

**ROBERT WILLIAN PILCHOWSKI**

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DE DERRAMAMENTO DE ÓLEO  
SOBRE A ICTIOFAUNA DO ALTÍSSIMO, ALTO E MÉDIO RIO  
IGUAÇU, PARANÁ, BRASIL.**



Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências Veterinárias.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Ostrensky

**CURITIBA  
2003**

**Título: AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DE DERRAMAMENTO DE ÓLEO SOBRE A ICTIOFAUNA DO ALTÍSSIMO, ALTO E MÉDIO RIO IGUAÇU, PARANÁ, BRASIL.**

**Instituição Executora: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**Grupo Executor: GRUPO INTEGRADO DE AQUICULTURA E ESTUDOS AMBIENTAIS (GIA)**

**Instituições e Agências Financiadoras: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
CNPq  
GIA  
PETROBRÁS**

**Duração: JAN 2001 a DEZ 2002**

**Bases de Trabalho: BASES DE COLETA RIBEIRINHAS EM CURITIBA, ARAUCÁRIA, FAZENDA RIO GRANDE e SÃO MATEUS DO SUL/ PR; LABORATÓRIO DO GIA / SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS/ CURITIBA – PR**

**Equipe Técnica Envolvida:**

**Dr. ANTONIO OSTRENSKY – Coordenador Geral/ Orientador**

**PHD WALTER A. BOEGER – Vice Coordenador**

**Agro. ROBERT WILLIAN PILCHOWSKI–Coleta, processam. e análise de dados**

**MSc. SILVIA ROMÃO ZANETTI DA CRUZ – Análise Histopatológica**

**MSc. LUIZ FERNANDO DUBOC – Identificação Íctica**

**MSc. FÁBIO XAVIER WEGBECHER - Coleta de dados**

**Vet. GISELA GERALDINE CASTILHO - Análise Histopatológica**

**Eng. Agro. EDER GOMES - Coleta de dados**

**Vet. ROBERTO MONTANHINI – Análise estatística**

**INIVAL APARECIDO RODRIGUEZ – Técnico de campo.**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Dr. Antonio Ostrensky, coordenador do Grupo Integrado de Aqüicultura (GIA/UFPR) pela amizade, orientação, compreensão, apoio e por ter me proporcionado a oportunidade de realização desta dissertação.

Ao meu grande amigo Éder Gomes, pelas incontáveis vezes em que precisei de sua ajuda, sendo sempre atendido com afeto, dedicação e uma incansável disposição.

A minha mãe Margarida, ao meu pai Ernst e aos meus irmãos, por me proporcionarem a felicidade de fazer parte desta família.

A equipe do GIA que trabalhou comigo sempre com muita vontade e dedicação, mesmo quando as adversidades mitigavam nossa coragem, em especial: Fábio Xavier Wegbecher, Inival Aparecido Rodriguez e novamente, como sempre, Éder Gomes.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro destinado a realização desta dissertação.

A PETROBRÁS, através da Refinaria Presidente Getúlio Vargas (REPAR), na pessoa de Ernani Zamberlan, que nos apoiaram na parte logística e financeira para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, na pessoa do seu coordenador, Prof. Dr. Luiz Ernandes Kozicki, pelas facilidades oferecidas durante o andamento do curso.

## SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	V
LISTA DE TABELAS.....	VI
RESUMO.....	VII
ABSTRACT .....	VIII
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>4</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>5</b>
3.1 BIOINDICADORES E BIOMARCADORES .....	5
3.2 HISTOPATOLOGIA .....	7
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>10</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DAS BASES AMOSTRAIS .....	10
4.2 COLETA E PROCESSAMENTO.....	16
4.3 NÍVEL DOS RIOS.....	20
4.4 ANÁLISE DOS DADOS.....	20
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>23</b>
5.1 ICTIOCENOSE .....	23
5.2 HISTOPATOLOGIA .....	26
5.3 PARÂMETROS ABIÓTICOS MONITORADOS.....	33
5.4 PARÂMETROS BIÓTICOS MONITORADOS .....	37
5.5 COMPREENSÃO DO SISTEMA.....	41
<b>6 CONCLUSÕES .....</b>	<b>47</b>
<b>7 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>49</b>

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Relevância ecológica e dimensão temporal de bioindicadores utilizados na avaliação da qualidade temporal. ....	5
Figura 2 - Cinética de um agente lesivo sobre brânquias e fígado de peixes. ....	8
Figura 3 - Espécies utilizadas nas análises histopatológicas ( <i>Corydoras paleatus</i> acima e <i>Astyanax</i> sp.). ....	9
Figura 4 - Bases amostrais utilizadas durante as fases de diagnóstico e de monitoramento ictiofaunístico dos rios Barigüi, Iguaçu e arroio Saldanha (na fase de monitoramento foram mantidas apenas as bases 0, 2, 3, 5, 6 e 8). ....	10
Figura 5 - Base 0, córrego GLP localizado no interior da REPAR. ....	11
Figura 6 - Base 2 localizada à montante da desembocadura do arroio Saldanha. ....	12
Figura 7 - Base 3, localizada no arroio Saldanha. ....	13
Figura 8 - Base 5, localizada à montante do ponto de entrada do óleo no rio Iguaçu. ....	14
Figura 9 - Base 6, localizada no rio Iguaçu, próxima à Guajuvira. ....	15
Figura 10 - Base 8, localizada no médio rio Iguaçu, próxima à localidade de Água Azul. ....	16
Figura 11 (A e B) - Pesca com rede de espera e pesca com covo (armadilha). ....	17
Figura 12 - Fixação e acondicionamento de fígado e brânquias para histopatologia. ....	19
Figura 13 (A e B) - Correlação entre o número total de indivíduos de espécies que foram capturados tanto em 2001, quanto em 2002. A) dados totais, considerando indistintamente todas as espécies capturadas nos dois anos analisados e B) a mesma situação é avaliada, porém sem a presença de <i>Corydoras paleatus</i> . ....	25
Figura 14 - Índices de impacto relativo sobre as brânquias de <i>Corydoras paleatus</i> , coletados nas bases 5, 6 e 8 durante os meses de janeiro de 2001 a novembro de 2002. ....	28
Figura 15 - Índices de impacto relativo sobre o fígado de <i>Corydoras paleatus</i> , coletados nas bases 5, 6 e 8 durante os meses de janeiro de 2001 a novembro de 2002. ....	28
Figura 16 - Índices de impacto relativo sobre as brânquias de <i>Astyanax</i> spp, coletados nas bases 0, 3 e 8 durante os meses de janeiro de 2001 a novembro de 2002. ....	31
Figura 17 - Índices de impacto relativo sobre o fígado de <i>Astyanax</i> spp, coletados nas bases 0, 3 e 8 durante os meses de janeiro de 2001 a novembro de 2002. ....	32
Figura 18 (A e B) - Variação mensal e total das concentrações de oxigênio dissolvido na água, nas diferentes bases. A) Gráfico da evolução e B) Amplitude, Boxplot. ....	33
Figura 19 (A e B) - Variação mensal e total do pH da água nas diferentes bases amostrais. A) Gráfico da evolução e B) Amplitude, Boxplot. ....	34
Figura 20 (A e B) - Variação mensal e total da temperatura da água, nas diferentes bases amostrais (2001 à 2002). A) Gráfico da evolução e B) Amplitude, Boxplot. ....	35
Figura 21 - Síntese descritiva dos táxons capturados em cada uma das bases amostrais, ao longo do monitoramento ictiológico realizado de jan. de 2001 à nov. 2002. ....	41
Figura 22 - Distribuição longitudinal da Riqueza de Espécies (Índice de Simpson) ao longo de cerca de 150 km de bacia do rio Iguaçu, monitorados durante 23 meses. ....	42
Figura 23 - Distribuição longitudinal da abundância de indivíduos ao longo de cerca de 150 km de bacia do rio Iguaçu, monitorados durante 23 meses. ....	43
Figura 24 - Distribuição longitudinal da Eqüitatividade (índice de Pielou) ao longo de cerca de 150 km de bacia do rio Iguaçu, monitorados durante 23 meses. ....	43
Figura 25 - Distribuição temporal da diversidade (índice de Shannon-weaver) nas principais bases amostrais monitoradas durante o biênio 2001-2002. ....	44
Figura 26 - Curvas de dominância do número de indivíduos capturados para a base 3, nos anos de 2001 e 2002. ....	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados obtidos em 23 meses de coletas de peixes, no monitoramento dos rios Barigüi, Iguaçu e arroio Saldanha, no Paraná, de janeiro de 2001 a novembro de 2002. CONTINUA.....	23
Tabela 2 - Demonstrativo do número de indivíduos de <i>Corydoras paleatus</i> analisados ao longo de 23 meses de coleta do monitoramento (2001-2002).....	26
Tabela 3 - Porcentagem de indivíduos apresentando as diferentes patologias presentes em brânquias de <i>Corydoras paleatus</i> , nas diferentes bases de coleta (2001-2002). ....	27
Tabela 4 - Porcentagem de indivíduos apresentando as diferentes patologias presentes em fígado de <i>Corydoras paleatus</i> nas diferentes bases de coleta (2000-2001). ....	29
Tabela 5 - Demonstrativo do número de indivíduos de <i>Astyanax</i> spp analisados ao longo dos 23 meses de coleta de monitoramento (2000-2001). ....	30
Tabela 6 - Porcentagem de indivíduos apresentando as diferentes patologias presentes em brânquias de <i>Astyanax</i> spp em três diferentes bases de coleta (2000-2001). ....	30
Tabela 7- Porcentagem de indivíduos apresentando as diferentes patologias presentes em fígado de <i>Astyanax</i> spp nas diferentes bases de coleta (2000-2001). ....	32

## RESUMO

Em julho de 2000, aconteceu um acidente na Refinaria Presidente Getúlio Vargas (REPAR), localizada no Município de Araucária, sul do Brasil, e envolveu um derramamento de cerca de quatro milhões de litros de óleo cru (25.160 barris). Esse foi considerado o maior derramamento de óleo na história do Brasil. Apesar do uso de barreiras de contenção, o óleo escorregadio alcançou até 45 km rio abaixo de um pequeno riacho (Arroio Saldanha) e dois rios importantes da região (Rio Barigüi e Rio Iguaçu). Nesta extensão, os rios posteriores são altamente poluídos após terem cruzado a Cidade de Curitiba, uma cidade de mais de dois milhões de habitantes. A distribuição espacial e temporal dos peixes destes rios foram analisadas em seis locais de coleta (em uma extensão de rio de 150 km) localizados acima e a baixo do Rio Barigüi e Rio Iguaçu (em todos os rios) do ponto de introdução de óleo. Os peixes foram capturados mensalmente com tarrafas, armadilhas, anzóis e redes de espera. Imediatamente após o evento, locais perto do ponto de introdução de óleo apresentavam uma ictiofauna menos diversa. Porém, um ano depois, a fauna íctica do Arroio Saldanha mostrou sinais de recuperação, enquanto isso nenhum peixe foi coletado durante todo ano nas bases localizadas à montante dos rios Barigüi e Iguaçu. Os resultados indicam fortemente que o impacto do derramamento de óleo na ictiofauna destes rios foi minimizado devido ao estado anterior dos rios, altamente poluído, indicado pela ausência de espécies de peixes à montante dos locais de coleta, que nunca foram diretamente expostos à mancha de óleo. O estudo histopatológico das brânquias e do fígado de duas espécies de peixes, foi utilizado para avaliar o impacto do óleo na ictiofauna dos rios afetados. A escolha da espécie de peixe reflete sua disponibilidade ao longo do ano e em função da sua posição no ecossistema. O *Astyanax sp* é principalmente pelágico e o *Corydoras paleatus* é demersal; essas espécies de peixes devem, então, indicar a sanidade ambiental destes dois compartimentos de rios. A distribuição espacial e temporal das alterações histológicas foi analisada em mais de 10 indivíduos de cada espécie de peixe, das coletas feitas em 5 bases. Um índice de impacto relativo (IRI) foi determinado nomeando um peso para a extensão de cada patologia observada, nas seções de cada órgão de cada peixe (ii = 1 ou 2, para patologias moderadas ou severas, respectivamente). O IRI de cada órgão de cada espécime de peixe foi calculado como o impacto médio dos danos histológicos observados, usando a fórmula:  $IRI = G_{ii}/n$ . Variações do IRI da brânquia e do fígado sugerem uma regeneração relativa da qualidade ambiental dos rios impactados. Um melhor entendimento do impacto causado pelo derramamento de óleo no sistema aquático foi bastante prejudicado pela presença de outros incidentes permanentes ou esporádicos de agressão ambiental a qual estes rios estão submetidos.

## ABSTRACT

In July of 2000, an accident occurred in the Refinery Presidente Getúlio Vargas (REPAR), located in the Municipality of Araucária, Southern Brazil, and involved a spill of about 4 million liters (25,160 barrels) of crude oil. This was considered the largest oil spill in the history of Brazil. Despite the use of containment barriers, the oil slick reached up to 45 km downstream of a small creek (Arroio Saldanha) and two important rivers of the region (Rio Barigüi and Rio Iguaçu). In this stretch, both of the latter rivers are highly polluted, having crossed the City of Curitiba, a city of about 2+ million inhabitants. The spatial and temporal distribution of fishes of these streams after the accident was analyzed in six collection sites (in a river stretch of 150 km) located upstream Rio Barigüi and Rio Iguaçu or downstream (all streams) from the point of oil introduction. Fishes were captured monthly with cast nets, traps, hook and line, and/or gill nets. Immediately after the event, sites close to the point of introduction of oil presented a less diverse fish fauna. However, one year later, the fish fauna of the Arroio Saldanha showed signals of recovery, while no fish were collected during the entire year from the sites located upstream in the Rio Barigüi and Rio Iguaçu. The results strongly suggests that the impact of the oil spill on the fish fauna of these streams was minimized due to the previous highly polluted state of the streams, as indicated by the absence of fish species in the upstream collection sites, which were never directly exposed to the oil spot. The histopathological study of the gills and liver of 2 species of fishes was used to evaluate the impact of the oil on the fish fauna in the affected rivers. The choice of fish species reflects their year-around availability and their predicted roles in the ecosystem. *Astyanax sp* is mainly pelagic and *Corydoras paleatus* is demersal; these fish species should, therefore, indicate the environmental health of these two compartments of the streams. The spatial and temporal distribution of histological alterations was analyzed from up to 10 specimens of each species of fish from collections made in 5 sites. A relative impact index (IRI) was determined by assigning a weight to the extent of each pathology observed in sections of each organ/fish ( $i_i = 1$  or  $2$ , for moderate or severe pathologies, respectively). The IRI of each organ and fish specimen was calculated as the average impact of the observed histological injuries, using the formula:  $IRI = \sum G_{ii}/n$ . Variations of the gill and liver IRI suggest a relative regeneration of the environmental health of the impacted streams. A better understanding of the impact caused to the aquatic system by the oil spill is greatly hindered by the presence of other persistent or sporadic events of environmental aggression to which these streams are submitted.

## 1 INTRODUÇÃO

O rio Iguaçu nasce da confluência dos rios Iraí e Atuba, no município de Piraquara, região metropolitana de Curitiba e ainda próximo à Serra do Mar. Seus formadores, entretanto, têm origem em altitudes superiores a 1000 metros (PAIVA, 1982). Esse trecho, incluindo toda sua bacia de cabeceiras, é conhecido extra-oficialmente como “Altíssimo Iguaçu”, o qual não tem limite bem definido à jusante. A partir de então, o rio percorre o trecho conhecido como “Alto Iguaçu”, até o município de Porto Amazonas. Em todo o seu percurso, o rio Iguaçu percorre com direção geral leste-oeste, cerca de 1.060 km, desde suas nascentes na vertente ocidental da Serra do Mar, até sua foz, no rio Paraná, em Foz do Iguaçu (ELETROSUL, 1978). Neste percurso ele atravessa regiões geomorfológicas, fisiográficas e fisionômicas distintas, visto que nasce na vertente oeste da Serra do Mar, região predominantemente de Mata Ombrófila Densa (Mata Atlântica), e flui para o oeste, cortando os terrenos dos três planaltos paranaenses, onde atravessa regiões de Floresta Estacional Semidecídua (Matas do Interior) e Floresta Ombrófila Mista (Mata de Araucárias) (PAIVA, 1982).

O rio Iguaçu possui um elevado grau de endemismo ictiológico (LUCINDA, 1995), o qual decorre, presumivelmente, em consequência do isolamento geográfico causado pela formação das Cataratas do Iguaçu, principalmente nos trechos do Alto e Médio Iguaçu, os quais estão inseridos no primeiro e segundo planaltos paranaenses, respectivamente (AGOSTINHO et al., 1997). Suas cabeceiras estão situadas na Serra do Mar, na região metropolitana de Curitiba e em plena Mata Ombrófila Densa, cuja existência em manchas abarca toda a região.

De modo geral, a região delimitada pela Floresta Ombrófila Densa possui alta percentagem de espécies endêmicas de peixes. Isto se deve à concentração de um grande número de bacias hidrográficas independentes, aliada ao efeito isolador que as cadeias de montanhas que separam os diversos vales da região exercem sobre as várias populações de peixes. As características topográficas e fisionômicas proporcionam uma ampla gama de ambientes distintos, o que favorece a ocorrência de um grande número de espécies, cada uma das quais adaptada a um subconjunto particular destes ambientes, o que eleva o número de espécies endêmicas da área. Por fim, a predominância de cursos d'água relativamente pequenos favorece a ocorrência de espécies de pequeno porte, com limitado potencial de dispersão espacial. Tais espécies tendem a ser mais susceptíveis à especiação, e ao rápido desaparecimento, visto que suas populações localizadas podem divergir geneticamente das demais com maior rapidez do que aquelas das espécies típicas de grandes rios, mas as populações são sempre mais limitadas. Assim, quaisquer tentativas

de preservar espécies endêmicas requerem distribuição de esforços em múltiplas áreas de conservação, no sentido de proteger o maior número possível de espécies (BUCKUP, 1996).

Embora o Iguazu seja um rio de grande porte, não teve sua ictiofauna ainda suficientemente estudada, o que não o coloca em pior situação que a imensa maioria dos rios brasileiros (BÖHLKE; WEITZMAN; MENEZES, 1978). Contudo, isso acarreta na existência de poucos dados disponíveis sobre essa ictiofauna, bem como no desconhecimento dos fenômenos evolutivos e biogeográficos envolvidos em sua formação.

O trabalho mais abrangente e completo já realizado sobre a ictiofauna do rio Iguazu remonta a HASEMAN, (1911), podendo também ser considerada bastante completa a dissertação de mestrado de SAMPAIO (1988), tratando apenas dos Characiformes da bacia. Um catálogo razoável feito sobre a ictiofauna do rio Iguazu, embora ainda com problemas, é o de SEVERI e CORDEIRO (1994).

As bacias formadoras do rio Iguazu e toda a região do alto Iguazu estão situadas numa área de grande ocupação antrópica, tendo, por conseguinte, um alto grau de transformação e poluição. Tais eventos, somados à possibilidade da existência de um grande endemismo, tendem a colocar em risco qualquer estudo que envolva as inter-relações biológicas, ecológicas e evolutivas entre suas espécies de peixe, principalmente quando esses estudos englobam ainda as variáveis físico-químicas determinantes da qualidade ambiental.

Foi nesse ambiente complexo e ainda muito pouco estudado que, em 16/07/2000, houve um acidente com o oleoduto (OSPAR), que provocou o vazamento de 4.200 m<sup>3</sup> de óleo.

Após o acidente o Grupo integrado de Aqüicultura e Estudos Ambientais (GIA), da Universidade Federal do Paraná, foi contatado pelos técnicos da PETROBRAS, para a realização de um diagnóstico preliminar, para identificação e quantificação dos danos provocados à ictiofauna. O diagnóstico foi composto por duas fases de campo, sendo a primeira etapa foi realizada entre os dias 9 e 15 de outubro de 2000 e a segunda, realizada entre os dias 6 e 12 de novembro do mesmo ano.

O trabalho envolveu dez bases amostrais, localizadas entre a região do derramamento até a cidade de União da Vitória – PR, numa extensão de aproximadamente 250 km. Quatro dessas bases amostrais foram estabelecidas em zonas à montante do acidente (duas no rio Barigüi, uma no rio Iguazu e uma no regato GLP, um corpo de água de

pequenas dimensões e que apresentava características muito semelhantes as do arroio Saldanha antes do acidente).

Para a avaliação da qualidade ambiental dos rios afetados, foi utilizada a metodologia de bioindicadores através da ictiocenose. Considerando suas propriedades como bioindicadores, os resultados do diagnóstico representaram uma avaliação multidimensional da qualidade ambiental e de sua variação ao longo do ano e espacial ao longo dos ambientes impactados, sendo ainda completadas e ratificadas pelas análises histopatológicas.

Terminado o trabalho e uma vez constatada a ocorrência de alterações ambientais significativas nos corpos d'água expostos ao petróleo, iniciou-se uma fase de estudos mais aprofundados acerca dos efeitos do óleo sobre a comunidade de peixes nos rios e arroios afetados pelo derramamento.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL:**

Avaliar os impactos do derramamento de petróleo ocorrido na REPAR em julho de 2000 sobre a dinâmica das comunidades de peixes, sobre os indivíduos dessas comunidades e também a forma como elas vêm se recuperando ao longo do tempo, através da utilização de dois biomarcadores.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Caracterizar a distribuição e a evolução espacial e temporal dos táxons existentes nos corpos d'água após o derramamento;
- Comparar os dados relativos a ictiofauna presente à montante e à jusante do ponto de derramamento;
- Utilizar bioindicadores para a obtenção de informações que sirvam de referência na caracterização da saúde ambiental;
- Investigar possíveis relações entre variáveis abióticas e a distribuição/abundância de peixes nos ambientes monitorados;
- Avaliar os prováveis impactos do acidente sobre tecidos de peixes, (fígado, rim e brânquias) bem como sua intensidade de ocorrência;
- Monitorar a evolução das patologias diagnosticadas como indicadoras da qualidade ambiental.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 BIOINDICADORES E BIOMARCADORES

Bioindicadores são organismos cuja presença, ausência, estado de higidez ou parâmetros ecológicos fornecem informação sobre a qualidade ambiental. Todo organismo tem exigências ambientais particulares para poder manter-se saudável e reproduzir com sucesso. Biomarcadores são atributos dos bioindicadores que podem ser afetados por alterações da qualidade ambiental (ex. causadas por agentes estressantes ambientais) e, portanto, servem como referência na caracterização da saúde do meio ambiente.

Biomarcadores (Figura 1) permitem uma avaliação multidimensional (ex. temporal e espacial) da qualidade ambiental e da presença de agentes estressantes ambientais (ex. poluentes químicos, físicos). Esta ferramenta de monitoração é utilizada com freqüência na avaliação de ambientes submetidos a impactos ambientais simples (ex. um único agente estressante) ou complexos.

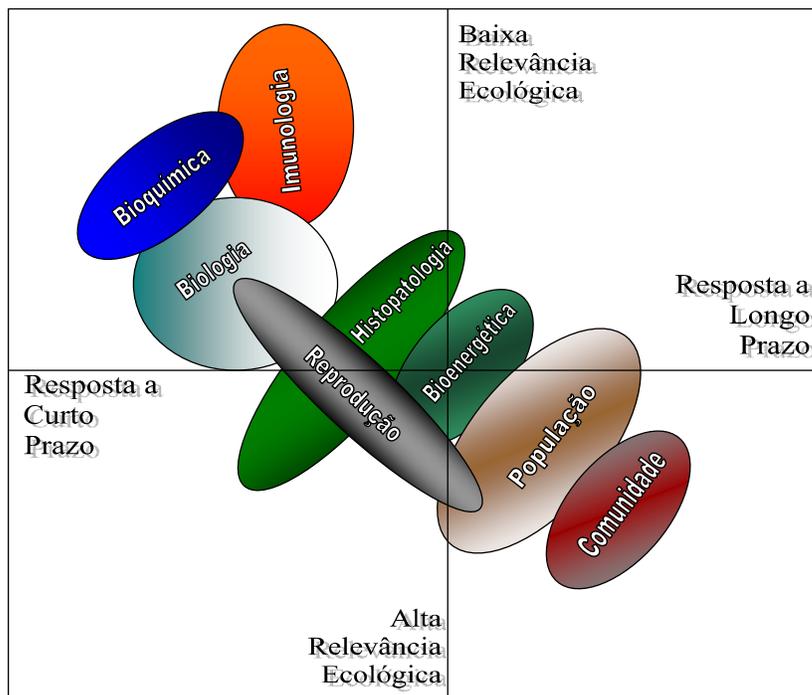


Figura 1 - Relevância ecológica e dimensão temporal de bioindicadores utilizados na avaliação da qualidade temporal.

Conforme o objetivo da avaliação, biomarcadores são superiores a análises químicas e físicas de qualidade da água. Dosagens químicas e testes físicos dão informação precisa apenas de um determinado momento e um determinado local, quando e onde a amostragem é realizada. Adicionalmente, este tipo de abordagem é também limitada a um número relativamente pequeno de parâmetros ambientais que dificilmente são analisados de forma integrada. Por outro lado, o acompanhamento de características da biota local através de biomarcadores permite uma avaliação mais holística e integrada da qualidade do ambiente aquático.

A escolha do biomarcador a ser utilizado é definida pela amplitude e relevância da avaliação desejada (Figura 1). Por exemplo, se o objetivo é avaliar a variabilidade da qualidade ambiental de um sistema aquático durante um longo período de tempo, deve-se considerar as variações de parâmetros da comunidade ou populacionais da biota local. Avaliação da qualidade ambiental mais imediata pode ser obtida através do estudo, por exemplo, de enzimas de desintoxicação (ex. MFO, EROD) e o sistema de citocromo P450. Porém, estes marcadores apresentam pouca relevância ecológica e altíssimo custo operacional.

Para o estudo de avaliação do comportamento da ictiofauna do rio Iguaçu, subsequente ao acidente da REPAR ocorrido de 2000, optou-se por biomarcadores de média-alta relevância ecológica, que pudessem refletir a resposta ambiental a curto e médio prazo.

O estudo da ictiocenose serve como indicadora da “saúde” ambiental do rio e é claramente justificada devido à variação na posição trófica e da ocupação espacial das espécies que a compõem. Enquanto algumas espécies se alimentam de produtores primários, outras consomem produtores secundários. Muitas se alimentam de matéria alóctone e de outros peixes. Diversas espécies ocupam o espaço quase bidimensional do leito do corpo de água, outras utilizam o espaço tridimensional de forma generalizada. O uso de peixes como bioindicadores, portanto, permite a avaliação direta e indireta da sanidade de diversos compartimentos do ambiente aquático e da sua área de captação.

Com base nestes conceitos, este trabalho, portanto, foi desenvolvido com dois biomarcadores da fauna íctica. Estudos de histopatologia dos tecidos branquial e hepático foram realizados para avaliar impactos ambientais recentes e de médio prazo, de relevância ecológica média. Duas linhagens de peixes distintas foram estudadas por que ocupam compartimentos diferentes no sistema: *Astyanax spp* (Characiformes, *Characidae*) e *Corydoras paleatus* (Siluriformes, *Callichthyidae*). Com esta análise se pretendeu analisar a capacidade de recuperação do ambiente aquático impactado pelo óleo a curto e médio prazo.

O acompanhamento da recuperação ambiental foi complementado através do estudo de parâmetros inerentes da comunidade de peixes (ictiocenose) dos ambientes lóticos impactados. O estudo da comunidade de peixes, por sua vez, tende a detectar impactos ambientais de longo prazo e, portanto, apresenta elevada relevância ecológica.

A interpretação integrada e continuada destes dois conjuntos de biomarcadores ao longo de aproximadamente dois anos de amostragem permite, portanto, um entendimento bastante amplo das transformações ambientais dos sistemas ecológicos impactados pelo óleo oriundo do acidente, fornecendo subsídios para o entendimento e previsão das tendências de sanidade ambiental destes sistemas.

### **3.2 HISTOPATOLOGIA**

Efeitos tóxicos de produtos orgânicos sobre os sistemas bioquímicos e fisiológicos de um organismo podem ser avaliados através de estudos de alterações morfológicas celulares e subcelulares (HINTON; LAUREN, 1990, apud MYERS et al., 1993) Figura 2). Em casos de contaminação, RICHMONDS e DUTTA, (1989), afirmam que as brânquias e o fígado dos peixes são os órgãos que mais precocemente sofrem os efeitos de poluentes em geral. As brânquias são afetadas de forma aguda, por ser este o órgão que está em contato direto com um agente lesivo presente no meio externo. Estes produtos tóxicos causam uma série de alterações no tecido deste órgão, que promovem a perda da integridade do epitélio respiratório e das células pilares subjacentes, provocando diminuição das funções de troca gasosa e regulação iônica ocorridas no epitélio respiratório (MALLAT, 1985).

Estudos histopatológicos do tecido hepático têm também se mostrado como excelentes biomarcadores da exposição de peixes a contaminantes químicos (JOHNSON et al., 1992). Conforme estes autores, a presença de lesões pode estar significativamente correlacionadas com os níveis de diversos tipos de contaminantes encontrados na bile, fígado, conteúdo estomacal e sedimentos.

A avaliação histopatológica dos tecidos de brânquias e de fígado reflete um somatório dos efeitos dos compostos poluentes existentes naquele ecossistema. Em contrapartida, o método histopatológico permite que se façam inferências sobre possíveis condições de higidez dos peixes submetidos a grandes impactos ambientais, apresentando baixo custo e possibilitando a obtenção de resultados em curtos períodos de tempo.

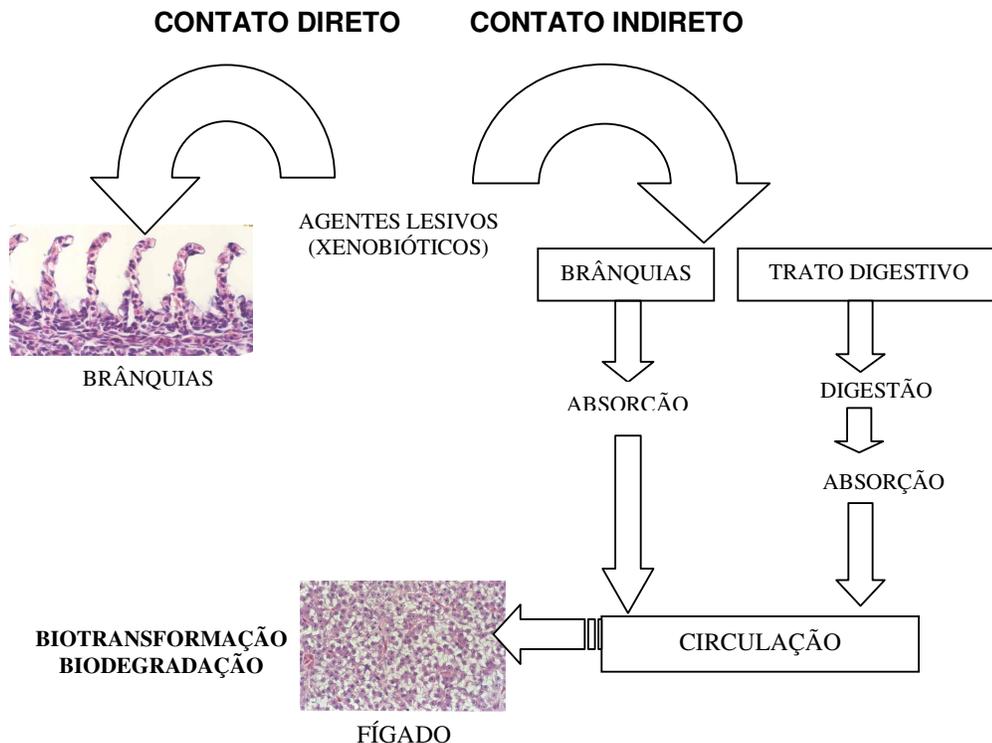


Figura 2 - Cinética de um agente lesivo sobre brânquias e fígado de peixes.

Análises histopatológicas do tecido hepático oferecem a oportunidade de avaliar condições ambientais crônicas não imediatas. A resposta histológica do fígado pode ser resultante de contaminantes ambientais introduzidos diretamente no sistema de peixes, ou indiretamente através da alimentação. A comparação dos resultados histopatológicos das brânquias e do fígado permitem um diagnóstico de espectro temporal e espacial mais amplo.

*Corydoras paleatus* (Figura 3) é uma espécie demersal, e alimenta-se de organismos zoobentos, algas e organismos da infauna, como anelídeos e alguns crustáceos e está, constantemente, exposto a agentes químicos agressivos presentes tanto na coluna da água como no sedimento, pois ocorre em corpos de água bastante comprometidos por poluentes químicos. É um peixe bastante resistente, não se afastando do seu local de origem devido seu baixo grau de deslocamento horizontal. Devido a estas características, o estado de higidez desta espécie pode ser identificado como um retrato da condição ambiental do seu habitat. A utilização de *C. paleatus* como espécie indicadora, baseia-se no fato de que animais com hábitos demersais e bentônicos representam a assembléia de peixes mais impactada durante eventos de derrame de óleo bruto.

*Astyanax spp* (Figura 3) representam um conjunto de espécies bentopelágicas e alimentam-se principalmente de zoobentos (especialmente insetos), plantas aquáticas e peixes. *Astyanax spp* tem capacidade migratória mais ampla utilizando diferentes ambientes para reprodução e alimentação, além de condição de fuga em casos de variações ambientais agressivas.



Figura 3 - Espécies utilizadas nas análises histopatológicas (*Corydoras paleatus* acima e *Astyanax sp.*).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DAS BASES AMOSTRAIS

As bases utilizadas para monitoramento dos rios afetados foram as seguintes: Base 0 (córrego GLP); Base 2 (Barigüi-Montante); Base 3 (arroio Saldanha); Base 5 (Iguaçu-Montante); Base 6 (Guajuvira) e Base 8 (Água-Azul), cuja localização (Figura 4) e descrições podem ser vistas a seguir.

As coletas foram realizadas mensalmente, exceto na Base 0 (córrego GLP), devido ao tamanho reduzido do ambiente. Em tais sistemas, o equilíbrio ecológico pode ser excessivamente frágil, e pelo fato de não haverem muitos estudos a respeito destes ambientes, optou-se por amostragens bimestrais (menos intensas). Temia-se que amostragens mais freqüentes e/ou intensivas nestes pontos pudessem causar impactos significativos em suas comunidades ícticas.

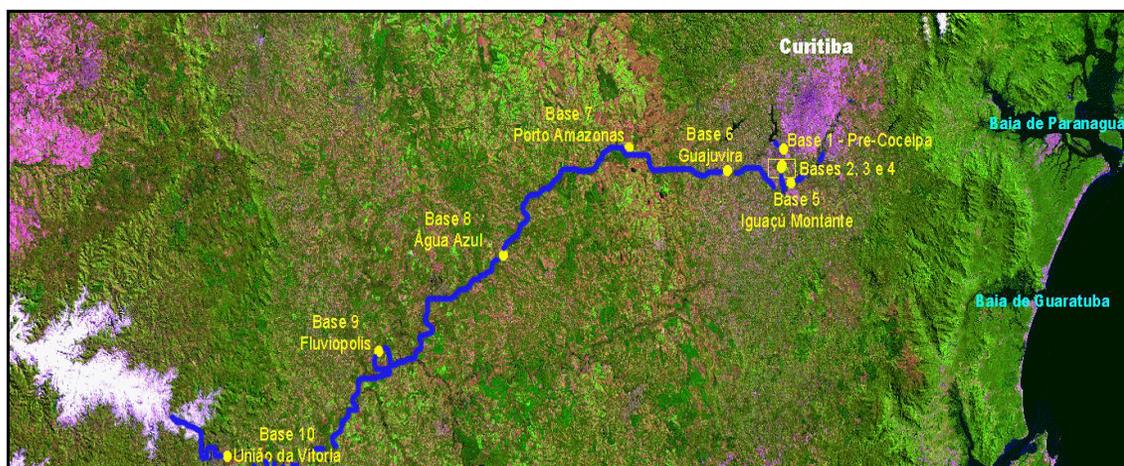


Figura 4 - Bases amostrais utilizadas durante as fases de diagnóstico e de monitoramento ictiofaunístico dos rios Barigüi, Iguaçu e arroio Saldanha (na fase de monitoramento foram mantidas apenas as bases 0, 2, 3, 5, 6 e 8).

A caracterização e localização das bases de coleta situadas a montante e a jusante do local do derramamento, são descritas a seguir:

- **BASE 0 (córrego GLP) – “REPAR”**

LOCALIZAÇÃO: UTM 7171686; 22J 0665804, próxima dos reservatórios de gás dentro da REPAR.

CONCEITO: é um regato que nasce nas proximidades de onde foi estabelecida a base. Representa o que, em tese, mais se aproximaria do arroio Saldanha antes do acidente de julho de 2000.

FISIOGRAFIA (Figura 5): As águas são limpas e cristalinas, sem sinal de poluição. Embora, por estar situado dentro da refinaria, sofra toda a sorte de antropomorfismo, mas pode-se considerá-lo em excelente estado, o que inclui margens florestadas em grande parte.



Figura 5 - Base 0, córrego GLP localizado no interior da REPAR.

- **BASE 2 (rio Barigüi) – “Montante do Saldanha”**

LOCALIZAÇÃO: UTM 7168904; 22J 0666167, dentro da REPAR, próxima da BR 476 situada rio acima.

CONCEITO: esta é a única base do rio Barigüi à montante do derrame. Ela está localizada à cerca de 20 m acima da desembocadura do primeiro braço do “delta do Saldanha”.

FISIOGRAFIA (Figura 6): neste ponto o rio Barigüi apresenta-se também bastante assoreado, embora suas margens possuam abundante vegetação ripária com trechos de Mata Atlântica em aparente “bom estado”.



Figura 6 - Base 2 localizada à montante da desembocadura do arroio Saldanha.

- **BASE 3 (arroio Saldanha) – “Saldanha”**

LOCALIZAÇÃO: UTM 7168904; 22J 0666167, idem anterior, muito próxima e sem condições de utilização do GPS dentro do bosque.

CONCEITO: esta estação está situada no próprio ribeirão Saldanha. Foi determinada no primeiro braço do ribeirão, pois o segundo ainda se encontrava muito contaminado por óleo, no início deste monitoramento. Ademais, os dois braços foram igualmente contaminados. Sua localização foi definida da desembocadura até aproximadamente 300m a montante.

FISIOGRAFIA (Figura 7): este é um ribeirão típico de mata Atlântica, cujas nascentes também se encontram dentro do terreno da REPAR. Seu volume de água é muito pequeno, tornando-se relativamente maior nas proximidades de sua desembocadura, onde se irradia em pelo menos dois braços, na região conhecida como “delta do Saldanha”. Em todo o seu trajeto ele percorre uma região florestada e sombreada, e relativamente íngreme, salvo em pelo menos dois trechos, onde se espraia formando banhados, ambas extremamente alteradas por ocasião da retirada do óleo vazado. Devido ao seu tamanho e ao estado de alteração e atividade antrópica no início deste trabalho, não se adequava à coleta de peixes, exceto, na região mais próxima à desembocadura.



Figura 7 - Base 3, localizada no arroio Saldanha.

- **BASE 5 (alto Iguaçu) – “Iguaçu Montante”**

LOCALIZAÇÃO: UTM 7164688; 22J 0668714, próximo a um areal e logo após a ponte da BR 116 sobre o rio Iguaçu, exatamente no ponto em que o oleoduto cruza o rio.

CONCEITO: esta base está localizada no rio Iguaçu, a montante do derramamento, ou seja, a base escolhida está posicionada acima da foz do rio Barigüi. O fato de se escolher as duas bases a montante – a Base 2 e a Base 5 – tem sua importância fundamentada na carência de dados biológicos anteriores ao derramamento, o que fez com que o fator espacial fosse considerado em lugar do temporal. Desta forma, as bases a montante seriam consideradas como o “controle”, ou seja, consideradas representativas das condições existentes em tais rios antes do acidente.

FISIOGRAFIA ( Figura 8): neste ponto, o rio apresenta-se bastante sujo e com a constante presença de um forte mau cheiro, há muito lixo flutuante e também preso nas margens, sendo estas bastante depauperadas e caracterizadas por uma quase total devastação da mata ciliar, havendo escassez de vegetação ripária. Há indícios de que o leito do rio neste trecho teve seu traçado original alterado pela ação antrópica, sendo que ainda há extração de areia na área. Há uma profusão de cavas em toda a região, sendo que as águas nesses locais parecem ser relativamente mais limpas que a do rio Iguaçu (pelo menos nas proximidades da base em questão), inclusive sendo possível identificar visualmente a presença de peixes nelas.



Figura 8 - Base 5, localizada à montante do ponto de entrada do óleo no rio Iguaçu.

- **BASE 6 (alto Iguaçu) – “Guajuvira”**

LOCALIZAÇÃO: UTM 7167729; 22J 0649275, em um terreno pertencente à PETROBRAS.

CONCEITO: esta base é a primeira após a confluência do rio Barigüi com o rio Iguaçu, numa região relativamente afastada da região metropolitana de Curitiba, de quem já recebeu aqui toda sorte de influências.

FISIOGRAFIA (Figura 9): o rio Iguaçu já é aqui bem mais caudaloso. Ainda assim, é constante a presença de lixo flutuante e na vegetação ripária, a qual, aliás, mostra-se abundante e vivaz. O trajeto do rio nesta área é típico da região do alto Iguaçu, onde corta o Primeiro Planalto Paranaense, cuja formação é Pré-Cambriana. O aspecto de seu canal, rico em meandros, amplas curvaturas e extensas várzeas, denota uma idade bastante avançada.



Figura 9 - Base 6, localizada no rio Iguaçu, próxima à Guajuvira.

- **BASE 8 (médio Iguaçu) – “Água Azul”**

LOCALIZAÇÃO: UTM 7147018; 22J 0580279. A base está posicionada em um terreno pertencente ao Areal Água Azul.

CONCEITO: esta base de coleta está localizada no trecho conhecido como médio Iguaçu. Neste ponto, o rio Iguaçu corta a falha silurodevoniana e adentra a região mais recente de uma forma muito mais lítica, percorrendo uma série de quedas e corredeiras, as quais limpam e oxigenam ainda mais a água do rio. Esta base foi escolhida nesta região para escapar das influências do centro urbano de São Mateus do Sul, e com uma margem segura de certeza de estar a jusante do trecho de corredeiras que a precede.

FISIOGRAFIA (Figura 10): o rio neste ponto é largo e espreado por uma ampla região, com fluxo bastante lento e vários remansos. Ao menos uma das margens – a oposta à base – possui densa vegetação florestal. Há cavas e extrações de areia, as quais se tornam bastante comuns neste trecho, talvez devido à areia depositada pela erosão do quartzito. A água é seguramente mais limpa que em todas as bases amostrais anteriores.



Figura 10 - Base 8, localizada no médio rio Iguaçu, próxima à localidade de Água Azul.

#### 4.2 COLETA E PROCESSAMENTO

As coletas foram realizadas mensalmente, estendendo-se, ininterruptamente, por um período de 23 meses, a contar de janeiro de 2001.

A metodologia utilizada teve abrangência tanto quantitativa quanto qualitativa, sendo planejada e executada de acordo com as peculiaridades fisiográficas e fisionômicas de cada uma das bases amostrais. Por exemplo, em cursos d'água de reduzidas dimensões, o uso de tarrafas pode não ser possível. Por outro lado, a pesca com puçás não é efetiva em rios de calha larga. Por isso, sempre que as dimensões e as profundidades nos pontos amostrais permitiram, foram priorizadas as artes de pesca que possibilitam uma padronização do esforço amostral, ou seja, os covos, as redes de espera e as tarrafas.

As capturas dos peixes foram feitas uma hora antes e durante o crepúsculo, (período de grande movimentação íctica) realizando-se 20 arremessos de tarrafas. Nas bases onde o rio torna-se mais largo e profundo (Bases 6 e 8, Guajuvira e Água Azul

respectivamente), também foram utilizadas redes e covos, durante um período de coleta de 24 horas.

As artes de pesca utilizadas no monitoramento para a captura dos peixes, bem como a metodologia individualizada, aplicada para cada base amostral, são descritas a seguir:

- Jogos de redes de espera (“*gillnet*”) com malhas de 2,0, 3,5 e 5,0 cm de distância entre nós adjacentes e 10 m de comprimento (Figura 11 A e B);
- Tarrafas lambarizeiras de 1,5 cm entre nós opostos e cerca de 9m de roda;
- Armadilhas do tipo covo, especialmente construídas para este fim (Figura 11A e B);
- Peneiras comuns, utilizadas para filtrar areia;
- Linha e anzol;
- Puçás.



Figura 11 (A e B) - Pesca com rede de espera e pesca com covo (armadilha).

• **BASE 0 (córrego GLP)** - em virtude do córrego GLP ser um ambiente diminuto, e por isto muito sujeito aos impactos de coletas intensivas, a coleta foi feita através da utilização de apenas um ou dois arremessos de tarrafa. Esse procedimento visou tornar as coletas o menos agressivas ao ambiente, minorando o fator de impacto às populações locais.

- **BASE 2 (Barigüi-Montante)** – a pequena profundidade somada à péssima qualidade da água e às enormes quantidades de detritos e lixo quase sempre presentes nesta base, bem como a quase inexistência de ictiofauna detectada ao longo do trabalho, indicaram a inviabilidade da utilização de redes ou de armadilhas. Desta forma, apenas tarrafas foram empregadas nesse ponto de coleta.

- **BASE 3 (arroio Saldanha)** – o fato do arroio Saldanha ser muito raso, estreito, e com baixo e intermitente fluxo de água, fez com que os métodos mais eficientes e menos agressivos para a coleta nesta fossem os puçás e as peneiras. Entretanto, quando as coletas foram realizadas após períodos de chuva, também, foi possível utilização de tarrafas.

- **BASE 5 (Iguaçu-Montante)** – todos os aspectos fisionômicos e fisiográficos tornam este ponto de coleta muito semelhante à BASE 2 (Barigüi-Montante), sendo utilizada, portanto, a mesma metodologia de coleta já especificada para aquela base.

- **BASE 6 (Guajuvira)** – neste ponto o rio Iguaçu mostra-se mais profundo e limpo que nos pontos anteriores, já sendo possível a utilização eficiente de redes e de armadilhas, embora a profundidade ainda não indique uma eficiente utilização da rede de 5,0 cm.

- **BASE 8 (Água Azul)** – este foi o ponto de coleta mais amplo e limpo, podendo ser utilizados todos os aparelhos de coleta previstos.

As redes de espera foram empregadas de modo a ficarem posicionadas paralelamente ao sentido do rio e com a extremidade à jusante livre. Esse é um procedimento amplamente utilizado, pois a correnteza tende a trazer detritos (e lixo sólido, neste caso) e exercer muita força contra as redes, danificando-as, bem como inibindo o aprisionamento dos peixes. Outrossim, as margens normalmente contêm uma maior abundância e diversidade, bem como há a ocorrência de migração lateral. Foram montadas próximas ao meio-dia (horário biológico) e retiradas após o crepúsculo vespertino do dia posterior, propiciando a coleta de espécies diurnas e noturnas, bem como a coleta em um dos horários sabidamente de maior atividade ictiológica, o crepúsculo.

Os covos foram utilizados sempre em um par por base.

A tarrafa foi utilizada em todas as Bases, sempre que possível, em número de vinte arremessos, sendo metade durante o dia e a outra metade durante o período noturno.

Deve-se salientar que, nos casos em que as técnicas sistematizadas não foram suficientes para a captura do número de indivíduos necessários para os estudos

histopatológicos, foram aplicados todos os outros métodos disponíveis, na tentativa de sua obtenção.

Depois de coletados, 10 exemplares (ou o número possível) das espécies escolhidas como indicadoras (*Corydoras paleatus* e *Astyanax* spp), para a retirada de parte do fígado e parte do segundo arco branquial (Figura 12), os excedentes foram acondicionados em sacos plásticos contendo formalina a 10% (igual a formol a 4%) e colocados em galões de estocagem. Após os trabalhos de campo, os galões contendo todos os exemplares coletados foram levados ao Grupo de Pesquisas em Ictiofauna do Museu de História Natural Capão da Imbuia (GPIc), da Prefeitura Municipal de Curitiba, onde foram identificados e tabulados, sendo analisados quanto à ocorrência, abundância e distribuição. Posteriormente, esses peixes foram oficialmente tombados na coleção ictiológica do Museu e lá ficaram depositados como contraprova das capturas.



Figura 12 - Fixação e acondicionamento de fígado e brânquias para histopatologia.

As amostras de fígado e brânquias retiradas no campo foram processadas no Laboratório de Histologia e analisadas no Laboratório de Ictiopatologia do GIA-UFPR.

A partir de janeiro de 2002 também foram aproveitados para estas análises exemplares de outras espécies menos abundantes e/ou menos freqüentes, e não predeterminadas. Tal procedimento foi adotado com o propósito de se obter uma melhor caracterização da comunidade como um todo.

Todos os exemplares que foram coletados em número maior que um, e não apresentaram nenhum problema de identificação taxonômica, tiveram alguns de seus

indivíduos aproveitados para as análises histopatológicas. Todos os demais seguiram o procedimento analítico de rotina.

Os animais utilizados no estudo histopatológico foram *Astyanax spp.* e *Corydoras paleatus*.

Em cada base de coleta foram capturados até 10 indivíduos, submetidos à secção medular, dos quais foram retirados o 2º arco branquial esquerdo e parte do fígado. Estes órgãos foram fixados em ALFAC. Após 24 h, as amostras foram transferidas para álcool 70º GL, sendo, posteriormente, submetido ao processamento de rotina (BEÇAK & PAULETE, 1976) no laboratório GIA, na Universidade Federal do Paraná.

Para o processamento histológico, todos os órgãos selecionados foram desidratados em série alcoólica crescente, diafanizados em xileno, com posterior impregnação e inclusão em parafina histológica purificada.

Os blocos foram trimados e seccionados em micrótomos, sendo realizados cortes de 4 µm, sendo corados com Hematoxilina de Harris e Eosina, para descrição de sua morfologia (HOROBIN & BANCROFT, 1998). As lâminas permanentes foram selecionadas e analisadas com o auxílio de um fotomicroscópio da marca Leica.

#### **4.4 NÍVEL DOS RIOS**

O nível dos rios envolvidos no trabalho foi estimado com base em dados do SIMEPAR - Sistema Meteorológico do Paraná. As medições fornecidas incluem três estações de leitura do SIMEPAR já existentes e mais próximas das bases de coleta deste trabalho: Ponte da Cachimba (rio Barigüi nas coordenadas UTM 7166046,45 e 22J 664986,44), próxima às bases 0 (GLP), 2 (Barigüi-Montante), 3 (Saldanha) e 5 (Iguaçu-Montante); Araucária (rio Iguaçu nas coordenadas UTM 7167580 e 22J 660872), após à desembocadura do rio Barigüi e entre às bases 5 (Iguaçu-Montante) e 6 (Guajuvira), mais próxima daquela; São Mateus do Sul (rio Iguaçu nas coordenadas UTM 7169308 e 22J 637400), na região da Base 8 (Água Azul).

#### **4.4 ANÁLISE DOS DADOS**

A maioria das análises estatísticas se valeu dos dados gerados individualmente em cada base amostral, os quais foram submetidos a testes de normalidade de Shapiro-Wilk.

Uma vez constatado que os dados não se adequavam a uma distribuição normal, os mesmos foram avaliados através da análise não-paramétrica de Mann–Whitney.

Devido ao fato de terem sido realizadas 11 capturas no ano de 2002, em relação às 12 efetuadas em 2001, elaborou-se previamente um fator de equivalência ( $f$ ) anual através do qual os números finais das capturas foram uniformizados entre os dois anos. Através destes é que as várias análises foram realizadas, principalmente as que utilizam os índices de diversidade, pois seus cálculos são baseados em somatórios e não em médias e isto poderia causar um grande desvio nos resultados.

Este fator foi determinado para cada espécie coletada e seu valor foi obtido através da seguinte equação:

$$f = (n/c) * 11,5$$

Onde:

$n$  = nº de exemplares capturados de cada espécie.

$C$  = nº de fases de campo do ano em questão.

11,5 = fator de uniformidade, sendo obtido pela média do número de coletas entre os anos trabalhados.

Com base nos resultados assim uniformizados, foram realizadas as análises estatísticas e ecológicas, tais como: avaliação de riqueza de espécies pelo Índice de Simpson (ODUM, 1988), Diversidade de Shannon-Weaver (WOOTTON, 1998) e Equitabilidade de Pielou (MAGURRAN, 1988).

Em relação à histopatologia, todos os espécimes foram examinados quanto à presença de alterações morfológicas branquiais (proliferação celular ou hiperplasia; fusão das lamelas secundárias; hipertrofia do epitélio respiratório; descolamento do epitélio respiratório ou edema; vacuolização; hemorragia; congestão sangüínea ou aneurisma; aumento de células de muco e desestruturação branquial) e hepáticas (hepatócitos intensamente eosinófilos com núcleo hiper cromático, degeneração gordurosa, vacuolização hidrópica, necrose, infiltração leucocitária, hemorragia, presença de melanomacrófagos e acúmulo de bilirrubina nos hepatócitos) (FERGUSON, 1995; BRASILEIRO-FILHO, 1994; e RIBELIN & MIGAKI, 1975), sendo estas patologias classificadas em ausente e presente. Estas classificações foram posteriormente convertidas nos valores 0 e 1, respectivamente relacionados.

Um índice relativo de impacto (IRI) para cada órgão, de cada peixe amostrado, foi determinado pelo somatório dos valores das patologias observadas daquele órgão (0 ou 1), dividido pelo número total de patologias consideradas para o órgão específico.

Índices relativos de impacto (IRI) foram comparados para as brânquias e os fígados dos peixes dos locais de coleta, através de testes estatísticos não-paramétricos; o Mann-whitney (Teste U) foi usado para comparar duas amostras independentes.

Kruskal-wallis (ANOVA) foi usado para comparar distribuição e mediana de mais de duas amostras (seguido por inspeção visual de um gráfico do tipo Boxplot, para identificar semelhanças entre amostras).

O nível de significância considerado neste relatório é  $p < 0,05$ . Todos os testes foram executados com o software Statistica 6.0 (StatSoft, Inc., 1998).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 ICTIOCENOSE

Ao final das 23 coletas mensais, foram capturados 35.031 exemplares, distribuídos em 6 ordens, 14 famílias e 46 espécies (Tabela 1).

Deste total de espécies capturadas, três foram consideradas exógenas à bacia do Iguaçu, embora sejam encontradas em bacias contíguas, e duas são consideradas realmente exóticas, cuja ordem não possui distribuição natural na região Neotropical.

Houve uma grande supremacia de *Corydoras paleatus* nas coletas, representando cerca de 91% das capturas absolutas, com 31.881 exemplares e corrigido pelo fator de equivalência para 89% ou 31.031 exemplares. Para se ter uma idéia mais precisa sobre o que isso representa, a segunda espécie mais abundante foi *Astyanax* sp. D, que contribuiu com 1.163 indivíduos, capturados ao longo de dois anos de coletas.

Tabela 1 - Resultados obtidos em 23 meses de coletas de peixes, no monitoramento dos rios Barigüi, Iguaçu e arroio Saldanha, no Paraná, de janeiro de 2001 a novembro de 2002.

CONTINUA

TÁXONS	2001		2002		TOTAL GERAL	TOTAIS (ORDENS e FAMÍLIAS)
	n	f	n	f		
<b>CHARACIFORMES</b>						2626
<b>CHARACIDAE</b>						2528
<i>Astyanax</i> sp.	34	33	98	102	132	
<i>Astyanax altiparanae</i>	1	1	15	16	16	
<i>Astyanax</i> sp. 1	0	0	1	1	1	
<i>Astyanax</i> sp. 2	0	0	6	6	6	
<i>Astyanax</i> sp. B	142	136	107	112	249	
<i>Astyanax</i> sp. C	15	14	56	59	71	
<i>Astyanax</i> sp. D	418	401	745	779	1163	
<i>Astyanax</i> sp. E	8	8	41	43	49	
<i>Astyanax</i> sp. F	1	1	2	2	3	
<i>Bryconamericus</i> sp.	8	8	0	0	8	
<i>Bryconamericus</i> sp. A	25	24	90	94	115	
<i>Bryconamericus</i> sp. B	5	5	7	7	12	
<i>Hyphessobrycon bifasciatus</i>	2	2	11	12	13	
<i>Hyphessobrycon griemi</i>	3	3	0	0	3	
<i>Hyphessobrycon reticulatus</i>	23	22	25	26	48	
<i>Mimagoniates microlepis</i>	36	35	577	603	613	
<i>Oligosarcus longirostris</i>	23	22	3	3	26	
<b>CRENUCHIDAE</b>						7
<i>Characidium</i> sp.	3	3	0	0	3	
<i>Characidium</i> sp. A	0	0	3	3	3	
<i>Characidium</i> sp. C (A1)	0	0	1	1	1	
<b>ERYTHRINIDAE</b>						83
<i>Hoplias malabaricus</i>	42	40	41	43	83	
<b>PARODONTIDAE</b>						3
<i>Apareiodon vittatus</i>	2	2	1	1	3	
<b>PROCHILODONTIDAE</b>						5
<i>Prochilodus lineatus</i>	1	1	4	4	5	

Tabela 1 - Resultados obtidos em 23 meses de coletas de peixes, no monitoramento dos rios Barigüi, Iguaçu e arroio Saldanha, no Paraná, de janeiro de 2001 a novembro de 2002.

CONCLUSÃO

TÁXONS	2001		2002		TOTAL GERAL	TOTAIS (ORDENS e FAMÍLIAS)
	n	f	n	f		
<b>CYPRINIFORMES</b>						7
COBITIDAE						6
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	3	3	3	3	6	
CYPRINIDAE						1
<i>Cyprinus carpio</i>	1	1	0	0	1	
<b>CYPRINODONTIFORMES</b>						276
POECILIIDAE						276
<i>Cnesterodon carnegiei</i>	0	0	6	6	6	
<i>Phalloceros caudimaculatus</i>	52	50	138	144	190	
<i>Poecilia vivipara</i>	0	0	80	84	80	
<b>GYMNOTIFORMES</b>						4
GYMNOTIDAE						4
<i>Gymnotus carapo</i>	1	1	3	3	4	
<b>PERCIFORMES</b>						237
CICHLIDAE						237
<i>Cichlasoma facetum</i>	1	1	0	0	1	
<i>Crenicichla iguassuensis</i>	1	1	0	0	1	
<i>Geophagus brasiliensis</i>	117	112	98	102	215	
<i>Tilapia rendalli</i>	1	1	19	20	20	
<b>SILURIFORMES</b>						31881
AUCHENIPTERIDAE						2
<i>Glanidium ribeiroi</i>	1	1	1	1	2	
CALLICHTHYIDAE						31623
<i>Callichthys</i> sp.	22	21	3	3	25	
<i>Corydoras</i> sp.	0	0	1	1	1	
<i>Corydoras ehrhardti</i>	235	225	219	229	454	
<i>Corydoras paleatus</i>	17340	16618	13786	14413	31126	
<i>Hoplosternum littorale</i>	4	4	13	14	17	
LORICARIIDAE						59
<i>Ancistrus</i> sp.	2	2	1	1	3	
<i>Hypostomus</i> sp.	2	2	1	1	3	
<i>Hypostomus derbyi</i>	15	14	21	22	36	
<i>Hypostomus myersi</i>	3	3	4	4	7	
<i>Hypostomus commersoni</i>	2	2	3	3	5	
<i>Rineloricaria</i> sp.	3	3	2	2	5	
PIMELODIDAE						197
<i>Pimelodus</i> sp.	2	2	4	4	6	
<i>Pimelodus ortmanni</i>	6	6	7	7	13	
<i>Rhamdia quelen</i>	86	82	92	96	178	
TOTAIS	18692	17913	16339	17082	35031	
<i>Sem Corydoras paleatus</i>	1352	1296	2553	2669	3905	

FONTE: O autor

NOTAS: 1- As espécies marcadas em verde são exógenas à bacia do Iguaçu, enquanto as em vermelho são exóticas à região neotropical.

2- n = número de indivíduos capturados de cada táxon; f = fator de equivalência anual, criado no sentido de se uniformizar os valores para as análises (colunas em cinza), sendo que para 2001;  $f=(n/12) \cdot 11,5$  e para 2002  $f=(n/11) \cdot 11,5$ .

O número de espécies coletadas foi o mesmo (46) nos dois anos de amostragens (2001 e 2002). Entretanto, apenas 80% dessas espécies (ou seja, 37) foram capturadas tanto em 2001, quanto em 2002.

O elevado número de exemplares de *C. paleatus* coletados, por sua vez, exigiu que os dados fossem sempre analisados de forma bastante criteriosa, para que eventuais distorções não ocorressem.

Na Figura 13 (A e B) estão representadas duas situações distintas, avaliadas a partir de um pressuposto comum: a correlação entre o número total de indivíduos de espécies capturadas tanto em 2001, quanto em 2002. A figura 13-A considera indistintamente todas as espécies igualmente capturadas nos dois anos analisados. Esta situação leva a um coeficiente de determinação ( $r^2$ ) de 0,995, porém com baixa significância estatística ( $p > 0,05$ ). No cenário 13-B a mesma situação é avaliada, porém sem a presença de *C. paleatus*. Neste caso, o  $r^2$  calculado cai para 0,597, porém essa passa a ser uma correlação bastante significativa ( $p < 0,001$ ).

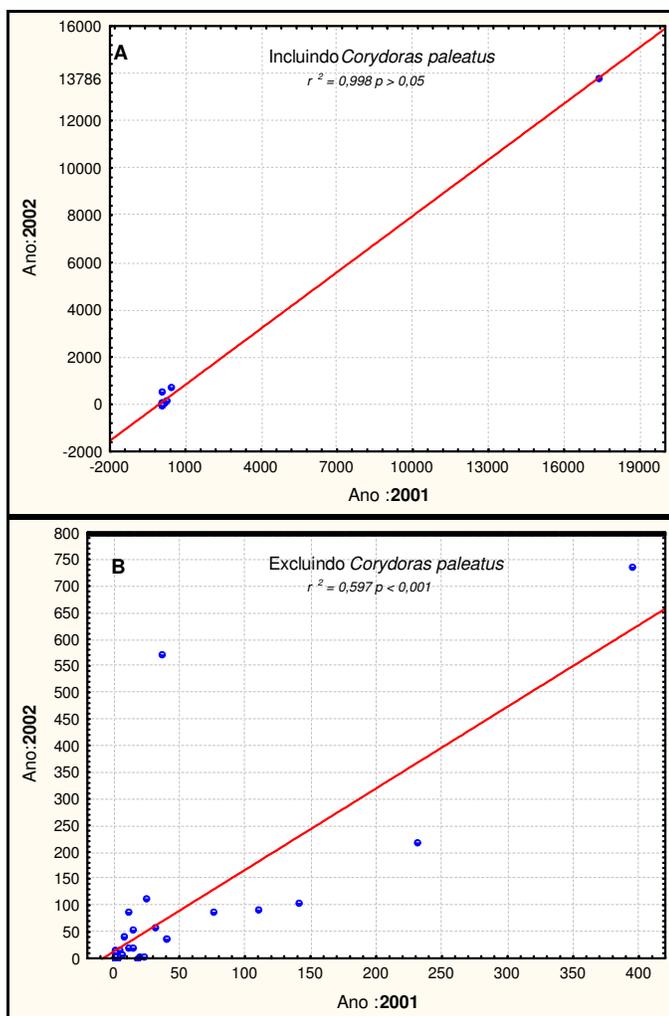


Figura 13 (A e B) - Correlação entre o número total de indivíduos de espécies que foram capturados tanto em 2001, quanto em 2002. A) dados totais, considerando indistintamente todas as espécies capturadas nos dois anos analisados e B) a mesma situação é avaliada, porém sem a presença de *Corydoras paleatus*.

Em outras palavras, quase 60% da variação do número de indivíduos capturados em 2002 pode ser explicada com base no número de indivíduos coletados previamente em 2001.

A figura aponta ainda a tendência geral de aumento nas capturas de peixes em 2002, se comparado a 2001, o que pode ser um importante indício da melhoria das condições gerais de vida nos ambientes aquáticos analisados.

## 5.2 HISTOPATOLOGIA

Não houve uma constância em relação às espécies indicadoras (*Corydoras paleatus* (Tabela 2) e *Astyanax* spp (

Tabela 5)) quanto ao número de espécimes coletados por base ao longo das 23 coletas realizadas.

As diferenças observadas entre a quantidade de as espécies coletadas em cada base devem-se, aparentemente, à sua distribuição natural no sistema fluvial estudado. Entretanto, a inexistência ou a baixa frequência de ocorrência dessas espécies indicadoras em determinadas bases amostrais, impossibilitaram a realização de uma análise criteriosa e comparativa entre todas as bases amostrais estabelecidas nos estudos populacionais, que juntamente com os estudos histopatológicos, compõe este trabalho.

*Corydoras paleatus* e as espécies de *Astyanax* só foram coletados em simpatria na Base 8 (Água Azul). Como os índices de impacto relativos (IRI) quantificados nos diferentes órgãos estudados, nesses dois grupos de peixes, foram significativamente diferentes em tal base, e como tais espécies ocupam nichos diferentes dentro do ambiente aquático, optou-se por analisar separadamente os resultados apresentados por cada uma delas ao longo deste trabalho.

Tabela 2 - Demonstrativo do número de indivíduos de *Corydoras paleatus* analisados ao longo de 23 meses de coleta do monitoramento (2001-2002).

<b>Estação/Ano</b>	<b>Base 5</b>	<b>Base 6</b>	<b>Base 8</b>
Verão / 01	14	13	13
Outono / 01	10	25	25
Inverno / 01	6	15	20
Primavera / 01	16	17	16
Verão / 02	1	15	20
Outono / 02	0	29	30
Inverno / 02	2	20	29
Primavera / 02	7	16	19
<b>TOTAL</b>	<b>56</b>	<b>106</b>	<b>172</b>

### ***Corydoras paleatus***

Essa espécie esteve presente em praticamente todas as coletas nas bases amostrais: base 5 (Iguaçu-montante), 6 (Guajuvira) e 8 (Água Azul) onde, em muitos casos, foi praticamente a única espécie coletada.

Para efeito de análises histológicas, foram coletados e processados 391 indivíduos, representando uma média de 6 indivíduos por coleta. Não foram observadas proliferações tumorais na superfície externa ou em órgãos internos dos animais utilizados para análises de alterações histopatológicas.

As alterações branquiais encontradas em maior proporção de indivíduos em *C. paleatus* (Tabela 3) foram descolamento do epitélio respiratório, seguidas de proliferação

celular, hipertrofia do epitélio respiratório, vacuolização das células do epitélio, fusão das lamelas secundárias, congestão ou aneurisma e aumento das células de muco.

Tabela 3 -Porcentagem de indivíduos apresentando as diferentes patologias presentes em brânquias de *Corydoras paleatus*, nas diferentes bases de coleta (2001-2002).

<b>Patologias</b>	<b>Base 5</b>	<b>Base 6</b>	<b>Base 8</b>
Proliferação celular ou hiperplasia	29%	63%	38%
Fusão das lamelas secundárias	24%	26%	19%
Hipertrofia do epitélio respiratório	49%	64%	35%
Descolamento do epitélio ou edema	80%	55%	49%
Vacuolização	35%	49%	25%
Hemorragia	4%	1%	2%
Desestruturação branquial	12%	4%	4%
Congestão sangüínea ou aneurisma	22%	15%	6%
Aumento de células de muco	10%	2%	11%

Os IRI (brânquias) quantificados para *Corydoras paleatus*, durante os 23 meses de monitoramento, foram menores nos indivíduos coletados na Base 8 (Água Azul), e esta diferença foi significativa em relação aqueles quantificados nas Bases 5 (Iguaçu-Montante) e 6 (Guajuvira), (Figura 14). Por outro lado, os IRI (fígado), considerando igualmente todo o período de vigência desta avaliação, foram menores nos peixes amostrados na Base 6, e esta diferença foi significativa em comparação com os índices relativos de impacto das Bases 5 e 8, ( Figura 15).

Diferenças estatísticas significativas entre locais só foram observadas no outono (Base 8) e na primavera (todos os locais significativamente diferentes) de 2001, verão (Base 5), outono e inverno (Bases 6 e 8) e primavera (Base 6) de 2002.

Não houve diferença significativa no IRI (brânquias) médio dos peixes coletados nas bases 6 e 8 até a primavera de 2001.

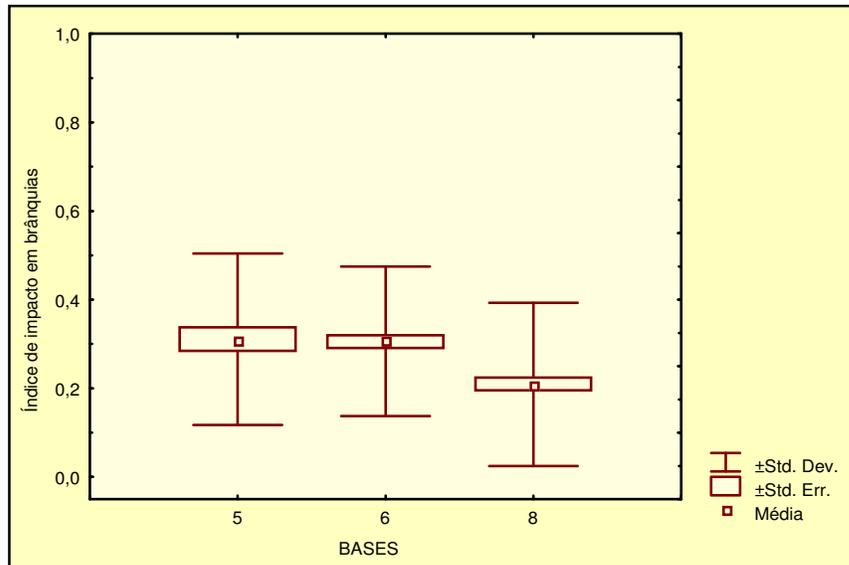


Figura 14 - Índices de impacto relativo sobre as brânquias de *Corydoras paleatus*, coletados nas bases 5, 6 e 8 durante os meses de janeiro de 2001 a novembro de 2002.

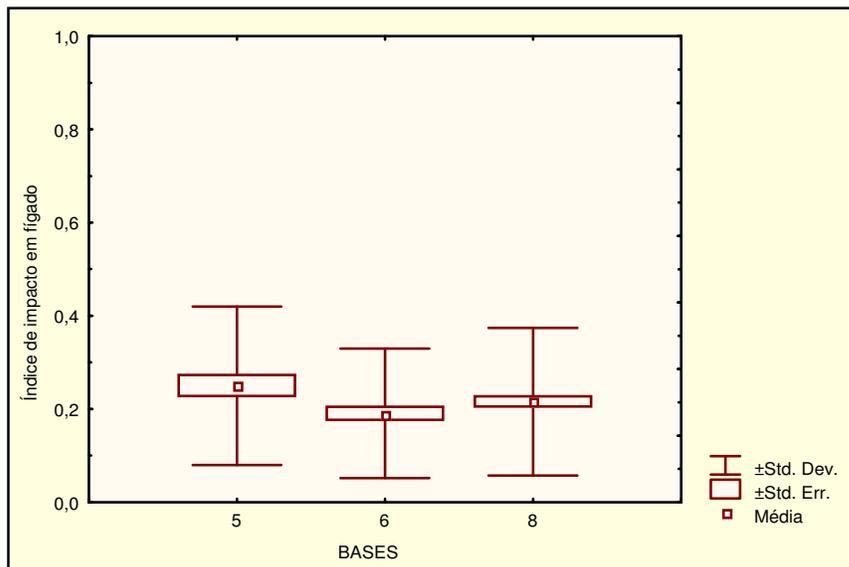


Figura 15 - Índices de impacto relativo sobre o fígado de *Corydoras paleatus*, coletados nas bases 5, 6 e 8 durante os meses de janeiro de 2001 a novembro de 2002.

As variações temporais dos IRI(brânquias) observadas para cada base foram estatisticamente significativas. Houve, ainda, um padrão notavelmente semelhante de variação temporal do IRI (brânquias) de peixes coletados nestes locais durante todo o período de estudo. Todas as bases apresentaram uma redução do IRI(brânquias) até primavera/ verão

de 2001/2002. Nas Bases 5 e 6, houve um pequeno aumento no IRI(brânquias) nos primeiros meses de 2002 e uma forte diminuição durante a segunda metade desse ano, período final de realização das coletas.

A alteração hepática mais prevalente nos espécimes de *Corydoras paleatus* analisados foi a necrose, seguida de hemorragia, infiltração leucocitária, melanomacróforo, hepatócitos eosinofílicos, acúmulo de bilirrubina nos hepatócitos, degeneração gordurosa e degeneração hidrópica (Tabela 4).

Tabela 4 - Porcentagem de indivíduos apresentando as diferentes patologias presentes em fígado de *Corydoras paleatus* nas diferentes bases de coleta (2000-2001).

<b>Patologias</b>	<b>Base 5</b>	<b>Base 6</b>	<b>Base 8</b>
Hepatócitos intensamente eosinófilos	19%	12%	8%
Infiltração leucocitária	31%	38%	26%
Necrose	67%	45%	39%
Degeneração gordurosa	13%	10%	8%
Vacuolização hidrópica	4%	7%	11%
Hemorragia	46%	38%	34%
Presença de melanomacróforos	27%	3%	27%
Acúmulo de bilirrubina nos hepatócitos	6%	1%	21%

Com exceção do IRI (fígado) dos peixes capturados na Base 8 (Água Azul), no outono de 2001, os valores observados em cada estação do ano não apresentam nenhuma diferença significativa entre as bases. O IRI(fígado) médio da Base 6 foi menor do que aqueles observados para as Bases 5 e 8, quando todas as datas de coleta foram consideradas conjuntamente.

A variação temporal dos IRI (fígado) foi estatisticamente significativa para todas as três bases. De uma forma geral, os IRI (fígado) apresentaram uma forte tendência de redução durante o período de estudo.

### ***Astyanax* spp**

Um total de 325 espécimes foram analisados ao longo destes 23 meses de monitoramentos. Espécimes de *Astyanax* só foram sistematicamente coletados em 3 das 6 bases amostrais avaliadas: no arroio Saldanha (Base 3), no córrego GLP (Base 0) e em apenas uma das bases localizadas no Rio Iguaçu (Base 8-Água Azul) (

Tabela 5).

Tabela 5 - Demonstrativo do número de indivíduos de *Astyanax* spp analisados ao longo dos 23 meses de coleta de monitoramento (2000-2001).

<b>Estação/Ano</b>	<b>Base 0</b>	<b>Base 3</b>	<b>Base 8</b>
Verão / 01	6	0	0
Outono / 01	10	14	24
Inverno / 01	11	8	12
Primavera / 01	5	9	20
Verão / 02	10	8	11
Verão / 02	8	27	26
Outono / 02	21	26	25
Inverno / 02	10	14	20
<b>TOTAL</b>	<b>81</b>	<b>106</b>	<b>138</b>

O número de espécimes capturados em cada base variou de 1 a 10 (média = 6). Apenas esporadicamente, espécimes de *Astyanax* spp foram capturados na Base 5 (Iguaçu-Montante) e 6 (Guajuvira), todavia, em número insuficiente para permitir qualquer tipo de análise. Outro fator a ser considerado é que a taxonomia deste gênero é bastante complexa, existindo provavelmente 6 espécies não descritas de *Astyanax* nesta porção do Rio Iguaçu e seus tributários (*L. F. DUBOC, comunicação pessoal*). Porém, como os hábitos e os habitats dessas espécies são comuns entre si, elas foram analisadas em conjunto e tratadas como *Astyanax* spp.

Tabela 6 - Porcentagem de indivíduos apresentando as diferentes patologias presentes em brânquias de *Astyanax* spp em três diferentes bases de coleta (2000-2001).

<b>Patologias</b>	<b>Base 0</b>	<b>Base 3</b>	<b>Base 8</b>
Proliferação celular ou hiperplasia	14%	47%	23%
Fusão das lamelas secundárias	4%	25%	12%
Hipertrofia do epitélio respiratório	20%	52%	13%
Descolamento do epitélio ou edema	39%	46%	25%
Vacuolização	6%	25%	6%
Hemorragia	1%	1%	0
Desestruturação branquial	3%	1%	3%
Congestão sangüínea ou aneurisma	1%	10%	10%
Aumento de células de muco	0	0	0

A alteração branquial mais prevalente nos indivíduos analisados (Tabela 6) foi hipertrofia do epitélio respiratório, seguida de proliferação celular ou hiperplasia, descolamento do epitélio respiratório, fusão das lamelas secundárias, vacuolização, congestão ou aneurisma, desestruturação das lamelas primárias, hemorragia e aumento do número de células de muco.

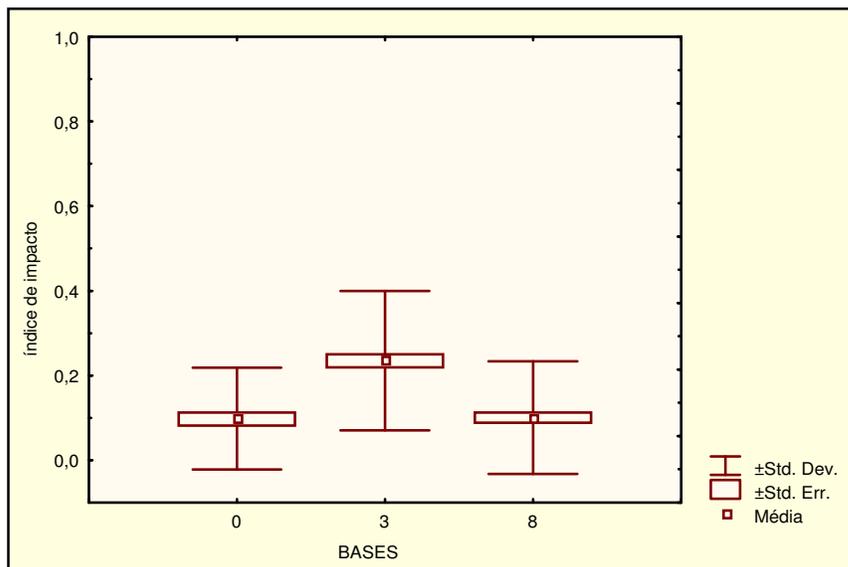


Figura 16 - Índices de impacto relativo sobre as brânquias de *Astyanax* spp, coletados nas bases 0, 3 e 8 durante os meses de janeiro de 2001 a novembro de 2002.

A variação temporal do IRI(brânquias) para as espécies de *Astyanax* analisadas demonstrou não haver variação estatística significativa em nenhuma das bases analisadas. O IRI(brânquias) calculado para peixes das Bases 0 e 8 não variaram de forma significativa na maioria das estações do ano, enquanto os valores observados para peixes da Base 3 (arroyo Saldanha) foram mais elevados e apresentaram diferença estatística durante grande parte do período de amostragem, o que indica a presença de agente impactante no local (Figura 16). Ao final do período de coleta, as curvas de variação temporal das três bases eram estatisticamente iguais.

A patologia hepática mais comum observada nas espécies de *Astyanax* foi a infiltração inflamatória, seguida a distância pela degeneração gordurosa (Tabela 7).

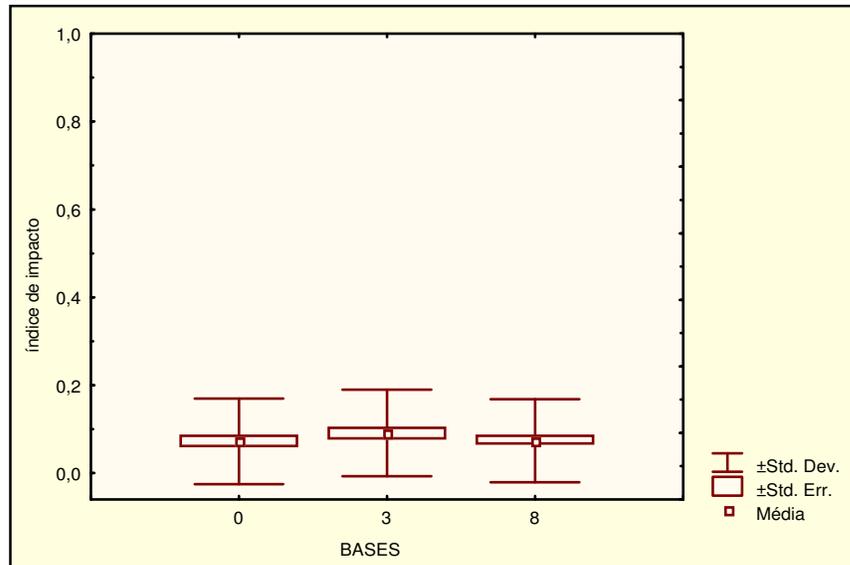


Figura 17 - Índices de impacto relativo sobre o fígado de *Astyanax spp*, coletados nas bases 0, 3 e 8 durante os meses de janeiro de 2001 a novembro de 2002.

Os IRI(fígado) agrupados e quantificados para este grupo de peixes não diferiram estatisticamente entre bases comparáveis (Figura 17).

Os IRI(fígado) das bases estudadas não apresentaram diferença estatística nem quando todas as datas de coleta são agrupadas e nem quando estas são apenas agrupadas segundo as estações do ano.

Não há suporte estatístico que indique a existência de variação temporal dos IRI(fígado) de peixes capturados nas Bases 3 e 8 - apenas a curva de variação temporal de IRI(fígado) de peixes da Base 0 foi significativa.

Tabela 7- Porcentagem de indivíduos apresentando as diferentes patologias presentes em fígado de *Astyanax spp* nas diferentes bases de coleta (2000-2001).

Patologias	Base 5	Base 6	Base 8
Hepatócitos intensamente eosinófilos	1%	1%	2%
Infiltração leucocitária	18%	53%	38%
Necrose	6%	5%	7%
Degeneração gordurosa	14%	0	3%
Vacuolização hidrópica	1%	3%	0
Hemorragia	7%	7%	4%
Presença de melanomacrófagos	3%	2%	1%
Acúmulo de bilirrubina nos hepatócitos	8%	1%	4%

### 5.3 PARÂMETROS ABIÓTICOS MONITORADOS

Dentre todos os parâmetros abióticos monitorados mensalmente, aqueles que apresentaram variações consideradas como mais significativas em termos biológicos foram: oxigênio dissolvido, pH e temperatura (figuras 14, 15 e 16).

Em 2001, as maiores concentrações de oxigênio dissolvido na água ocorreram nos meses de junho e julho, dois meses em que a pluviosidade foi bastante superior a média histórica da região. Contudo, os valores máximos diferiram bastante de acordo com a base amostral considerada. Em 2002, os picos de oxigênio não ocorreram de forma sincronizada em um único mês. Na Base 0 (córrego GLP), o maior valor ocorreu em agosto, na Base 8 (Água Azul), o valor mais elevado foi verificado em abril e nas demais bases em novembro.

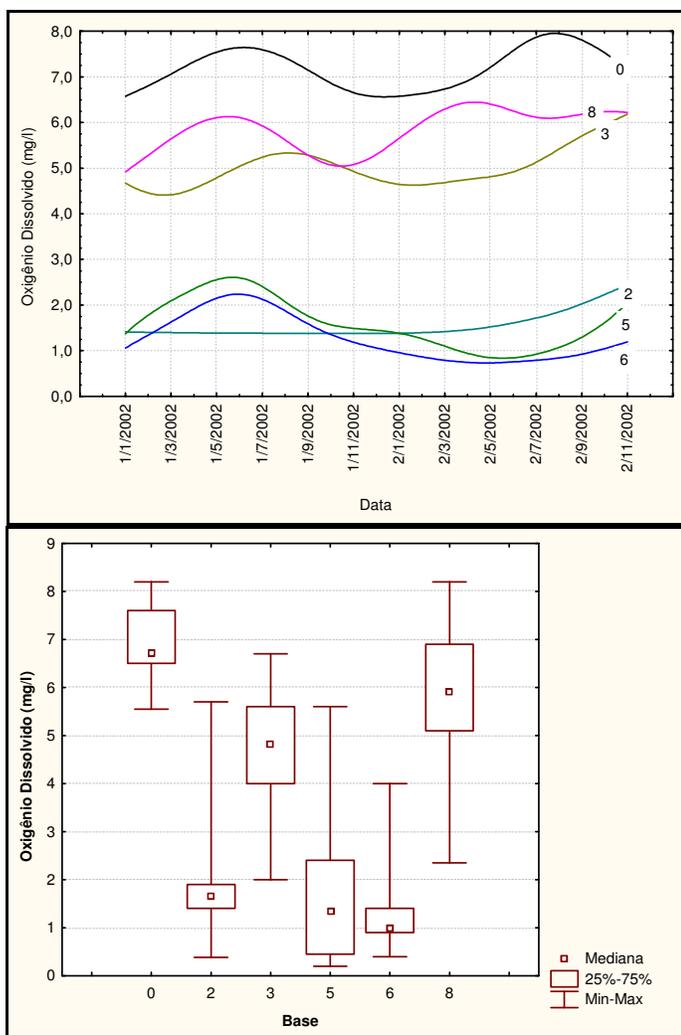


Figura 18 (A e B) - Variação mensal e total das concentrações de oxigênio dissolvido na água, nas diferentes bases. A) Gráfico da evolução e B) Amplitude, Boxplot.

Ainda em relação ao oxigênio dissolvido, as bases amostrais podem ser agrupadas em dois “blocos” distintos. O primeiro, composto pelas Bases 0 (córrego GLP), Base 3 (arroyo Saldanha) e Base 8 (Água Azul), que apresentaram concentrações de oxigênio dissolvido variando entre 4,5 e 8 mg/l, e o segundo, composto pelas demais bases amostrais; Base 2 (Barigüi-Montante); Base 5 (Iguaçu-Montante) e Base 6 (Guajuvira), onde a concentração de oxigênio dissolvido sempre esteve abaixo de 3 mg/l (Figura 18 (A e B)).

O pH da água variou entre 7,0 e 8,2, embora 75,3% dos dados coletados tenham se situado entre 7 e 8, limites reconhecidamente dentro da faixa de conforto para a grande maioria de peixes de água doce. Em geral, as maiores amplitudes de pH ocorreram em ambientes mais rasos, como na Base 0 (córrego GLP - Figura 19 (A e B)).

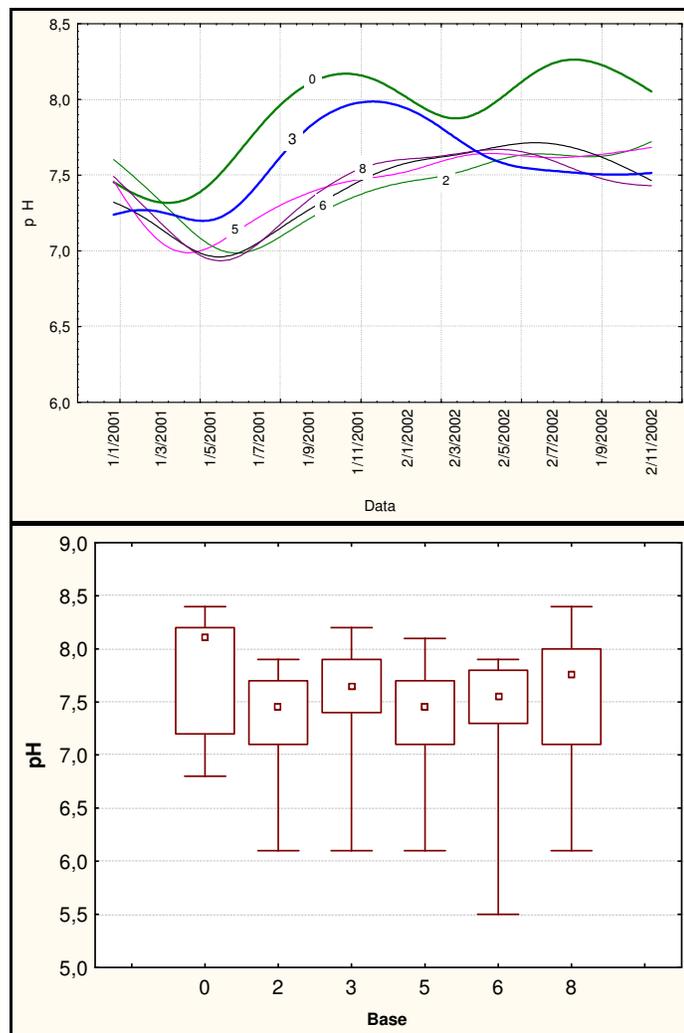


Figura 19 (A e B) - Variação mensal e total do pH da água nas diferentes bases amostrais. A) Gráfico da evolução e B) Amplitude, Boxplot.

A mesma tendência pode ser observada em relação à temperatura, variável de mais marcante sazonalidade. As maiores variações ocorreram em corpos d'água mais rasos. Na Base 0 (córrego GLP), a amplitude de temperatura chegou a 6,8 °C, durante o período monitorado, enquanto na Base 3 (Iguaçu - Montante) não passou de 4,7 °C.

As menores temperaturas de 2001 ocorreram durante o mês de julho, enquanto em 2002 ocorreram em agosto. A temperatura média da água em 2001, considerando todas as amostragens realizadas, ficou em 19,3 °C, enquanto em 2002 o valor médio subiu para 20,2 °C (Figura 20 (A e B)).

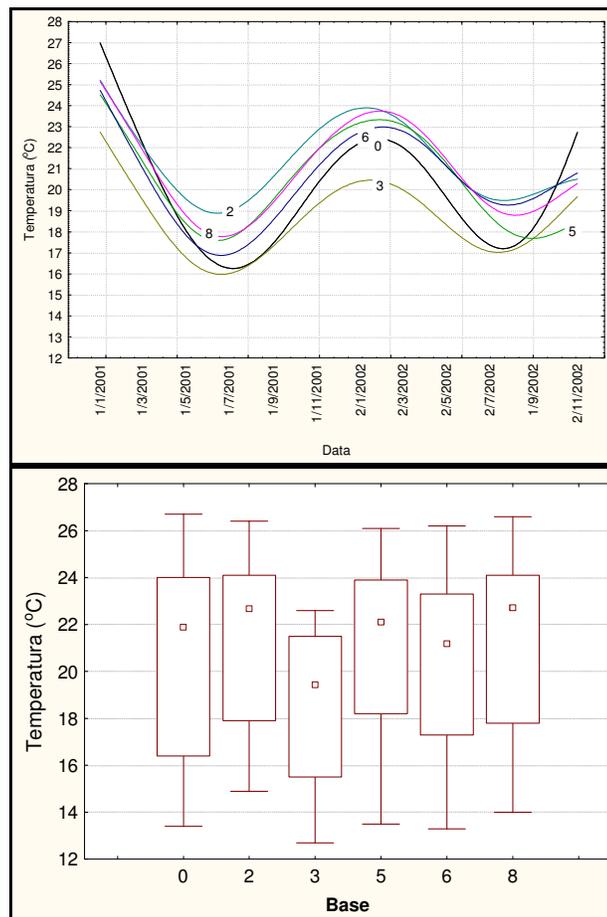


Figura 20 (A e B) - Variação mensal e total da temperatura da água, nas diferentes bases amostrais (2001 à 2002). A) Gráfico da evolução e B) Amplitude, Boxplot.

Com base em análises comparativas entre parâmetros bióticos e abióticos monitorados, observou-se que nem o pH, a concentração de oxigênio dissolvido na água, a temperatura da água, a pluviosidade, ou mesmo o nível médio dos rios nas áreas

monitoradas, apresentaram relações muito expressivas, que pudessem explicar as variáveis bióticas (capturas) obtidas no trabalho.

Os coeficientes de determinação ( $r^2$ ) obtidos entre esses parâmetros e o número mensal de indivíduos capturados nunca foram superiores a 0,11. Ou seja, isoladamente os parâmetros abióticos considerados nunca apresentaram um nível de explicação em relação ao número de indivíduos capturados superior a 11%. No entanto, há que se ressaltar que tais parâmetros com exceção da pluviosidade e do nível do rio (cujos dados foram fornecidos pelo SIMEPAR), eram coletados apenas por ocasião da coleta de peixes.

A tomada contínua de informações abióticas nas bases monitoradas, apesar de desejada, é quase que impraticável, fato que dificulta sobremaneira uma avaliação mais precisa sobre a influência desses fatores sobre a diversidade e sobre a abundância de peixes nas bases monitoradas.

Mesmo assim, as análises dos principais parâmetros abióticos monitorados revelam padrões importantes de variações sazonais e/ou espaciais.

A existência de grandes diferenças entre as bases amostrais consideradas, principalmente no que se refere às concentrações de oxigênio dissolvido, não foi algo aleatório, mas sim caracterizou um padrão que se repetiu continuamente ao longo do tempo. Neste caso, as piores condições da água foram sempre quantificadas nas bases amostrais mais próximas à Região Metropolitana de Curitiba e que recebem influência direta dos efluentes aportados aos sistemas, não sendo possível estabelecer relações entre a má qualidade da água (em termos das variáveis abióticas monitoradas) e o derramamento de óleo ocorrido em julho de 2000.

As concentrações de oxigênio dissolvido na água dependem de vários fatores, alguns intrínsecos às características fisiográficas e fisionômicas do próprio corpo d'água, como o tamanho do rio, presença de vegetação ribeirinha e/ou aquática, quedas d'água, etc. Outros fatores são de natureza ou influência externa, como poluição, quantidade de matéria orgânica, proteção à insolação direta por cobertura vegetal, assoreamento, etc.

Assim sendo, o padrão observado era algo previsível, uma vez que todas as áreas que envolvem as bases 2 (Barigüi-Montante) e 5 (Iguaçu-Montante) estão situadas dentro da Região Metropolitana de Curitiba, cuja alta densidade demográfica e dinâmica antrópica, inegavelmente levam a corpos de água muito alterados como uma de suas consequências (COMEC, 1998).

Deve-se considerar, também, que o trabalho foi realizado de montante para jusante, com as bases distribuídas dentro de um transecto aproximado de 150 km da bacia do rio Iguaçu, começando na região próxima às suas cabeceiras. A região das cabeceiras é constituída basicamente por corpos d'água de pequeno porte, o que naturalmente os torna

mais suscetíveis a alterações de suas características abióticas de forma diretamente relacionada às alterações meteorológicas e climáticas.

A ictiofauna sofre todas estas influências e sua presença nestes locais pode estar relacionada ao estado de impacto local e regional (imediate e histórico) cujos resultados poderão não indicar nenhuma lógica natural ou relação causal com algum fator específico atuando sobre o meio, mas sim a somatória de vários fatores interagindo no tempo e no espaço.

#### **5.4 PARÂMETROS BIÓTICOS MONITORADOS**

A comparação interbases é interessante e se mostrou útil do ponto de vista da compreensão geral do “sistema Alto Iguaçu” e da distribuição longitudinal de sua diversidade ictiológica. Dentre outras aplicações, a análise entre bases permitiu o acompanhamento da evolução da qualidade das águas do rio Iguaçu com base no estudo da variação temporal e de sua diversidade ictiofaunística dentre todos os pontos de estudo.

De maneira geral, foi constatado que, com o aumento das chuvas e por conseguinte também do nível dos rios, houve uma natural e esperada diminuição na eficiência das capturas. Isso não significa que o número de peixes nos rios diminua, mas simplesmente que a sua captura se torna tecnicamente mais complexa.

Uma clara diminuição no número de indivíduos coletados é particularmente visível em ambientes mais homogêneos e menos alterados. Isto fica claro para as Bases 6 (Guajuvira) e 8 (Água Azul), menos claro nas bases 0 (GLP), 3 (Saldanha) e não avaliado na 2 (Barigüi-Montante). O oposto ocorre na Base 5 (Iguaçu-Montante). A análise da Base 2 (Barigüi-Montante) ficou impossibilitada devido à completa ausência de ictiofauna capturada neste ponto do rio Barigüi durante os 23 meses de trabalho. Outrossim, na Base 5 (Iguaçu-Montante) ocorreu exatamente o oposto. O aumento da pluviosidade sendo diretamente proporcional ao aumento no número de peixes e táxons capturados. Este fato parece estar diretamente relacionado ao extravasamento de uma cava próxima, cujo canal está a montante dos pontos de captura. Percebeu-se uma grande similaridade entre as faunas capturadas na cava e na calha do rio Iguaçu neste ponto. Adicionalmente, a fauna coletada neste ponto é de ocorrência pouco comum na calha do rio (*e. g.*: *Hyphessobrycon griemi*, *Hyphessobrycon bifasciatus* e *Cichlasoma facetum*), sendo de ocorrência normalmente comum em pequenos riachos, lagos, cavas e porções remansosas de águas limpas e com vegetação ripária e/ou macrófitas aquáticas. Essa composição ictiofaunística aparentemente

não tem condições de sobreviver na calha do rio Iguaçu neste ponto de coleta devido às péssimas condições locais de suas águas.

A Base 0 (córrego GLP) não possui muito significado de comparação com as bases localizadas nos rios Barigüi e Iguaçu, pois provém de um regato oriundo de um dreno que agrega águas pluviais coletadas na área dos reservatórios de gás da REPAR. Suas características, entretanto, apresentaram coerência com as prováveis características do arroio Saldanha antes do acidente. Os resultados obtidos nesta base foram coerentes com o que seria esperado para um corpo d'água com suas dimensões e peculiaridades.

A Base 2 (Barigüi-Montante) está entre as que apresentam as piores condições ambientais (junto com as bases 5 e 6). Não é por acaso que não tenha apresentado nenhuma captura, ou seja, que nenhum peixe tenha sido coletado nessa base nas 23 fases de campo. Observando-se o gráfico da Figura 13 pode-se perceber os baixos e freqüentes níveis médios de oxigênio dissolvido (O.D.) que caracterizam essa base. As eventuais elevações destes níveis estão normalmente associadas à ocorrência de chuvas, já que se trata de um riacho de cabeceira muito suscetível às influências dos fatores climáticos.

A Base 3 (arroio Saldanha) apresentou, segundo os parâmetros abióticos monitorados, uma melhor qualidade ambiental apenas comparáveis à Base 8, embora ainda seja possível constatar a existência de óleo presente no solo e, ocasionalmente, na água, situação que foi sendo continuamente mitigada com o passar do tempo, do início ao fim dos trabalhos. Esta região foi toda muito alterada na época do acidente, tanto pelo óleo derramado, quanto pela ação direta das equipes de limpeza, tendo sofrido grande impacto direto, inclusive por intensivos desmatamentos. Em compensação, essa base está situada em uma região preservada e de entrada proibida, o que vem favorecendo a recuperação ambiental da área. Essa foi a base que demonstrou a maior evolução da situação ictiofaunística nos 23 meses de coletas.

A Base 5 (Iguaçu-Montante) é mais uma que está localizada em região sob impacto direto das influências antrópicas, por estar situada dentro de uma região urbanizada. Apesar de apresentar águas de péssima qualidade (fato ratificado pelas baixas concentrações de O.D. no local e por um forte e persistente odor exalado a partir da água), as características ambientais do rio Iguaçu nesta região foram freqüentemente afetadas pelas chuvas e pela alteração física de suas margens. Nesse ponto, a elevação do nível das águas pelo aumento da pluviosidade contribui para minorar o problema das baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água, o que *per se* já pode criar condições mínimas para a existência de peixes no local. Além disso, as chuvas freqüentemente levam ao transbordamento da água presente nas cavas de areia situadas às margens do rio Iguaçu,

com a conseqüente carreação das águas em melhores condições, bem como de vários indivíduos de algumas espécies de ocorrência atípica na calha do rio nesta região.

Algumas cavas foram avaliadas no início dos trabalhos e comprovaram as boas condições ambientais e a presença de tais espécies, muitas das quais acabaram sendo capturadas no próprio rio durante os trabalhos de monitoramento.

Além do aumento das concentrações de oxigênio dissolvido em função das chuvas, a presença de algumas espécies no local está relacionada à sua fisiologia. Alguns peixes freqüentemente encontrados foram *Corydoras paleatus* e *Callichthys* sp., espécies que possuem capacidade acessória de respiração aérea. Este fato não é nenhuma surpresa, visto que de modo geral a qualidade da água do rio Iguaçu neste ponto é tão ruim quanto à do rio Barigüi na Base 2 (Barigüi-Montante), a despeito deste ponto não ter sofrido influências do óleo derramado, por estar situado a montante do ponto de vazamento.

Na Base 6 (Guajuvira), o rio Iguaçu já apresenta uma calha bastante larga, em relação às bases anteriores, embora com águas ainda muito comprometidas pelos efluentes aportados ao sistema. As influências da pluviosidade e dos fatores antrópicos são menores neste ponto, embora continuem se fazendo presentes. Aqui está situada a primeira base de coleta posterior à confluência do rio Barigüi com o Iguaçu, em que os dois corpos em adiantado estado de degradação se somam. De fato, o estado da água neste ponto é quase sempre ruim, com pouco de oxigênio dissolvido e muitos dejetos e detritos flutuantes.

A partir deste ponto, se tornam temerárias quaisquer tentativas de relacionamento direto da evolução do estado da ictiofauna ao impacto causado pelo vazamento de óleo, pois o adiantado estado de degradação das águas somado às constantes interações de cunho antrópico direto e indireto dificultam as interpretações, para o que seriam necessárias mais análises e mais específicas. Outrossim, o impacto tende a diminuir com a distância do vazamento e com o tempo, e este ponto já está localizado a jusante do acidente. Nessa base, constatou-se que houve um claro aumento na variação de capturas efetuadas em 2002, em relação a 2001.

A Base 8 (Água Azul), embora de águas mais limpas e bem mais distante do foco do vazamento, está situada em um areal. Este fato, per si, já indica a possibilidade de existência de impacto de origem antrópica, embora as atividades de extração tenham sido paralisadas em meados do primeiro semestre de 2001. Nesse ano, as populações de *Corydoras paleatus* parecem ter experimentado um aumento significativo, bem como parece ter havido uma redução na abundância das demais espécies de peixes existentes no local. Esta tendência se reverteu levemente em 2002. Uma análise de correlação realizada entre os números de indivíduos e de gêneros capturados até a fase 18 apresentou coeficiente de determinação ( $r^2$ ) da ordem de -0,51, indicando que o aumento no número de indivíduos

coletados possui elevada influência na diminuição da representatividade de outros gêneros, o que se torna claro com a observação de que a representatividade do gênero *Corydoras* (particularmente *Corydoras paleatus*, já que a espécie *Corydoras ehrhardti* é bem menos abundante – embora freqüente - nas capturas) nas coletas foi da ordem de 80 a 95% de todos os indivíduos coletados entre todas as espécies.

Após o encerramento das atividades do areal apareceram mais freqüentemente indivíduos dos gêneros *Mimagoniates* e *Bryconamericus*, entre outros, ilustrando em parte o que foi discutido para a base anterior. Entretanto, por ser um ambiente em melhores condições gerais, bem como por ser um corpo d'água de maiores dimensões, tende a sofrer influências menos agudas das variáveis climáticas e ambientais de importância para a ictiofauna, tais como temperatura, oxigênio dissolvido e pH. Possivelmente essa maior estabilidade explique as capturas mais ou menos uniformes ocorridas em 2001 e em 2002.

Em termos gerais, as bases amostrais puderam ser agrupadas em três grupos distintos:

1) O grupo que envolve as duas bases localizadas na área da REPAR (Base 0 (córrego GLP) e a Base 3 (arroio Saldanha)): neste caso, a baixa profundidade e o pequeno volume dos corpos d'água são fatores limitantes à presença de um número maior de táxons nesses ambientes (Figura 21). Neste caso, não houve diferença significativa entre o número de táxons presentes nessas bases ao final do período de monitoramento, o que sugere uma tendência de recuperação da fauna ictiológica do arroio Saldanha após o acidente.

2) O grupo que engloba as bases 5 (Iguaçu-Montante) e 6 (Guajuvira), em que a má qualidade geral da água é o fator que limita a presença de um maior número de táxons nessa área, ainda que a calha do rio favoreça uma maior diversidade do que a encontrada. A Base 2 (Barigüi-Montante) poderia ser incluída também neste grupo, porém, a má qualidade da água nesse ponto atinge seu limite extremo, chegando a ponto de impossibilitar a presença de espécies de peixes no local.

3) A Base 8 (Água Azul), onde o rio Iguaçu comprova a sua imensa capacidade de autodepuração, o que, somado a sua maior calha e ao distanciamento da região metropolitana de Curitiba, possibilita a ocorrência de um número significativamente superior de espécies, gêneros, famílias e ordens de peixes em suas águas.

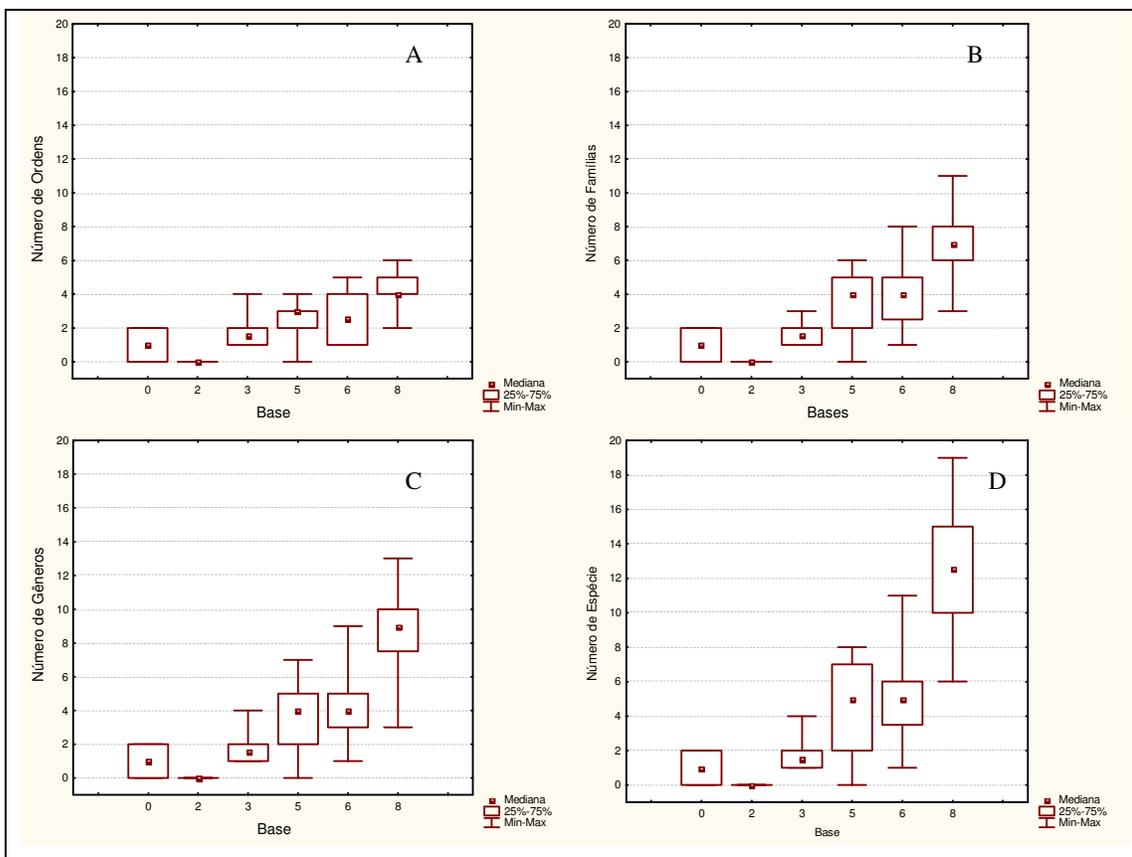


Figura 21 - Síntese descritiva dos táxons capturados em cada uma das bases amostrais, ao longo do monitoramento ictiológico realizado de jan. de 2001 à nov. 2002.

## 5.5 COMPREENSÃO DO SISTEMA

Os trabalhos de monitoramento foram realizados na forma de um transecto longitudinal na bacia do rio Iguaçu. Sua área abrangeu cerca de 150 km de leste para oeste (distância aproximada, por rodovia, entre as Bases 0 a 8), incluindo a parte final da micro-bacia do rio Barigüi.

É esperado para qualquer região (MATTHEWS, 1998), mas particularmente para a região Neotropical e o Brasil (CASTRO, 1999), que o número de espécies aumente de montante para jusante nas bacias, devido ao crescente incremento no número de habitats e micro-hábitas disponíveis, bem como a um aumento na estabilidade do meio, principalmente pela diminuição dos gradientes. Isto freqüentemente leva ao aumento da riqueza e diversidade em ambientes naturais inalterados, e possivelmente também a uma maior equitabilidade de distribuição.

Tais fatos também foram verificados neste trabalho, entretanto, com algumas nuances. A riqueza das espécies (Figura 22), bem como sua abundância (Figura 23) tenderam a aumentar, com o aumento da calha dos cursos d'água, embora a Base 6 (Guajuvira) pareça contrariar essa tendência em relação à Base 5. Porém, não se deve esquecer que: a) ambas apresentam baixa qualidade ambiental e níveis de oxigênio dissolvido limitantes à presença de um maior número de espécies; b) que a Base 5 (Iguaçu-Montante) está associada a uma cava repositora. Por outro lado, a Equitabilidade (índice de Equitabilidade de Pielou, Figura 24) tendeu a diminuir.

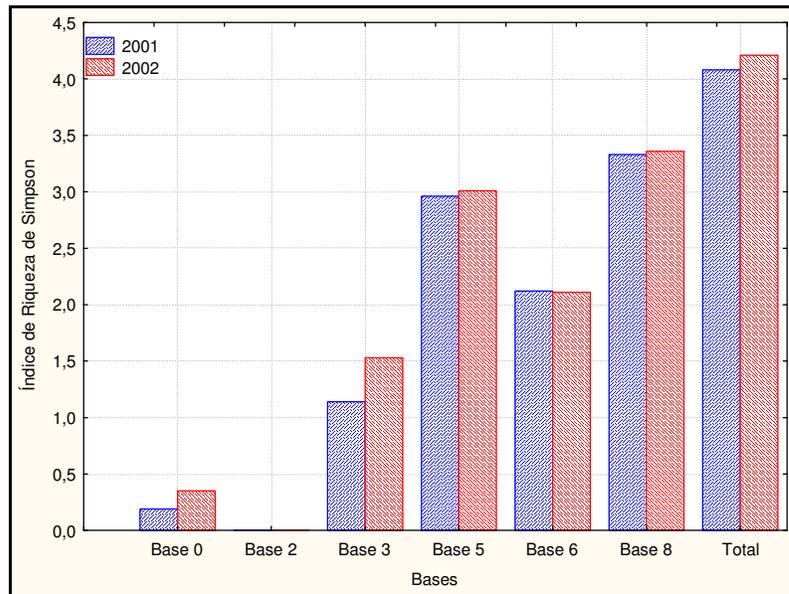


Figura 22 - Distribuição longitudinal da Riqueza de Espécies (Índice de Simpson) ao longo de cerca de 150 km de bacia do rio Iguaçu, monitorados durante 23 meses.

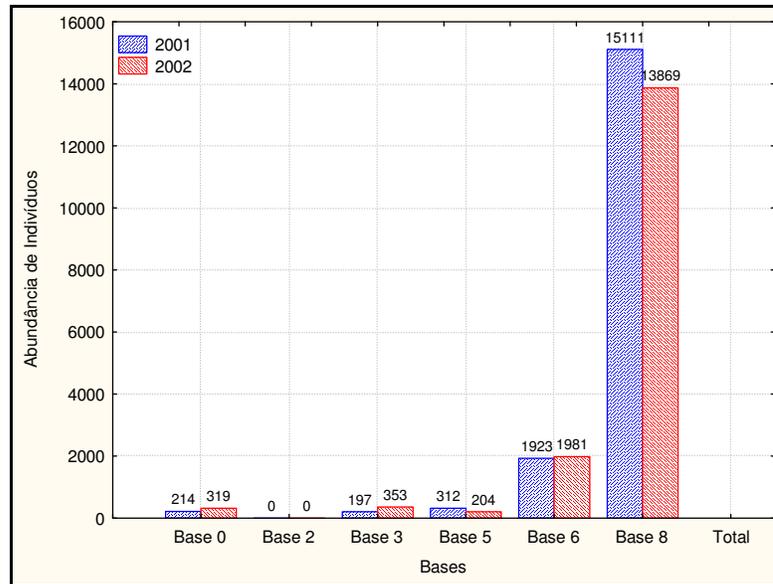


Figura 23 - Distribuição longitudinal da abundância de indivíduos ao longo de cerca de 150 km de bacia do rio Iguaçu, monitorados durante 23 meses.

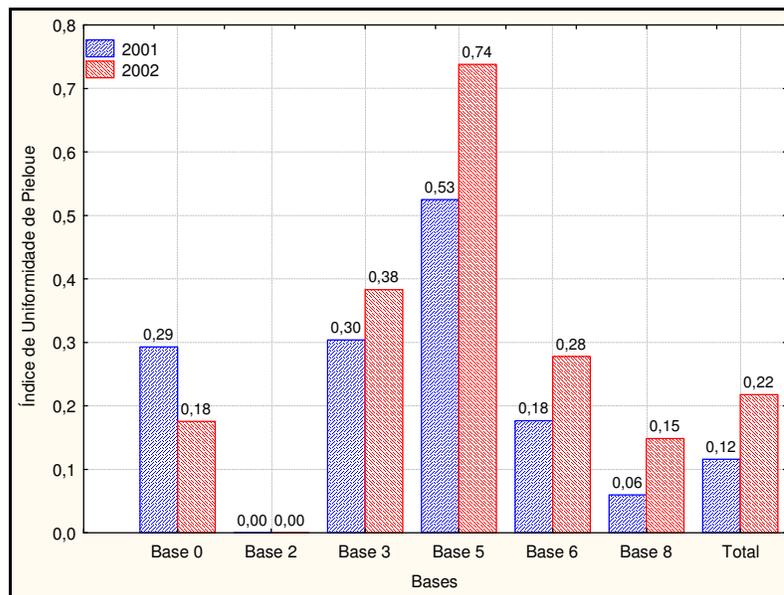


Figura 24 - Distribuição longitudinal da Equitatividade (índice de Pielou) ao longo de cerca de 150 km de bacia do rio Iguaçu, monitorados durante 23 meses.

Não é difícil de se entender que a riqueza de espécies esteja diretamente ligada ao número de habitats disponíveis, uma vez que geralmente possuem pequenas diferenças que as possibilitam explorar de maneira diferenciada o ambiente (MATTHEWS, 1998 e desprendido a partir de BEGON e MORTIMER, 1983). Também não é difícil aceitar que o

número de indivíduos ocorrentes esteja intimamente ligado ao tamanho do próprio hábitat, uma necessidade física e de capacidade de suporte. Entretanto, componentes como diversidade e eqüitabilidade, possuem conceitos mais complexos que exigem maior grau de abstração e inferências a partir dos dados obtidos.

Como foi dito acima, é de se esperar que, em ambientes naturais e inalterados a diversidade aumente de montante para jusante. Para este trecho do rio Iguaçu monitorado isto também se verificou, como pode ser constatado a partir da Figura 25.

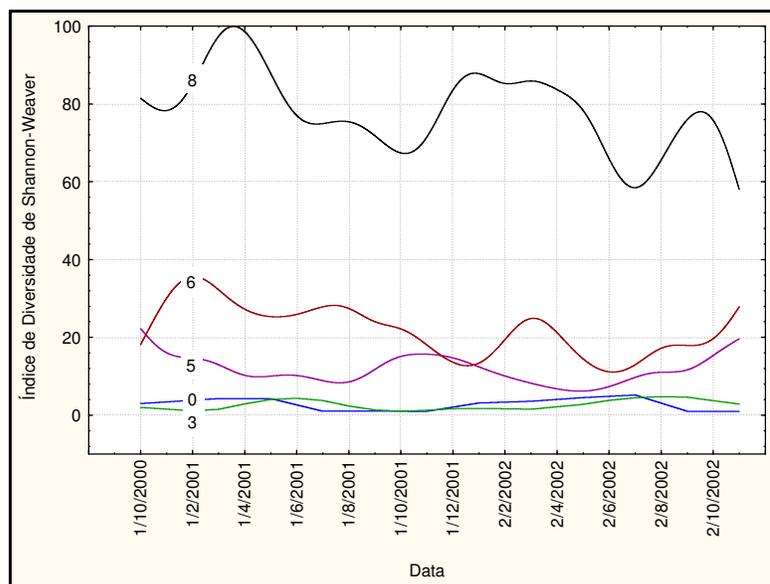


Figura 25 - Distribuição temporal da diversidade (índice de Shannon-weaver) nas principais bases amostrais monitoradas durante o biênio 2001-2002.

O mais importante para este trabalho, é a constatação de que estes quatro índices analisados apresentaram aumento entre 2001 e 2002 para a Base 3 (arroyo Saldanha). Essa base foi a mais diretamente afetada pelo vazamento, bem como é a que fornece dados mais precisos sobre a evolução de sua ictiofauna e sobre o estado de sua recuperação. O aumento nos valores destes índices pode estar relacionado à possível recuperação do arroyo Saldanha em virtude do vazamento do óleo, bem como à diminuição das atividades antrópicas em sua região. O mais certo, possivelmente, é uma associação entre esses dois fatores.

Através de uma análise gráfica de dominância pode-se compreender um pouco melhor o que possivelmente ocorreu com o riacho Saldanha nestes dois anos de trabalho (Figura 26). Há uma forma gráfica de se avaliar a evolução estrutural do hábitat em questão (MAGURRAN, 1988). Quanto mais inclinada a curva, há uma maior tendência à série

geométrica com ocupação preferencial de nichos. Isto é, cada espécie ocuparia exclusivamente seu nicho, sem superposição ambiental. Esta situação é mais comum na ocorrência de poucas espécies e pode ser compreendida como uma tendência no ano de 2001.

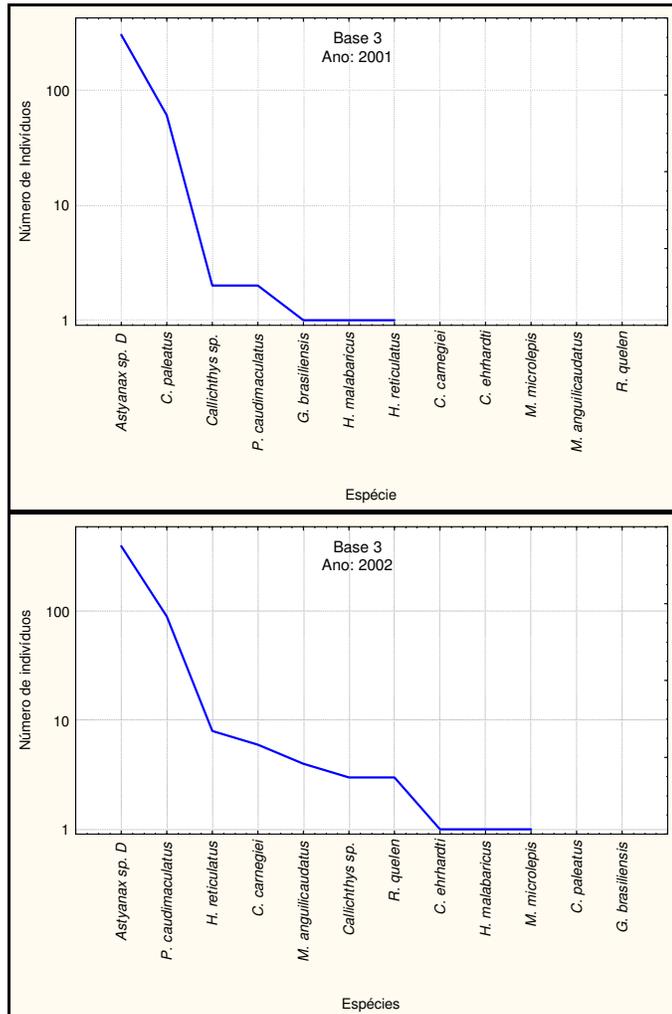


Figura 26 - Curvas de dominância do número de indivíduos capturados para a base 3, nos anos de 2001 e 2002.

No ano de 2002 já houve uma tendência ao padrão sigmoidal intermediário, cujas dimensões são múltiplas, de padrão complexo, e gerando superposição de nichos (Figura 26). Esta seria uma tendência aos padrões tropicais complexos e de ambientes mais estruturados e relativamente mais antigos e estáveis. Padrões de curvas desse tipo foram obtidos para a Base 3. O padrão de dominância parece estar evoluindo de um com limites

aleatórios sem superposição de nichos, cuja tendência foi detectada em 2001, para um mais complexo em 2002.

Estas análises corroboram a citada tendência à recuperação da ictiofauna principalmente na Base 3, embora o período de trabalhos seja de um tempo ainda reconhecidamente curto para análises de eventos desta natureza, não parece haver possibilidade de se relacionar o vazamento de óleo à dinâmica das populações ictiofaunísticas amostradas e analisadas nos demais pontos estudados.

Como bem discutido em WOOTTON (1998), os índices aqui empregados para as comparações não contém nenhuma informação biológica em si, apenas servindo como suporte às inferências e demais avaliações. Técnica e cientificamente é bastante difícil achar argumentos ou indícios para relacionar o estado - ou a sua evolução - da ictiofauna do rio Iguaçu e do rio Barigüi, principalmente nas bases 2 (Barigüi-Montante) e 5 (Iguaçu-Montante), ao vazamento de óleo ocorrido na REPAR, em julho de 2000. Isto ocorre devido ao adiantado estado de degradação ambiental e elevado grau de influências antrópicas encontradas nestes pontos, bem como em toda a região de maior proximidade do evento, a qual está situada dentro da Região Metropolitana de Curitiba. Variados graus de degradação ambiental foram freqüentemente observados ao longo dos cerca de 150 km estudados da bacia do rio Iguaçu, incluindo diversas cidades, vilas e povoações, indústrias, grandes plantações e extrações de areia.

## 6 CONCLUSÕES

- Durante o período estudado, foi constatado um incremento na abundância, riqueza, diversidade e eqüitabilidade ictiofaunística, fenômeno que, ao que tudo indica, está associado à recuperação gradual dos ambientes estudados. Ainda assim, trinta meses após o acidente, a região mais diretamente impactada pelo vazamento, o arroio Saldanha encontrava-se em estágio de recuperação ictiofaunística.
- Foi observado uma tendência geral de aumento nas capturas de peixes realizadas pela equipe de campo em 2002, em comparação a 2001. Essa tendência foi observada em praticamente todas as bases amostrais monitoradas, o que pode ser encarado como um importante indício da melhoria das condições gerais de vida nos ambientes aquáticos analisados.
- Os peixes coletados nas bases 5 (Iguaçu-Montante) e 6 (Guajuvira), apresentaram condições de higidez bastante semelhantes. Os resultados obtidos em tais locais dificultam sobremaneira quaisquer avaliações ictiológicas, que não tenham haver com a própria situação da poluição e altos graus de alterações de cunho antrópico encontradas nestes pontos, devido à intensa urbanização da Região Metropolitana de Curitiba.
- Algumas das áreas trabalhadas, particularmente as bases 3 (arroio Saldanha) e 5 (Iguaçu-Montante), apresentaram um grande potencial renovador e recuperação faunística a partir de estoques repovoadores. Tais estoques podem estar situados em lagoas marginais, naturais e artificiais, e em diversos outros corpos d'água, mesmo pequenos, mas ainda preservados e existentes ao longo da bacia do Iguaçu. Notou-se uma certa influência, diretamente proporcional da pluviosidade sobre o aumento da fauna coletada nestes pontos.
- Os animais coletados na base 0 (córrego GLP), uma área não atingida pelo óleo, apresentaram alterações branquiais e hepáticas baixas, mas detectáveis, o que pode estar relacionado a uma condição normal de aparecimento de lesões patológicas em uma população ou ainda a uma não negligenciável ação poluente, uma vez que o córrego encontra-se no interior da Refinaria Getúlio Vargas.

- Não houve incidência de lesões proliferativas nos peixes analisados, independente da espécie ou da base de coleta.
- Os peixes coletados na base 3 (arroio Saldanha), que foram diretamente atingidos, apresentaram alterações patológicas que foram sofrendo redução do seu grau de intensidade ao longo do período monitorado. No entanto, os resultados obtidos apontam que as populações de peixes existentes no local, ainda não retornaram a um nível de sanidade que provavelmente caracterizaria os animais que viviam nesse local antes do acidente.
- O oxigênio dissolvido é um dos parâmetros de qualidade da água mais críticos e determinantes do ritmo de recuperação ambiental dos corpos d'água analisados. Em suas análises foram detectadas grandes diferenças entre as bases amostrais consideradas, mais um reflexo direto dos aportes de efluentes e detritos orgânicos oriundos de Curitiba e região, e que contaminam de forma crônica e contínua os rios Iguaçu e Barigüi. Esse problema não apresenta relação nenhuma denexo causal com o acidente avaliado, nem foi registrada qualquer evidência de melhoria durante o período de coletas. Ou seja, se por um lado houve uma nítida tendência de assimilação e minimização natural dos efeitos decorrentes do vazamento de petróleo sobre a ictiofauna dos rios Iguaçu e Barigüi, por outro lado nenhuma ação concreta foi adotada no sentido de diminuir a poluição de origem doméstica e industrial nos trechos dos rios analisados.

## 7 REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A. A. et al. **Reservatório de Segredo**: Bases biológicas para o manejo. Maringá: editado por A. A. Agostinho; L. C. Gomes: Editora da Universidade Estadual de Maringá, 1997. 387 p.:il.
- BEÇAK, W.; PAULETE, J. **Técnicas de citologia e histologia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, Editora S.A., 1976. v. 1.
- BEGON, M.; MORTIMER, M. **Population ecology**. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 1983.
- BRASILEIRO-FILHO, G. **Bogliolo patologia**. 5. ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro: 1994. 1243 p.
- BÖHLKE, J. E.; WEITZMAN, S. H.; MENEZES, N. A. **Estado atual da sistemática dos peixes de água doce da América do Sul**. ACTA AMAZ. 8(4): 1978. p. 657-677.
- BUCKUP, P. A. **Biodiversidade dos peixes da Mata Atlântica**. In: WORKSHOP PADRÕES DE BIODIVERSIDADE DA MATA ATLÂNTICA DO SUDESTE E SUL DO BRASIL. (Campinas, SP) 1996. Disponível através da Base de Dados Tropical (BDT) - Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia "André Tonsello" em: <<http://www.bdt.org.br/bdt>> Acesso em: 19 ago. 2001.
- CASTRO, R. M. C. **Evolução da ictiofauna de riachos sul-americanos: padrões gerais e possíveis processos causais**. In: CARAMASCHI, E. P.; MAZZONI, R.; PERES-NETO, P. R. Ecologia de Peixes de Riachos: Rio de Janeiro: *Oecologia Brasiliensis*, v. 7. 1999, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Biologia, UFRJ.
- COMEC. **Coordenadoria da região metropolitana de Curitiba**. 1998. Relatório Ambiental.
- ELETROSUL. **O impacto ambiental da ação do homem sobre a natureza - rio Iguaçu, Paraná, Brasil**: reconhecimento da ictiofauna, modificações ambientais e usos múltiplos dos reservatórios. Florianópolis: 1978. 33p.
- FERGUSON, H. W. **Systemic pathology of fish**. 3. ed. Iowa State University Press, 1995. 263 p.
- HASEMAN, J.D. **Some new species of fishes from the rio Iguaçu**. ANN. CARNEGIE MUS. 7(3-4): 1911. p. 374-387.
- HINTON, D. E.; LAUREN, D. J.; **Integrative histopathological approaches to detecting effects of environmental stressors on fishes**. In: AMERICAN FISHERIES SOCIETY

SYMPOSIUM 8, 1990. p. 51-66.

HOROBIN; BANCROFT. **Troubleshooting histology stains.** Hong Kong: Pearson Professional Limited. 1998.

JOHNSON, L. L.; STEHR, C. M.; OLSON, O. P.; MYERS, M. S.; PIERCE, S. M.; MCCAIN, B. B.; VARANASI, U. **Fish histopathology and relationships between lesions and chemical contaminants (1987-89).** NOAA Technical Memorandum NMFS-NWFSC-4. 1992. Disponível em: <<http://www.nwfsc.noaa.gov/pubs/tm/tm4/techmem4.htm>> Acesso em: 03 dez. 2000.

LUCINDA, P. H. F. **Estudo taxonômico dos peixes Cyprinodontiformes da bacia do rio Iguaçu.** Curitiba, Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná - UFPR, Dissertação de Mestrado (não publicado). 1995.

MAGALHÃES, A.C. **Monografia brasileira de peixes fluviais.** Editora Graphicars. 1931. 258p.

MAGURRAN, A. E. **Ecological Diversity and Its Measurement.** New Jersey: Princeton University Press, 1988.

MALLATT, J. **Fish gill structural changes induced by toxicants and other irritants: A statistical review.** Can. J. Fish. Aquat. Sci., 1985. v. 42: p. 630-648.

MATTHEWS, W. J. **Patterns in freshwater fish ecology.** New York, Chapman e Hall. 1998.

MYERS, M. S.; STEHR, C. M.; OLSON, O. P.; JOHNSON, L. L.; MCCAIN, B. B., CHAN, S. L.; VARANASI, U. **Fish histopathology and relationships between toxicopathic lesions and exposure to chemical contaminants for cycles I to V (1984-88).** NOAA Technical Memorandum NMFS-NWFSC-6. 1990. Disponível em: <<http://www.nwfsc.noaa.gov/pubs/tm/tm6/tm6.htm>> Acesso em: 03 dez. 2000.

ODUM, E. P. **Ecologia.** Rio de Janeiro, ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro: 1988.

PAIVA, M. P. **Grandes represas do Brasil.** Brasília: Editora Editerra, 1982. 292 p.: il.

RIBELIN, W. E.; MIGAKI, G. **The Pathology of Fishes.** The University of Wisconsin Press: 1975. 1004 p.

RICHMONDS, C.; DUTTA, H.M. **Histopathological changes induced by malathion in the gills of bluegill *Lepomis macrochirus*.** Bull. Environ. Contam. Toxicol. n. 43, 1989. p. 123-130.

ROBBINS, S. L.; RAMZIN, S. C.; KUMAR, V. **Patologia estrutural e Funcional**. 5. ed. Guanabara Koogan, 1996. 1277 p.

ROBERTS, R. J. **Fish pathology**. 2. ed. Editor: Baillière Tindall, 1989. 467 p.

SAMPAIO, F. A. **Estudos taxonômicos preliminares dos characiformes (*Teleostei, Ostariphys*) da Bacia do Rio Iguaçu, com comentários sobre o endemismo dessa fauna**. São Carlos, Departamento de Biologia e Ecologia Evolutiva - DEBE, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, Dissertação de Mestrado (não publicado). 1988.

SEVERI, W.; CORDEIRO, A. A. M. **Catálogo de peixes da bacia do rio Iguaçu**. Curitiba, IAP/GTZ. 1994.

WOOTTON, R. J. **Ecology of teleost fishes**. 2th. ed. Fish and Fisheries Series n. 24. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1998.