentabilidade, os rios e suas várzeas, na RMC e bacia do Alto Iguaçu, deverão ser vistos como jardins.

A alternativa de não agir não é uma solução viável para este trecho, resultando na continuação ou piora nos resultados de qualidade da água observados nos diferentes ambientes aqui avaliados, já não condizentes com a necessidade de garantia dos múltiplos usos, havendo uma necessidade de diminuir esta entrada de nutrientes/poluentes de fontes pontuais e não pontuais lançadas no rio.

Como alternativas, cabe citar melhorias na coleta e tratamento de esgotos, ou maior ênfase às conexões laterais e longitudinais das várzeas utilizando-as como *wetlands*, que exercerão a capacidade de filtro dos poluentes antes que os mesmos atinjam o rio e uma vez que os já tiverem alcançado, tornando o rio mais hábil para auto regenerar-se.

Os principais padrões espaciais a serem restaurados serão os fluxos laterais do escoamento, onde o objetivo é de restaurar a função de tamponamento de nutrientes pelas várzeas (*riparian wetlands*). Neste caso, a zona urbana, a várzea, o rio e os fluxos dos escoamentos superficial e subsuperficial comporão a unidade de gestão, de modo a captarem os lixiviados das encostas e a receberem as galerias de águas pluviais e valas de sistema unitário (valas nas regiões sem rede coletora de esgotos) e, também, efluentes de ETEs.

Onde os eventos de cheia se tornaram raros ou localizados, a unidade deve objetivar restaurar a conectividade hidrológica e da vegetação associada a *wetland* através da conexão de remanescente disponível de vegetação da várzea com a área de várzea a ser restaurada. Os remanescentes de planície de inundação a montante, o rio e variação sazonal de vazão e a área a ser restaurada compõem a unidade neste caso.

O trecho a ser recuperado apresenta o potencial de redução das cargas em parques - tratamento com o reuso adaptado das históricas cavas de extração de areia, principalmente, e do canal do parque regional do Iguaçu, estratégias de melhoria ambiental sem qualquer impacto para estas estruturas. O uso destas

estruturas facilita o tratamento efetivo de fontes de poluição pontuais ou difusas e a melhoria e expansão de recursos *wetlands* existentes.

Uma componente crítica dos parques é a entrada de água fluvial no sistema de cavas a montante da BR-277, potencial para receber porções das vazões combinadas do rio Iraí e do rio Palmital, utilizando o leito antigo abandonado e, também no sistema do canal inter cavas do parque regional potencial para receber parte da vazão do rio Belém, de modo que as estruturas possam ser empregadas como estruturas de tratamento integrado e controlado.

Nas cavas, considerando os resultados obtidos nos levantamentos de campo, faz-se necessário, para maximizar a beleza da paisagem e a eficiência do sistema, uma reabilitação bem conduzida evitando que a declividade da margem continue elevada, dado que a estabilidade e inclinação da margem estão associadas a capacidade de suporte dos organismos aquáticos, tornando-as muito mais ricas biologicamente.

Sem intervenção, as águas dos afluentes, e o rio Belém é um destes, com qualidade aquém da necessária para os usos múltiplos, continuarão a comprometer a qualidade dos espaços urbanizados e do rio Iguazu. Mantendo um fluxo do rio Belém no canal inter-cavas (podendo, também se considerar o trecho final do rio Belém entre o início do canal inter-cavas e o rio Iguazu, como potencial estrutura) um sistema inovador de tratamento da água e sedimento, que utiliza plataformas flutuantes as quais provém substrato que permite o crescimento de flora e fauna, pode ser instalado e operado efetivamente, de modo a ampliar geometricamente a capacidade de bactérias, fungos, algas e plantas maiores em absorver e metabolizar os poluentes orgânicos, e sólidos suspensos e dissolvidos no rio urbano.

O canal e as cavas podem demonstrar os benefícios do uso inovador das estruturas históricas como componentes de um sistema de tratamento que não apresenta potencial para impactar negativamente essas estruturas, desde que exista manejo. A primeira função será o tratamento de águas. As funções seguintes incluem proteção da reserva de água potável, melhoria dos acessos públicos às cavas históricas e melhoria do entendimento público dos aspectos da qualidade da água através da demonstração de estratégias inovadoras de melhoria da qualidade da água.

Este sistema parque deverá ser desenhado de modo a facilitar o monitoramento do progresso na melhoria da qualidade das águas em todo o trecho de tratamento e ao nível de cada componente: água do rio, efluente das *wetlands* de tratamento da drenagem urbana, efluente das *wetlands* de tratamento de porção do rio, efluente das lagoas com plataformas vegetadas e entrada e saída do canal inter-cavas.

Além de muito funcional, no qual a água com a qualidade ampliada chega ou retorna ao sistema fluvial, o parque de tratamento das águas é potencialmente agradável aos sentidos. Este trecho do parque tem possibilidade de ser integralmente um espaço público aberto e poderá estar conectado física e tematicamente a projetos adjacentes e de jusante, e, assim, ampliando oportunidades de interação e lazer nos caminhos do rio Iguaçu.

Apesar dessa requalificação ser fundamental para que se possa pensar em preservação e inserir-se na reabilitação global de toda a várzea englobada como Área de Interesse Especial do Iguaçu, vale indicar a notável instabilidade da proposta caso se dê continuidade aos despejos das ETEs Atuba Sul e Martinópolis, que, conforme resultados, contam com área de cavas ou várzeas anexas, potenciais para tratamento complementar.

As pessoas, atualmente, percebem, diretamente e todos os dias, a poluição e não mais as fontes de água bem perto de onde residem. A requalificação das cavas permitirá visualizar uma forma mais natural, bonita e efetiva de tratamento das águas da metrópole. E, essas *wetlands*, que além de taboas poderão produzir muitas outras plantas e flores, permitirão ampliar a beleza e o perfume do ambiente, produzirão água de boa qualidade, melhorarão a qualidade do entorno imediato e ao mesmo tempo propiciarão uma fonte de renda para a população envolvida com o manejo, comercializando ou não as plantas utilizadas nos sistemas.

7 REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. O suporte geoecológico das florestas beiradeiras (ciliares). In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.): **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Edusp, 2000. p. 15-25.

ADAMUS, P.R. **A Method for Wetland Functional Assessment**. v. 2. Methodology. Report n. FHWA-IP-82-24. Washington, D.C: Federal Highway Administration, 1983.

PRODUTORES DE ÁGUA E FLORESTA: início este ano. **ÁGUAS GUANDU VOZ & VEZ**. Ano 1, n. 06, out. 2008.

INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ (AGUASPARANA). **Relatório do diagnóstico da bacia do Alto Iguaçu**. Curitiba, 2011.

_____. Sistema de Informações Hidrológicas. Curitiba, 2011.

APHA – American Public Health Association. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 20 ed. Washington: APHA-AWWA-WEF, 1998.

ALMEIDA, F. **Os desafios da sustentabilidade**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Panorama do enquadramento dos corpos d'água**. Brasília, 2005. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/pnrh_novo/documentos> Acesso em 8/6/ 2005 (b).

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Outorga de direito de uso de recursos hídricos: diretrizes e prioridades**. Brasília, 2005. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/pnrh_novo/documentos> Acesso em 8/6/2005 (a).

ANA, **Deliberações Comitês PCJ**. Disponível em: <http://www.ana.gov.br - PCJhttp://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/cobrancaearrecadacao/AgenciaPCJ_Deliberacoes.aspx>. Acesso em: 26/8/2010.

ANDREOLI, C. V. ed. Mananciais de abastecimento: planejamento e gestão. Estudo de caso do Altíssimo Iguaçu. FINEP/SANEPAR. Curitiba, 2003. 494p.

ARAUCÁRIA. Prefeitura Municipal. **Plano Municipal de recursos hídricos**. Araucária, 2008.

ARHEIMER, B.; TORSTENSSON, G.; WITTGREN, H. B. Landscape planning to reduce coastal eutrophication: agricultural practices and constructed *wetlands*. **Landscape and Urban Planning**, v. 67, p. 205-215, 2004.

ASCUNTAR RIOS, D.; TORO VÉLEZ, A. F.; PEÑA, M. R.; MADERA PARRA, C. A. Changes of flow patterns in a horizontal subsurface flow constructed *wetland* treating domestic wastewater in tropical regions. **Ecological Engineering**, n. 35, p. 274–280, 2009.

BACHAND, P.A.M.; HORNE, A.J. Denitrification in constructed free-watersurface *wetlands*: very high nitrate removal rates in a macrocosm study. **Ecological Engineering**, v. 14, p. 9-15, 2000.

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O. Sustainable Development and urban stormwater management in the context of tropical developing countries. In: XXV Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. **Anais do XXV Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, México, 1996. v. 4, p. 523-529.

BARRAUD, S.; LE GAUFFRE, P.; MIRAMOND, M. Méthode d'aide au choix multicritère de scénarios alternatifs en assainissement pluvial – Analyse a posteriori de la pertinence d'une famille de critères. In: Second international conference on decision making in urban and civil engineering. **Second international conference on decision making in urban and civil engineering**, Lyon, 2000. p. 329-340.

BERTRAND, G; BERTRAND, C. **Uma geografia transversal e de travessias**: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades. organizador PASSOS, M. M. dos. Maringá: Ed. Massoni, 2007. 332p.

BIGARELLA. J. J.; MOUSINHO, M. R. Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvio e várzeas. In: Boletim paranaense de geografia. n. 16 e 17. Imprensa da Universidade do Paraná, 1965.

BOHN, B. A.; KERSHNER, J. L. Establishing aquatic restoration priorities using a watershed approach. **Journal of Environmental Management**, n. 64, p. 355-363, 2002.

BOOS, A.T.; PANCERI, B.; PIROLA, L. **Sistema de tratamento biológico da água com zona de raízes**. Florianópolis: Epagri, 2000. 18p. (Boletim Didático, 36)

BORGES, C. R. S. Palestra proferida no IAP, Curitiba:6/5/2008

BOSCARDIM, C. R. **A gestão das bacias hidrográficas urbanas**: a experiência de Curitiba. Dissertação (Mestrado em gestão urbana). Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba, 2008. 1 CD-ROM.

BRINSON, M. M.. **A hydrogeomorphic classification for wetlands**. Vicksburg, MS: US Army Engineer Waterways Experiment Station, 1993. Technical Report WRP-DE-4.

BRIX, H.; ARIAS, C. A. The use of vertical flow constructed *wetlands* for on-site treatment of domestic wastewater: New Danish guidelines. **Ecological Engineering**, 25 (5), p. 491- 500, 2005.

BUSTOS ROMERO, M. A. **A arquitetura bioclimática do espaço público**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2007. 226p.

CALHEIROS, C. S. C.; RANGEL, A. O. S. S.; CASTRO, P. K. L. Constructed *wetland* systems vegetated with different plants applied to the treatment of tannery wastewater. **Water Research**, n. 41, p. 1790–1798, 2007.

CARRANO, E. **Monitoramento da avifauna na região do Arroio Saldanha**. Trabalho apresentado no 1º Simpósio sobre Derramamento de Petróleo e Derivados em Ecossistemas de Água Doce, Curitiba, 2006.

CARVALHO, F. **Produtor de água**. Palestra proferida na reunião ordinária do COALIAR. Curitiba, 9/10/2008.

CASTRO, E. A. de. **O leprosário São Roque e a modernidade**: uma abordagem da hanseníase na perspectiva da relação espaço-tempo. Dissertação (Mestrado em Geografia), Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Curitiba: 2005.

CHACEL, F. Paisagens de mestre. **Arquitetura & Construção**, set. 2009.

CHARMAN, K. “**A Sewer Becomes a Water Park.**” **Yes! Magazine**. Winter 2004: Whose Water? Disponível em: <<http://www.yesmagazine.org>> Acesso em: 16/12/2008.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia fluvial. O canal fluvial. 1 ed. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1981. v.1, 313p.

COHABCT – COMPANHIA DE HABITAÇÃO POPULAR DE CURITIBA. Vila Audi-União. Obras de controle de enchentes. Memorial descritivo. Curitiba, 2006.

COHAPAR – COMPANHIA DE HABITAÇÃO DO PARANÁ. **Uma nova estrutura social para a grande Curitiba**: ações estruturantes de justiça social, habitabilidade e urbanismo para a salvação dos mananciais de água da região metropolitana de Curitiba no Paraná. Curitiba, 2007.

_____. **Cohapar revela**: obras do PAC na RMC estão dentro do prazo. Disponível em: <http://www.cohapar.pr.gov.br>. Acesso em: 12/02/2009.

COMEC – COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA. **Parque e controle de cheias do Alto Iguaçu** – PRA-01. Etapa 4 – Obras componentes do sistema de controle de cheias. Curitiba, 1996. v.4, 145 p.

_____. **Parque e controle de cheias do Alto Iguaçu** – PRA-01. Obras de proteção contra enchentes para a Cidade Jardim. Projeto Básico. 1997. v. 1. 45p.

_____. Plano de desenvolvimento social urbano e ambiental: Guarituba. Curitiba, 2006.

_____. Área de interesse especial regional do Iguaçu. Curitiba, 2008.

COPEL – COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. Relatório técnico para a adoção de medidas emergenciais para recuperação de barragem no rio Itaqui na divisa dos municípios de São José dos Pinhais e Piraquara PR. 13/02/2007

CORTES, R. M. V.; OLIVEIRA, D. G.; LOURENÇO, J. M.; FERNANDES, L. F. S. **Bioengineering techniques in the rehabilitation of lotic and lentic systems**: Two case studies in Portugal. Trabalho apresentado em 5th International Symposium of Ecohydraulics, Madrid, 2004.

COWARDIN, L. M.; CANTER, V.; GOLET, F.C.; LAROE, E.T.. **Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States**. Washington, DC: U.S. Fish and Wildlife Service, 1979. FWS/OBS-79/31

CRJC - Connecticut River Joint Commissions. **River Banks and Buffers**. Introduction to Riparian Buffers. Disponível em: <http://www.crjc.org/riparianbuffers>. Acesso: 16/06/2011.

INTECOL International *Wetlands* Conference, 8., 2008, Cuiabá. CUIABA DECLARATION ON WETLANDS, Cuiabá, 2008.

CURITIBA, Prefeitura Municipal. Plano municipal para a gestão dos recursos hídricos. Curitiba, 2008.

_____. Projeto de implantação de *wetlands* para complementação do tratamento de efluentes do aterro sanitário de Curitiba. Curitiba, 2009.

CURSIO, G. R.. **Relações entre geologia, geomorfologia, pedologia e fitossociologia nas planícies fluviais do rio Iguaçu, Paraná, Brasil**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. CURITIBA: 2006.

CURSIO, G. R.; BONNET, A.; BARDDAL, M. L.; GALVÃO, F.; BOTOSSO, P. C. **A floresta em ambientes fluviais**. Guia dirigido do curso A Floresta em ambientes fluviais. Embrapa Florestas e Universidade Federal do Paraná: Curitiba, 2007.

CWP – CENTER FOR WATERSHED PROTECTION. Technical report. **Stormwater BMPs in Virginia's James river basin**: an assessment of field conditions & programs. Jun 2009. Disponível em: <http://www.cwp.org>. Acesso em 21/7/2009.

DOWNS, P. W.; SKINNER, K. S.; KONDOLFF, G.M. Rivers and streams. In: PERROW, M.R.; DAVY, A.J. (Ed.). **Handbook of Ecological Restoration**. Cambridge: Cambridge University Press, 2002. v. 2, p. 267-296

DSG – Departamento de serviços geográficos, Exército Brasileiro

DUARTE, O.; GUINSKI, L. A. **Imagens da evolução de Curitiba**. Curitiba: Duarte, 2002. 288p.

DUBOC, L. F. Diagnóstico e monitoramento ictiofaunístico pós-derramamento de óleo nos rios Barigui e Iguaçu. Trabalho apresentado no 1º Simpósio sobre

Derramamento de Petróleo e Derivados em Ecossistemas de Água Doce, Curitiba, 2006.

DURIGAN, C.; RODRIGUES, R. R.; SCHIAVINI, I. A heterogeneidade ambiental definindo a metodologia de amostragem da mata ciliar. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. EDUSP/FAPESP, 2000. p. 159-168.

ENVIRONMENTAL LABORATORY. Corps of Engineers. **Wetlands Delineation Manual**. Technical Report Y-87-1. Vicksburg, MS: U.S. Army Engineers Waterways Experiment Station, 1987.

FATMA - Fundação de Meio Ambiente de Santa Catarina. **Atlas ambiental da região de Joinville**: complexo hídrico da baía de Babitonga. Florianópolis: 2002.

FILIPPIN, R. F. E-mail enviado a secretaria executiva do CERH. 19/5/2008. 09:23.

FISHER, S.; GRIMM, N. B.; MARTI, E.; HOLMES, R. M.; JONES Jr., J. B. Material spiraling in stream corridors: a telescoping ecosystem model. **Ecosystems**, v.1, p.19-34, 1998.

FRANÇA. **França aposta em bambu para ajudar a despoluir água**. 03/12/2004 - Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br>>. Acesso em: 03/12/2004.

FREIRE, F. M.; NOVAIS, R. F. **Solos de várzeas**: características e problemas relativos à fertilidade. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 6, n. 65, p. 24-34, maio 1980.

FURLAN, N. **Várzeas do Rio Iguaçu sob ameaça da ação do homem**. Paraná on line, 22/7/2007. Disponível em: <www.parana-online.com.br>. Acesso em: 23/7/2007.

GAZETA DO POVO. Expedição ao rio Iguaçu. Um rio morto ao cruzar Curitiba. Curitiba, p. 12, 24/11/2008a.

_____. De barco no Iguaçu. Curitiba, p.12, 25/11/2008b.

_____. Três momentos nas margens do Iguaçu. Curitiba, p. 14, 26/11/2008c.

GIOVANNINI, E. **Características de solo e vegetação, e proposta de método para o delineamento de terras úmidas do Rio Grande do Sul**. 226p. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

GREGORY, S.V.; ASHKENAS, L. **Riparian Management Guide**. USDA Forest Service Pacific Northwest Region, 1990. 120p.

GREGORY, S. V.; SWANSON, F. J.; MCKEE, W. A.; CUMMINS, K. W. An ecosystem perspective of riparian zones. Focus on links between land and water. **BioScience**, v. 41, p. 540-551, 1991.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

GUNDERSON, L. H. Ecological resilience in theory and application. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 31, p. 425-439, 2000.

HABITZREUTER-JUNIOR, J. A. **Entrevista** concedida em 16/12/2008.

HENRY, C. P.; AMOROS, C. Restoration ecology of riverine *wetlands*. **Environment Management**, 19, p. 891-902, 1985.

HERNÁNDEZ, L.; SÁNCHEZ-NAVARO, P. Integration of constructed *wetland* systems technology in the Mexican Caribbean: a review of the Akumal experience. In BILLORE, S.; DASS, P.; VYMAZAL, J. (Ed), **Proceedings of 11th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control**, v. 1. Institute of Environment Management and Plant Sciences, Vikram University, Ujjain, 2008. p 912-917.

HEWLETT, J.D. **Principles of Forest Hydrology**. Athens: The Univ. of Georgia Press, 1982. 183p.

_____. **Watershed management**. Asheville: USDA Forest Service Southeastern Forest Experiment Station, 1961. p.61-66.

HUPP, C. R.; OSTERKAMP, W. R. Riparian vegetation and fluvial geomorphic processes. **Geomorphology**, Amsterdam, v. 14, p. 277-295, 1996.

IAP - INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Monitoramento da qualidade das águas dos rios da Região Metropolitana de Curitiba, no período de 1992 a 2005**. Curitiba: IAP, 2005. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br>. Acesso em: 12/4/2010.

_____. Monitoramento da qualidade das águas dos rios da Bacia do Alto Iguaçu, na região metropolitana de Curitiba, no período de 2005 a 2009. Curitiba: IAP, 2009. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br>. Acesso em: 12/4/2010.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Guia de chefe**. dezembro de 2000. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br>. Acesso em: 20/12/2010.

INSA, J. S. Los espacios naturales. In: BOLOS, M. Del. **Manual de ciência del paisaje**. teoria, métodos y aplicaciones. Barcelona: Masson, 1992. p. 233-248.

IPCC - IRISH PEATLAND CONSERVATION COUNCIL. Disponível em: <http://www.peatlandsni.gov.uk>. Acesso em: 25 de julho de 2007.

IPCC - IRISH PEATLAND CONSERVATION COUNCIL. Disponível em: <http://www.ipcc.ie>. Acesso em: 26 de julho de 2007.

IVANCKO, C. M. A. M.; PEREZ FILHO, A.; NOGUEIRA, F. de P.; DONZELLI, P. L.; CHIARINI, J. V. **Distribuição espacial de várzeas do Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1985. 16 p. (Boletim Científico, 2)

JING, S. R.; LIN, Y. F. Seasonal effect on ammonia nitrogen removal by constructed *wetlands* treating polluted river water in southern Taiwan. **Environmental Pollution**, v. 127, p. 291-301, 2004.

JUNK, W. J. Tropical/subtropical *wetland* biodiversity: status of knowledge , threats and sustainable management. Environmental monitoring of tropical and subtropical *wetlands*. In CONFERENCE IN MANU, Botswana, v.1, 2003.

KARATHANASIS, A. D.; POTTER, C. L.; COYNE, M. S. W. Vegetation effect on fecal bacteria, BOD, and suspended solid removal in constructed *wetlands* treating domestic wastewater. **Ecological Engineering**, v. 20, p. 157–169, 2003.

KATSENOVICH, Y. P.; HUMMEL-BATISTA, A.; RAVINET, A. J.; MILLER, J. F. Performance evaluation of constructed *wetlands* in a tropical region. **Ecological Engineering**, v. 35, p. 1529–1537, 2009.

KOBIYAMA, M.; MOTA, A. A.; CORSEUIL, C. W. **Recursos hídricos e saneamento**. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2008. 160p.

KONNERUP, D.; BRIX, H. **Use of ornamental plants to enhance the public perception of constructed *wetlands* systems**. Trabalho apresentado em 8th INTECOL International *Wetlands* Conference, Cuiabá, 2008.

LAMSTER, E.C. **Programa nacional de aproveitamento racional de várzeas - Provárzeas Nacional**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.6, n.65, p.3-8, 1980.

LANGE, F. L. P. **Iguaçu: um caminho pelo rio**. Curitiba: F.L.P. Lange, 2005.

LANGE, R. L. **Monitoramento de cágados pescoço-de-cobra, expostos ao petróleo no rio Iguaçu**. Trabalho apresentado no 1º Simpósio sobre Derramamento de Petróleo e Derivados em Ecossistemas de Água Doce, Curitiba, 2006.

LAUGESSEN, C.H.; FRYD, O.; KOOTTATEP, T.; BRIX, H. **Sustainable wastewater management in developing countries: new paradigms and case studies from the field**. Reston: American Society of Chemical Engineers Press, 2010

LEE, R G.; FLAMM, R.; TURNER, M G.; BLEDSOE, C.; CHANDLER, P; DEFERRARI, C.; GÖTTFRIED, R.; NAIMAN, R. J.; SCHUMAKER, N. Integrating sustainable development and environmental vitality: a landscape ecology approach. In: **Watershed management: balancing sustainability and environmental change**. Springer-Verlag, 1992. p. 499-521.

LEMLY, A. D. Risk assessment and environmental management tool considerations for freshwater *wetlands*. **Environmental Management**, New York, v. 21, n. 3, p. 343-358, 1999.

LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M. G.; MILLER, J. P. **Fluvial process in geomorphology**. 1 ed. San Francisco e London: Freeman, 1964. 522p.

LIM, P. E.; WONG, T. F.; LIM, T. F. Oxygen demand, nitrogen and copper removal by free water-surface and subsurface-flow constructed *wetlands* under tropical conditions. **Environment International**, v. 26, p. 425-431, 2001.

LIMA, C. de A.. A ocupação urbana em área de mananciais na RMC- Região Metropolitana de Curitiba, uma análise da evolução do parcelamento do solo nos municípios de Pinhais, Piraquara e São José dos Pinhais. In : MENDONÇA. F. (org.) **Cidade, desenvolvimento e meio ambiente: a abordagem interdisciplinar de problemáticas socioambientais urbanas de Curitiba e Região Metropolitana**. Curitiba: Editora UFPR, 2004. 276p.

LIMA, W. de P. Relações Hidrológicas em Matas Ciliares. In: HENRY R. (Org.). **Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos**. 1 ed. São Carlos: Rima, 2003, v. 1, p. 293-300.

_____. Recuperação de áreas degradadas no estado de São Paulo. In: ENCONTRO ÁGUA & FLORESTA: o estado da arte da educação ambiental. Bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, 2., 2006. **Anais do Encontro Água & floresta**. p. 28-. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br>

LONG, K. S.; NESTLER, J. M. Hydroperiod changes as clue to impacts on cache river riparian *wetlands*. **Wetlands**, v. 16, n. 3, p. 379-396, 1996.

LYNCH, K. A Imagem da Cidade, 1960.

MARCONDES, A. W. **Os exemplos verdes da metrópole paulistana**. Disponível em: <http://www.agsolve.com.br>. Acesso em: 02/10/2008.

MARX, B. Sociedade anônima. **Arquitetura & Construção**, fev. 2010

MELICK, D. R.; ASHTON, D. H. The effects of natural disturbances on warmtemperate rainforests in south-eastern Australia. **Australian J. Botany**, v. 39, p. 1-30, 1991.

MINEROPAR - MINERAIS DO PARANÁ S.A 2004. **Plano Diretor de Mineração RMC**. 2004. 1 CD-ROM.

MINEROPAR – MINERAIS DO PARANÁ S.A.; COMEC – COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA. **Mapeamento Geológico-Geotécnico da Região do Alto Iguaçu** – Convênio Mineropar/Comec 04/1993. 1994.

MITCHELL, D. S.; PIETERSE, A. H.; MURPHY, K. J. Aquatic plant problems and management in Africa. In: PIETERSE, A. H.; MURPHY, K. J. **Aquatic Weeds**. New York: Oxford Science Publications, 1990. p. 341-354.

MITSCH, W.J.; GOSSELINK, J. G. **Wetlands**. 3.ed. John Wiley and Sons, 2000, 936 p. Disponível em: <http://www.google.com.br/books>. Acesso em: 25/07/2007.

MMA - Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**. Panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil: v 1. Brasília: MMA, 2006a.

_____. **Caderno Regional**. Região Hidrográfica do Paraná. Brasília, 2006b.

_____. **Mapa de áreas prioritárias**. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br>. Acesso em: 17/07/ 2007.

MOLLE, P.; LIENARD, A.; BOUTIN, C.; MERLIN, G.; IWEMA, A. How to treat raw sewage with constructed *wetlands*: an overview of the French systems. **Water, Science, and Technology**, 51(9), p. 11-21, 2005.

MOTTA MARQUES, D. M. L.; IRGANG, B. E.; GIOVANNINI, S. G. T. **A importância do hidroperíodo no gerenciamento de água em terras úmidas (*wetlands*) com uso múltiplo**. o caso da Estação Ecológica do Taim. In: XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, ABRH, v. 3. Vitória, 1997. p. 1-8.

MÜLLER, F.; LENZ, R. Ecological indicators: theoretical fundamentals of consistent applications in environmental management. **Ecological Indicators**. v. 6, p. 1-5. 2006.

NAIMAN, R. J.; DÉCAMPS, H. The ecology of interfaces: riparian zones. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 28, p. 621-658, 1997.

NEIFF, J. J. **Pulse**; a way to analyse recurrent phenomena in rivers and large *wetlands*. Trabalho apresentado em 8th INTECOL International *Wetlands* Conference, Cuiabá, 2008.

NEIFF, J. J. El regimen de pulsos en rios y grandes humedales de Sudamérica. In: **Temas sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica**. UNESCO, ORCYT (Uruguay). 1999. Disponível em: <http://unesco.org>. Acesso em: 04/6/2008.

NOVILLO, M. G. **The ecohydrology regional programme for Latin America and the Caribbean**. Trabalho apresentado em 8th INTECOL International *Wetlands* Conference, Cuiabá, 2008.

O'LAUGHLIN, J.; BELT, G.H. Functional approaches to riparian buffer strip design. **Journal of Forestry**, 93(2), p. 29-32, 1995.

OAI - Ocean Arks International. Disponível em: <<http://www.oceanarks.org>>. Acesso em: 04 jun. 2008.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1988.

OTA, J. J. Noções gerais sobre o uso de barragens infláveis. RBE. **Caderno de Recursos Hídricos**, v. 9, n. 1, p. 85-99, 1991.

PARANÁ. Decreto n. 5911 de 13 de outubro de 1989. Dispõe sobre aprovação do Plano Diretor de Manejo Florestal o documento que integra o presente decreto. DOE n. 3136, 06 nov. 1989.

PAULO, P.; BEGOSSO, L.; PANSONATO, N.; BONEZ, M. A.; SHRESTHA, R. R.. Design and configuration criteria for *wetland* systems treating greywater. In BILLORE, S; DASS, P.; VYMAZAL, J. (Ed), **Proceedings of 11th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control**, Vol. 1. Institute of Environment Management and Plant Sciences, Vikram University, Ujjain, 2008. P.491–498.

PEGORINI, F.; MARANHO, L. T.; MEGER, D. G.. **Diagnóstico das macrófitas aquáticas em cavas de extração de areia próximas à região de exutório do Rio Barigüi, Paraná, Brasil**. Trabalho apresentado no X Encontro nacional de comitês de bacias hidrográficas, Rio de Janeiro, 2008.

PELOGGIA, A. A transformação das várzeas urbanas. In: PELOGGIA, A. **O homem e o ambiente geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no município de São Paulo**. São Paulo: Xamã, 1998. p. 83-100.

PHILIPPI, L. S.; SEZERINO, P. H. **Aplicação de Sistemas Tipo Wetlands no Tratamento de Águas Residuárias: utilização de filtros plantados com macrófitas**. 1. ed. Florianópolis: Edição do Autor, 2004. v. 500. 144 p.

PIA, M. del T. B. La planificación del paisaje urbano. In: BOLOS, M. Del. **Manual de ciência del paisaje**. Teoría, métodos y aplicaciones. Barcelona: Masson, 1992. p. 263-273.

PINHAIS. Prefeitura Municipal. **Plano Municipal de recursos hídricos**. Pinhais, 2008.

PIRAQUARA. Prefeitura Municipal. **Plano Municipal de recursos hídricos**. Piraquara, 2008.

PLATZER, M.; CÁCERESY, V.; FONG, N.; HABERL, R.. Investigations and experiences with subsurface flow constructed *wetlands* in Nicaragua, Central America. In: 8th International Conference on *Wetland* Systems for Water Pollution Control. **Proceedings of 8th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control**. University of Dar es Salaam and IWA, Arusha, Tanzania, 2002. p. 350–365.

POTT, V. J.; POTT, A. **Plantas aquáticas do Pantanal**. Embrapa. Centro de pesquisa agropecuária do Pantana (Corumbá, MS). Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 440p.

PRETTY, J. L.; HARRISON, S. S. C.; SHEPHERD, D. J.; SMITH, C.; HILDREW, H. G.; HEY, R. D. River rehabilitation and fish populations: assessing the benefits of instream structures. **Journal of Applied Ecology**, 40, p. 251-265, 2003.

RAMSAR. Disponível em: <http://www.ramsar.org/index_list.htm>. Acesso em: 04 de junho de 2007)

RODRIGUES, R. R.; NAVE, A. G. Heterogeneidade florística das matas ciliares. In: **Matas ciliares: conservação e recuperação**. EDUSP/FAPESP, 2000; p. 45-72.

SAHAGIAN, G.; MELACK, J. Global *wetlands* distribution and functional characterization: trace gases and the hydrologic cycle. Report from the Joint GAIM, BAHG, IGBPDIS, LUCC Workshop. Santa Barbara, 1998.

SAMEK, J. L. **Projeto ICMS Ecológico**. Orientação aos novos prefeitos, 2008.

SANEPAR – Companhia de saneamento do Paraná. **Projeto capivara**: melhoria da qualidade da água dos rios Palmital/Iguaçu através do uso de plantas em terras úmidas e/ou fitorremediação. Curitiba, 2006.

SANTOS, I. dos. **Modelagem geobiohidrológica como ferramenta no planejamento ambiental**: estudo da bacia hidrográfica do rio Pequeno, São José dos Pinhais – Pr. 93p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, 2001.

SCHUYT, K.; BRANDER, L. **Living Waters**. Conserving the source of life. The Economic Values of the World's *Wetlands*. WWF-International, Gland, Switzerland/ Institute for Environmental Studies Vrije Universiteit Amsterdam, The Netherlands. Gland/Amsterdam, January 2004. 32p.

SCT - Science Coordination Team. **The role of flow in the Everglades Ridge and Slough Landscape**. South Florida Ecosystem Restoration Working Group. 62p., Jan. 2003.

SEMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Limites municipais**, 2004

_____. **Atlas da Floresta atlântica no Paraná**. Programa proteção da floresta atlântica – pro-atlântica. Curitiba, 2005.

_____. Dos 1,3 mil quilômetros do rio Iguaçu, apenas 70 apresentam em suas águas sinais de poluição. Disponível em: <<http://www.sema.pr.gov.br>>. Acesso em: 11/06/2008.

SGA, 2011 <http://www.sgaonline.org.au>.

SKLAR, F.; McVOY, C.; ZEE, R. V.; GAWLIK, D.; SWIFT, D.; PARK, W.; FITZ, C.; WU, Y.; RUDNICK, D.; FONTAINE, T.; MIAO, S.; FERRITER, A.; KRUPA, S.; ARMENTANO, T.; TARBOTON, K.; RUTCHEY, K.; DONG, Q.; NEWMAN, S. Hydrologic needs: the effects of altered hydrology on the Everglades. In: **Everglades interim report**, 1998. p. 2-1 a 2- 70.

SOUZA, C.; TASSI, R.; COLLISCHONN W.; MOTTA-MARQUES, D.; AGOSTINHO, A. *et al.* **Ecohydrology towards the sustainable development**. A discussion on

water management. Trabalho apresentado em 8th INTECOL International *Wetlands* Conference, Cuiabá, 2008.

SOUZA, F. A. de; MARANHO, L. T. **Fitorremediação de águas residuárias por *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc., Haloragaceae**. Trabalho apresentado no: X Encontro Nacional de Comitês de Bacias Hidrográficas, Rio de Janeiro, 2008.

_____. Redução de carga orgânica e nutrientes de água poluída por meio de macrófita aquática submersa. In: III Congresso Latinoamericano de Ecologia, 2009, São Lourenço. **Anais do III Congresso Latinoamericano de Ecologia**, 2009.

SOUZA, L. C. de P. **Estudo das relações entre solos e as unidades fisiográficas da várzea do rio Iguaçu (primeiro planalto)**. 164p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1990.

STEER, D.; FRASER, L.; BODDY, J.; SEIBERT, B. Efficiency of small constructed *wetlands* for subsurface treatment of single-family domestic effluent. **Ecological Engineering** 18, p. 429-440, 2002.

SUDERHSA - SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL. **Sistema de Informações Geográficas**, 2001.

_____. **Plano diretor de drenagem para a bacia do rio Iguaçu na região metropolitana de Curitiba**. Relatório final. Volume 4. Capacidade do sistema atual e medidas de controle de cheias. Tomo 4.30. Estudo dos efeitos das medidas de controle propostas sobre o rio Iguaçu. 2002.

_____. Projeto executivo de recuperação ambiental da várzea do rio Barigui, 2004.

_____. Plano da bacia do Alto Iguaçu e afluentes do Alto Ribeira. Relatório de diagnóstico, novembro 2007.

_____. Plano das bacias do Alto Iguaçu e afluentes do Alto Ribeira. Relatório de cenários, dezembro de 2008.

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. J. **Ambiente fluvial**. Curitiba: Editora Universidade Federal do Paraná e Associação de Defesa e Educação Ambiental, 1979. 183 p.

TANGHE, J.; VLAEMMINCK, S.; BERGHOEF, J. **Living Cities**. A case for urbanism and guidelines for re-urbanization. Oxford: Pergamon Press, 1984. 373 p.

TASSI, R. **Determinação do hidroperíodo em terras úmidas a partir de indicadores biológicos e uso no gerenciamento dos recursos hídricos**. 244p. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

TCHOBANOGLIOUS, G.; BURTON, F.L. Natural treatment systems. In: METCALF; EDDY (Ed). **Wastewater engineering**. Treatment disposal reuse. 3 ed. Singapore: McGraw Hill, 1991. p. 927-1002.

THORNBURY, W. **Principles of geomorphology**. 2 ed. New York: John Wiley, 1966. 594p.

TOCCHETTO, G. S.; SALVATO, M.; PASSONI M. **In-stream floating vegetated systems to reduce effluent loads**: performance and system evolution. Poster apresentado em 8th INTECOL *Wetland* Conference, Cuiabá, 2008.

TOCKNER, K; STANFORD, J.A. Riverine flood plains: present state and future trends. *Environmental Conservation*, Cambridge, v. 29, n.3, 2002.

TREVISAN, E. O meio físico e a ocupação urbana de Curitiba, Paraná: estudos de caso. In: MENDONÇA, F. (org.). **Cidade, ambiente & desenvolvimento**: abordagem interdisciplinar de problemáticas socioambientais urbanas de Curitiba e RMC. Curitiba: Editora UFPR, 2004.

TUNDISI, J.G; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 631p.

TUNDISI, J. G. **Ecohydrology applied to urban wetlands management**. Trabalho apresentado em 8th INTECOL *Wetland* Conference, Cuiabá, 2008.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANA (UFPR); UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Projeto enquadramento. Bacias críticas: bases técnicas para a definição de metas progressivas para seu enquadramento e a integração com os demais instrumentos de gestão. 2007. 1 CD-ROM.

UFRGS, 2011. Disponível em: <http://www6.ufrgs.br>. Acesso em: 18/05/2011

UFSM, 2011. Disponível em: <http://w3.ufsm.br>. Acesso em: 18/05/2011

U S ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA), 1988. **Design manual**: constructed *wetlands* and aquatic plant systems for municipal wastewater treatment.

_____, 1990. **Wetlands**. Disponível em: <<http://www.epa.gov/owow/wetlands/guidance/wlnps.htm>>. Acesso em: 12/3/2008.

_____, 1994. **Water, soil, and hydro-environmental decision support system**. Disponível em: < <http://www.water.ncsu.edu>>. Acesso em: 12/3/2008.

VAN KAICK, T. S.; PRESZNHUK, R. A. de O.; MACEDO, C. X. de. **Fazendo florescer a escola cidadã**: estações de tratamento de esgoto por zona de raízes. Trabalho apresentado no Fórum das Águas da América do Sul, 2008.

VEIGA, F. Recuperação de áreas degradadas no estado de São Paulo. In: ENCONTRO ÁGUA & FLORESTA: o estado da arte da educação ambiental. Bacia

hidrográfica do rio Paraíba do Sul, 2, 2006. **Anais do Encontro Água & floresta**. p.17. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br>. Acesso em: ____

VERHOEVEN, J. T. A.; SOONS, M. B.; JANSSEN, R.; OMTZIGT, N. An operational landscape unit approach for identifying key landscape connections in *wetland* restoration. **Journal of Applied Ecology**, 45, p. 1496-1503, 2008

VILÀS, J. R. Planificación y gestión del paisaje rural. In: BOLOS, M. Del. **Manual de ciência del paisaje**. teoria, métodos y aplicaciones. Barcelona: Masson, 1992. p. 249-262.

VITOR, N. **A Terra do Futuro: impressões do Paraná**. 2. ed. Curitiba: Prefeitura Municipal de Curitiba, 1996. (Coleção Farol do Saber)

VYMAZAL, J.. Plants used in constructed *wetlands* with horizontal subsurface flow: a review. *wetland* restoration. **Hydrobiologia**, 674, p.133-156, 2011.

VYMAZAL, J. The use of constructed *wetlands* for wastewater treatment in the Czech Republic. In BURK, A. R. (Ed.). **Focus on Ecology Research**. New York: Nova Science Publishers Inc., 2006. p. 175-196.

WATSON, J. T.; CHOATE, K. D.; STEINER, G. R. Performance of constructed *wetland* treatment systems at Benton, Hardin, and Pembroke, Kentucky, during the early vegetation establishment phase. In: COOPER, P. F.; FINDLATER B. C. (Ed). **Constructed Wetlands in Water Pollution Control**. Oxford: Pergamon Press, 1990. p. 171-182.

WHALEN, P. J.; TOTH, L. A.; KOEBEL, J. W.; STRAYER, P. K. Kissimmee River restoration: a case study. **Water Science Technology**, 45, p. 55-62, 2002.

WORLD BANK. **Project performance assessment report**. Water quality and pollution control project. Jun 11 2007.

WRI - WORLD RESOURCES INSTITUTE. **Avaliação ecossistêmica do milênio: ecossistemas e bem-estar humano: vivendo além dos nossos meios**, 2005. Traduzido e editado no Brasil por Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (Cebds)/Ministério do Meio Ambiente, março de 2006.

YAMAMOTO, C. R. G. **Impactos na melhoria da qualidade da água considerando sistematização das várzeas**: estudo de caso na bacia do Alto Iguaçu. 173p. Monografia (Especialização em Gerenciamento Municipal de Recursos Hídricos) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

ZANELLA, M. E. **Inundações urbanas em Curitiba/Pr**: impactos, riscos e vulnerabilidade socioambiental no bairro Cajuru. Tese (Doutorado em Geografia) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006

ZURITA, F.; DE ANDA, J.; BELMONT, M. A. Treatment of domestic wastewater and production of commercial flowers in vertical and horizontal subsurface-flow constructed *wetlands*. **Ecological Engineering**, 35, p. 861-869, 2009.

8 LEGISLAÇÃO CONSULTADA

BRASIL. Decreto n. 24.643 de **10 de julho de 1934**. Decreta o Código de Águas.

_____. Decreto n. 4.340 de **22 de agosto de 2002**. Regulamenta artigos da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, e dá outras providências.

_____. Decreto n. 5.092 de 21 de maio de 2004. Define regras para identificação de áreas prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade, no âmbito das atribuições do Ministério do Meio Ambiente. DOU, Brasília, 24 maio 2004.

_____. Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. DOU, Brasília, 16 nov.1965.

_____. Lei nº 6.766 de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências.

_____. Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. DOU, Brasília, 2 set.1981.

_____. Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. DOU, Brasília, 9 jan.1997.

_____. Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.

_____. Lei n. 10.257 de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. DOU, Brasília, 11 jul. 2001.

_____. Projeto de Lei nº 792/2007. Dispõe sobre a definição de serviços ambientais e dá outras providências. Disponível em: <http://www.camara.gov.br>. Acesso em: 11 dez. 2008.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE Resolução CONAMA nº 302/02 de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno.

_____. Resolução n. 303/02 de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de áreas de Preservação Permanente.

_____. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicada em DOU em 18 mar. 2005.

_____. Resolução n. 369/06 de 29 de março de 2006. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente.

IBAMA / SEMA / IAP Resolução Conjunta nº 45, de 25 de setembro de 2007. Define critérios para avaliação das áreas úmidas e seus entornos protetivos, normatiza sua conservação e estabelece condicionantes para o licenciamento das atividades neles permissíveis no Estado do Paraná.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Portaria n.126 de 27 de maio de 2004. Reconhece como áreas prioritárias as áreas discriminadas no mapa “Áreas Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira”. DOU, Brasília, 28 maio 2004.

PARANÁ. Lei n. 12.248 de 31 de julho de 1998. Cria o Sistema Integrado de Gestão e Proteção dos Mananciais da RMC.

_____. Lei n. 12.726 de 26 de novembro de 1999. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos e cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

_____. Decreto n. 4.646 de 31 de agosto de 2001. Dispõe sobre o regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos. DO, Curitiba, 27 fev.2002.

_____. Decreto nº 4.647/01. Aprova o regulamento do fundo estadual de recursos hídricos – FRHI/PR

_____. Decreto n. 5911 de 13 de outubro de 1989. Dispõe sobre aprovação do Plano Diretor de Manejo Florestal o documento que integra o presente decreto. DOE n. 3136, 06 nov. 1989.

_____. Decreto n. 808 de 31 de maio de 1999. Declara para os fins de que trata a Lei Especial de Proteção dos Mananciais da RMC a Unidade Territorial de Pinhais. Diário Oficial n. 5507, 01 jun.1999.

_____. Decreto n. 1.454 de 26 de outubro de 1999. Declara para os fins de que trata a Lei Especial de Proteção dos Mananciais da RMC a Unidade Territorial do Itaquí. Diário Oficial n. 5608, 27 out.1999.

_____. Decreto n. 809 de 31 de maio de 1999. Declara para os fins de que trata a Lei Especial de Proteção dos Mananciais da RMC a Unidade Territorial do Guarituba. Diário Oficial n. 5507, 01 jun.1999.

_____. Decreto n. 1.611 de 03 de dezembro de 1999. Declara para os fins de que trata a Lei Especial de Proteção dos Mananciais da RMC a Unidade Territorial de Campo Magro. Diário Oficial n. 5633, 06 dez.1999.

_____. Decreto n. 1.612 de 03 de dezembro de 1999. Declara para os fins de que trata a Lei Especial de Proteção dos Mananciais da RMC a Unidade Territorial de Quatro Barras. Diário Oficial n. 5633, 06 dez.1999.

_____. Decreto nº 3742, de 12 de novembro de 2008. Declara a área de interesse especial regional do Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba e dá outras providências. Diário Oficial nº 7848 de 12 dez. 2008.

SEMA/IAP. Resolução Conjunta 021 de 18 de junho de 2007. Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental de intervenções de baixo impacto ambiental em Área de Preservação Permanente.

CURITIBA. Lei n. 9.805 de 03 de janeiro de 2000. Cria o Setor do Anel de Conservação Sanitário Ambiental e dá outras providências.

_____. Decreto n.192 de 03 de abril de 2000. Regulamenta parcialmente o Art. 5º, inciso IX, da Lei nº 9.800/00, no que diz respeito à Área de Proteção Ambiental do Iguaçu, Parque Municipal do Iguaçu e dá outras providências.

9 SITES VISITADOS

<http://toddecological.com>

<http://w3.ufsm.br>

<http://whc.unesco.org>

<http://www.afcd.gov.hk>

<http://www.ana.gov.br>

<http://www.cidadesinovadoras.org.br>

<http://www.clickmudas.com.br>

<http://www.constructedwetlands.org>

<http://www.cowi.com>

<http://www.curitiba.pr.gov.br>

<http://www.google.com.br>

<http://www.hans-brix.dk>

<http://www.heliconia.org>

<http://www.honeysomeaquaticnursery.co.uk>

<http://www.ibama.gov.br>

<http://www.oceanarks.org>

<http://www.ramsar.org>

<http://www.sgaonline.org.au>

<http://www.unbestpractice.org>

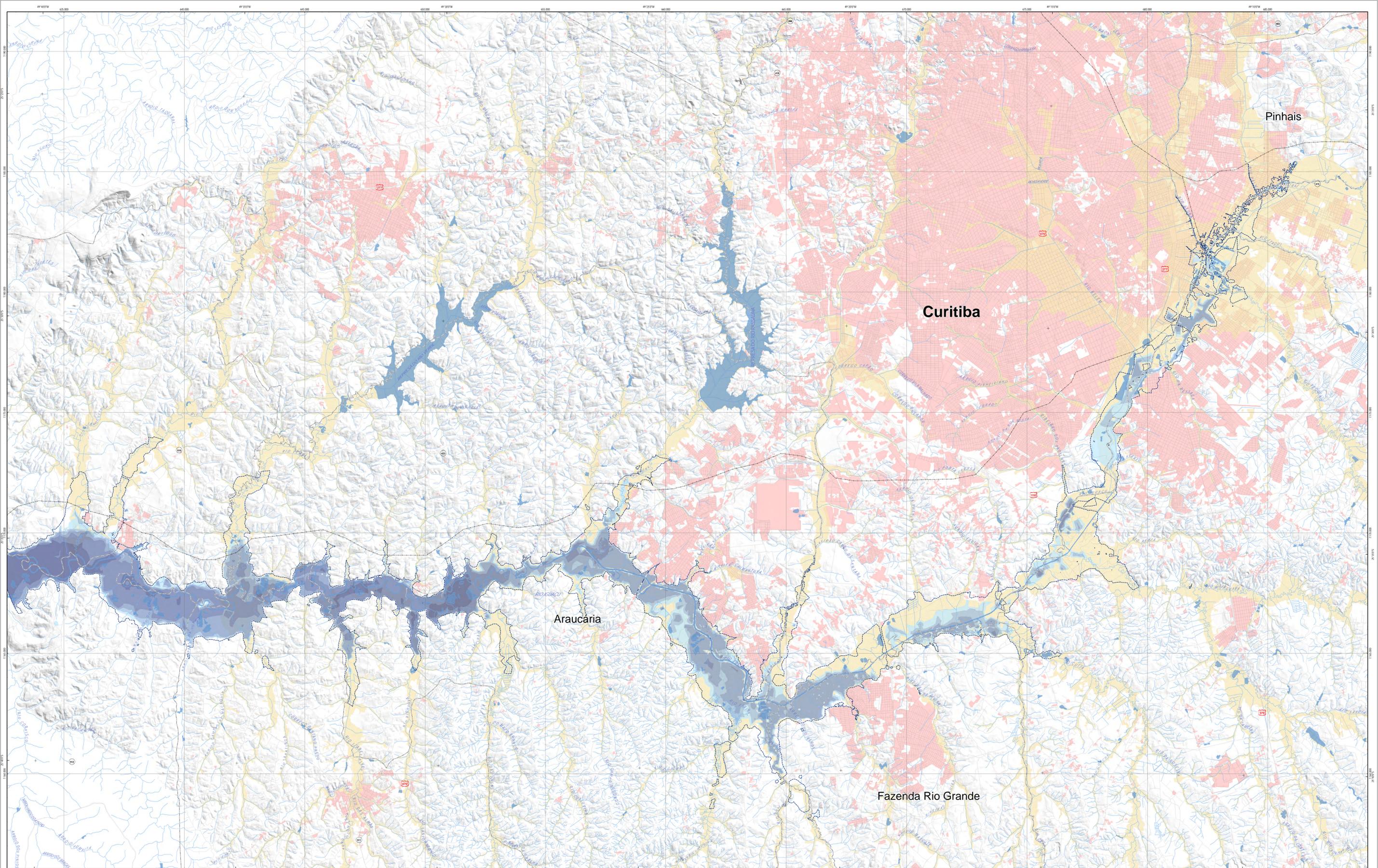
<http://www.videoglobo.com>

<http://www.wwt.org.uk>

<http://www1.folha.uol.com.br>

10 ANEXOS

- _ MAPA DAS VÁRZEAS DO ALTO IGUAÇU, em escala 1:50.000, Mancha de inundação TR-2;
- _ MAPA DAS VÁRZEAS DO ALTO IGUAÇU, em escala 1:50.000, Mancha de inundação TR-5;
- _ MAPA DAS VÁRZEAS DO ALTO IGUAÇU, em escala 1:50.000, Mancha de inundação TR-10;
- _ MAPA DAS VÁRZEAS DO ALTO IGUAÇU, em escala 1:50.000, Mancha de inundação TR-25;
- _ MAPA DAS VÁRZEAS DO ALTO IGUAÇU, em escala 1:50.000, Mancha de inundação TR-50;
- _ MAPA DAS VÁRZEAS DO ALTO IGUAÇU, em escala 1:50.000, Mancha de inundação TR-100;
- _ MAPA DAS VÁRZEAS DO ALTO IGUAÇU, em escala 1:50.000, e suas Unidades de Conservação e Territoriais de Planejamento.



CONVENÇÕES

- Hidrografia
- Limite Modelado para o TR-100
- Áreas Urbanizadas
- Áreas de Aluviões

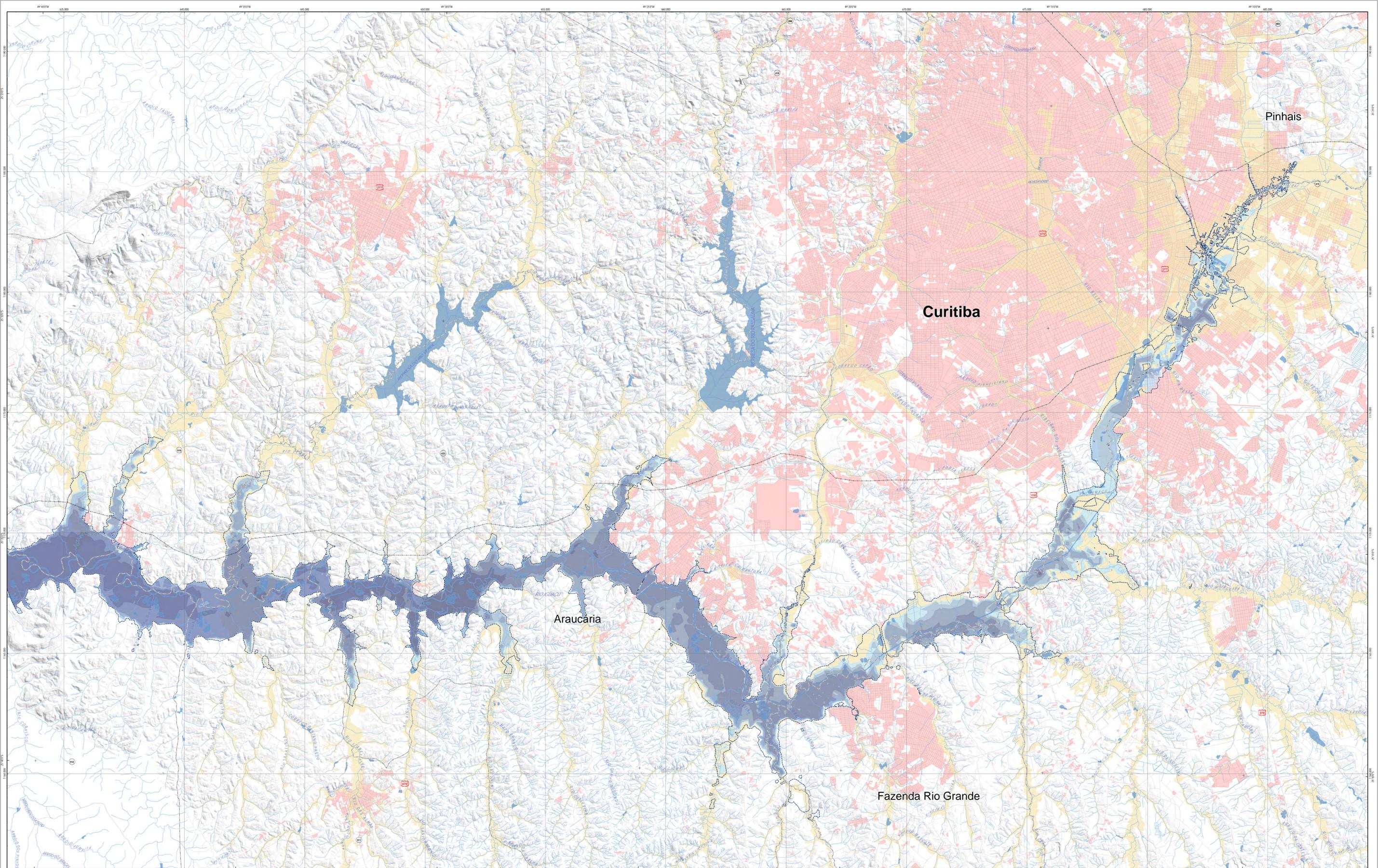
Lâmina d'Água (TR-2)

- Abaixo de 0,6m
- Entre 0,61 e 1,25m
- Entre 1,26 e 2,5m
- Entre 2,51 e 5m
- Acima 5,01m



Fonte: COMEC, 2010; PERH, 2010; SEMA, 2006; SUDERHSA, 2002.

VÂRZEAS DO ALTO IGUAÇU MANCHA DE INUNDAÇÃO TR-2



CONVENÇÕES

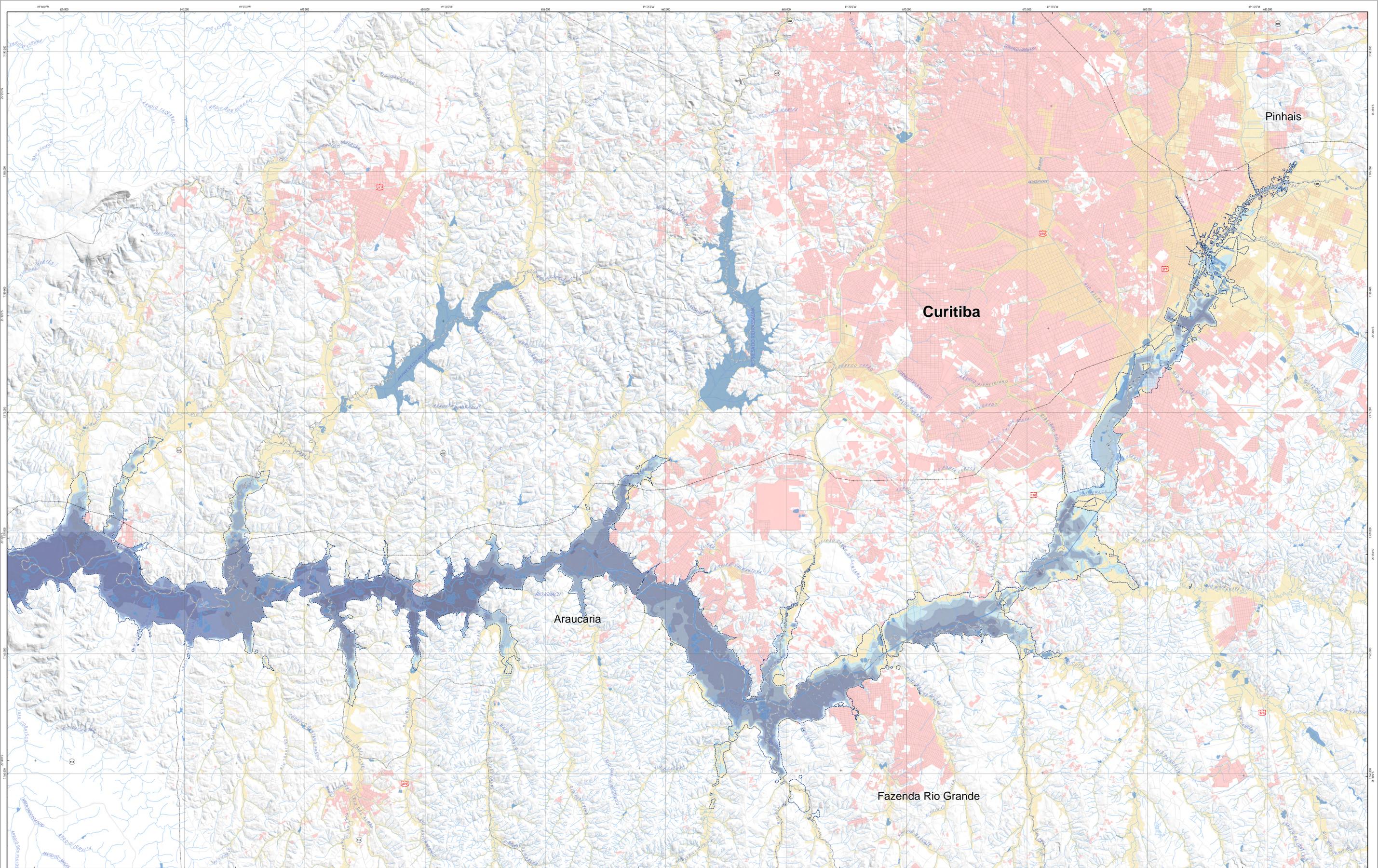
- Hidrografia
- Sistema Viário
- Ferrovias
- Limites Municipais
- Áreas Urbanizadas
- Áreas de Aluviões
- Limite Modelado para o TR-100

- Lâmina d'Água (TR-5)
- Abaixo de 0,6m
 - Entre 0,61 e 1,25m
 - Entre 1,26 e 2,5m
 - Entre 2,51 e 5m
 - Acima 5,01m



Fonte: COMEC, 2010; PERH, 2010; SEMA, 2006; SUDERHSA, 2002.

VÁRZEAS DO ALTO IGUAÇU
MANCHA DE INUNDAÇÃO TR-5



CONVENÇÕES

- Hidrografia
- Sistema Viário
- Ferrovias
- Limites Municipais
- Áreas Urbanizadas
- Áreas de Aluviões
- Limite Modelado para o TR-10

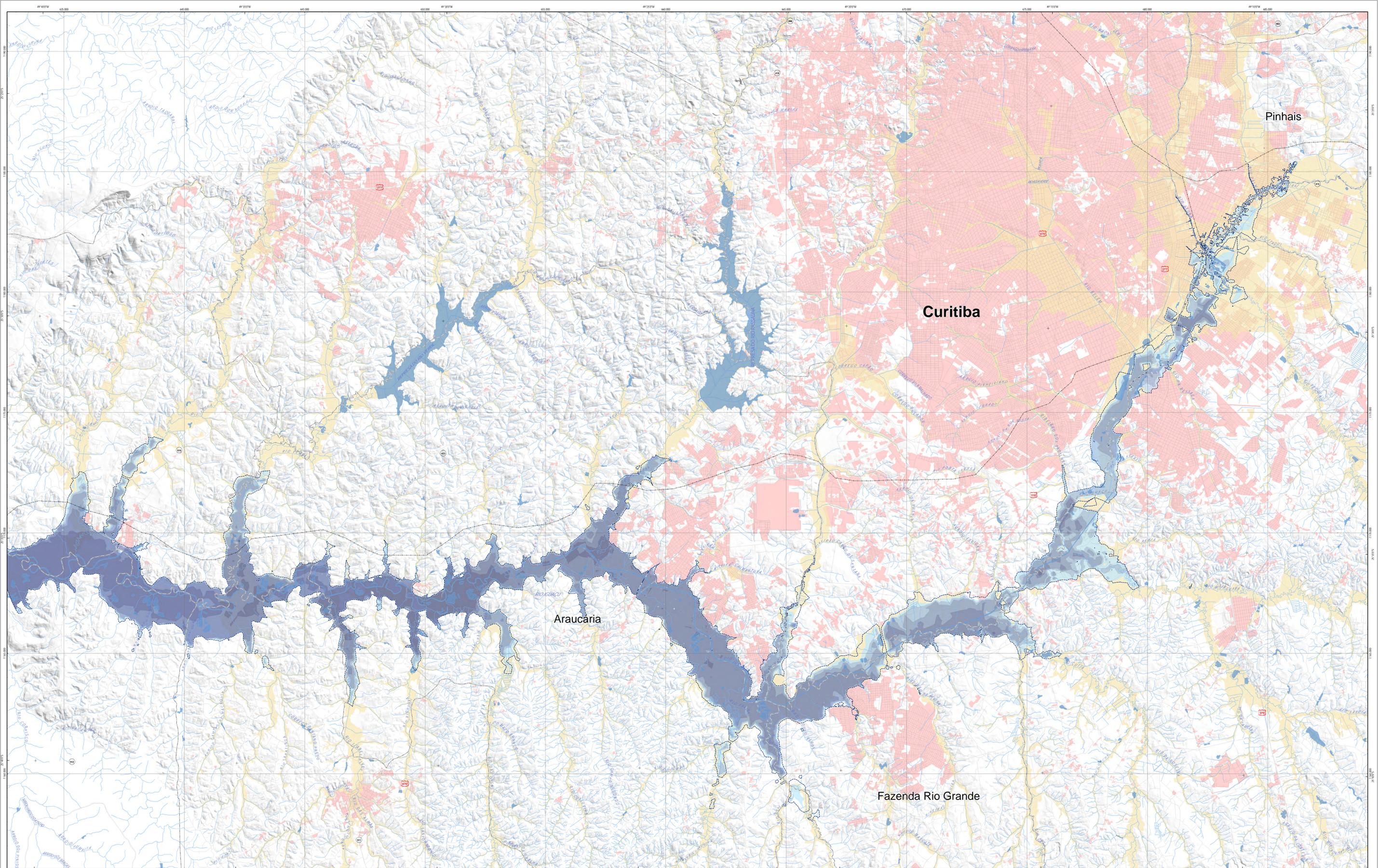
Lâmina d'Água (TR-10)

- Abaixo de 0,6m
- Entre 0,61 e 1,25m
- Entre 1,26 e 2,5m
- Entre 2,51 e 5m
- Acima 5,01m



Fonte: COMEC, 2010; PERH, 2010; SEMA, 2006; SUDERHSA, 2002.

VÁRZEAS DO ALTO IGUAÇU
MANCHA DE INUNDAÇÃO TR-10



CONVENÇÕES

- Hidrografia
- Sistema Viário
- Ferrovias
- Limites Municipais
- Áreas Urbanizadas
- Áreas de Aluviões
- Limite Modelado para o TR-100

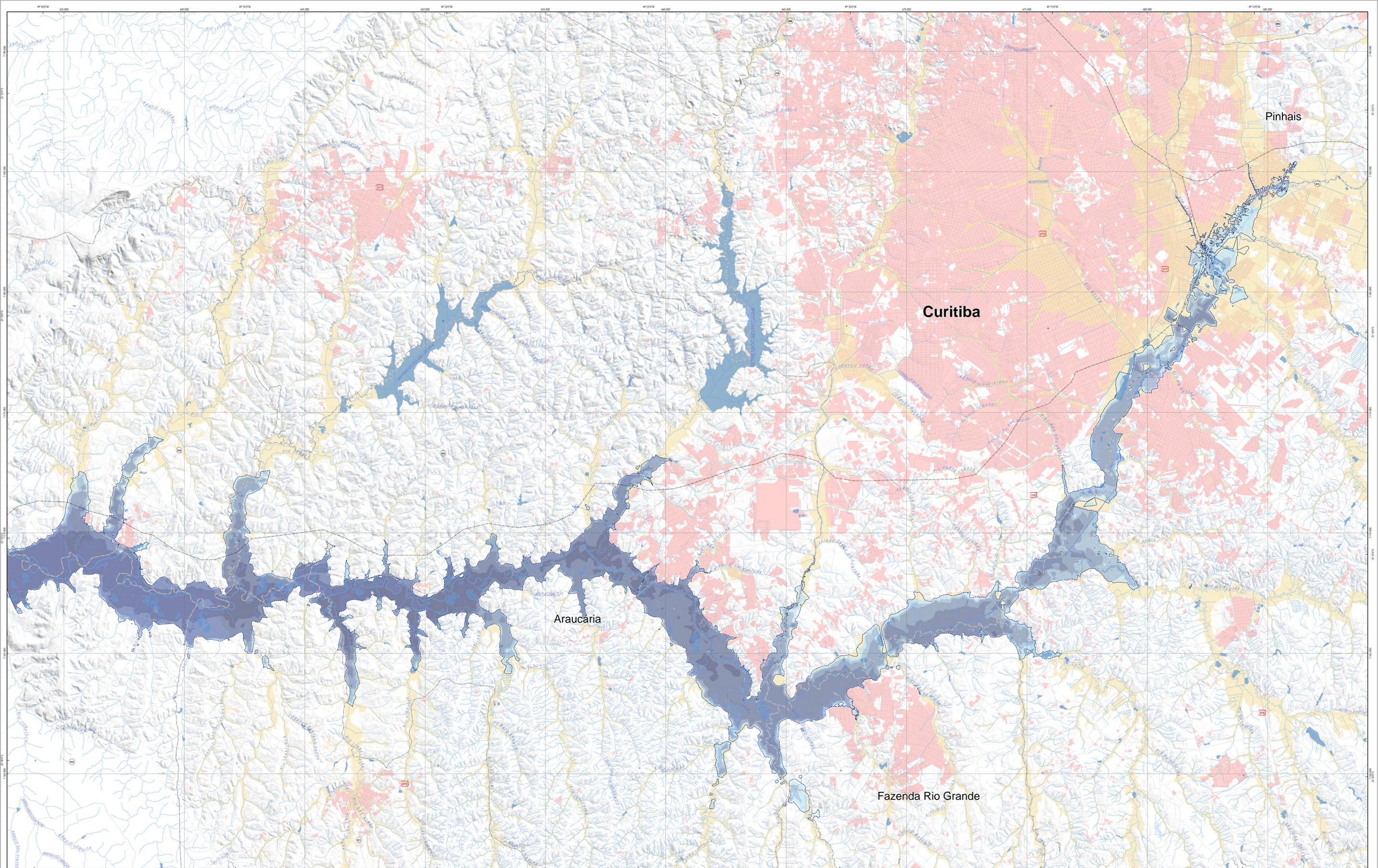
Lâmina d'Água (TR-25)

- Abaixo de 0,6m
- Entre 0,61 e 1,25m
- Entre 1,26 e 2,5m
- Entre 2,51 e 5m
- Acima 5,01m



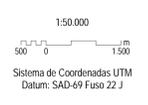
Fonte: COMEC, 2010; PERH, 2010; SEMA, 2006; SUDERHSA, 2002.

VÁRZEAS DO ALTO IGUAÇU
MANCHA DE INUNDAÇÃO TR-25



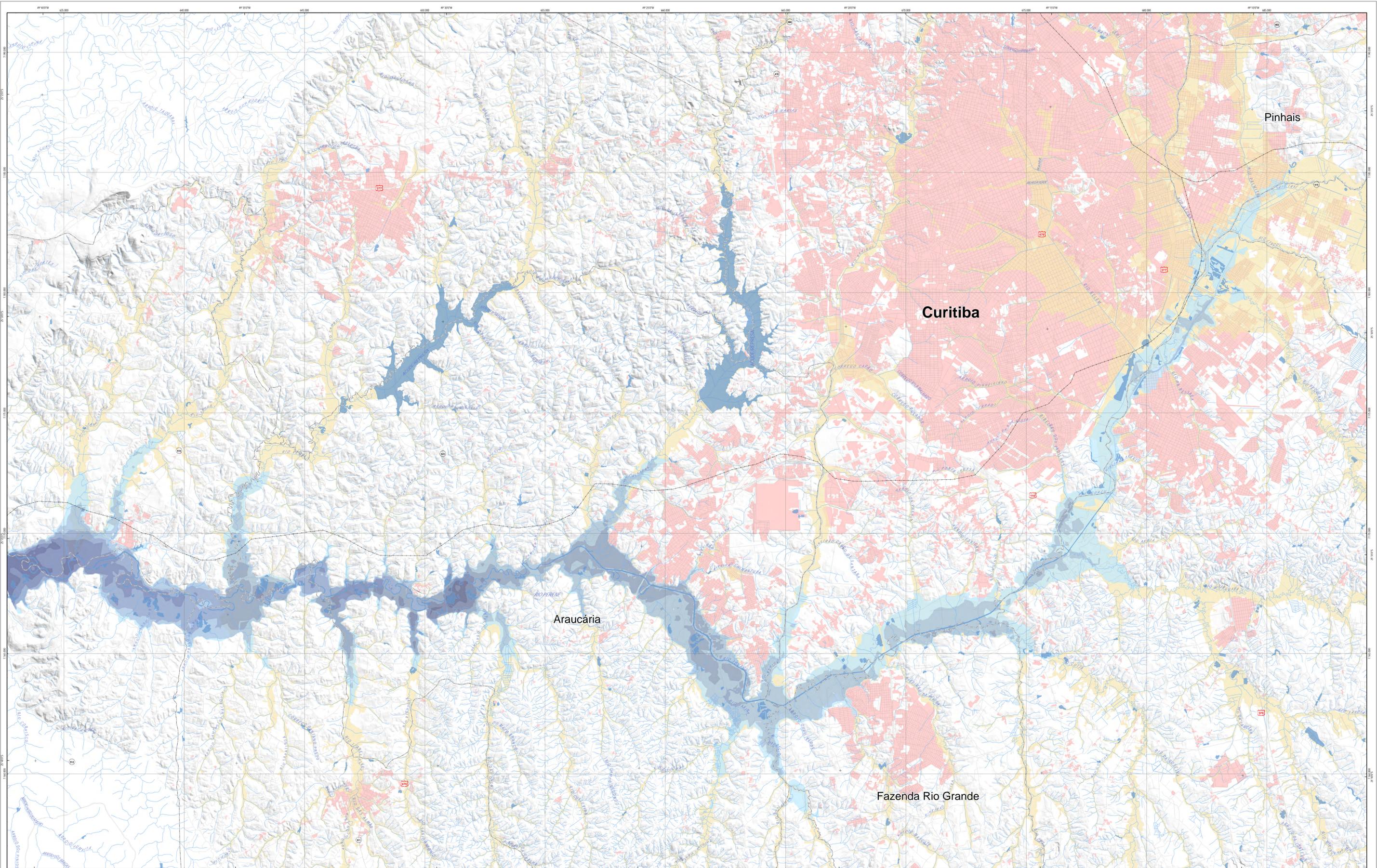
CONVENÇÕES

| | | |
|--------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Hidrografia | Limite Modelado para o TR-100 | Lâmina d'Água (TR-50) |
| Sistema Viário | | Abaixo de 0,6m |
| Ferrovias | | Entre 0,61 e 1,25m |
| Limites Municipais | | Entre 1,26 e 2,5m |
| Áreas Urbanizadas | | Entre 2,51 e 5m |
| Áreas de Aluviões | | Acima 5,01m |



Fonte: COMEC, 2010; PERH, 2010; SEMA, 2006; SUDERHSA, 2002.

VÁRZEAS DO ALTO IGUAÇU MANCHA DE INUNDAÇÃO TR-50



LOCALIZAÇÃO

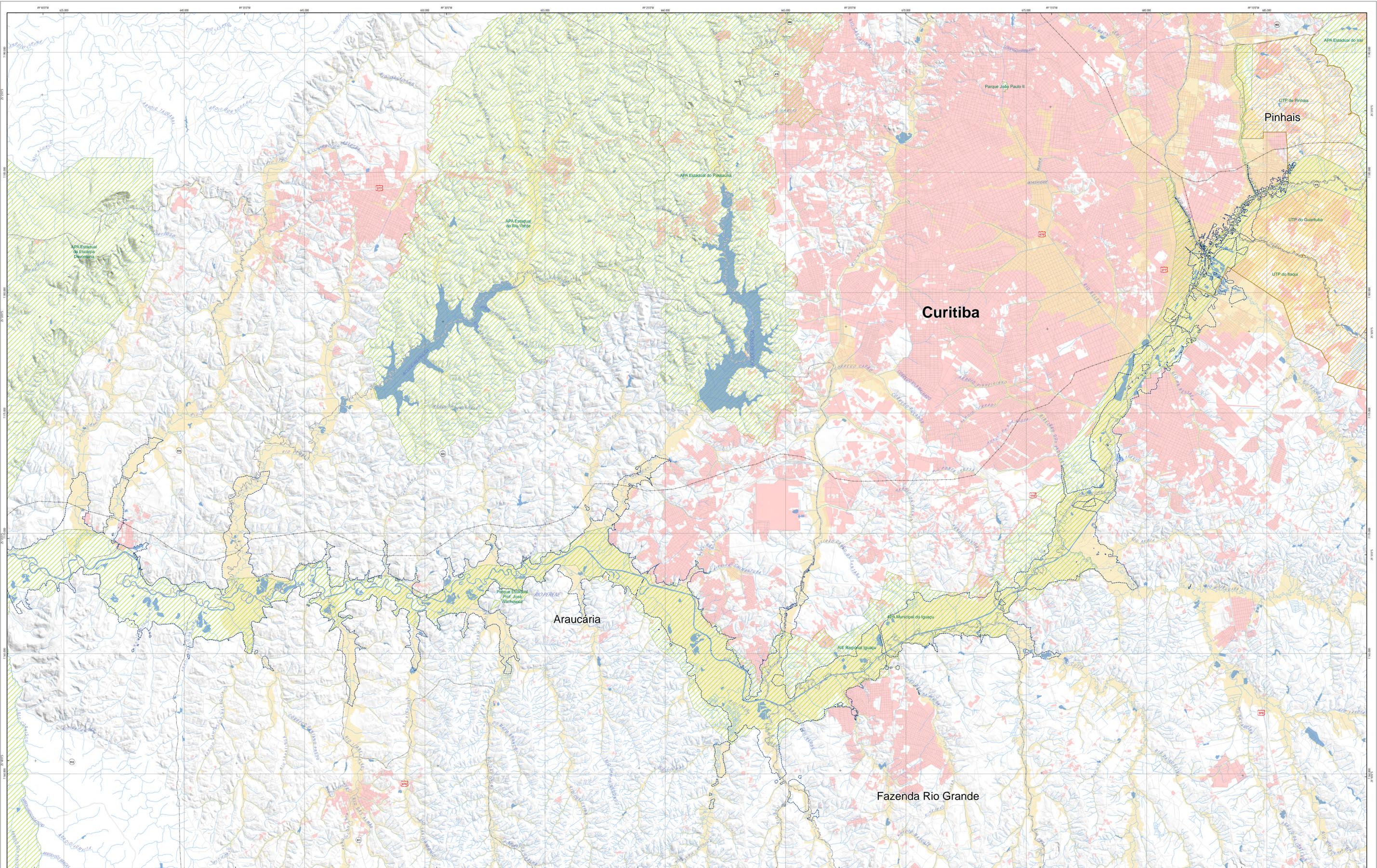


CONVENÇÕES

- | | |
|----------------------|--------------------------|
| — Sistema Viário | — Lâmina d'Água (TR-100) |
| — Ferrovias | — Abaixo de 2,5m |
| — Limites Municipais | — Entre 2,51 e 5m |
| — Áreas Urbanizadas | — Entre 5,01 e 7,5m |
| — Áreas de Aluviões | — Entre 7,51 e 10m |
| | — Acima de 10,01m |



VÂRZEAS DO ALTO IGUAÇU
MANCHA DE INUNDAÇÃO TR-100



LOCALIZAÇÃO



CONVENÇÕES

- Sistema Viário
- Ferrovias
- Limites Municipais
- Áreas Urbanizadas
- Áreas de Alagados
- Limite Modelado para o TRm100

- Unidades**
- APA (Federal/Estadual/Municipal) Parque Estadual, Área Especial de Interesse, Floresta Estadual, Floresta Nacional, Monumento Natural e Parques
 - UTPs



**VÂRZEAS DO ALTO IGUAÇU
UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E
TERRITORIAIS DE PLANEJAMENTO**