

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS
NATURAIS

ANA TEREZA BITTENCOURT GUIMARÃES

ESTRUTURA E FUNCIONAMENTO DE UM RIACHO COSTEIRO DE
FLORESTA ATLÂNTICA: AVALIAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E DA
COMPOSIÇÃO DA ICTIOFAUNA

SÃO CARLOS

2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS
NATURAIS

ANA TEREZA BITTENCOURT GUIMARÃES

ESTRUTURA E FUNCIONAMENTO DE UM RIACHO COSTEIRO DE
FLORESTA ATLÂNTICA: AVALIAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E DA
COMPOSIÇÃO DA ICTIOFAUNA

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Ciências, Área de Concentração em Ecologia e Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Carvalho Peret

Co-orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Márcia Santos de Menezes

SÃO CARLOS

2009

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

G963ef

Guimarães, Ana Tereza Bittencourt.

Estrutura e funcionamento de um riacho costeiro de Floresta Atlântica: avaliação física, química e da composição da ictiofauna / Ana Tereza Bittencourt Guimarães. -- São Carlos : UFSCar, 2010.
95 f.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2009.

1. Ecologia. 2. Ecologia numérica. 3. Ictiofauna. 4. Serra do mar. I. Título.

CDD: 574.5 (20^a)

*Dedico esta tese ao Dr. P rsio Guimarães e Dra. Tiana Guimarães,
as grandes inspira es da minha vida.*

Nem tudo que acaba aqui deixa de ser Infinito!

Zélia Duncan

Agradecimentos

Tenho muitos a agradecer e se nestas poucas frases um nome não for sido citado, com certeza o agradecerei pessoalmente em algum instante próximo.

Agradeço ao Professor Alberto Carvalho Peret pela orientação e pela demonstração de capacidade hábil de síntese de resultados e discussão. Confesso que todas as vezes que ia a São Carlos, ansiava pelas nossas conversas e pelos nossos silêncios. Foram poucos estes momentos, mas me mostraram a forma simples e boa de ser! Meu eterno agradecimento. Espero agradecê-lo muitas outras vezes ao longo da minha vida profissional e pessoal!

Agradeço a Professora Márcia Santos de Menezes também pela sua orientação. Agradeço à paciência diante da minha loucura de viver, pela paciência com os meus eternos “sim’s”, quando de fato deveria dizer “não”. Talvez agora, em uma nova fase que agora inicia, eu consiga! Obrigada pela amizade e companheirismo. Obrigada pela verdade! Obrigada pela ética! Jamais esquecerei suas palavras...

Agradeço aos meus alunos Vinícius Richardi, Vanessa Ribeiro, Samuel Janz, Ligia Strey, Fátima Juliane Ceron, Mariane Luquetta, Luiza Pereira Miranda que me ajudaram tanto durante as minhas coletas e triagens, principalmente no momento em que o motor me gerou duas hérnias na minha coluna... Muito obrigada!

Obrigada a minha irmã, amiga e comadre Patrícia Calil. Saiba que o nosso período de convivência diária foi sempre cheio de alegrias, e confesso que você me ensinou a viver com um pouco mais de leveza, sempre vendo o lado bom das coisas, ou os melhores caminhos a serem seguidos. Também agradeço a outra amiga muito especial, Cassiana Baptista Metri, que me ajudou com o riso! Como é boa a sua risada, como é boa a sua alegria... Agradeço por fim, a minha amiga e sócia Silvia Romão. Sua força e sua garra são virtudes, são exemplos! Obrigada por ser assim, obrigada pela frase: “são necessários 3 meses para se discutir uma tese em 5 dias”. Agradeço em especial a estas amigas que me acompanharam também durante as coletas e que me ajudaram simplesmente por serem minhas amigas.

Já que falei das minhas amigas, tenho também que agradecer aos seus cônjuges, respectivamente, Silvio Semprebon, Rafael Metri e o eterno Aduino Silva (*in memoriam*). Silvio, obrigada por colocar a Patrícia na Terra; Rafael, obrigada por também trazer a Cassi à Terra; Aduino, onde quer que você esteja, obrigada por levar a Silvia para fora da Terra.

Obrigada as minhas amigas e colegas: Ana Meyer, Andréia Schmidt e Cláudia Menegatti. Vocês três são especiais; suas palavras são como bombas. Fazem um verdadeiro

“estrago”... mas, um estrago do bem, que levam a uma reconstrução muito melhor... obrigada pelo carinho.

Agradeço a todos os meus familiares. Pessoas simples, inteligentes e lindas. Logicamente a última característica deles todos é a modéstia (ha ha ha). Brincadeiras a parte, obrigada por me darem esta formação!!!

Por fim, só tenho a agradecer ao meu eterno amor, Eliseu Vieira Dias. Obrigada pela sua paciência, pois afinal de contas, não é fácil conviver com alguém tão ansiosa . Obrigada pelo carinho e amor, pelo equilíbrio que você me passa, pela paz que em mim você constrói.

Ah... agradeço ao meu pai! Pois se ele não me desse R\$ 30.000,00 *in vivo*, eu jamais terminaria esta tese. Posso literalmente dizer que eu tive um *paitrocínio*!!!

Sumário

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Lista de Tabelas | x |
| Lista de Figuras | xi |
| Introdução à Tese | 13 |
| Área de Estudo | 19 |
| Objetivos | 21 |
| | |
| Artigo 1 | 22 |
| Caracterização física, química e biológica em riacho costeiro de Floresta Atlântica – Brasil: Avaliação ambiental por meio da ictiofauna | |
| Resumo | 23 |
| Abstract..... | 23 |
| Introdução..... | 24 |
| Metodologia..... | 25 |
| Resultados..... | 28 |
| Discussão | 37 |
| Referências | 41 |
| | |
| Artigo 2 | 46 |
| Composição da ictiofauna em função da fisiografia de um riacho costeiro no sul do Brasil (Morretes, Paraná, Brasil) | |
| Resumo | 47 |
| Abstract..... | 47 |
| Introdução..... | 48 |
| Material e Métodos..... | 49 |
| Resultados..... | 51 |
| Discussão | 60 |
| Referências | 64 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Artigo 3..... | 68 |
| Modelagem temporal da composição da ictiofauna utilizando variáveis preditoras físico-químicas da água de um riacho costeiro de floresta atlântica | |
| Resumo | 69 |
| Abstract..... | 69 |
| Introdução..... | 70 |
| Metodologia..... | 72 |
| Resultados..... | 76 |
| Discussão | 85 |
| Referências | 88 |
| | |
| Conclusões Gerais e Considerações Finais | 92 |

Lista de Tabelas

Artigo 1

Tabela 1 – Variáveis, respectivas metodologias e unidades utilizadas no estudo 27





Tabela 2 – Número de exemplares coletados das espécies de peixes em relação ao ponto de coleta e frequência percentual das ordens dos peixes coletados no rio Caiuru e rio do Pinto 30

Tabela 3 – Mínimos e Máximos das variáveis da água em relação aos pontos de coleta 31

Artigo 2

Tabela 1 – Relação das espécies de peixes coletados no rio do Pinto, Morretes, Paraná. 56

Tabela 2 – Equitabilidade (J'), Riqueza (R) e número de indivíduos coletados (n) nos pontos de coleta..... 57

Tabela 3 – Composição das espécies amostradas.  Espécies freqüentes e abundantes.  Espécies freqüentes e não abundantes.  Espécies ocasionais.  Espécies ausentes. 57

Artigo 3

Tabela 1 – Variáveis explicativas, respectivas metodologias e unidades utilizadas no estudo 74

Tabela 2 – Média \pm Desvio Padrão de Abundância, Riqueza da Ictiofauna e Índice de Pielou 75

Tabela 3 - Relação das espécies de peixes coletados no rio do Pinto, Morretes, Paraná 77

Tabela 4 – Desvios globais e graus de liberdade dos modelos das variáveis respostas, Abundância, Riqueza x 10 e Índice de Pielou x 10³ 83

Tabela 5 – Estimativa de parâmetros com a aplicação da GAMLSS para a modelagem do Abundância, Riqueza e Índice de Pielou 83

Lista de Figuras

Artigo 1

- Figura 1 – Mapa de localização dos pontos de Coleta. P1; P2; P3; P4; P5..... 27
- Figura 2 – Riqueza ao longo dos pontos de coleta em função dos meses de amostragem 29
- Figura 3 - Diagrama de ordenação representando os dois primeiros eixos da análise de correspondência canônica para o Ponto 1, mostrando os meses (Nov/2006 a Nov/2007), espécies (círculos verdes) e descritores ambientais..... 32
- Figura 4 - Diagrama de ordenação representando os dois primeiros eixos da análise de correspondência canônica para o Ponto 2, mostrando os meses (Nov/2006 a Nov/2007), espécies (círculos verdes) e descritores ambientais..... 33
- Figura 5 - Diagrama de ordenação representando os dois primeiros eixos da análise de correspondência canônica para o Ponto 3, mostrando os meses (Nov/2006 a Nov/2007), espécies (círculos verdes) e descritores ambientais..... 34
- Figura 6 - Diagrama de ordenação representando os dois primeiros eixos da análise de correspondência canônica para o Ponto 4, mostrando os meses (Nov/2006 a Nov/2007), espécies (círculos verdes) e descritores ambientais..... 35
- Figura 7 - Diagrama de ordenação representando os dois primeiros eixos da análise de correspondência canônica para o Ponto 5, mostrando os meses (Nov/2006 a Nov/2007), espécies (círculos verdes) e descritores ambientais..... 36

Artigo 2

- Figura 1 – Mapa de localização dos pontos de Coleta. Ponto 1 (P1); Ponto 2 (P2); Ponto 3 (P3); Ponto 4 (P4); Ponto 5 (P5)..... 50
- Figura 2 - Figura 2 – A: Foto representativa do Ponto de coleta 1 (P1). B: Diagrama representativo do perfil do leito de P1. Profundidade máxima: 0,4m; Correnteza: torrencial; Substrato: matacões e blocos. Vista à montante..... 51
- Figura 3 – A: Foto representativa do Ponto de coleta 2 (P1). B: Diagrama representativo do perfil do leito de P2. Profundidade máxima: 0,5m; Correnteza: rápida; Substrato: matacões, blocos e seixos. Vista à montante..... 52
- Figura 4 – A: Foto representativa do Ponto de coleta 3 (P3). B: Diagrama representativo do perfil do leito de P3. Profundidade máxima: 0,5 m; Correnteza: moderada (P3); Substrato: matacões, blocos e seixos. Vista à montante..... 53
- Figura 5 – A: Foto representativa do Ponto de coleta 4 (P4). B: Diagrama representativo do perfil do leito de P4. Profundidade máxima: 0,4 m; Correnteza: rápida à torrencial; Substrato: seixos e grânulos. Vista à montante. 54

Figura 6 – A: Foto representativa do Ponto de coleta 5 (P5). B: Diagrama representativo do perfil do leito de P5. Profundidade máxima: 1,5 m; Correnteza: rápida; Substrato: grânulos e areia. Vista à montante. 55

Figura 7 – Frequência relativa (%) de Siluriformes, Characiformes e Perciformes entre os pontos de coleta 58

Figura 8 – Dendrograma representativo da similaridade dos 5 pontos amostrais em relação à composição de espécies 58

Figura 9 – Gráfico de dispersão das duas funções de correspondência..... 59

Artigo 3

Figura 1 – Mapa de localização dos pontos de Coleta. Ponto 1 (P1); Ponto 2 (P2); Ponto 3 (P3); Ponto 4 (P4); Ponto 5 (P5)..... 73

Figura 2 - Diagrama de ordenação representando os dois primeiros eixos da análise de componentes principais para o Ponto 1, mostrando os descritores ambientais 78

Figura 3 - Diagrama de ordenação representando os dois primeiros eixos da análise de componentes principais para o Ponto 2, mostrando os descritores ambientais 79

Figura 4 - Diagrama de ordenação representando os dois primeiros eixos da análise de componentes principais para o Ponto 3, mostrando os descritores ambientais 80

Figura 5 - Diagrama de ordenação representando os dois primeiros eixos da análise de componentes principais para o Ponto 4, mostrando os descritores ambientais 81

Figura 6 - Diagrama de ordenação representando os dois primeiros eixos da análise de componentes principais para o Ponto 5, mostrando os descritores ambientais 82

Figura 7 – Gráfico de tendência demonstrativo do modelo ajustado para o Índice de Pielou e os dados originais obtidos ao longo do período de novembro de 2006 a novembro de 2007 na micro-bacia do rio do Pinto, Morretes, Paraná..... 84

Figura 8 – Diagrama da dinâmica física, química e biológica do ecossistema do rio do Pinto, Morretes, PR..... 84

Introdução à Tese

A Floresta Atlântica consiste de muitos tipos de florestas tropicais e subtropicais, sendo na grande maioria consideradas como florestas pluviais. É um ecossistema de exuberante riqueza, que originalmente estendia-se ao longo de toda a faixa costeira brasileira, desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul. Os riachos que se formam neste sistema drenam para leste e apresentam uma comunidade complexa de animais e plantas, promovendo inúmeras formas de associação que geram elevada diversidade (Menezes et al., 2007).

A dinâmica dos riachos costeiros é diretamente afetada por eventos naturais. Aranha (2000) demonstrou como a diversidade da ictiofauna é desestabilizada em função da ocorrência de trombas d'água, alterando-se a dominância das espécies ocorrentes. Ferreira (2007) conseguiu demonstrar como a variação da vegetação ripária pode influenciar na ocupação das espécies de peixes, havendo a alteração dos tipos ecomorfológicos, bem como dos hábitos alimentares. Entre estes autores, muitos outros abordam questões semelhantes sobre a influência de eventos estocásticos sobre a diversidade animal e vegetal (Grossman et al., 1982; Yant, Karr e Angermeier, 1984; Mathews, 1986; Griffin et al., 2009).

A água é um recurso essencial para todos os tipos de vida e está sendo constantemente deteriorada (Tundisi, 2003). Os riachos estão entre os ecossistemas mais intensamente influenciados pelo homem. Apresentam elevada importância, uma vez que são utilizados para o abastecimento de água, pesca e lazer, mas são diretamente afetados devido ao despejo de dejetos residenciais e industriais, bem como a influência de lixiviação de fertilizantes utilizados na agricultura (Tejerina-Garro et al., 2005). Todos estes impactos vem conduzindo a uma degradação ecológica nos riachos, promovendo desta forma a diminuição do uso de seus bens de forma sustentável (op. cit). Mas, a única forma de avaliar a integridade destes ambientes, realizando uma abordagem em aspectos estéticos, recreativos e ecológicos, se dá ao realizar um monitoramento que levante informações sobre cobertura vegetal, atividades antrópicas (Allan, 1995) e componentes bióticos (Metcalf, 1989).

A integridade biótica de uma região é definida como a capacidade de sustentação e manutenção de uma comunidade de organismos balanceada, integrada e adaptada, tendo uma composição de espécies, diversidade e organização funcional comparáveis aos demais ambientes naturais semelhantes de uma região (Angermeier e Karr, 1994).

Variáveis explicativas da ocorrência e distribuição das espécies de peixes em um córrego e/ou riacho podem estar relacionadas à fisiografia local, ilustrando tal fato em função do tipo de substrato, presença ou ausência de vegetação ripária submersa e velocidade de corrente (Ferreira e Casatti, 2006; Ferreira, 2007). Contudo, não só a fisiografia é explicativa para a ocorrência das espécies, havendo também a influência de variáveis biológicas (Esteves e Lobón-Cerviá, 2001) e físico-químicas (Friberg et al., 2009). Silveira (2004) afirma que a textura do substrato, seu tamanho, níveis de compressão e espaço intersticial são importantes no movimento e estabelecimento de espécies de macroinvertebrados em um local. Considerando estes organismos como fonte alimentar para uma série de espécies de peixes, sua ocorrência e distribuição pode influenciar na ocorrência e distribuição da ictiofauna.

No Brasil, ainda são poucos os trabalhos que realizaram o levantamento das características físico-químicas de riachos costeiros (e.g. Casatti, 2004; Ferreira, 2007), porém abordando poucas variáveis, tais como condutividade, oxigênio dissolvido, pH e demanda bioquímica de oxigênio. Ainda são mais frequentes os trabalhos que fazem abordagens biológicas, tais como levantamentos de ocorrência de espécies (e.g. Casatti, Langeani e Castro, 2001; Barreto e Aranha, 2005, Ferreira, 2007), comportamento alimentar (e.g. Aranha, Takeuti e Yoshimura, 1998; Esteves e Lobón-Cerviá, 2001; Casatti, 2002, Ferreira, 2007), aspectos reprodutivos (e.g. Menezes et al., 2000, Ferreira, 2007) e avaliações de integridade biológica (e.g. Araújo, 1998, Casatti, 2004). Portanto, justifica-se a realização de estudos que melhor caracterizem os ambientes de riachos costeiros, tanto em aspectos físico-químicos, como em relação a sua fisiografia. Desta maneira, este estudo teve como proposta realizar o levantamento longitudinal da fisiografia de um riacho costeiro, bem como das variáveis físicas e químicas ao longo de um ano amostral. Após tal levantamento, estes dados serviram como base para a modelagem ecológica da diversidade da ictiofauna deste ambiente.

Para a realização desta tese, o presente trabalho foi dividido em três artigos. O primeiro artigo foi denominado “Caracterização física, química e biológica em riacho costeiro de Floresta Atlântica – Brasil: Avaliação ambiental por meio da ictiofauna” e teve como objetivo, avaliar um riacho costeiro para definir variáveis físico-químicas e biológicas que predizem a ocorrência de espécies que compõem esta ictiofauna, bem como a interferência das mesmas sobre o hábito alimentar das espécies mais frequentes e abundantes.

O segundo artigo foi denominado “Composição das ictiofauna em função da fisiografia de um riacho costeiro de Floresta Atlântica-Brasil”, sendo uma análise sequencial do primeiro capítulo. Neste capítulo explora-se a forte correlação do tipo de fisiografia e a

ecomorfologia das espécies de peixes coletadas, observando-se a elevada frequência de Siluriformes em ambientes de corredeira forte e mais espécies de Characiformes em áreas de remanso próximo à vegetação marginal, ou em locais de menor corredeira. Neste explora-se um tipo de pesquisa básica mais descritiva, com um enfoque em análise explicativa sobre influência da fisiografia. Este tipo de explicação para a ocorrência das espécies já é conhecida para outros riachos, mas deixaram de ser relatadas na atualidade devido ao discurso moderno de predição do comportamento das comunidades em função das variáveis químicas e físicas da água. Entretanto, esta premissa é pouco esclarecedora em situações de normalidade e baixo impacto nos riachos.

Por fim, o terceiro artigo foi denominado “Modelagem temporal da composição da ictiofauna utilizando variáveis preditoras físico-químicas da água de um riacho costeiro de Floresta Atlântica” e se propõe a desenvolver modelos numéricos para tais variáveis em relação à composição da ictiofauna, para assim explicar os processos de quebra de dominância de espécies em um riacho costeiro. Este capítulo propõe o uso do método denominado “Modelos Aditivos Generalizados para Posição, Escala e Forma” (GAMLSS - *Generalized Additive Models for Location, Scale and Shape*) (Rigby e Stasinopoulos, 2005), que é sugerido para modelagem de variáveis respostas que não sigam uma distribuição exponencial ou exibam uma elevada heterogeneidade. Este é um modelo relativamente recente e que inicia a sua atuação entre os trabalhos científicos em ecologia.

Referências

- Allan, D. A., 1995. Stream Ecology. Structure and Function of Running Waters. Chapman & Hall, London.
- Angermeier, P. L. & Karr, J. R., 1994. Biological integrity versus biological diversity as policy directives. *BioScience*, 44: 690-697.
- Aranha, J. M. R., 2000. A influência da instabilidade ambiental na composição e estrutura trófica da ictiofauna de dois rios litorâneos. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos. 130 pp.
- Aranha, J.M.R., Takeuti, D.F e Yoshimura, T.M., 1998. Habitat use and food partitioning of the fishes in a coastal stream of Atlantic Forest, Brazil. *Rev. Biol. Trop.*, 46(4): 951-959.

- Araújo, F. G., 1998. Adaptação do índice de integridade biótica usando a comunidade de peixes para o Rio Paraíba do Sul. *Rev. Brasil. Biol.*, 58(4): 547-558.
- Barreto, A.P., Aranha, J.M.R., 2005. Assembléia de peixes de um riacho de Floresta Atlântica: composição e distribuição espacial (Guaraqueçaba, Paraná, Brasil). *Acta Sci. Biol. Sci.*, 27(2): 153-160.
- Casatti, L., 2002. Alimentação dos peixes de um riacho do Parque Estadual Morro do Diabo, Bacia do Alto Rio Paraná, Sudeste do Brasil. *Biota Neotropica*, 2(2): 1-14.
- Casatti, L., 2004. Ichthyofauna of two streams (silted and reference) in the upper Paraná River basin, Southeastern Brazil. *Braz. J. Biol.*, 64(4): 757-765.
- Casatti, L., Langeani, F. e Castro, R.M.C., 2001. Peixes de riacho do Parque Estadual Morro do Diabo, Bacia do Alto rio Paraná, SP. *Biota Neotropica*, 1(1): 1-15.
- Esteves, K.E. e Lobón-Cerviá, J., 2001. Composition and trophic structure of a community of a clear water Atlantic rainforest stream in southeastern Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, 62: 429-440.
- Ferreira, C.P. e Casatti, L., 2006. Influência da estrutura do hábitat sobre a ictiofauna de um riacho em uma micro-bacia de pastagem, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 23(3): 642-651.
- Ferreira, K.M., 2007. Biology and ecomorphology of stream fishes from the rio Mogi_Guaçu basin, Southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 5(3): 311-326.
- Friberg, N., Dybkjær, J.B., Olafsson, J.S., Gislason, G.M., Larsen, S.E. e Lauridsen, T.L., 2009. Relationships between structure and function in streams contrasting in temperature. *Freshwater Biology*, 54: 2051–2068

- Griffin, J.N., Jenkins, S.R., Gamfeldt, L., Jones, D., Hawkins, S.J. e Thompson, R.C., 2009. Spatial heterogeneity increases the importance of species richness for an ecosystem process. *Oikos*, 118: 1335-1342.
- Grossman, G.D., Moyle, P.B. & Whitaker Jr., J.O., 1982. Stochasticity in structure and functional characteristics of an Indiana stream fish assemblage: a test of community theory. *American Naturalist*, 120: 423-454.
- Mathews, W.J., 1986. Fish faunal structure in an Ozark stream: stability, persistence and a catastrophic flood. *Copeia*, 1986(2): 388-397.
- Menezes, M.S, Takeuti, D.F., Aranha, J.M.R., Verani, J.R., 2000. Desenvolvimento Gonadal de machos e fêmeas de *Pseudotothyris obtusa* (Ribeiro,1911) (Loricariidae, Hypoptopomatinae). *Acta Biol. Par.*, 29(1, 2, 3, 4): 89-100.
- Menezes, N.A., Heitzman, S.H., Oyakawa, O.T., de Lima, F.C.T., Castro, R.M.C., Weitzman, M.J., 2007. Peixes de água doce da Mata Atlântica. São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 407 p.
- Metcalf, J. L., 1989. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: History and present status in Europe. *Environmental Pollution*, 60, 101-139.
- Rigby, R.A. e Stasinopoulos, D.M., 2005. Generalized additive models for location, scale and shape. *Appl. Statist.*, 54(3): 507 – 554.
- Silveira, M. P. 2004. Aplicação do Biomonitoramento para Avaliação da Qualidade da Água em Rios. Embrapa Meio Ambiente. Documentos 36. 68p
- Tejerina-Garro, F.L., Maldonado, M., Ibañez, C., Pont, D., Roset, N., Oberdorff, T., 2005. Effects of natural and anthropogenic environmental changes on riverine fish assemblages: a framework for ecological assessment of rivers. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48(1): 91-108.

Tundisi, J. G. (2003), *Água no século XXI – Enfrentando a escassez*, RIMA, São Paulo

Yant, P.R., Karr, J.R. & Angermeier, P.L., 1984. Stochasticity in stream fish communities: an alternative interpretation. *The American Naturalist*, 124(4): 573-582.

Área de Estudo

A área escolhida para este estudo está situada no município de Morretes, Paraná, Brasil. Este município possui uma área de 662,70 km², limitada pela Serra do Mar que apresenta altitudes por vezes superiores a 1000 m de altitude e com aclives acentuados. Já a porção urbana do município situa-se na planície do rio Nhundiaquara, do qual o riacho aqui estudado é um afluente.

Morretes possui um clima úmido e quente, com oscilações de temperatura entre 10 a 33°C durante o período de maio de 2006 a novembro de 2007. O clima é caracterizado pelo encontro dos ventos marinhos com massas de ar continental, promovendo nevoeiros constantes, sendo que a insolação normalmente é pouco intensa (Prefeitura Municipal de Morretes, 1987). Pela classificação de Koeppen (1948) o clima da região é subtropical úmido, mesotérmico (Cfb).

A maior parte dos riachos formadores do rio do Pinto nasce em uma Área de Proteção Ambiental da Serra do Mar, mais especificamente no Parque Estadual do Pau Oco, observando-se no entorno região com floresta densa sem habitações humanas ou cultivos. À jusante desta região das cabeceiras, vários destes riachos são entrecortados por uma rodovia (BR-277) que apresenta fluxo intenso de veículos, inclusive de caminhões com cargas inflamáveis. Na área de trabalho amostrada, este riacho possui no trecho superior o fundo recoberto por matacões e blocos, e uma cachoeira freqüentada por turistas para banho e rapel, sendo caracterizado como um trecho de 3ª ordem. Já as porções mais baixas caracterizam-se por serem trechos de 4ª ordem, com fundo de seixos e grânulos associados à areia, havendo diferentes níveis de assoreamento devido à degradação e retirada da vegetação marginal. Este rio deságua no rio Nhundiaquara, percorrendo uma distância aproximada de 14 km.

Ao longo do seu curso observam-se diferentes usos das águas e as margens ocupadas por sítios, que influenciam no seu grau de integridade com descarga de dejetos domésticos e, possivelmente, agrotóxicos utilizados nas culturas de maracujá, chuchu, gengibre, berinjela, mandioca e cana de açúcar. O riacho também é utilizado para atividades de lazer.

Os pontos amostrais foram determinados ao longo do rio e um dos seus afluentes, buscando avaliar ações antrópicas crescentes e também pela facilidade de acesso. Foram estabelecidos cinco pontos de amostragem, sendo um no rio Caiuru e quatro ao longo do rio do Pinto.

Referências

Prefeitura Municipal de Morretes, 1987. Construindo uma nova Morretes. Morretes: Stella Maris, 32 p.

Köppen, W. 1948. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de Cultura Económica. México. 479p

Objetivos

No presente estudo, os objetivos propostos foram:

- 1) avaliar a composição e a distribuição da ictiofauna em um riacho costeiro de Floresta Atlântica;
- 2) caracterizar e definir as principais variáveis físicas e químicas preditoras deste riacho costeiro de Floresta Atlântica, no Paraná, Brasil;
- 3) relacionar a composição e a distribuição da ictiofauna com a estrutura fisiográfica de diferentes porções deste riacho costeiro;
- 4) demonstrar as estratégias ecomorfológicas das espécies para adaptação em diferentes estruturas fisiográficas deste riacho costeiro;
- 5) construir modelos numéricos para as variáveis resposta Índice de Pielou, Abundância e Riqueza utilizando o método GAMLSS, para assim demonstrar as principais variáveis explicativas que promovem a compreensão dos processos de quebra de dominância de espécies neste riacho costeiro.

| |
|----------|
| 1 |
|----------|

**Caracterização física, química e biológica em riacho
costeiro de Floresta Atlântica – Brasil: Avaliação
ambiental por meio da ictiofauna**

Ana Tereza Bittencourt Guimarães

Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais

Departamento de Hidrobiologia

Universidade Federal de São Carlos

Guimarães, A.T.B.; Menezes, M.S.; Peret, A.C. Caracterização física, química e biológica em riacho costeiro de Floresta Atlântica – Brasil: Avaliação ambiental por meio da ictiofauna. A ser enviado para *Environmental Biology of Fishes*.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E BIOLÓGICA EM RIACHO COSTEIRO DE FLORESTA ATLÂNTICA–BRASIL: AVALIAÇÃO AMBIENTAL POR MEIO DA ICTIOFAUNA

Ana Tereza Bittencourt Guimarães¹, Márcia Santos de Menezes², Alberto Carvalho Peret¹

1 - Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. C.P. 676. CEP 13565-905, São Carlos, SP, Brasil. anat@brturbo.com.br

2 - Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas. C.P. 19031. CEP 81531-980, Curitiba, PR, Brasil.

Resumo

Riachos de Floresta Atlântica apresentam uma diversidade elevada, sendo importante o seu estudo para manutenção e preservação do ecossistema. Este estudo teve como objetivo definir a composição e a estrutura quantitativa da ictiofauna, bem como caracterizar e definir as principais variáveis físicas e químicas de um riacho costeiro de Floresta Atlântica. Peixes foram coletados ao longo de 13 meses por meio de pesca elétrica, assim como foram avaliadas variáveis ambientais da água da microbacia do rio do Pinto. Os dados foram analisados por meio de análise de correspondência canônica. As principais variáveis preditoras foram temperatura e precipitação pluviométrica, as quais influenciaram diretamente o comportamento das demais. A separação em duas estações distintas mostrou a clara divisão na distribuição das espécies de peixes em generalistas (*Trichomycterus davisii*, *Bryconamericus microcephalus*, *Awaous tajasica*, *Scleromystax barbatus*, *Mimagoniates microlepis*) no período de maior temperatura e precipitação pluviométrica, e especialistas no período com valores contrários (*Characidium lanei*, *Characidium pterostictum* e *Pimelodella pappenheimi*). As espécies generalistas observadas apresentam principalmente hábitos algívoros, detritívoros e insetívoros, sendo que possivelmente o aumento da plasticidade de hábitos alimentares seja reflexo da diminuição de recursos em consequência das trombas d'água frequentes no local no período analisado. No período de menor precipitação pluviométrica e menores temperaturas, as espécies especialistas são predominantemente insetívoras, sendo que neste período há um maior número de larvas de insetos aquáticos, promovendo, portanto, o aumento de recursos alimentares para as espécies de peixes do local. **Palavras-chave:** ictiofauna, distribuição longitudinal, temperatura, precipitação pluviométrica, hábitos alimentares.

Abstract

Streams of the Atlantic Forest present a high diversity, being important their study in order to keep and preserve this ecosystem. This study aim to define the composition and the quantitative structure of the ichthyofauna, as well as characterize and define the principal physical and chemical environmental variables of a coastal stream of Atlantic Forest. Fishes were collected along 13 months with electric fishing, as well as data on the environmental variables of the water of the Pinto river micro basin. These data were analyzed by correspondence canonical analysis. The principal predict variables found were temperature and pluviometric precipitation, which influenced the behavior of others directly. The separation in two different seasons showed a clear division in the distribution of the generalist species of fish (*Trichomycterus davisii*, *Bryconamericus microcephalus*, *Awaous tajasica*, *Scleromystax barbatus*, *Mimagoniates microlepis*) in the period of higher temperature and pluviometric precipitation, and specialist in the period with opposites values (*Characidium lanei*, *Characidium pterostictum* and *Pimelodella pappenheimi*). The generalist species

mainly present algivores, detritivores and insectivores habits, and possibly the increase of plasticity of alimentary habits if it owes the decrease of resources in consequence of the frequent flash flood in the place in the analyzed period. In the period of lower pluviometric precipitation and temperature, the specialist species were predominantly insectivores, having in this time a larger recruitment of aquatic insects, promoting the increase of alimentary resources for the species of fishes in this place.

Word-key: ichthyofauna, longitudinal distribution, temperature, pluviometric precipitation, alimentary habits

Introdução

Em 1981, Karr sugeriu o cálculo do Índice de Integridade Biótica (IIB) como método de avaliação da qualidade de água e da higidez da ictiofauna presente em uma dada localidade. Este método propõe o uso de atributos relacionados à composição das espécies e de sua estrutura ecológica como variáveis preditoras da qualidade ambiental. Em 1994, Angermeier e Karr conceituaram integridade biótica de uma região como sendo a capacidade de sustentação e manutenção de uma comunidade de organismos balanceada, integrada e adaptada, tendo uma composição de espécies, diversidade e organização funcional comparáveis àquelas de ambientes naturais de uma região.

Araújo (1998) argumentou que medidas de diversidade ignoram a composição das espécies das comunidades, sendo a identificação da espécie irrelevante para o índice. Com o IIB, várias medidas de composição da ictiofauna são avaliadas e cada espécie de peixe tem tolerâncias características para a qualidade da água, hábitat e outras condições. Vários critérios neste sistema utilizam o conhecimento de tolerância à degradação ambiental. Contudo, Ferreira e Casatti (2006) sugeriram que é necessário o desenvolvimento do conhecimento taxonômico para o melhor entendimento da estrutura quantitativa e das relações da ictiofauna com o ambiente, sendo a construção deste conhecimento fundamental para subsidiar estratégias de conservação e recuperação ambiental.

Com base no acima exposto, vale ressaltar que a utilização de índices facilita a interpretação dos ecossistemas, contudo muitas vezes são simplificações matemáticas da estrutura e influências ambientais. Fairweather (1991) interpretou as análises estatísticas em um biomonitoramento ambiental indicando que o poder de um teste de hipótese é inversamente relacionado à probabilidade de ocorrência de um erro do tipo II, ou seja, rejeitar uma hipótese quando esta é verdadeira, indicando, portanto, um baixo poder de análise. Vários tipos de índices atualmente empregados podem interpretar diferentes graus de impacto

em um ambiente, porém estes podem não ser considerados estatisticamente diferentes, devido aos tipos de testes utilizados.

Muitas vezes, com base na aplicação destes índices, são estipuladas medidas mitigadoras para que o desenvolvimento ambiental seja contínuo (Morris e Therivel, 1995). Exemplo disso, são os resultados de Cunico et al. (2006) que demonstraram a relação inversamente proporcional entre a riqueza de espécies e a concentração de fósforo, podendo verificar desta forma que este micronutriente é um fator limitante para a distribuição das espécies, promovendo uma elevada dominância de *Poecillia reticulata* em locais de maior poluição.

Ferreira (2007) demonstrou que as principais variáveis explicativas da ocorrência e distribuição das espécies de peixes em um córrego estão principalmente relacionadas à fisiografia local, ilustrando tal fato em função do tipo de substrato, presença ou ausência de vegetação ripária submersa e velocidade de corrente.

Além das variáveis ambientais, variáveis biológicas muitas vezes são consideradas como explicativas da distribuição das espécies de peixes. Esteves e Lobón-Cerviá (2001) demonstraram a segregação dos habitats das espécies *Mimagoniates microlepis*, *Schizolecis guentheri*, *Phalloceros caudimaculatus* e *Kronichthys heylandi* como sendo uma forma de partição de recursos alimentares.

Tejerina-Garro et al. (2005), em uma importante revisão sobre índices biológicos e uso de inúmeras variáveis preditoras da qualidade ambiental, demonstram a necessidade de mais estudos que realizem extrapolações sobre o gradiente de qualidade ambiental de rios e riachos.

O objetivo deste estudo foi definir a composição e a estrutura quantitativa da ictiofauna, bem como caracterizar e definir as principais variáveis físicas e químicas preditoras do rio do Pinto, riacho costeiro de Floresta Atlântica, no Paraná, Brasil.

Metodologia

O estudo foi realizado em um riacho costeiro, denominado rio do Pinto, situado na Serra do Mar, município de Morretes, PR (Figura 1).

O ponto P1 localiza-se no rio Caiuru, que é um afluente do rio do Pinto, localizado a cerca de 50 metros da confluência com o rio do Pinto. Caracteriza-se por estar a 169 m de altitude em relação ao nível do mar, apresentando a correnteza do tipo torrencial (Média=0,95 m/s) e o substrato composto por grande quantidade de matacões e seixos. A profundidade

variou entre 0,2 a 0,4 metro e largura média de 6,8 m, sendo estas características semelhantes ao rio do Pinto acima da desembocadura deste afluente. No entanto, o acesso a este trecho é difícil, justificando a utilização de trecho similar no rio Caiuru. Nesta localidade encontra-se a passagem de um oleoduto sob o leito do rio, sendo que parte do seu fundo encontra-se cimentada e margens canalizadas ou com muretas.

A partir do ponto P2 todos os demais se localizam no Rio do Pinto. O P2 distancia-se em 3,9 km de P1. Apresenta-se a 73 m de altitude, com corrente caracterizada como rápida (Média=0,53 m/s). A profundidade variou entre 14 a 60 cm e a largura média foi de 15 m. Neste ponto, o leito do rio é composto principalmente por seixos, cascalho e areia muito grossa. Observa-se nestes pontos a vegetação ripária composta por integrantes da família Poaceae, além de pequenas plantações de subsistência de banana, palmito, cana de açúcar e mandioca nos arredores. O P3 distancia-se em 2,2 km de P2, encontrando-se a 44 m de altitude e com corrente do tipo moderada (Média=0,37 m/s). A profundidade variou entre 33 a 48 cm, sendo que sua largura atingiu 20 m. Seu leito é composto principalmente por seixos e areia muito grossa, e próximo às margens também são observadas plantações de subsistência e comerciais. O P4 encontra-se distante em 4,5 km do P3. Localiza-se a 16 m de altitude, com porções onde a corrente é do tipo torrencial (Média=1,06 m/s) e grande parte de sua área com corrente rápida (Média=0,63 m/s). A profundidade observada variou entre 10 a 80 cm, com largura média de 22 m. Seu leito é composto principalmente por cascalho e areia grossa. Nesta região observa-se uma grande influência de dejetos residenciais e agrícolas provindos da população rural do município de Morretes. Ao redor do leito do rio, as áreas são caracterizadas como planícies costeiras, sendo encontradas plantações comerciais de chuchu, maracujá e arroz. O P5 distancia-se em 2,2 km de P4, estando a 6 m de altitude, sua corrente caracteriza-se como rápida (Média=0,74 m/s), com profundidade variável entre 20 cm a 1,5 m. Apresenta características semelhantes a P4, quando se trata da recepção de dejetos e de plantações comerciais. Além destas plantações são também observados cultivos de subsistências, tais como cana de açúcar, mandioca e banana. No entorno, observa-se grande quantidade de plantações de hortaliças e verduras.

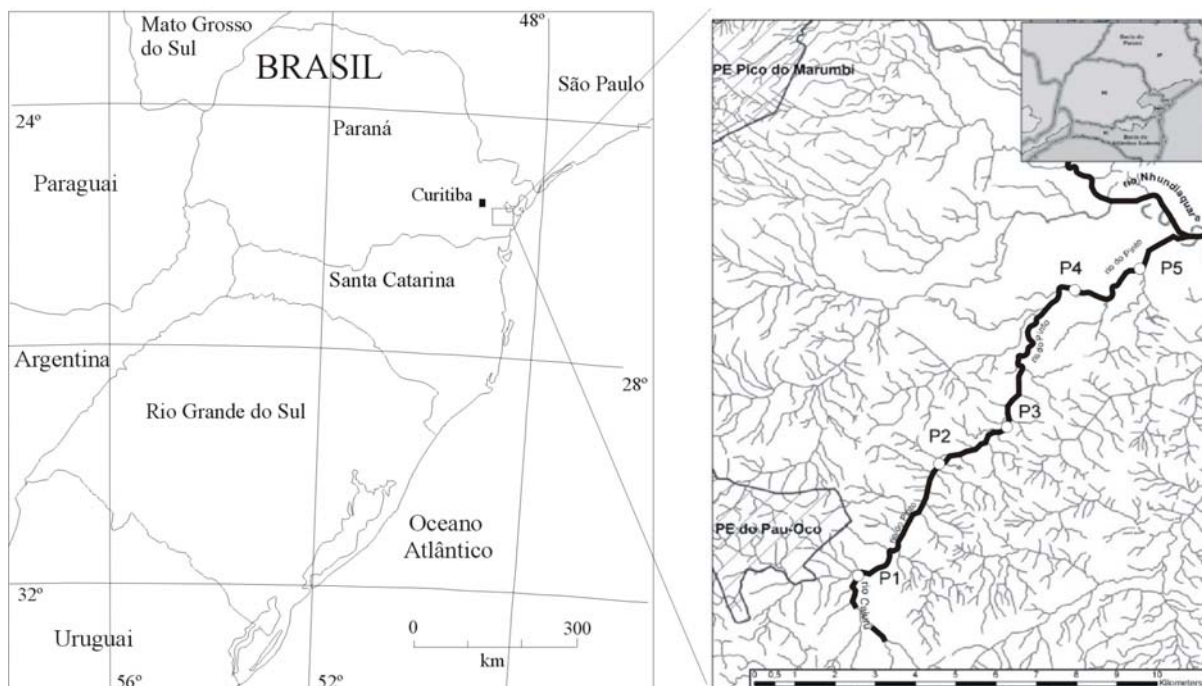


Figura 1 – Mapa de localização dos pontos de Coleta. P1; P2; P3; P4; P5.

As coletas foram mensais, realizadas no período de maio de 2006 a novembro de 2007, sendo utilizada a técnica de pesca elétrica, com um esforço amostral de 50m/1 hora em cada localidade. Esta técnica possibilita com que todas as espécies assumam a mesma probabilidade de serem coletadas, não havendo, portanto, variações de probabilidade em função do apetrecho de coleta (Jowet e Richardson, 1996). Os animais coletados foram fixados em formalina 10%.

As espécies de peixes coletadas foram identificadas até o menor nível taxonômico possível por meio de chaves de identificação específicas e com auxílio do Dr. Oswaldo Oyakawa do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo.

Amostras de água foram coletadas em frascos âmbar estéreis, sendo posteriormente realizadas as metodologias referenciadas na tabela 1.

Tabela 1 – Variáveis, respectivas metodologias e unidades utilizadas no estudo

| | Metodologia | Unidade |
|----------------------------|--------------------|----------------|
| Temperatura da água (T) | Termômetro | °C |
| Condutividade (CE) | Potenciométrico | mS/cm |
| OD | Potenciométrico | mg/L ou % sat. |
| DBO | Método Winkler | |
| Turbidez | Nefelométrico | UNT |
| Sólidos totais | Gravimétrico | mg/L |
| Coliformes Totais | Membrana filtrante | UFC |
| Precipitação pluviométrica | | Mm |

FONTE: Standard Methods for the Examination to Water and Wastewater - 20th Edition - 1998

Os dados referentes às variáveis ambientais foram primeiramente comparados entre os pontos de coleta. Aquelas variáveis que se encontravam em normalidade, avaliadas por meio do teste de Shapiro-Wilk, foram comparadas com o teste paramétrico ANOVA fator único. Aquelas variáveis que não se encontravam em normalidade, foram comparadas por meio do teste de Kruskal-Wallis. Em todos os testes estatísticos foi utilizado um nível de significância de 0,05.

Para cada espécie foi calculado mensalmente o grau de importância relativa pela frequência de ocorrência percentual (FO%), e sua percentagem numérica (PN%). Desta maneira, foi possível identificar as espécies como 1) freqüentes e abundantes, sendo aquelas que ultrapassaram as médias de PN% e FO%; 2) freqüentes e não abundantes, aquelas que não ultrapassam as médias de PN%, mas ultrapassam de FO%; e 3) ocasionais, aquelas que não ultrapassaram as médias de PN% e FO%, conforme estabelecido por Loebmann e Vieira (2005). Para as análises posteriores, em cada um dos pontos foram selecionadas apenas as 5 espécies freqüentes e abundantes e com maior PN% e FO%. A frequência das ordens de peixes foi comparada entre os pontos por meio do teste de Qui-quadrado, utilizando um nível de significância de 0,05.

Os dados mensais de frequência absoluta das espécies freqüentes e abundantes de cada um dos pontos e os respectivos valores das variáveis condutividade, temperatura, oxigênio dissolvido, coliformes totais, demanda bioquímica de oxigênio, turbidez, sólidos totais e precipitação pluviométrica foram avaliados por meio da análise de correspondência canônica (ACC). Este método teve como objetivo verificar quais variáveis ambientais seriam explicativas das frequências das espécies de peixes de cada um dos locais de amostragem.

A ACC permite representar simultaneamente a ordenação espacial de amostras, espécies e variáveis ambientais, que mostram como o ótimo da comunidade varia de acordo com o ambiente (Ter Braak, 1986). A estabilidade e o significado da ACC foram avaliados através do teste de Monte Carlo, um teste não paramétrico que permite a validação da linearidade da abundância das espécies em relação aos valores das variáveis ambientais simulada em 500 permutações. Todos os testes estatísticos foram realizados no programa XLStat2009.

Resultados

Durante todo o período de amostragem, foram coletadas 32 espécies, contemplando 6 ordens e 13 famílias (Tabela 2), totalizando 4491 indivíduos. Ao observar a frequência de

ocorrência das ordens de peixes em relação aos respectivos pontos de coleta, verificou-se que houve diferença estatística significativa em relação a sua distribuição ($\chi^2 = 1091,48$; GL=20; $p < 0,0001$), observando-se significativamente:

- maior frequência de Siluriformes no ponto 1 em relação aos demais pontos,
- maior frequência de Characiformes a partir do ponto 3,
- aumento na frequência de Perciformes no ponto 5,
- maior frequência de Cyprinodontiformes nos pontos 2 e 4 em relação aos demais pontos
- maior frequência de Symbranchiformes no ponto 4 em relação aos demais pontos.

O ponto 1 mostrou-se o menos rico, contendo apenas 15 espécies, seguido do P5 (21 espécies), P2 (22 espécies), P3 (24 espécies), e P4 (27 espécies). A riqueza dos pontos ao longo dos meses está demonstrada na figura 2.

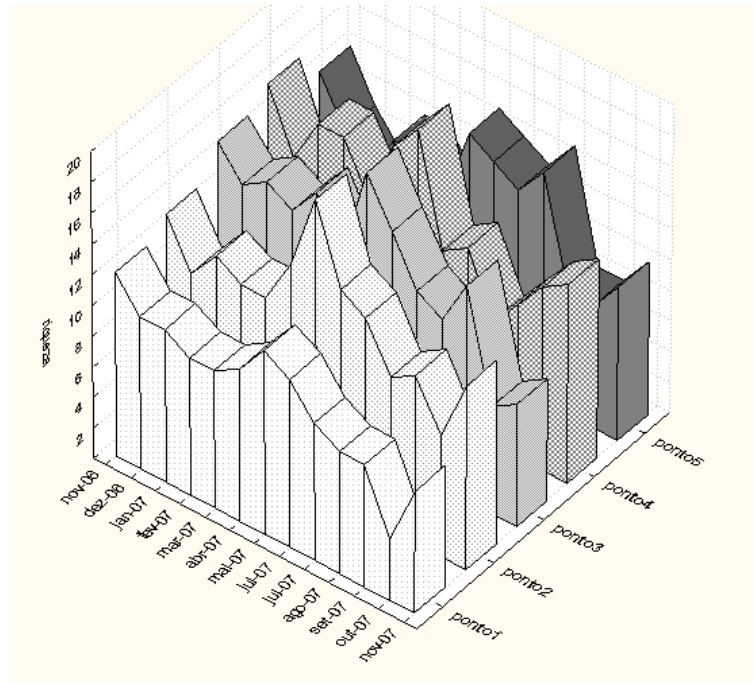


Figura 2 – Riqueza ao longo dos pontos de coleta em função dos meses de amostragem.

Em relação às variáveis ambientais, não houve diferença significativa entre os pontos ($p > 0,05$), salvo a variável ‘Coliformes Totais’ que se mostrou significativamente em menores concentrações nos pontos 1 e 2 ($H=19,32$; GL=4; $n=60$; $p=0,0007$) (Tabela 3).

Tabela 2 – Número de exemplares coletados das espécies de peixes em relação ao ponto de coleta e frequência percentual das ordens dos peixes coletados no rio Caiuru e rio do Pinto.

| % | ORDEM | FAMÍLIA | SUBFAMÍLIA | Espécie | Ponto 1 | Ponto 2 | Ponto 3 | Ponto 4 | Ponto 5 |
|-------------------------------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1% | Gymnodontiformes | Gymnotidae | | <i>Gymnotus carapo</i> | 0 | 0 | 5 | 6 | 2 |
| | | | | <i>Gymnotus panterinus</i> | 0 | 8 | 3 | 0 | 0 |
| 1% | Symbranchiformes | | | <i>Symbranchus marmoratus</i> | 0 | 2 | 11 | 14 | 4 |
| 3% | Cyprinodontiformes | Poeciliidae | | <i>Phalloceros caudimaculatus</i> | 0 | 51 | 30 | 44 | 19 |
| 2% | Perciformes | Gobiidae | Gobionellinae | <i>Awaos tajasica</i> | 0 | 3 | 5 | 7 | 57 |
| | | Cichlidae | Cichlinae | <i>Crenicichla lacustris</i> | 0 | 2 | 4 | 2 | 4 |
| | | | | <i>Geophagus brasiliensis</i> | 0 | 0 | 2 | 7 | 10 |
| 38% | Characiformes | Characidae | Tetragonopterinae | <i>Astyanax sp.</i> | 3 | 18 | 20 | 14 | 13 |
| | | | | <i>Bryconamericus microcephalus</i> | 123 | 162 | 39 | 16 | 1 |
| | | | | <i>Deuterodon langei</i> | 0 | 10 | 14 | 13 | 4 |
| | | | | <i>Hollandichthys multifasciatus</i> | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | <i>Mimagoniates microlepis</i> | 0 | 0 | 26 | 96 | 24 |
| | | Crenuchidae | Characidiinae | <i>Characidium lanei</i> | 11 | 8 | 75 | 212 | 217 |
| | | | | <i>Characidium pterostictum</i> | 12 | 40 | 223 | 194 | 128 |
| | Erythrinidae | | | <i>Hoplias malabaricus</i> | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| 55% | Siluriformes | Callichthyidae | Callichthyinae | <i>Scleromystax barbatus</i> | 0 | 46 | 155 | 62 | 25 |
| | | | | <i>Hoplosternum littorale</i> | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | | Loricariidae | Hypostominae | <i>Ancistrus multispinis</i> | 11 | 148 | 120 | 2 | 8 |
| | | | | <i>Pareiorhaphis splendens</i> | 278 | 11 | 6 | 1 | 0 |
| | | | | <i>Kronichthys lacerta</i> | 0 | 0 | 2 | 33 | 24 |
| | | | | <i>Isbrueckerichthys duseni</i> | 324 | 43 | 5 | 20 | 24 |
| | | | | <i>Pseudotothyris obtusa</i> | 0 | 5 | 0 | 2 | 0 |
| | | | | <i>Hisonotus leucofrenatus</i> | 0 | 0 | 0 | 16 | 15 |
| | | | | <i>Schizolecis güntneri</i> | 4 | 7 | 0 | 5 | 0 |
| | | Loricariinae | <i>Rineloricaria sp.</i> | 23 | 84 | 74 | 168 | 136 | |
| | | | Heptapteridae | <i>Pimelodella pappenheimi</i> | 9 | 0 | 51 | 48 | 45 |
| | | | | <i>Acentronichthys leptos</i> | 28 | 29 | 3 | 0 | 0 |
| | | <i>Rhandia quelen</i> | | 17 | 5 | 14 | 2 | 16 | |
| <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> | 144 | 44 | | 7 | 0 | 0 | | | |
| Trichomycteridae | Trichomycterinae | <i>Trichomycterus davisi</i> | 92 | 6 | 0 | 3 | 0 | | |
| | Stegophilinae | <i>Homodiaetus graciosa</i> | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | | |
| Pseudopimelodidae | | | <i>Microglanis cottoides</i> | 0 | 0 | 0 | 3 | 11 | |

Tabela 3 – Mínimos e Máximos das variáveis da água em relação aos pontos de coleta

| | Ponto 1 | | Ponto 2 | | Ponto 3 | | Ponto 4 | | Ponto 5 | |
|-----------------------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| | Mínimo | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo | Máximo |
| Condutividade | 4,3 | 62,8 | 3,66 | 53,5 | 3,8 | 52,8 | 3,5 | 52,1 | 4,35 | 55,7 |
| T°C | 15,6 | 22,5 | 16,4 | 24,4 | 17,2 | 25,8 | 17,7 | 26,5 | 16,3 | 26,9 |
| OD | 3,35 | 10,13 | 3,4 | 10,6 | 3,47 | 10,6 | 3,94 | 16,48 | 3,65 | 16 |
| CT | 110 | 800 | 260 | 860 | 460 | 4600 | 460 | 1100 | 230 | 8000 |
| DBO | 0,04 | 4,29 | 0,22 | 3,99 | 0,32 | 4,72 | 0,37 | 4,21 | 0,16 | 3,19 |
| Turbidez | 0,17 | 0,7 | 0,25 | 3,78 | 0,17 | 5,3 | 0,023 | 7,94 | 0,61 | 9,86 |
| Sólidos totais | 0 | 89 | 2 | 97 | 3 | 91 | 4 | 89 | 5 | 99 |
| Precipitação | 33,2 | 407,6 | 33,2 | 407,6 | 33,2 | 407,6 | 33,2 | 407,6 | 33,2 | 407,6 |

Ainda sobre as informações relativas às variáveis ambientais, vale ressaltar que entre os meses de setembro a novembro de 2007 foram encontradas nas amostras de água traços de óleos e graxos.

Ao analisar a associação entre as variáveis ambientais e a abundância das espécies mais frequentes e ocorrentes coletadas no ponto 1, foi possível verificar que os autovalores observados para os dois primeiros eixos foram, respectivamente, 0,142 e 0,040, sendo que estes dois fatores explicam 81,29% da associação dos dados (Figura 3). A porção positiva do eixo F2 reúne os maiores valores das variáveis: oxigênio dissolvido e condutividade. Tais valores são característicos do período de menores temperaturas da água, quando se eleva o processo de dissolução de oxigênio. Além disso, os maiores valores de condutividade são explicados pela maior concentração de sólidos totais, observados no quadrante superior esquerdo do diagrama. Possivelmente estas variáveis favoreçam a ocorrência das espécies *P. splendens* e *R. transfasciatus*.

A porção negativa do eixo F2 reúne os maiores valores das variáveis turbidez, precipitação, temperatura e DBO. Estes valores ocorrem nos meses de janeiro e março de 2007. A maior precipitação eleva a velocidade e o volume de água do rio, o que provoca o arraste de organismos e de sedimento, elevando assim a turbidez da água. Esta maior turbidez provavelmente é decorrente de uma maior concentração de matéria orgânica, sendo tal fato indicado pelo aumento da DBO e temperatura. Possivelmente a maior concentração de coliformes totais no período tenha refletido na elevação da concentração de matéria orgânica, conforme observado no quadrante inferior esquerdo. Neste sentido, pode-se levantar a hipótese de que este cenário contribua para a ocorrência das espécies *T. davisii* (carnívoro segundo Sabino, 2000), *I. duseni* (algívoro segundo Jerep et al., 2006) e *B. microcephalus* (insetívoro segundo Aranha, Takeuti e Yoshimura, 1998) (Figura 3).

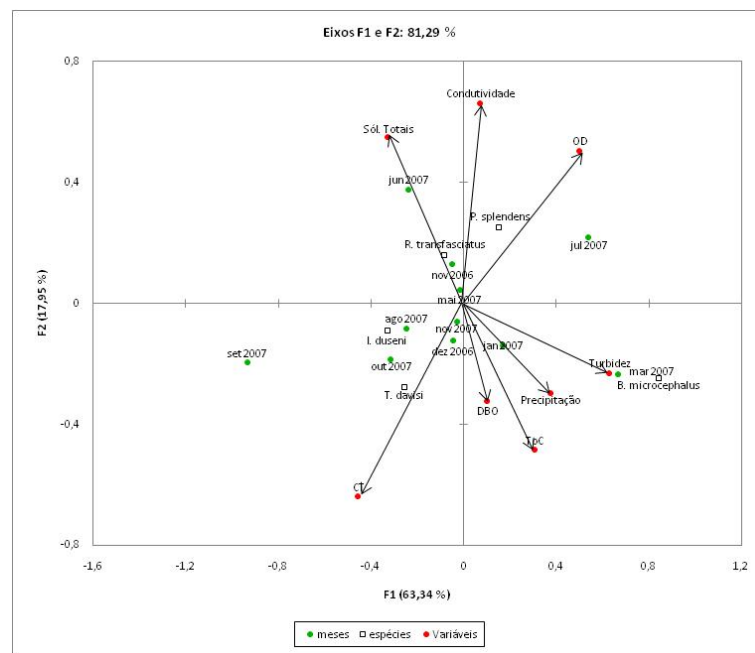


Figura 3 - Diagrama de ordenação representando os dois primeiros eixos da análise de correspondência canônica para o Ponto 1, mostrando os meses (Nov/2006 a Nov/2007), espécies (círculos verdes) e descritores ambientais (setas). Eixos 1 e 2 não foram significativos (Teste de Monte Carlo), sendo que as espécies não são linearmente relacionadas com os descritores ambientais ($p = 0,834$).

Para a análise do ponto 2, os autovalores foram 0,260 e 0,062, respectivamente. Estes autovalores explicam em 88,91% a variabilidade de associação dos dados (Figura 4). Apesar da alta explicabilidade dos dados, aparentemente esta é a análise menos robusta dentre os pontos. Pode-se verificar que os vetores DBO, turbidez, sólidos totais, oxigênio dissolvido e coliformes totais estão pouco associados à frequência das espécies entre os meses avaliados. Isolando apenas as variáveis temperatura, precipitação e condutividade a explicação ocorre principalmente em função do eixo F2. Este eixo conduz a explicação de que os meses de janeiro e março de 2007 apresentaram maior precipitação e maiores temperaturas da água, sendo que estas condições, neste ponto, favoreceram às maiores frequências de *S. barbatus* e *Rineloricaria* sp.

O contrário desta situação, acrescida de valores mais elevados de condutividade da água, aparentemente favorece a frequência de *B. microcephalus* entre os meses de julho e agosto de 2007. Os demais meses e espécies apresentam fraca explicabilidade entre as variáveis aqui analisadas (Figura 4).

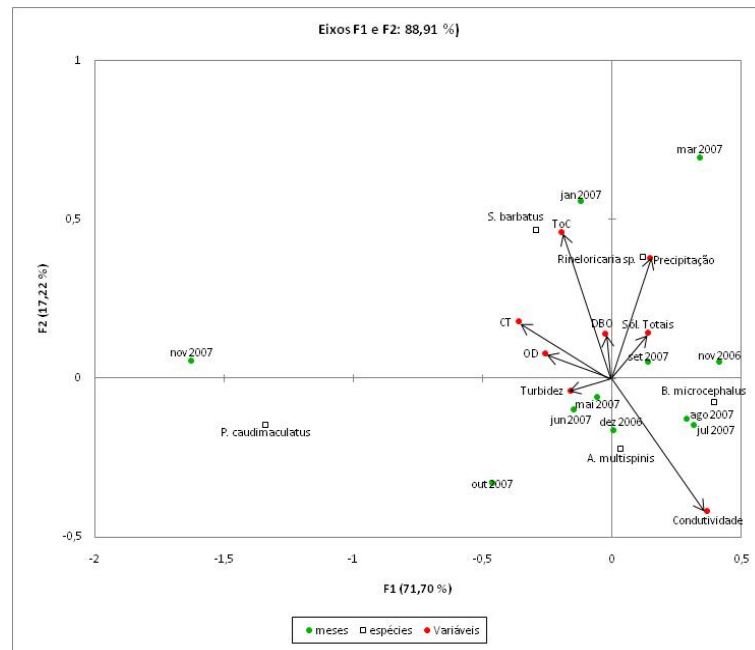


Figura 4 - Diagrama de ordenação representando os dois primeiros eixos da análise de correspondência canônica para o Ponto 2, mostrando os meses (Nov/2006 a Nov/2007), espécies (círculos verdes) e descritores ambientais (setas). Eixos 1 e 2 não foram significativos (Teste de Monte Carlo), sendo que as espécies não são linearmente relacionadas com os descritores ambientais ($p=0,878$).

Em relação ao ponto 3, pode-se verificar que os autovalores 0,131 e 0,101, respectivamente, com 88,96% de explicabilidade da variação dos dados (Figura 5). O diagrama obtido pode ser explicado principalmente em função dos quadrantes positivos e negativos do eixo F1. Os quadrantes negativos reúnem as variáveis: temperatura da água, precipitação, turbidez e DBO. Os maiores valores destas variáveis ocorrem em estações com maiores temperaturas do ar (dezembro de 2006 a março de 2007), sendo que neste período foi observada a maior frequência de *A. multispinnis* e *S. barbatus*. Estas espécies apresentam os seus habitats associados ao substrato rochoso e à vegetação marginal, respectivamente.

Já os quadrantes positivos reúnem as variáveis: coliformes totais, oxigênio dissolvido e condutividade. Os maiores valores destas variáveis ocorrem em um período com menores temperaturas do ar (maio a setembro de 2007). Neste período foi observado um menor volume de corrente, resultante de um menor volume de precipitação, assim como uma maior condutividade e maior concentração de coliformes totais. As menores temperaturas da água levaram a maior dissolução de oxigênio. O cenário resultante dos valores destas variáveis possivelmente foram favoráveis promover a maior frequência das espécies *Rineloricaria sp.*, *C. pterostictum* e *C. lanei* (Figura 5).

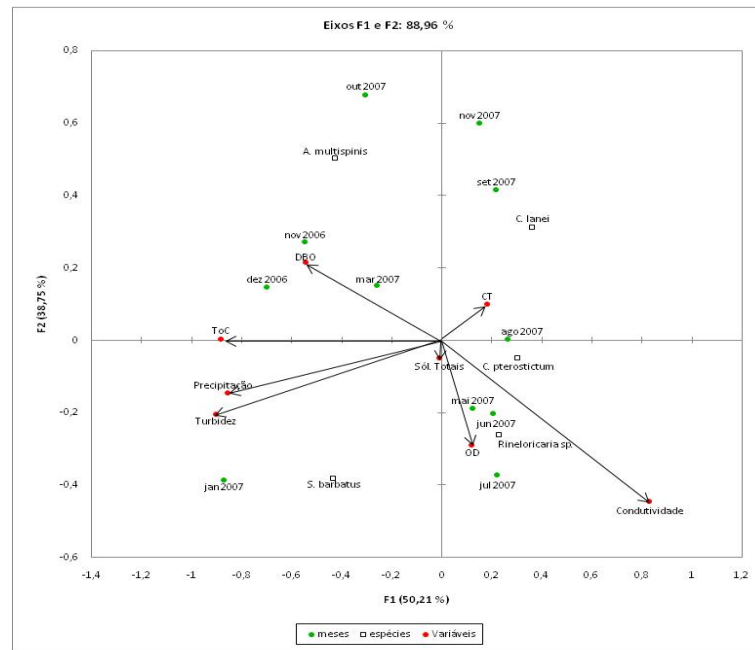


Figura 5 - Diagrama de ordenação representando os dois primeiros eixos da análise de correspondência canônica para o Ponto 3, mostrando os meses (Nov/2006 a Nov/2007), espécies (círculos verdes) e descritores ambientais (setas). Eixos 1 e 2 não foram significativos (Teste de Monte Carlo), sendo que as espécies são linearmente relacionadas com os descritores ambientais ($p < 0,0001$).

No ponto 4 foi possível verificar que os autovalores foram, respectivamente, 0,242 e 0,155, com 86,47% de explicabilidade em relação à associação das variáveis. O diagrama gerado também pode ser explicado em função do eixo F1, sendo que os quadrantes positivos reúnem as variáveis: oxigênio dissolvido e condutividade, caracterizando o período de menor precipitação pluviométrica e menores temperaturas da água. Este período e estas condições ambientais parecem ter favorecido a elevação da frequência das espécies *C. pterostictum* e *Rineloricaria sp.*

Já os quadrantes negativos reúnem as maiores médias das variáveis: sólidos totais, precipitação, DBO, turbidez, temperatura da água e coliformes totais, sendo estas variáveis características de uma estação com maior densidade de chuvas e maiores temperaturas do ar. Tais características aparentemente favoreceram a elevação da frequência das espécies *M. microlepis* e *C. lanei*.

Os meses de setembro a novembro de 2007 são meses com menores concentrações de sólidos totais, sendo tais características regidas principalmente pelo eixo F2. Esta situação observada neste ponto de coleta aparentemente favoreceu a elevação das frequências de *S. barbatus* (Figura 6).

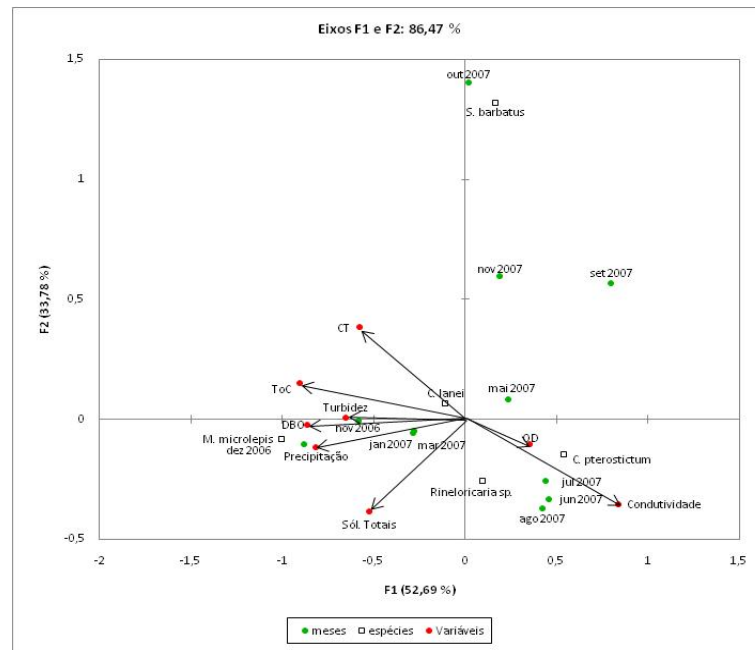


Figura 6 - Diagrama de ordenação representando os dois primeiros eixos da análise de correspondência canônica para o Ponto 4, mostrando os meses (Nov/2006 a Nov/2007), espécies (círculos verdes) e descritores ambientais (setas). Eixos 1 e 2 não foram significativos (Teste de Monte Carlo), sendo que as espécies não são linearmente relacionadas com os descritores ambientais ($p = 0,424$).

No ponto 5, a análise de ACC apresentou os autovalores 0,133 e 0,120, respectivamente e uma explicabilidade de 85,77% (Figura 7). Neste diagrama é possível fazer uma separação dos períodos principalmente em relação às estações do ano mais marcantes: verão com elevada pluviosidade e altas temperaturas; e inverno, com situações contrárias. O eixo F1 reúne em sua porção negativa as maiores médias das variáveis: precipitação, turbidez, DBO, temperatura e sólidos totais, coincidindo com os meses de verão (novembro de 2006 a março de 2007). Neste período mais quente e de maior precipitação observa-se um maior volume de água nesta porção do rio, promovendo uma maior massa de sólidos totais, principalmente compostos por material inorgânico, elevando-se, portanto, a turbidez da água. O aumento da demanda bioquímica de oxigênio pode ser atribuído a concentração de microorganismos aeróbicos presentes no meio. Esta situação das variáveis coincidiu com a maior frequência das espécies *A. tajasica* e *Rineloricaria* sp., sendo talvez um indício de um cenário favorável para a ocorrência destas espécies.

Na porção positiva do eixo F1 observa-se a reunião das variáveis: oxigênio dissolvido (OD) e condutividade, coincidindo com os meses de inverno. O aumento da OD é resultante das menores temperaturas do período, propiciando a maior dissolução do oxigênio. Já o aumento da condutividade é decorrente da maior concentração de íons em função do menor volume de corrente. Neste período foi possível observar a maior frequência da espécie *C. lanei*.

O eixo F2 explica principalmente a frequência de coliformes totais, sendo que sua maior frequência ocorre nos meses de setembro e outubro, concomitantemente com os meses com menor precipitação e, portanto, menor volume de água na corrente. O aumento de coliformes totais neste período, possivelmente decorrente da maior concentração de dejetos neste ponto do rio, provavelmente não tenha sido um fator que limitou a elevação da frequência de *P. pappenheimi* e *C. pterostictum*. O mesmo não pode ser afirmado para *C. lanei*, espécie que diminuiu sua frequência neste período. Contudo, esta situação talvez não seja válida, uma vez que nos pontos 3 e 4 esta condição não se repete (Figura 7).

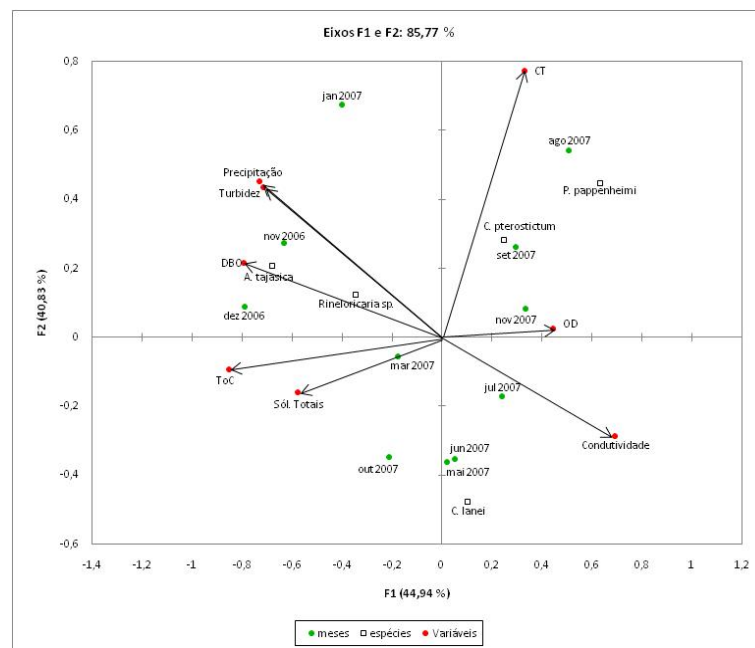


Figura 7 - Diagrama de ordenação representando os dois primeiros eixos da análise de correspondência canônica para o Ponto 5, mostrando os meses (Nov/2006 a Nov/2007), espécies (círculos verdes) e descritores ambientais (setas). Eixos 1 e 2 não foram significativos (Teste de Monte Carlo), sendo que as espécies não são linearmente relacionadas com os descritores ambientais ($p = 0,162$).

Por fim, tais análises resultaram na separação da distribuição das espécies em dois períodos, sendo estes chamados de acordo com a coincidência da estação vigente:

1º) Verão: elevadas temperaturas da água e maior volume de precipitação pluviométrica, promovendo nos pontos de coleta uma elevada turbidez, possivelmente decorrente da elevação de microorganismos aeróbicos (elevação da DBO). Neste período, observaram-se menores valores de condutividade.

2º) Inverno: temperatura da água mais baixas, menor volume de precipitação pluviométrica e, conseqüentemente, um menor volume de água no leito do riacho. Desta maneira verificou-se uma menor turbidez, havendo menores valores de DBO. Neste período foram verificados maiores valores de condutividade.

Discussão

A elevada diversidade de peixes observada em riachos costeiros está diretamente associada ao tipo e à região do hábitat das espécies, o que proporciona aos animais a adequação de estratégias ecológicas como respostas às variações temporais e espaciais de cada localidade (Winemiller, Agostinho e Caramaschi, 2008). Margalef (1963) já havia destacado que a maturidade dos ambientes está relacionada às flutuações ambientais, o que influencia diretamente na diversidade e sobre o mecanismo de equilíbrio do ecossistema. Logo, a diversidade de peixes observada na bacia do rio do Pinto pode ser explicada por estas premissas, em que diferentes distribuições de espécies foram observadas em função de cada localidade amostrada.

A diferença da distribuição das espécies pôde ser primeiramente evidenciada pela riqueza da ictiofauna. Na porção mais próxima à cabeceira (P1) foram coletadas 16 espécies, caracterizando o ponto de menor riqueza do estudo. Dentre as espécies coletadas neste ponto, destacam-se *I. duseni*, *P. splendens* e *T. davisii* como as mais freqüentes e abundantes. As duas primeiras espécies são filogeneticamente próximas, sendo agrupadas por Weber (2003) na Subfamília Hypostominae. Apesar da elevada variabilidade deste grupo, grande parte das espécies são bentônicas, permanecendo associadas ao fundo arenoso ou rochoso dos rios, geralmente sob rochas ou escondidas junto a vegetação. Além destas duas espécies, *T. davisii* foi também coletada, sendo que espécies do gênero *Trichomycterus* são geralmente encontradas em riachos de maior altitude (não superior a 1600 m) (Jacobsen, 2008), porém possuindo micro-hábitats específicos exclusivamente associados a corredeiras, sendo sua abundância progressivamente mais rara a jusante dos rios (Casatti, 2002).

Nos pontos subseqüentes, observou-se o aumento de espécies de Characiformes possivelmente em função da diminuição de declividade do leito do rio, uma vez que estas

espécies apresentam corpo com maior compressão lateral e maior altura relativa, característico de espécies que apresentam baixa hidrodinâmica e maior frequência natatória (Gatz, 1979; Watson e Balon, 1984). A observação do aumento na frequência de Perciformes no ponto 5 está associada à maior proximidade do ambiente marinho, conforme já relatado por Castro (1999) e Cyprinodontiformes nos pontos 2 e 4, possivelmente está associada a maior cobertura de vegetação marginal (Aranha e Caramaschi, 1997).

Apesar das evidências sobre a alteração da fisiografia longitudinal e das ações antrópicas que podem influenciar na distribuição das ordens de peixes, a microbacia do rio do Pinto mostrou-se bastante estável, sem demonstrar elevadas variações quanto às variáveis físicas e químicas. Foi possível verificar a variação temporal de sua dinâmica, principalmente em função das variáveis: temperatura da água e precipitação. Os maiores valores destas variáveis mostraram-se característicos no período de final de primavera e verão. Neste período, a maior precipitação pluviométrica eleva o volume de fluxo dos rios, o que geralmente eleva o transporte de sólidos totais. Concomitantemente houve o aumento da turbidez, mas não necessariamente em decorrência do aumento dos sólidos, uma vez que em todos os pontos o aumento da turbidez apresentou-se mais relacionada com o aumento da DBO. A turbidez na água é causada por matéria inorgânica em suspensão, mas também por matéria orgânica tais como plâncton e demais microrganismos (Wetzel e Likens, 2000).

Além disso, neste período, os maiores valores das variáveis temperatura da água e precipitação influenciam em uma maior taxa de fotossíntese, aumentando a concentração de matéria orgânica autóctone e alóctone (Wetzel e Likens, 2000). Em geral, nestes períodos estes fatores associados propiciam o aumento da população de algas e insetos, bem como o aumento de detritos orgânicos (Tundisi e Tundisi, 2008) e a maior riqueza de espécies de peixes (Casatti, 2004). Contudo, outro aspecto deve ser discutido, uma vez que no período de maior pluviosidade ocorrem trombas d'água com elevada frequência, o que promove a diminuição de recursos do riacho (Aranha, 2000). Gonçalves e Aranha (2008) relatam que em riachos costeiros, durante períodos chuvosos do verão, a diversidade de espécies de insetos, bem como a sua abundância diminuem significativamente. Desta forma, este cenário talvez favoreça a ocorrência de espécies generalistas, conforme foi observado ao verificar a maior frequência das espécies *T. davisi*, *B. microcephalus*, *A. tajasica*, *S. barbatus*, *M. microlepis* e *Rineloricaria* sp.

Segundo diversos autores, estas espécies apresentam maior plasticidade de hábitos alimentares, conforme descrito a seguir:

- *T. davisi* é considerada uma espécie invertívora, especuladora de substrato, alimentando-se principalmente de insetos aquáticos (Sabino, 2000) e outros itens autóctones (Casatti, 2002).
- *B. microcephalus* é uma espécie de meia-água, percentente a subfamília Tetragonopterinae. Espécies deste grupo geralmente se alimentam de itens alimentares arrastados pela corrente, uma vez que por apresentarem corpo alto e comprimido, e nadadeiras peitorais posicionadas lateralmente, conseguem permanecer entre a meia-água e a superfície (Casatti, Langeani e Castro, 2001).
- *A. tajasica* é uma espécie que geralmente permaneceu associada a locais com leito arenoso, sendo observado por Sabino (2000) como uma espécie escavadora e mordiscadora de fundo, alimentando-se de detritos, algas e invertebrados, principalmente representados por insetos aquáticos.
- *S. barbatus* é uma das poucas espécies de Siluriformes considerada como diurna, associada a fundos arenosos próximo às margens e com correnteza moderada (Barreto e Aranha, 2005). Sabino (2000) afirma que esta espécie é onívora, alimentando-se de insetos, algas e detritos. Contudo, esta espécie foi observada tanto em períodos de elevadas temperaturas e precipitação pluviométrica, quanto condições contrárias a estas. Logo, considera-se esta espécie com grande espectro de hábitos alimentares, conseguindo se adequar às diferentes condições ambientais.
- *M. microlepis* é uma espécie considerada diurna e que Mazzoni e Iglesias-Rios (2002) consideraram seu hábito alimentar preferencial por insetos terrestres.
- *Rineloricaria* sp. realiza o pastejo tanto no período diurno, como noturno, alimentando-se principalmente de detritos e algas (Sabino, 2000). Esta espécie, assim como *S. barbatus*, foi observada com elevada frequência durante todo o período amostral, devendo, portanto, ser considerada como uma espécie que se adéqua às diferentes condições ambientais. Associado a tal fato, esta espécie apresenta adaptações ecomorfológicas, tais como corpo achatado dorso-ventralmente, boca modificada, nadadeiras peitorais grandes, garantindo, assim, sua permanência em seu hábitat, sendo, portanto, fatores que promovam o sucesso na busca pelo alimento, conseguindo recursos em diferentes situações ambientais.

No período de menor temperatura da água e menor volume de precipitação foi possível observar a relação direta com o aumento de oxigênio dissolvido na água, conforme

demonstrado por Wetzel e Likens (2000). Nos pontos 3 e 5 observou-se o maior número de unidades formadoras de colônia de coliformes totais. A explicação para a elevação de coliformes totais possivelmente esteja relacionada a um maior despejo de resíduos de residências da comunidade ribeirinha, assim como sua concentração devido ao menor volume de água do rio. Contudo, este fato só poderia ser confirmado caso fosse realizada a relação entre coliformes fecais (*Escherichia coli*) e estreptococos fecais (*Enterococcus faecalis*). Quando o quociente desta relação é superior a 4,0, indica-se um maior despejo de esgoto, considerando-se principalmente a procedência humana (Martins et al., 1989).

Gonçalves e Aranha (2008) demonstraram que a primavera foi o período amostral com menor volume de precipitação, o que possivelmente afetou a manutenção da riqueza e abundância de macroinvertebrados no rio Ribeirão, em Paranaguá, PR. Possivelmente, a maior quantidade de insetos aquáticos promoveu uma maior disponibilidade de recursos para espécies com hábitos alimentares menos generalistas, tais como *C. lanei*, *C. pterostictum* e *P. pappenheimi*, todos insetívoros, alimentando-se especificamente de insetos aquáticos (Aranha, 2000), e abordagens sobre os hábitos alimentares estão a seguir:

- *C. lanei* e *C. pterostictum* são espécies insetívoras, que habitam riachos com leitos rochosos e/ou arenosos (Sabino, 2000) e que este gênero apresenta um comportamento seguidor como tática de forrageio (Leitão, Caramaschi e Zuanon, 2007). No período de menor precipitação pluviométrica, *C. lanei* alimenta-se principalmente de larvas de Chironomidae e ninfas de Ephemeroptera, enquanto *C. pterostictum*, a predominância de sua alimentação se dá por larvas de Chironomidae e Simuliidae (Aranha, Gomes e Fogaça, 2000). Os mesmos autores demonstram ainda que a abundância de Chironomidae e Simuliidae ocorrem em períodos de menor precipitação pluviométrica e baixas temperaturas do ar, característicos do inverno.
- *P. pappenheimi* é uma espécie insetívora que se alimenta de itens alimentares autóctones, principalmente insetos aquáticos (Aranha, Takeuti, Yoshimura, 1998).

A abordagem sobre hábitos alimentares para espécies menos generalistas do período de menor precipitação poderia ser ainda mais ampla, contudo nesta época houve queda da riqueza. Algumas hipóteses explicativas para tal fato podem ser sugeridas, tais como um efeito negativo em função do derramamento de 20 mil L de álcool na micro-bacia do rio do Pinto resultado de um acidente com um caminhão na rodovia BR 277 em julho de 2007 e, em decorrência, a presença de óleo e graxos entre os meses de setembro a novembro de 2007. O

levantamento destas hipóteses pode também sugerir a alta capacidade de resiliência desta comunidade, reforçada pelo fato de não serem observadas grandes variações sobre as variáveis que refletem a dinâmica dos micronutrientes, bem como turbidez, condutividade, pH. A única variável que aparentemente se mostrou sensível a estes impactos foi oxigênio dissolvido. Porém, a discussão mais aprofundada sobre a capacidade de recuperação de um ambiente exige a amostragem de outras variáveis que denotem a entropia do local.

Desta maneira, conclui-se que:

- a elevada diversidade de peixes observada está associada ao tipo e à região do hábitat das espécies, o que leva a adequações de estratégias ecológicas como respostas às variações temporais e espaciais em cada ponto de coleta;
- as variáveis explicativas da ocorrência das espécies mais abundantes e frequentes foram, principalmente, temperatura e precipitação;
- estas duas variáveis caracterizam duas estações do ano, o que levou a segregação da maior ocorrência de espécies com hábitos alimentares generalistas no período de maior precipitação pluviométrica e elevadas temperaturas da água e espécies especialistas no período oposto;
- sugere-se, por fim, que o presente riacho mostra-se relativamente estável, demonstrando aparente capacidade de recuperação a perturbações naturais e antrópicas eventuais. Contudo, esta hipótese necessita de outros estudos para posterior comprovação.

Referências

- Angermeier, P. L. & Karr, J. R., 1994. Biological integrity versus biological diversity as policy directives. *BioScience*, 44: 690-697.
- Aranha, J.M.R. & Caramaschi, E.P., 1997. Distribuição longitudinal e ocupação espacial de quatro espécies de Cyprinodontiformes no rio Ubatuba, Maricá, RJ, Brasil. *Acta Biol. Par.*, 26 (1, 2, 3, 4): 125-140.
- Aranha, J.M.R., Takeuti, D.F & Yoshimura, T.M., 1998. Habitat use and food partitioning of the fishes in a coastal stream of Atlantic Forest, Brazil. *Rev. Biol. Trop.*, 46(4): 951-959.

- Aranha, J. M. R., 2000. A influência da instabilidade ambiental na composição e estrutura trófica da ictiofauna de dois rios litorâneos. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos. 130 pp.
- Aranha, J.M.R., Gomes, J.H.C. & Fogaça, F.N.O., 2000. Feeding of two sympatric species of *Characidium*, *C. lanei* and *C. pterostictum* (Characidiinae) in a coastal stream of Atlantic Forest (Southern Brazil). *Braz. Arch. Biol. Tech.*, 43(5): 527-531.
- Araújo, F. G., 1998. Adaptação do índice de integridade biótica usando a comunidade de peixes para o Rio Paraíba do Sul. *Rev. Brasil. Biol.*, 58(4): 547-558.
- Casatti, L., 2002. Alimentação dos peixes de um riacho do Parque Estadual Morro do Diabo, Bacia do Alto Rio Paraná, Sudeste do Brasil. *Biota Neotropica*, 2(2): 1-14.
- Casatti, L., Langeani, F. & Castro, R.M.C., 2001. Peixes de riacho do Parque Estadual Morro do Diabo, Bacia do Alto rio Paraná, SP. *Biota Neotropica*, 1(1): 1-15.
- Casatti, L., 2004. Ichthyofauna of two streams (silted and reference) in the upper Paraná River basin, Southeastern Brazil. *Braz. J. Biol.*, 64(4): 757-765.
- Castro, R.M.C., 1999. Evolução da ictiofauna de riachos sul-americanos: padrões gerais e possíveis processos causais. In: *Ecologia de Peixes de Riachos: Estado Atual e Perspectivas* (E.P.Caramaschi, R. Mazzoni, C.R.S.F. Bizzerril, P.R. Perez-Neto, eds.). *Oecologia Brasiliensis*, 6: 139-155.
- Cunico, A.M., Agostinho, A.A. & Latini, J.D., 2006. Influência da urbanização sobre as assembléias de peixes em três córregos de Maringá, Paraná. *Rev. Bras. Zool.*, 23 (4): 1101-1110.
- Esteves, K.E. & Lobón-Cerviá, J., 2001. Composition and trophic structure of a community of a clear water Atlantic rainforest stream in southeastern Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, 62: 429-440.

- Fairweather, P.G., 1991. Statistical power and design requirements for environmental monitoring. *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.*, 42(5): 555-567.
- Ferreira, C.P. & Casatti, L., 2006. Influência da estrutura do hábitat sobre a ictiofauna de um riacho em uma micro-bacia de pastagem, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 23(3): 642-651.
- Ferreira, K.M., 2007. Biology and ecomorphology of stream fishes from the rio Mogi_Guaçu basin, Southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 5(3): 311-326.
- Gatz Jr., A. J. (1979). Ecological morphology of freshwater stream fishes. *Talune Studies in Zoology and Botany*, 21(2): 91-124.
- Gonçalves, F.B. & Aranha, J.M.R., 2008. Ocupação espaço-temporal pelos macroinvertebrados na bacia do rio Ribeirão, Paranaguá, PR (Brasil). *Acta Biológica Paranaense*, 33(1,2,3,4): 181-191.
- Jacobsen, D., 2008. Cap. 8 – Tropical High-Altitude Streams. In: Dudgeon, D. (editor). *Aquatic Ecosystems: Tropical Stream Ecology*. Londres – GB: Elsevier Science, 219-256.
- Jowet, I.G. & Richardson, J., 1996. Distribution and abundance of freshwater fish in New Zealand rivers. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 30: 239-255.
- Leitão, R.P., Caramaschi, E.P. & Zuanon, J., 2007. Following food clouds: feeding association between a minute loricariid and a characidiin species in an Atlantic Forest stream, Southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 5(3): 307-310.
- Loebmann, D. & Vieira, J.P., 2005. Composição e abundância dos peixes do Parque Nacional da Lagoa do Peixe, Rio Grande do Sul, Brasil e comentários sobre a fauna acompanhante de crustáceos decápodos. *Atlântica*, 27(2): 131-137.
- Margalef, R. 1963. On certain unifying principles in ecology. *The American Naturalist*, Chicago, 97(897): 357-374.

- Martins, M.T., Gambale, W., Paula, C.R., Matsumoto, E.F., Ribeiro, G., Malateaux, S. & Mayer, M.H., 1989. Utilização de bactérias e fungos como indicadores na avaliação de fatores fisiográficos que interferem nos processos de auto-depuração de um córrego subtropical. *Rev. Microbiol.*, 20(3): 278-291.
- Mazzoni, R. & Iglesias-Rios, R., 2002. Distribution pattern of two fish species in a coastal stream in southeast Brazil. *Braz. J. Biol.*, 62(1): 171-178.
- Morris, P. & Therivel, R., 2001. *Methods of Environmental Impact Assessment*. 2 ed. Hardback Book - EUA.
- Sabino, J. & R. M. C. Castro. 1990. Alimentação, período de atividade e distribuição espacial dos peixes de um riacho da Floresta Atlântica (Sudeste do Brasil). *Rev. Brasil. Biol.*, 50 (1): 23-36.
- Sabino, J., 2000. Estudo comparativo em comunidades de peixes de riachos da Amazônia Central e Mata Atlântica: Distribuição espacial, padrões de atividade e comportamento alimentar. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas. 152 pp.
- Tejerina-Garro, F.L., Maldonado, M., Ibañez, C., Pont, D., Roset, N., Oberdorff, T., 2005. Effects of natural and anthropogenic environmental changes on riverine fish assemblages: a framework for ecological assessment of rivers. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48(1): 91-108.
- Ter Braak C. J. F., 1986. Canonical Correspondence Analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67(5), 1167-1179.
- Tundisi, J.G. & Tundisi, T.M., 2008. *Limnologia*. São Paulo-SP: Ed. Oficina de Textos, 632 p.
- Watson, D. J. e Balon, E. K., 1984. Ecomorphological analysis of fish taxocenes in rainforest streams of northern Borneo. *Journal of Fish Biology*, 25: 371-384

Weber, C. Subfamily Hypostominae (Armored catfishes), 2003. In: Reis, R.E., Kullander, S.O. e Ferraris Jr., C.J. (org.). Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America. Porto Alegre – RS: EDIPUCRS, 351 - 372.

Wetzel, R.G. & Likens, G.E., 2000. Limnological Analyses. 3 ed. New York-USA: Springer-Verlag, 429 p.

Winemiller, K.O., Agostinho, A.A., Caramaschi, E.P., 2008. Cap. 5 - Fish Ecology: Tropical Streams. In: Dudgeon, D. (editor). Aquatic Ecosystems: Tropical Stream Ecology. Londres – GB: Elsevier Science, 107 – 146

Composição da ictiofauna em função da fisiografia de um riacho costeiro de floresta atlântica-brasil

Ana Tereza Bittencourt Guimarães

Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais

Departamento de Hidrobiologia

Universidade Federal de São Carlos

Guimarães, A.T.B.; Menezes, M.S.; Peret, A.C. Composição das ictiofauna em função da fisiografia de um riacho costeiro de Floresta Atlântica-Brasil. Enviado para Biota Neotropica em outubro de 2009.

COMPOSIÇÃO DA ICTIOFAUNA EM FUNÇÃO DA FISIOGRAFIA DE UM RIACHO COSTEIRO DE FLORESTA ATLÂNTICA - BRASIL

Ana Tereza Bittencourt Guimarães¹, Márcia Santos de Menezes², Alberto Carvalho Peret¹

1 - Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. C.P. 676. CEP 13565-905, São Carlos, SP, Brasil. anat@brturbo.com.br.

2 - Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas. C.P. 19031. CEP 81531-980, Curitiba, PR, Brasil.

Resumo

Os riachos costeiros apresentam grande diversidade de peixes, apesar dos impactos a que são submetidos. O conhecimento da estrutura e da composição da ictiofauna constitui importante esforço para levantamento de parâmetros de avaliação que possam proporcionar atitudes para a conservação destes ambientes. A composição da ictiofauna relacionada a características fisiográficas de riachos costeiros do sul do Brasil constitui-se uma contribuição para a interpretação da dinâmica destes ecossistemas. Foram realizadas coletas de peixes em cinco pontos amostrais do rio do Pinto, localizado no município de Morretes, Paraná, Brasil. As coletas foram realizadas entre os meses de maio de 2006 a novembro de 2007, utilizando a técnica de pesca elétrica, com um esforço amostral de 50m/hora em cada localidade. Os animais coletados foram fixados em formalina 10%. Cada localidade foi classificada em relação ao tipo de substrato, profundidade, velocidade de correnteza e largura média. Foi possível observar a relação direta entre o tipo de substrato e a composição da ictiofauna. Em regiões onde a granulometria era maior, tais como matacões e seixos, prevaleceram os Siluriformes. Por outro lado, em regiões onde o sedimento apresentava menor granulometria, tais como areia grossa associada a cascalho, ocorreram espécies de Characiformes.

Palavras-chave: ictiofauna, fisiografia, riachos costeiros

Abstract

In spite of the impacts that tropical streams are submitted, they still present a great fish diversity. The knowledge of the fish structure and composition is an important attempt in order to establish evaluation parameters that can favour conservation of these environments. The ichthyofaunal composition related to physiographic features of coastal streams of south Brazil is an important contribution to the interpretation of these ecosystem dynamics. We perform fish collections in five sampling sites in the Pinto river, placed in Morretes municipality in the Paraná state, Brazil. The samples were accomplished between May 2006 and November 2007, using electric fishing along 50m/hour in each site. The collected animals were fixed in formaline 10%. Each site (point) was classified in relation to the bottom substratum, depth, width average, and current speed. Direct relationship between substratum type and fish composition was observed. Siluriformes were predominant in places with coarseness granulometry, such as boulders, cobbles and pebbles. On the other hand, Characiformes were predominant in places with smaller granulometry, such as coarse sand and gravel.

Key-words: ichthyofauna, physiography, coastal streams

Introdução

Muitas pesquisas têm sido concentradas na tentativa de compreender os processos ecológicos que ocorrem em riachos costeiros da Floresta Atlântica. A restauração e a conservação de ecossistemas como este, não pode prescindir da idealização de planos de avaliação da higidez dos sistemas por meio da valoração das características hidromorfológicas, químicas e biológicas (Tejerina-Garro et al., 2005).

A tendência mundial de estudos sobre reabilitação ambiental pode ser verificada no trabalho de Taylor, Winston e Mathews (1993), que no hemisfério norte testaram a concordância de correspondência de tipos de ambientes e suas respectivas variáveis abióticas e a composição da comunidade. Nos últimos anos, vários trabalhos têm sido publicados analisando a integridade biológica, tais como a avaliação da consistência da aplicação de índices prognósticos que demonstram o *status* ecológico de águas superficiais (Quataert, Breine e Simoens, 2007), ou ainda desenvolvimento de novos índices baseados na composição ictíca para o diagnóstico ambiental da higidez dos rios (Pont, Hugueny e Rogers, 2007). Contudo, mesmo sob a tendência de construção de modelos para avaliação ambiental, no Brasil ainda são necessárias interpretações sobre a biologia, a composição e a distribuição das espécies para possibilitar prognósticos sobre a conservação e preservação ambiental. Este fato é evidente também em trabalhos recentes, tais como a avaliação da ictiofauna para definição de ecorregiões no oeste europeu (Grenouillet et al., 2007) ou ainda a realização da classificação e a avaliação da degradação de rios europeus por meio da identificação das espécies de peixes (Degerman et al., 2007).

Desta maneira, a conduta científica não se refere apenas à preservação, mas também à reabilitação da estrutura ecológica, das funções e da integridade dos ambientes. A valoração de um ecossistema, bem como a formulação de modelos de avaliação de impacto ambiental, utiliza informações sobre biologia de espécies de peixes. Este fato é evidenciado por Lemes e Garutti (2002) que afirmaram que riachos apresentam fisiografia plástica espacial e temporal, o que resulta em uma composição ictíca que explora o meio de acordo com habilidades e exigências biológicas.

Entre estas pesquisas, estão as avaliações: dos aspectos da história natural de *Bryconamericus microcephalus* (Mazzoni e da Silva, 2006) e de *Astyanax scabripinnis* (Abilhoa, 2007), da estrutura populacional de *Mimagoniates microlepis* (Braga, Vitule e Aranha, 2007), além de informações sobre a composição e a distribuição ictíca de riachos (Barreto e Aranha, 2005) e o desenvolvimento gonadal de *Pseudotothyris obtusa* (Menezes et

al., 2000). Os fragmentos de Floresta Atlântica remanescentes no Brasil necessitam de mais estudos básicos que gerem subsídios teóricos para futuros trabalhos de restauração ambiental. O conhecimento sobre a composição e a caracterização das taxocenoses nos riachos costeiros do Paraná ainda é insuficiente e tem se tornado de especial importância, principalmente para a compreensão dos processos ecológicos.

Desta forma, trabalhos sobre a biologia, a composição e a distribuição de peixes, tornam-se informações de base para a posterior construção de modelos que possibilitem prognósticos sobre as alterações ambientais provindas do impacto antrópico. Sendo assim, os objetivos deste trabalho foram: 1) avaliar a composição e a distribuição da ictiofauna em um riacho costeiro de Floresta Atlântica; 2) relacionar a composição e a distribuição da ictiofauna com a estrutura fisiográfica de diferentes porções de um riacho costeiro; 3) demonstrar as estratégias ecomorfológicas para adaptação em diferentes estruturas fisiográficas de um riacho costeiro.

Metodologia

Coletas de peixes foram realizadas mensalmente durante o período compreendido entre maio de 2006 a novembro de 2007. As amostragens foram realizadas em 5 pontos na microbacia do rio do Pinto, situados na Serra do Mar, município de Morretes, Paraná, sul do Brasil. O primeiro localiza-se no rio Caiuru (P1 – S 25° 34.356' WO 48° 53.008'). Os demais se localizam no rio do Pinto (P2 – S 25° 32.744' WO 48° 51.839'; P3 - S 25° 32.202' WO 48° 50.831'; P4 – S 25° 30.282' WO 48° 49.834', P5 – S 25° 29.948' WO 48° 48.903') (Figura 1). Todas as coletas foram realizadas apenas em dias com sol e/ou sem chuva.

O método de coleta utilizado foi a pesca elétrica, com um esforço amostral de 50m/hora em cada localidade. Os animais coletados foram fixados em formalina 10% e após 48 horas transferidos para álcool 70°. As espécies de peixes coletadas foram identificadas até o menor nível taxonômico possível por meio de chaves de identificação específicas e com auxílio do Dr. Oswaldo Oyakawa do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. Exemplares testemunhos foram depositados na Coleção de Peixes do Laboratório de Ecologia de Rios do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Paraná.

Em cada um dos pontos de coleta foi registrado o tipo de corrente, conforme determinado por Barreto e Aranha (2005), sendo considerada correnteza *ausente* 0m/s, *lenta* de 0,01 a 0,25 m/s, *moderada* de 0,26 a 0,50 m/s, *rápida* de 0,51 a 0,75 m/s e *torrencial* acima de 0,76 m/s.

A granulometria do cascalho foi definida de acordo com Teixeira et al. (2000), sendo denominado de *matação* os sedimentos com intervalo granulométrico superior a 256 mm; *bloco* os que apresentam variação entre 64 a 256 mm; *seixo* com 4 a 64 mm e *grânulo* de 2 a 4 mm.

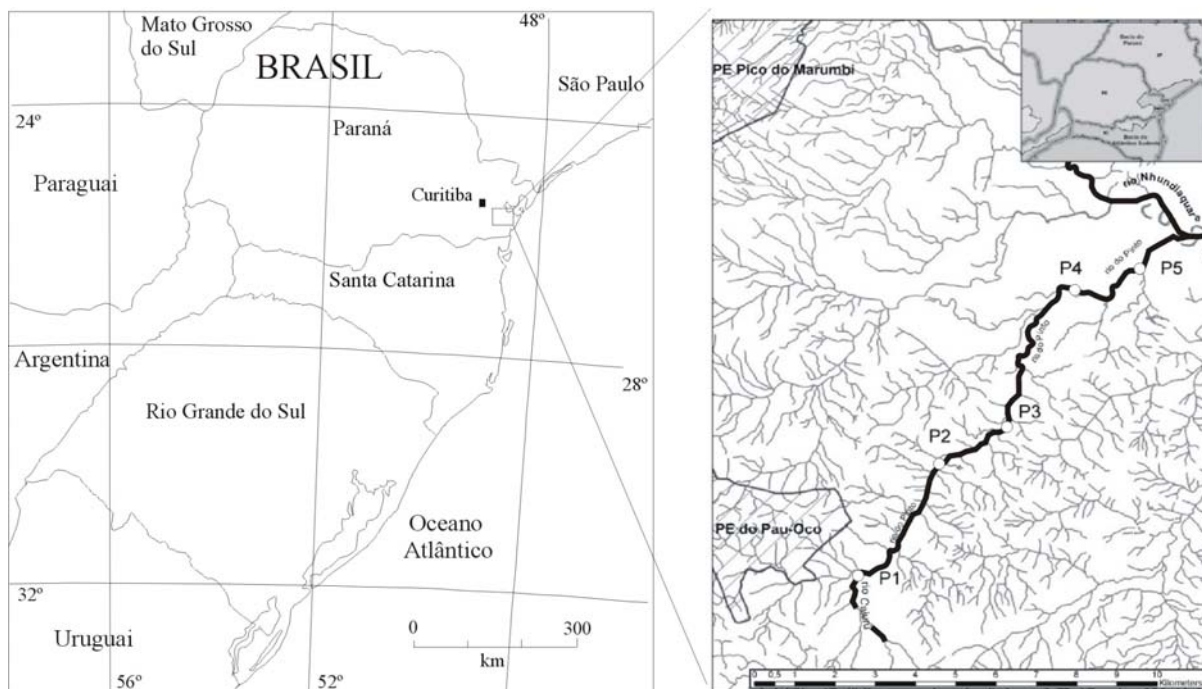


Figura 1 – Mapa de localização dos pontos de Coleta. Ponto 1 (P1); Ponto 2 (P2); Ponto 3 (P3); Ponto 4 (P4); Ponto 5 (P5).

Para cada espécie foi calculado mensalmente o grau de importância relativa pela frequência de ocorrência percentual (FO%), e sua percentagem numérica (PN%). Desta maneira, foi possível identificar as espécies como:

- a) freqüentes e abundantes, sendo aquelas que ultrapassaram as médias de PN% e FO%;
- b) freqüentes e não abundantes, aquelas que não ultrapassam as médias de PN%, mas ultrapassam de FO%; e
- c) ocasionais, aquelas que não ultrapassaram as médias de PN% e FO%, conforme estabelecido por Loebmann e Vieira (2005).

As diversidades foram calculadas por meio do índice de Equitabilidade de Pielou e comparadas por meio do teste t para diversidade, utilizando um nível de significância de 0,05 (Zar, 1998). A similaridade entre os ambientes foi calculada por meio do índice de Similaridade de Bray-Curtis e posteriormente, expresso em dendrograma (Dajoz, 2005). A significância do dendrograma foi analisada por meio do cálculo do valor cofenético.

Por fim, foi realizada a análise multivariada de correspondência (Hair et al., 1998) para verificar a associação da frequência absoluta das espécies frequentes e abundantes com os pontos de coleta de acordo com os seus aspectos fisiográficos. Todos os testes estatísticos foram realizados no programa XLStat2009.

Resultados

A microbacia do rio do Pinto apresenta atividade antrópica crescente da nascente à foz. O ponto P1 está localizado no rio Caiuru, que é um afluente do rio do Pinto. Caracteriza-se por estar a 169 m de altitude em relação ao nível do mar, apresentando a correnteza do tipo torrencial (0,95 m/s) e o substrato composto por grande quantidade de matacões e blocos. A profundidade variou entre 0,2 e 0,4m e largura média de 6,8 m. Nesta localidade, um trecho do leito está cimentado e parte das margens está canalizada com muretas para suportar a passagem de um oleoduto sob o leito do rio (Figura 2).

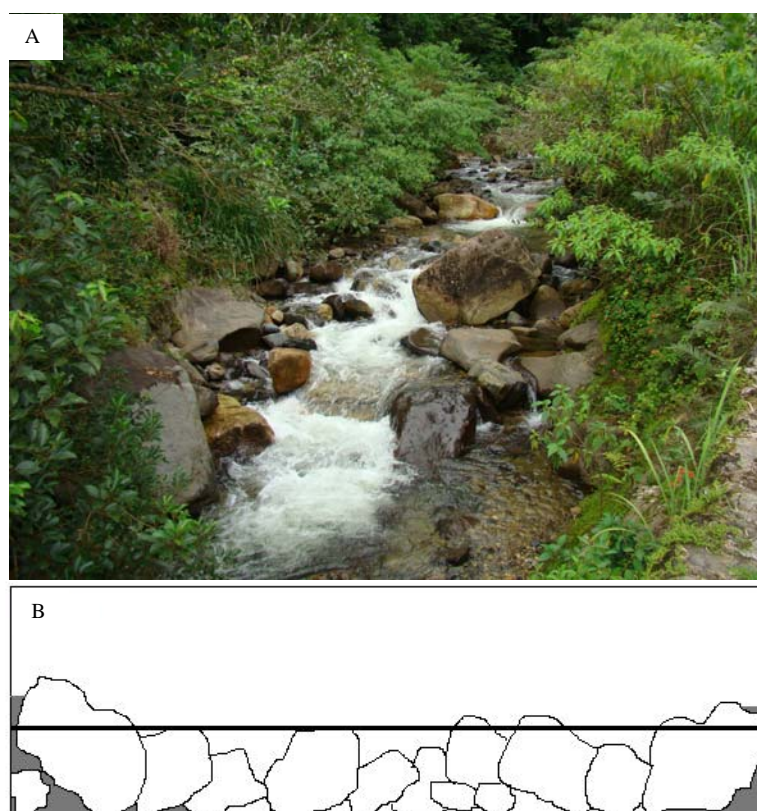


Figura 2 – A: Foto representativa do Ponto de coleta 1 (P1). B: Diagrama representativo do perfil do leito de P1. Profundidade máxima: 0,4m; Correnteza: torrencial; Substrato: matacões e blocos. Vista à montante.

O P2 distancia-se 3,9 km de P1. Apresenta-se a 73 m de altitude, com corrente caracterizada como rápida (0,53 m/s). A profundidade variou entre 0,14 e 0,60 m e a largura média foi de 15 m. O leito do rio é composto principalmente por matacões, blocos e seixos. A vegetação ripária é composta por integrantes da família Poaceae, além de pequenas plantações de subsistência de banana, palmito, cana de açúcar e mandioca (Figura 3).

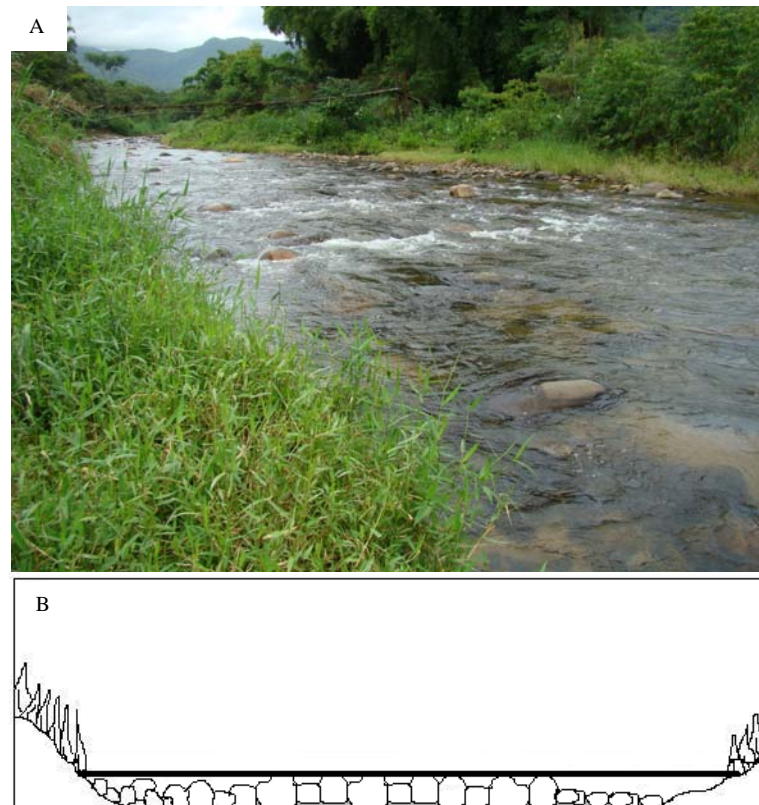


Figura 3 – A: Foto representativa do Ponto de coleta 2 (P1). B: Diagrama representativo do perfil do leito de P2. Profundidade máxima: 0,5m; Correnteza: rápida; Substrato: matacões, blocos e seixos. Vista à montante.

O P3 distancia-se 2,2 km do P2, encontrando-se a 44 m de altitude e com corrente do tipo moderada (0,37 m/s). A profundidade variou entre 0,33 e 0,48 m, e sua largura atingiu 20 m. Seu leito é semelhante ao P2, havendo a predominância de blocos. Próximo às margens também são observados cultivos de subsistência familiar e comerciais, tais como banana, palmito, chuchu e berinjela (Figura4).

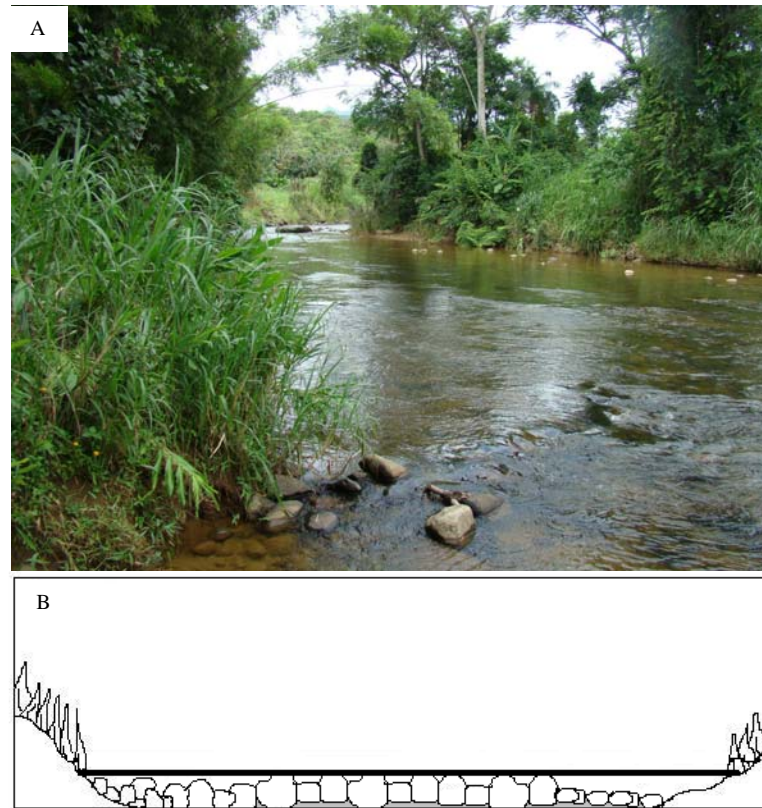


Figura 4 – A: Foto representativa do Ponto de coleta 3 (P3). B: Diagrama representativo do perfil do leito de P3. Profundidade máxima: 0,5 m; Correnteza: moderada (P3); Substrato: matacões, blocos e seixos. Vista à montante.

O P4 encontra-se distante 4,5 km do P3, localizando-se a 16 m de altitude, com porções onde a corrente é do tipo torrencial (1,06 m/s) e grande parte de sua área com corrente rápida (0,63 m/s). A profundidade observada variou de 0,10 a 0,80 m, com largura média de 22 m. Seu leito é composto principalmente por seixos e grânulos. Nesta região observou-se uma grande influência de dejetos residenciais e agrícolas provindos da população rural do município de Morretes. As áreas próximas à microbacia do rio nesta localidade são mais planas, com plantações comerciais de chuchu, maracujá e arroz (Figura 5).

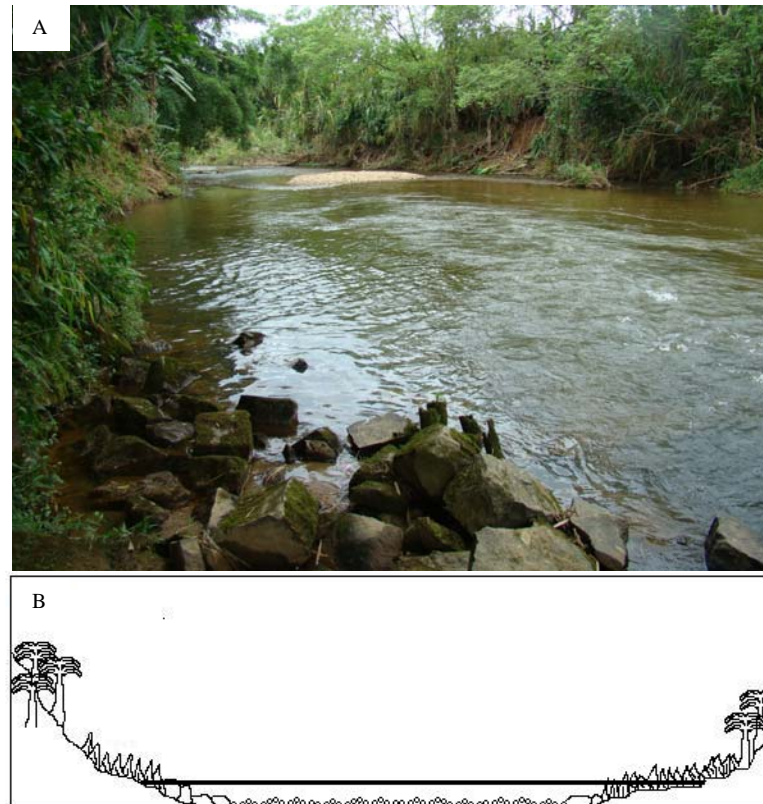


Figura 5 – A: Foto representativa do Ponto de coleta 4 (P4). B: Diagrama representativo do perfil do leito de P4. Profundidade máxima: 0,4 m; Correnteza: rápida à torrencial; Substrato: seixos e grânulos. Vista à montante.

O P5 distancia-se 2,2 km do P4, estando a 6 m de altitude. Sua corrente caracteriza-se como rápida (0,74 m/s), com profundidade variável entre 0,2 e 1,5 m. A largura média foi de 15 m e o leito é composto principalmente por grânulos e areia de diferentes intervalos granulométricos. A água apresenta odor desagradável devido à existência de dejetos residenciais. Cultivos de subsistências, tais como cana de açúcar, mandioca e banana, e grande quantidade de plantações comerciais de hortaliças e verduras são encontradas no entorno (Figura 6).

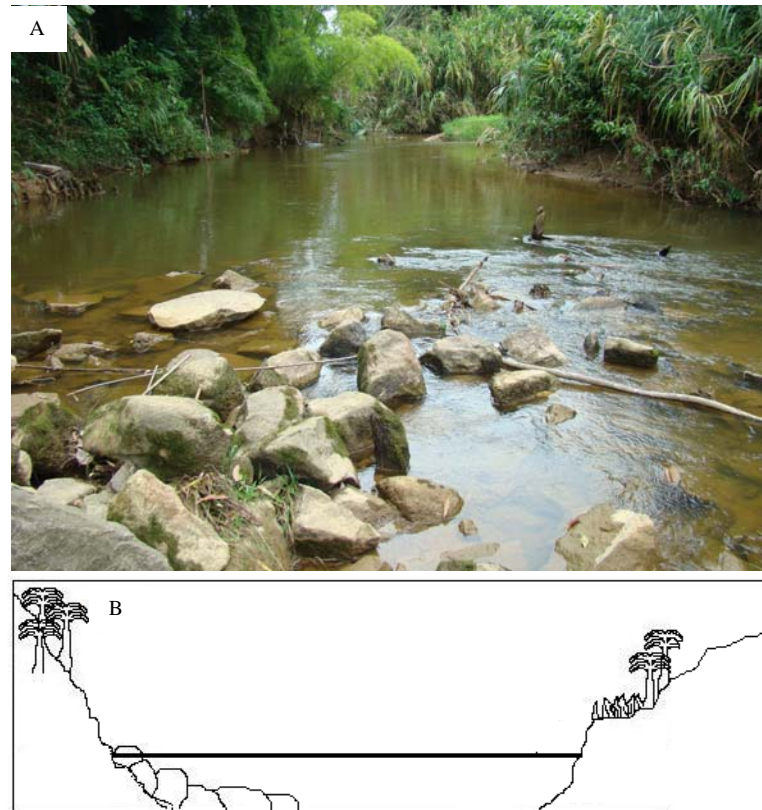


Figura 6 – A: Foto representativa do Ponto de coleta 5 (P5). B: Diagrama representativo do perfil do leito de P5. Profundidade máxima: 1,5 m; Correnteza: rápida; Substrato: grânulos e areia. Vista à montante.

Ao longo do trecho estudado, foram capturados 7116 exemplares de peixes, distribuídos em 12 famílias e 33 espécies, sendo as ordens Siluriformes (54,08%) e Characiformes (39,66%) predominantes em FO% e PN%, seguidas de Perciformes (2,82%), Cyprinodontiformes (2,55%), Symbranchiformes (0,53%) e Gymnodontiformes (0,35%) (Tabela 1).

Tabela 1 – Relação das espécies de peixes coletados no rio do Pinto, Morretes, Paraná.

| ORDEM | FAMÍLIA | SUBFAMÍLIA | ESPÉCIE |
|---------------------------|-------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Gymnodontiformes | Gymnotidae | | <i>Gymnotus carapo</i> |
| | | | <i>Gymnotus panterinus</i> |
| Symbranchiformes | Symbranchidae | | <i>Symbranchus marmoratus</i> |
| Cyprinodontiformes | Poeciliidae | | <i>Phalloceros caudimaculatus</i> |
| Perciformes | Gobiidae | Gobionellinae | <i>Awaous tajasica</i> |
| | Cichlidae | Cichlinae | <i>Crenicichla lacustris</i> |
| | | | <i>Geophagus brasiliensis</i> |
| Characiformes | Characidae | | <i>Astyanax</i> sp. |
| | | | <i>Oligosarcus hepsetus</i> |
| | | | <i>Bryconamericus microcephalus</i> |
| | | | <i>Deuterodon langei</i> |
| | | | <i>Hollandichthys multifasciatus</i> |
| | | Glandulocaudinae | <i>Mimagoniates microlepis</i> |
| | Crenuchidae | Characidiinae | <i>Characidium lanei</i> |
| | | | <i>Characidium pterostictum</i> |
| | Erythrinidae | | <i>Hoplias malabaricus</i> |
| Siluriformes | Callichthyidae | Callichthyinae | <i>Scleromystax barbatus</i> |
| | | | <i>Hoplosternum littorale</i> |
| | Loricariidae | Hypostominae | <i>Ancistrus multispinnis</i> |
| | | | <i>Pareiorhaphis splendens</i> |
| | | | <i>Kronichthys lacerta</i> |
| | | Neoplecostominae | <i>Isbrueckerichthys duseni</i> |
| | | Hypoptomatinae | <i>Pseudotothyris obtusa</i> |
| | | | <i>Hisonotus leucofrenatus</i> |
| | | | <i>Schizolecis güntneri</i> |
| | | Loricariinae | <i>Rineloricaria</i> sp. |
| Heptapteridae | | <i>Pimelodella pappenheimi</i> | |
| | | <i>Acentronichthys leptos</i> | |
| | | <i>Rhamdia quelen</i> | |
| | | <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> | |
| Trichomycteridae | Trichomycterinae | <i>Trichomycterus davisii</i> | |
| | Stegophilinae | <i>Homodiaetus graciosa</i> | |
| | Pseudopimelodidae | | <i>Microglanis cottoides</i> |

O ponto 1 mostrou-se o menos rico, contendo apenas 16 espécies, seguido do P5 (22 espécies), P3 (24 espécies), P2 (27 espécies) e P4 (28 espécies). A menor riqueza do ponto 1 reflete os valores de diversidade, sendo o único ponto que difere quanto à composição da comunidade em relação aos demais ($t > t_{\text{crítico}}=1,96$; $GL=\infty$; $p<0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2 – Equitabilidade (J'), Riqueza (R) e número de indivíduos coletados (n) nos pontos de coleta

| Índices | Ponto 1 | Ponto 2 | Ponto 3 | Ponto 4 | Ponto 5 |
|---------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| J' | 0,696 ^a | 0,761 ^b | 0,736 ^b | 0,733 ^b | 0,761 ^b |
| R | 16 | 27 | 24 | 28 | 22 |
| N | 1499 | 1334 | 1484 | 1463 | 1251 |

* a diferença entre as letras demonstra a significância estatística (p<0,05)

Dentre as 33 espécies amostradas, 15 foram consideradas frequentes e abundantes em pelo menos um dos pontos de coleta ao longo do período amostral. Na Tabela 3 observa-se a alteração da composição da comunidade ao longo dos 11,1 km analisados.

Tabela 3 – Composição das espécies amostradas. ▨ Espécies frequentes e abundantes. ▩ Espécies frequentes e não abundantes. ▧ Espécies ocasionais. □ Espécies ausentes.
Table 3 – Composition of samples species. ▨ Frequent and abundant species. ▩ Frequent and not abundant species. ▧ Occasional species. □ Absent species.

| Espécies | Ponto 1 | Ponto 2 | Ponto 3 | Ponto 4 | Ponto 5 |
|-------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <i>Trichomycterus davisi</i> | ▨ | ▩ | □ | ▧ | □ |
| <i>Isbrueckerichthys duseni</i> | ▨ | ▨ | ▧ | ▧ | ▧ |
| <i>Pareiorhaphis splendens</i> | ▨ | ▨ | ▧ | ▧ | ▧ |
| <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> | ▨ | ▨ | ▧ | ▧ | ▧ |
| <i>Bryconamericus microcephalus</i> | ▨ | ▨ | ▧ | ▧ | ▧ |
| <i>Deuterodon langei</i> | ▧ | ▨ | ▧ | ▧ | ▧ |
| <i>Ancistrus multispinis</i> | ▧ | ▨ | ▧ | ▧ | ▧ |
| <i>Rineloricaria</i> sp. | ▧ | ▨ | ▧ | ▧ | ▧ |
| <i>Scleromystax barbatus</i> | ▧ | ▨ | ▧ | ▧ | ▧ |
| <i>Characidium pterostictum</i> | ▧ | ▨ | ▧ | ▧ | ▧ |
| <i>Phalloceros caudimaculatus</i> | ▧ | ▨ | ▧ | ▧ | ▧ |
| <i>Pimelodella pappenheimi</i> | ▧ | ▨ | ▧ | ▧ | ▧ |
| <i>Characidium lanei</i> | ▧ | ▨ | ▧ | ▧ | ▧ |
| <i>Mimagoniates microlepis</i> | ▧ | ▨ | ▧ | ▧ | ▧ |
| <i>Awaous tajasica</i> | ▧ | ▨ | ▧ | ▧ | ▧ |

Foi possível observar a inversão das abundâncias das ordens em função da composição fisiográfica de cada localidade. No primeiro ponto de coleta, onde são observados matacões e seixos, ocorre a maior frequência de Siluriformes (85,7%), seguindo de uma diminuição gradativa até o quarto ponto (40,8%), onde são mais observados cascalho e areia grossa. O contrário ocorre em relação às espécies de Characiformes, havendo um aumento gradativo de sua frequência, iniciando com apenas 14,3%, atingindo seu máximo em P4 (50,7%). As tendências gradativas da distribuição das duas ordens não permanecem contínuas até o P5,

havendo um aumento da frequência de Perciformes (11,1%), pois esta região sofre grande influência da baía de Antonina devido a sua proximidade ao mar (Figura 7).

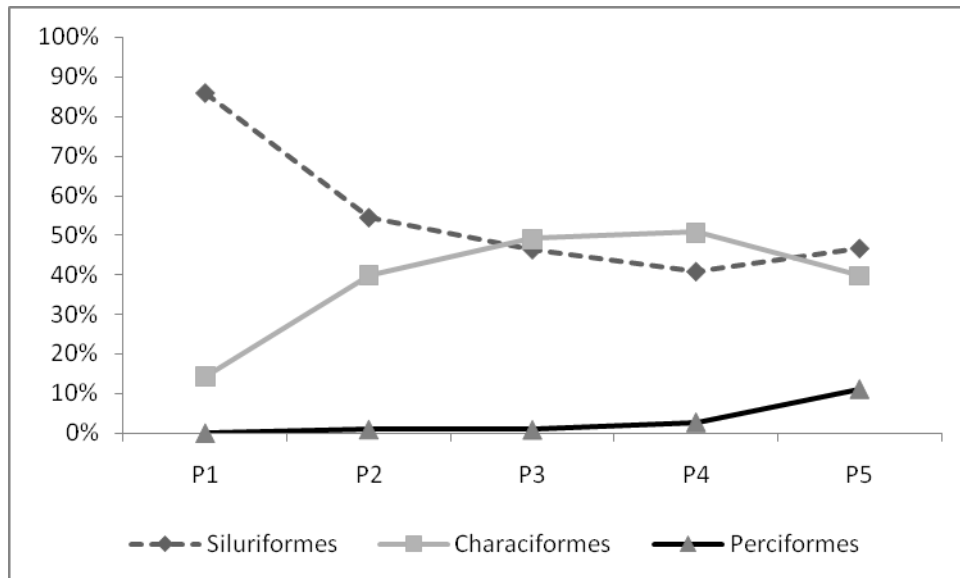


Figura 7 – Frequência relativa (%) de Siluriformes, Characiformes e Perciformes entre os pontos de coleta.

A diferença de composição da ictiofauna entre os pontos é evidente ao se realizar a análise de similaridade entre os ambientes (Figura 8). Os pontos 2, 3, 4 e 5 apresentaram similaridade de 59,1% entre si, sendo que os pontos 4 e 5 apresentaram os maiores valores (79,6%). Estes dois últimos pontos também são os mais semelhantes em relação à fisiografia. O ponto 1 mostrou-se o mais distinto na composição da ictiofauna, com apenas 36,5% de similaridade em relação aos demais, confirmando o dado já observado na análise de diversidade.

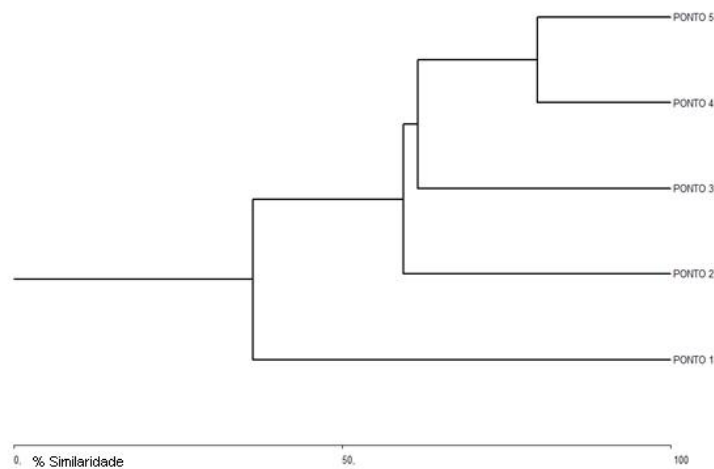


Figura 8 – Dendrograma representativo da similaridade dos 5 pontos amostrais em relação à composição de espécies (valor cofenético = 0,89)

Uma vez caracterizados os pontos, foi possível verificar que há correspondência das espécies em função dos aspectos fisiográficos, sendo que tal análise corresponde a 89,73% da explicabilidade da variação dos dados ($\chi^2=6365,0$; GL=56; $p<0,0001$) (Figura 9).

A partir da análise multivariada de correspondência, pôde-se observar que o primeiro eixo (F1) demonstra a granulometria, sendo que os escores positivos denotam a ocorrência de matações e blocos, enquanto os escores negativos demonstram a ocorrência de um substrato rico em seixos, cascalho e areia. O segundo eixo (F2) demonstra a localidade dos pontos, explicando principalmente em função da declividade dos locais amostrados no rio do Pinto. Pode-se verificar que à medida que ocorre a diminuição da granulometria ao longo do rio, observa-se a diminuição da frequência de espécies de Siluriformes, e o aumento de Characiformes. Contudo, em localidades onde há a mistura granulométrica, como por exemplo, matações e seixos com cascalho e areia grossa, ocorre a formação de habitats característicos tanto para espécies de corredeira, como para espécies de águas mais calmas.

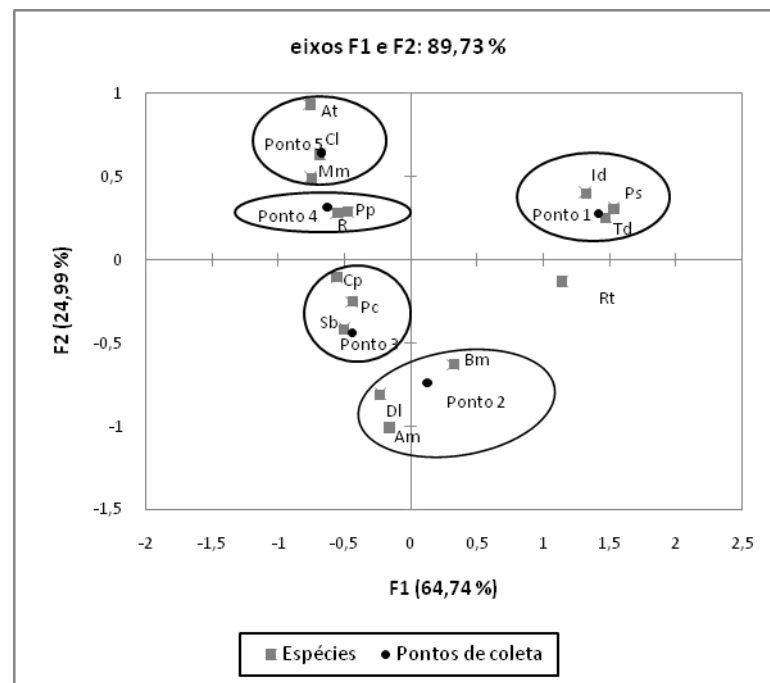


Figura 9 – Gráfico de dispersão das duas funções de correspondência. A identificação dos pontos de coleta está destacada em preto e as espécies em cinza. Ponto 1: Id – *I. duseni*, Ps – *P. splendens*, Td – *T. davisii*; Ponto 2: Bm – *B. microcephalus*, Am – *A. multispinnis*, Dl – *D. langei*; Ponto 3: Sb – *S. barbatus*, Pc – *P. caudimaculatus*, Cp – *C. pterostictum*; Ponto 4: Pp – *P. pappenheimi*, R – *Rineloricaria* sp.; Ponto 5: At – *A. tajasica*, Cl – *C. lanei*, Mm – *M. microlepis*. Sem correspondência: Rt – *R. transfasciatus*

Discussão

Os resultados acima indicam que as variáveis que caracterizam a fisiografia de riachos costeiros influenciam na abundância das diferentes espécies de peixes. Meador e Goldstein (2003) demonstraram que a composição da ictiofauna se modifica conforme as mudanças ambientais, condições de habitats e influências antrópicas nos trechos dos rios, como resultado dos processos evolutivos e históricos de adaptações peculiares de cada espécie. As modificações dos habitats decorrentes da canalização das margens, destruição da vegetação ripária ou barramentos, e deterioração da qualidade da água, exercem uma influência no ecossistema, podendo causar variações na distribuição espaço-temporal na ictiofauna (Waite e Carpenter, 2000). A partir destes fatos, pode-se afirmar que as variáveis físicas de um rio, estando ele em estado natural de conservação ou impactado, apresentam gradiente contínuo de montante à jusante, com as comunidades biológicas ajustando-se por meio da substituição de espécies, com maior eficiência ao consumo de energia. Esta afirmação vai ao encontro do que é preconizado na Teoria do Rio Contínuo (Vannote et al., 1980). Desta maneira, discute-se a mudança da ictiocenose em função da mudança fisiográfica dos locais de coleta.

De acordo com a caracterização fisiográfica de cada um dos locais de coletas, pôde ser verificado que:

a) no ponto 1 prevaleceu um substrato de matacões e blocos, caracterizado por ser um ambiente do tipo corredeira, com correnteza variável de rápida a torrencial. Estas características minimizam o potencial de habitat para espécies da ordem Characiformes, sendo, contudo, um recurso positivo para a colonização das espécies de Siluriformes, uma vez que estas apresentam diferentes adaptações ecomorfológicas, principalmente o achatamento dorso-ventral. Dentre as cinco espécies freqüentes e abundantes observadas nesta localidade, quatro são Siluriformes, sendo que *T. davisii* (Barreto e Aranha, 2005), *I. duseni* (Jerep et al., 2006), *P. splendens* (Aranha, Takeuti e Yoshimura, 1998) e *R. transfasciatus* (Menezes et al., 2007) habitam em rios de pequeno a médio porte, com correnteza rápida, de água bastante oxigenada e clara, com fundo pedregoso composto de cascalho e matacões.

b) O ponto 2 contém substrato de seixos e cascalho, apresentando sua vazão fluvial regulada pelas precipitações locais, as quais determinam a variação de correnteza moderada a rápida. Pode apresentar episódios de enxurradas, geralmente tendo uma profundidade máxima de 0,5 m. Foram amostradas 27 espécies, considerando-se 10 como freqüentes e abundantes: *I. duseni*, *P. splendens*, *R. transfasciatus*, *A. multispinis*, *Rineloricaria* sp., *S. barbatus*, *B.*

microcephalus, *D. langei*, *C. pterostictum* e *P. caudimaculatus*. As três primeiras são comuns ao ponto de coleta anterior, uma vez que são observadas características fisiográficas comuns, tais como algumas áreas com matacões, cascalho e correnteza moderada a rápida. Estas características também são ideais para o hábitat das outras três espécies de Siluriformes (Oyakawa et al. 2006; Menezes et al., 2007). As últimas quatro espécies são Characiformes, as quais foram coletadas principalmente na região marginal, próximas à vegetação. *B. microcephalus* é característico de riachos de Floresta Atlântica (Mazzoni e da Silva, 2006), com fundo de areia e pedra e com correnteza rápida, e nadam ativamente na coluna d'água (Oyakawa et al., 2006). *D. langei* é geralmente coletado na porção inferior da coluna d'água em locais com profundidade de 0,5 metro e na porção média em águas mais profundas, com cerca de 1,5 metros (Barreto e Aranha, 2005). *C. pterostictum* habita locais de correnteza moderada a torrencial, geralmente associado ao fundo com matacões (Buckup et al., 2000). *P. caudimaculatus* é encontrado em correnteza lenta a moderada, formando pequenos agrupamentos em águas rasas próximas à margem (Barreto e Aranha, 2005).

c) O ponto 3 é semelhante ao ponto 2. Entre as 7 espécies freqüentes e abundantes que foram observadas nesta localidade, 5 eram comuns ao ponto 2 (*B. microcephalus*, *A. multispinis*, *Rineloricaria* sp., *S. barbatus*, *C. pterostictum*). *P. pappenheimi* e *C. lanei* mostraram-se freqüentes e abundantes nesta localidade. A observação destas espécies está associada às áreas esparsas com fundo de areia grossa associada ao cascalho e seixos. *P. pappenheimi* é uma espécie de fundo, geralmente encontrada em porções das margens dos rios, onde a velocidade de correnteza é menor (Aranha, Takeuti e Yoshimura, 1998); no presente estudo, esta espécie foi encontrada formando pequenos cardumes próximos à vegetação. *C. lanei* e *C. pterostictum* foram encontradas nas mesmas localidades, contudo a primeira foi geralmente coletada em locais próximos às margens, onde a correnteza é menor, enquanto a segunda foi coletada em águas com maior correnteza, onde o fundo apresenta-se com mais cascalho e blocos. Tais descrições corroboram com informações descritas por Barreto e Aranha (2005).

d) No ponto 4, com a maior prevalência de areia grossa associada ao cascalho, surge como espécie freqüente e abundante *M. microlepis*. Esta espécie foi geralmente capturada em locais de pouca profundidade e com velocidade de corrente entre moderada à rápida, assim como o encontrado por Mazzoni e Iglesias-Rios (2002). Estes mesmos autores afirmam ainda que a presença desta espécie está diretamente correlacionada com a presença de insetos alóctones,

que usam a cobertura vegetal como hábitat ideal à reprodução. *P. pappenheimi* e *C. lanei* também se mostraram abundantes e frequentes nesta localidade, assim como no ponto 3, apresentando sua ocorrência condicionada aos mesmos fatores supra citados.

e) No ponto 5, a prevalência de areia grossa associada ao cascalho é ainda maior do que no ponto 4. Esta região apresenta 5 espécies frequentes e abundantes (*Rineloricaria* sp., *C. pterostictum*, *P. pappenheimi*, *C. lanei* e *A. tajasica*), havendo também um aumento na ocorrência de Perciformes. Possivelmente, todas estas espécies sejam residentes na presente localidade, sendo características de pequenas bacias fluviais e demonstrando uma fidelidade ambiental (Castro, 1999). A única exceção entre estas espécies é *A. tajasica*, pertencente à família Gobiidae, subfamília Gobionelinae, que é considerada uma espécie não residente, pois provavelmente passa parte do seu ciclo de vida inicial no mar (Lowe-McConnell, 1999).

Várias espécies consideradas frequentes e abundantes se repetem nos pontos de coleta, apesar das localidades apresentarem características fisiográficas distintas. À medida que se direcionam à jusante, onde observa-se a mudança da paisagem, tais espécies tornam-se frequentes, mas não abundantes, e podem se tornar ocasionais ou ausentes. Apesar da evidência de relação entre a distribuição das espécies e a fisiografia dos pontos de coleta, são controversas as opiniões na literatura sobre as variáveis que influenciam diretamente na distribuição das comunidades. Teixeira et al. (2005) afirmaram que as diferenciações na fisiografia ao longo da extensão da bacia do rio Paraíba do Sul não coincidiram com as mudanças de diversidade ictífica.

Contudo, desde Shelford (1911), é descrito que a análise fisiográfica do ambiente demarca as espécies aos seus habitats. Mazzoni e Iglésias-Rios (2002) demonstraram a forte correlação da cobertura vegetal, vegetação aquática e tipos de substratos em relação à presença ou ausência de espécies, como *M. microlepis* e *H. malabaricus*, em riachos costeiros. Isto pode ser atribuído a inúmeras variáveis que podem influenciar nas comunidades, mas principalmente às dinâmicas, tais como a granulometria e o regime de fluxo do rio. Vários outros autores demonstram formas de relação da distribuição da ictiofauna com a fisiografia, tais como Belliard et al. (1997) e Oberdorff et al. (2001).

Esta caracterização das espécies em função das localidades de coleta denota a premissa proposta por Cunico e Agostinho (2006) de que padrões morfológicos estão diretamente relacionados à hidrodinâmica de rios e reservatórios. Estes autores relatam que

ambientes com maior hidrodinâmica (lóticos) apresentam espécies com corpo mais achatado ventralmente e com menor compressão lateral, tais como as espécies observadas nos pontos 1 e 2 (*I. dusei*, *P. splendens*, *R. transfasciatus*, *A. multispinis*, *Rineloricaria* sp., *S. barbatus*). Estas espécies também se caracterizam por apresentarem menores valores do índice de achatamento ventral, ou seja, baixos valores resultantes da razão entre a média de alturas do corpo sobre a altura do corpo (Freire e Agostinho, 2001). Baixos valores deste índice estão associados a espécies bênticas que se mantêm em ambientes com elevada hidrodinâmica sem precisarem nadar. Contudo, a partir de P2 observam-se menor altitude, menor declividade e sítios com menor velocidade de corrente, caracterizando locais com menor hidrodinâmica quando comparados ao P1. Desta maneira, nestes ambientes são observadas espécies com maior compressão lateral (Watson e Balon, 1984) e maior altura relativa (Gatz, 1979), tais como *B. microcephalus*, *D. langei*, *P. caudimaculatus*, *M. microlepis* e *G. brasiliensis*. Estas características promovem uma melhor capacidade de deslocamentos verticais.

Contudo, uma vez observada a mudança gradual da distribuição dos peixes, foram encontradas espécies comuns desde o ponto 1 até o ponto 5, tais como *C. lanei* e *C. petrostictum*. Vale ressaltar que em todos os pontos amostrais foram observadas porções do substrato formados por matacões e/ou blocos e seixos, porém com variação em sua frequência. Desta forma, possibilita a formação de microhábitats para estas espécies. Estas duas espécies pertencem à ordem Characiforme, e apresentam baixos valores relativos ao índice de achatamento ventral, ou seja, pequena média de altura do corpo em relação ao maior valor de altura do corpo (Gatz, 1979; Freire e Agostinho, 2001). Além disso, apresentam elevados valores da razão do aspecto da nadadeira peitoral, ou seja, apresentam nadadeiras longas que, segundo Buckup et al. (2000), neste gênero são utilizadas para se apoiar ao substrato rochoso. Mas, *C. lanei* possivelmente utiliza estas nadadeiras para se apoiar em um substrato predominantemente arenoso, enquanto *C. petrostictum*, as utiliza em um substrato mais rochoso.

Por fim, a alteração da fisiografia decorrente da diminuição de declividade, característica de riachos costeiros, promove a variação da ocupação das espécies de forma gradativa, havendo a alteração do padrão morfológico e ocupacional das espécies, passando de espécies que resistem à elevada força da corrente por meio de adaptações morfológicas, tais como o achatamento dorso-ventral característico de espécies de Siluriformes, para espécies que resistem a tal força por meio da compressão lateral do corpo e natação constante na coluna d'água, sendo representados principalmente por Characiformes.

Referências

- Abilhoa, V., 2007. Aspectos da história natural de *Astyanax scabripinnis* Jenyns (Teleostei, Characidae) em um riacho de floresta com araucária no sul do Brasil. *Rev. Bras. Zool.*, 24(4): 997-1005.
- Aranha, J.M.R., Takeuti, D.F e Yoshimura, T.M., 1998. Habitat use and food partitioning of the fishes in a coastal stream of Atlantic Forest, Brazil. *Rev. Biol. Trop.*, 46(4): 951-959.
- Barreto, A.P., Aranha, J.M.R., 2005. Assembléia de peixes de um riacho de Floresta Atlântica: composição e distribuição espacial (Guaraqueçaba, Paraná, Brasil). *Acta Sci. Biol. Sci.*, 27(2): 153-160.
- Belliard, J., Boët, P. e Tales, E., 1997. Regional and longitudinal patterns of fish community structure in the Seine River basin, France. *Environmental Biology of Fishes*, 50(2): 133-147.
- Braga, M.R., Vitule, J.R.S., Aranha, J.M.R., 2007. Estrutura populacional de *Mimagoniates microlepis* (Steindachner, 1876) (Characidae, Glandulocaudinae) em um riacho de Floresta Atlântica, Paraná (Brasil). *Acta Biol. Par.*, 36(1-2): 67-81.
- Buckup, P.A., Zamprogno, C., Vieira, F., Teixeira, R.L., 2000. Waterfall climbing in *Characidium* (Crenuchidae: Characidiinae) from eastern Brazil. *Ichthyol. Explor. Freshwaters*, 11(3): 273-278.
- Castro, R.M.C., 1999. Evolução da ictiofauna de riachos sul-americanos: padrões gerais e possíveis processos causais. In: *Ecologia de Peixes de Riachos: Estado Atual e Perspectivas* (E.P.Caramaschi, R. Mazzoni, C.R.S.F. Bizzerril, P.R. Perez-Neto, eds.). *Oecologia Brasiliensis*, 6: 139-155.
- Cunico, A.M., Agostinho, A.A., 2006. Morphological Patterns of Fish and Their Relationships with Reservoirs Hydrodynamics. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 49(1): 125-134.

- Degerman, E., Beier, U., Breine, J., Melcher, A., Quataert, P., Rogers, C., Roset, N., Simoens, I., 2007. Classification and assessment of degradation in European running waters. *Fisheries Management and Ecology*, 14: 417-426.
- Freire, A.G. e Agostinho, A.A., 2001. Ecomorfologia de oito espécies da ictiofauna do reservatório de Itaipu (Paraná/Brasil). *Acta Limnol. Bras.* 13(1): 1-9.
- Gatz Jr., A. J. (1979). Ecological morphology of freshwater stream fishes. *Talune Studies in Zoology and Botany*, 21(2): 91-124.
- Grenouillet, G., Roset, N., Goffaux, D., Breine, J., Simoens, I., de Leeuw, J.J., Kestemont, P., 2007. Fish assemblages in European Western Highlands and Western Plains: a type-specific approach to assess ecological quality of running waters. *Fish. Manag. Ecol.*, 14: 509-517.
- Hair J.F., Anderson, R.E., Tatham, R.L. e Black W.C., 1998. *Multivariate data analysis*. 5 ed. New Jersey: Prentice Hall, 742 p.
- Jerep, F.C., Shibatta, O.A., Pereira, E.H.L., Oyakawa, O.T., 2006. Two new species of *Isbrueckerichthys* Derijst, 1996 (Siluriformes: Loricariidae) from the rio Paranapanema basin, Brazil. *Zootaxa*, 1372: 53-68.
- Lemes, E.M. e Garutti, V., 2002. Ecologia da ictiofauna de um córrego de cabeceira da bacia do Alto Rio Paraná, Brasil. *Iheringia*, 92(3): 69-78.
- Loebmann, D., Vieira, J.P., 2005. Composição e abundância dos peixes do Parque Nacional da Lagoa do Peixe, Rio Grande do Sul, Brasil e comentários sobre a fauna acompanhante de crustáceos decápodos. *Atlântica*, 27(2): 131-137.
- Lowe-McConnell, R.H..1999. *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. São Paulo: EDUSP, 533 p.

- Mazzoni, R. e Iglésias-Rios, R., 2002. Distribution pattern of two fish species in a coastal stream in southeast Brazil. *Braz. J. Biol.*, 62(1): 171-178.
- Mazzoni R., da Silva, A.P.F., 2006. Aspectos da história de vida de *Bryconamericus microcephalus* (Miranda Ribeiro) (Characiformes, Characidae) de um riacho costeiro de Mata Atlântica, Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brasil. *Rev. Bras. Zool.*, 23(1): 228-233.
- Meador, M.R. e Goldstein, R.M., 2003. Assessing water quality at large geographic scales: relations among land use, water physicochemistry, riparian condition, and fish community structure. *Environ. Manag.*, 31(4): 504-517.
- Menezes, N.A., Heitzman, S.H., Oyakawa, O.T., de Lima, F.C.T., Castro, R.M.C., Weitzman, M.J., 2007. Peixes de água doce da Mata Atlântica. São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 407 p.
- Menezes, M.S., Takeuti, D.F., Aranha, J.M.R., Verani, J.R., 2000. Desenvolvimento Gonadal de machos e fêmeas de *Pseudotothyris obtusa* (Ribeiro,1911) (Loricariidae, Hypoptopomatinae). *Acta Biol. Par.*, 29(1, 2, 3, 4): 89-100.
- Oberdorff, T., Pont, D., Hugueny, B., Chessel, D., 2001. A probabilistic model characterizing fish assemblages of French rivers: a framework for environmental assessment. *Freshwater Biology*, 46(3): 399-415.
- Oyakawa, O.T., Akama, A., Mautari, K.M., Nolasco, J.C., 2006. Peixes de Riachos da Mata Atlântica. São Paulo: Ed. Neotropica, 201 p.
- Quataert, P., Breine, J., Simoens, I., 2007. Evaluation of the European Fish Index: false-positive and false-negative error rate to detect disturbance and consistency with alternative fish indices. *Fish. Manag. Ecol.*, 14: 465-472.
- Shelford, V.E., 1911. Ecological succession: Stream fishes and the method of physiographic analysis. *Biological Bulletin* 21:9-35.

- Taylor, C.M., Winston, M.R., Matthews, W.J., 1993. Fish species-environment and abundance relationships in a Great Plains river system. *Ecography*, 16(1): 16-23.
- Teixeira, W., Toledo, M.C.M, Fairchild, T.R. & Taioli, F., 2000. *Decifrando a Terra*. São Paulo: Oficina dos Textos.
- Teixeira, T.P., Pinto, B.C.T., Terra, B.F., Estiliano, E.O., Garcia, D. & Araújo, F.G., 2005. Diversidade das assembléias de peixes nas quatro unidades geográficas do rio Paraíba do Sul. *Iheringia, Sér. Zool.*, 95(4): 347-357.
- Tejerina-Garro, F.L., Maldonado, M., Ibañez, C., Pont, D., Roset, N., Oberdorff, T., 2005. Effects of natural and anthropogenic environmental changes on riverine fish assemblages: a framework for ecological assessment of rivers. *Braz. Arch. Biol. Tech.*, 48(1): 91-108.
- Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummins, K.W., Sedell, J.R., Cushing, C.E., 1980. The River Continuum Concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: 130-137.
- Watson, D. J. e Balon, E. K., 1984. Ecomorphological analysis of fish taxocenes in rainforest streams of northern Borneo. *Journal of Fish Biology*, 25: 371-384
- Zar, J.H., 1998. *Biostatistical Analysis*. 4 ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

| |
|---|
| 3 |
|---|

**Modelagem temporal da composição da ictiofauna
utilizando variáveis preditoras físicas e químicas da água
de um riacho costeiro de floresta atlântica**

Ana Tereza Bittencourt Guimarães

Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais

Departamento de Hidrobiologia

Universidade Federal de São Carlos

Guimarães, A.T.B.; Guimarães, P.R.B.; Menezes, M.S.; Peret, A.C. Modelagem temporal da composição da ictiofauna utilizando variáveis preditoras físicas e químicas da água de um riacho costeiro de Floresta Atlântica. A ser enviado para a Freshwater Biology.

MODELAGEM TEMPORAL DA COMPOSIÇÃO DA ICTIOFAUNA UTILIZANDO VARIÁVEIS PREDITORAS FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA DE UM RIACHO COSTEIRO DE FLORESTA ATLÂNTICA

Ana Tereza Bittencourt Guimarães¹; Paulo Ricardo Bittencourt Guimarães²; Márcia Santos de Menezes³; Alberto Carvalho Peret¹

1 - Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. C.P. 676. CEP 13565-905, São Carlos, SP, Brasil. anat@brturbo.com.br

2 - Departamento de Estatística da Universidade Federal do Paraná – UFPR

3 - Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas. C.P. 19031. CEP 81531-980, Curitiba, PR, Brasil.

Resumo

A utilização de modelos matemáticos voltados à ecologia permite a melhor identificação de fatores que geram condições para a ocorrência das espécies. Este estudo teve como objetivo construir modelos numéricos para as variáveis resposta Índice de Pielou, Abundância e Riqueza utilizando o método GAMLSS, para assim demonstrar as principais variáveis explicativas que promovem a compreensão dos processos de quebra de dominância de espécies em um riacho costeiro. O estudo foi realizado no rio do Pinto, sendo 4 pontos amostrados no rio principal e um ponto amostrado em um afluente, situados na Serra do Mar, Morretes, PR. As coletas foram mensais realizadas no período de maio de 2006 a novembro de 2007, sendo utilizada a técnica de pesca elétrica, com um esforço amostral de 50m/1 hora em cada localidade. As espécies de peixes coletadas foram identificadas até o menor nível taxonômico possível. Amostras de água foram coletadas em frascos âmbar estéreis, sendo posteriormente realizadas as metodologias Temperatura da água, Condutividade, OD, DBO, pH, Turbidez, Sólidos suspensos totais, Sólidos totais fixos, Sólidos totais voláteis, Sólidos totais, P-Total, N-NH₄, N-NO₃, N-NO₂, N-org, Coliformes Totais, Coliformes Fecais. Os dados das variáveis foram transformados por meio da função Z e posteriormente analisados por meio da análise de componentes principais (ACP). Os modelos calculados para as variáveis respostas Índice de Pielou x 10³, Abundância e Riqueza x 10 foram baseados na classe de modelos estatísticos GAMLSS. Os modelos ajustados foram correlacionados com os dados originais por meio da correlação de Pearson (r) e suas significâncias avaliadas por meio do teste t para correlação. Por meio da ACP foi possível realizar uma identificação prévia das variáveis com maior força e coerência explicativa para a dinâmica de cada um dos pontos. A correlação entre o modelo ajustado para o Índice de Pielou e os valores originais calculados para o rio do Pinto apresentou significativa explicabilidade, sendo representada pelas variáveis temperatura e nitrito. Estas duas variáveis denotam, respectivamente, a variação térmica relativa à sazonalidade, e o aporte de matéria orgânica no sistema, influenciando diretamente na distribuição espacial das espécies de peixes.

Palavras-chave: modelagem ecológica, riacho costeiro, ictiofauna

Abstract

The use of Mathematical models applied to ecology allows a better identification of the factors that generate conditions for the species occurrence. This study aim to construct numeric models for the answer variables such as Pielou Index, Abundance and richness using

GAMLSS method, for demonstrate the principal predicted variables that promote the comprehension of the fish dominance break in a costal stream. It was done in the Pinto river, being four sampling sites in the main river and one in a tributary located in the Serra do Mar, Morretes municipality, Paraná State, Brazil. The sampling was done monthly from 2006 may to 2007 november, using electric fishing technique, with sampling effort of 50m/1 hour on each site. The fish species was identified to the lower taxonomic level possible. The water samples were collected on sterile bottles and analyzed the following variables: water temperature, conductivity, OD, DBO, pH, turbidity, total suspense solids, total fixed solids, Data of the variables were transformed through Z function and later analyzed through Principal Component Analysis (PCA). The calculated models for the answer variables Pielou Index $\times 10^3$, abundance and richness $\times 10$ were based on GAMLSS class of statistic models. The adjusted models were correlated with original data through Pearson correlation and their significances were evaluated through t-test for correlation. A previous identification of the most powerful variables and explicative coherence for the dynamics of each sampling point was done through the PCA. The correlation between the adjusted model to the Pielou Index and the original values for the Pinto river presents a significant explicability, being represented by the variables: temperature and nitrite. These two variables respectively denote the thermal variation related to seasonality and the organic matter contribution to the system, directly influencing the spatial distribution of fish species.

Key words: ecological modeling, coastal stream, ichthyofauna

Introdução

O uso da modelagem matemática já foi limitado pela dificuldade de se encontrar soluções analíticas para resolver os sistemas de equações diferenciais ordinárias. Os modelos estavam limitados a reações cinéticas lineares, geometrias simples e em condição de equilíbrio dinâmico (Chapra, 1997). Atualmente, uma vez solucionadas as questões algébricas, a utilização de modelos matemáticos voltados à ecologia permite a melhor identificação de fatores que geram condições para a ocorrência das espécies, sendo, portanto, um método hábil para predizer os efeitos sobre a variação do tamanho das populações em qualquer tipo de ecossistema (Finke e Snyder, 2008).

Segundo Angelini (2000), um modelo, tal como um índice por exemplo, é qualquer representação de um sistema ou processo, mas é a modelagem matemática que vem se transformando no instrumento mais eficaz da previsão de mudanças em ecossistemas. Pode-se considerar que existem duas premissas básicas para um modelo numérico. Segundo Gertsev e Gertseva (2004), obrigatoriamente deve existir uma relação lógica de dependência entre as variáveis ($K = f([\text{OD}], \text{nutrientes}, \text{luz})$) e secundariamente, esta relação numérica deve ser validada experimentalmente, ou *in situ*. Porém, levando em consideração que os objetos analisados em uma modelagem numérica ecológica são as espécies, populações, comunidades, ecossistemas, torna-se muito difícil a sua validação.

Em uma ampla revisão, Tejerina-Garro et al. (2005) demonstraram a importância da formulação de métodos de avaliação de qualidade de água, relatando que enquanto a água dos rios constituir um recurso básico para a humanidade, devem ser elaborados instrumentos de avaliação biológica, ecológica e estatística que sejam aplicáveis a diferentes regiões geográficas.

Joy e Death (2002) demonstraram a importância do uso da modelagem estatística como ferramenta para o biomonitoramento de rios na Nova Zelândia, assim como concluíram que os modelos gerados são intuitivamente aceitos por gestores ambientais por se mostrarem coerentes biologicamente. Olden e Jackson (2002) em um estudo comparativo entre modelos, utilizando regressão logística, análise de discriminantes lineares e análises de agrupamento (redes neurais artificiais), demonstraram que estas últimas tiveram maior sucesso em classificações *a posteriori* quando comparadas às demais. Grenouillet et al. (2007) elaboraram um modelo para avaliar o grau de impacto antrópico em rios do oeste europeu e conseguiram validação em 67% das situações, contudo apenas 2,5% dos rios distaram mais do que 2 graus da classificação realizada *a priori*.

Todavia, para os riachos costeiros brasileiros torna-se praticamente impossível realizar avaliações de impacto ambiental utilizando técnicas de diagnósticos pontuais e superficiais, ou serem utilizados índices formulados exclusivamente para o hemisfério norte, sendo, portanto, necessário relacionar os fatores biológicos, ecológicos e abióticos locais para definir a real condição ambiental.

Os “Modelos Aditivos Generalizados para Posição, Escala e Forma” (GAMLSS - *Generalized Additive Models for Location, Scale and Shape*) são tipos de modelos de regressão semi paramétricos. Esta denominação deve-se ao fato da variável resposta apresentar-se em distribuição paramétrica, e a modelagem dos parâmetros de distribuição, tais como as funções das variáveis explicativas, poderem ser analisadas utilizando funções de alisamento não paramétricas. Este modelo foi introduzido por Akantziliotou et al. (2002) e Rigby e Stasinopoulos (2005) como um modo de superar algumas limitações dos Modelos Lineares generalizados.

Neste modelo, o uso exclusivo de distribuições exponenciais é relaxado e substituído por distribuições mais generalizadas, incluindo distribuições amplamente enviesadas e/ou aquelas curtóticas contínuas e discretas. A sistemática do modelo amplia a modelagem, não se baseando somente em médias ou medidas de posição, mas em todos os parâmetros de distribuição das variáveis explicativas sejam estes lineares ou não-lineares, paramétricos e/ou

não-paramétricos. Logo, GAMLSS é sugerido para modelagem de variáveis respostas que não sigam uma distribuição exponencial (exemplo: leptocúrtica ou platicúrtica, e/ou dados positivos ou negativos, ou contagens dispersas) ou exibam uma elevada heterogeneidade (exemplo: quando a escala da distribuição da variável resposta se modifica com as variáveis explicativas) (Rigby e Stasinopoulos, 2005).

Conforme o estudo teórico de Sandin e Solimini (2009), a melhor compreensão sobre indicadores funcionais ou estruturais em riachos promoverá a possibilidade de aproximação entre teoria e prática, permitindo predições mais seguras e fidedignas em situações de manejo e gestão.

Desta maneira, a construção de modelos para riachos costeiros torna-se uma ferramenta importante, uma vez que se reconhece que estes ecossistemas apresentam inúmeras variáveis que interferem seu equilíbrio. Entre vários exemplos, Lowe MacConnell (1999) reconhece que a mudança de declividade dos riachos interfere na alternância do número de espécies de peixes; aspectos climáticos, tais como as flutuações das chuvas e os regimes de ventos, promovem alagamentos regulares de áreas adjacentes aos riachos, possibilitando a formação de novos habitats para as espécies ali ocorrentes; as temperaturas mais elevadas, características de ambientes tropicais, aceleram o desenvolvimento e o processo de crescimento das espécies. Logo, a partir destes exemplos, fica evidente a importância de estudos que possibilitem o reconhecimento e a compreensão das inter-relações das variáveis físicas, químicas e biológicas e suas influências sobre a comunidade de peixes que habitam em riachos costeiros.

Sendo assim, este estudo teve como objetivo construir modelos numéricos para as variáveis resposta Índice de Pielou, Abundância e Riqueza utilizando o método GAMLSS, para assim demonstrar as principais variáveis explicativas que influenciam sobre a dinâmica da comunidade de peixes de um riacho costeiro.

Metodologia

O estudo foi realizado no rio do Pinto, sendo 4 pontos amostrados no rio principal (P2 – S 25° 32.744' WO 48° 51.839'; P3 - S 25° 32.202' WO 48° 50.831'; P4 – S 25° 30.282' WO 48° 49.834', P5 – S 25° 29.948' WO 48° 48.903') e um ponto amostrado em um afluente (rio Caiuru), próximo à sua confluência com o rio do Pinto (P1 – S 25° 34.356' WO 48° 53.008'), situados na Serra do Mar, município de Morretes, PR (Figura 1).

O ponto P1 localiza-se no rio Caiuru, que é um dos afluentes do rio do Pinto. Caracteriza-se por estar a 169 m de altitude em relação ao nível do mar, apresentando a correnteza do tipo torrencial (0,95 m/s) e o substrato composto por grande quantidade de matacões e seixos. A partir do ponto P2 todos os demais se encontram no Rio do Pinto. O P2 distancia-se a em 3,9 km de P1. Apresenta-se a 73 m de altitude, com corrente caracterizada como rápida (0,53 m/s). Neste ponto o leito do rio é composto principalmente por seixos, cascalho e areia muito grossa. O P3 distancia-se em 2,2 km de P2, encontrando-se a 44 m de altitude e com corrente do tipo moderada (0,37 m/s). Seu leito é composto principalmente por seixos e areia muito grossa. O P4 encontra-se distante em 4,5 km do P3. Localiza-se a 16 m de altitude, com porções onde a corrente é do tipo torrencial (1,06 m/s) e grande parte de sua área com corrente rápida (0,63 m/s). Seu leito é composto principalmente por cascalho e areia grossa. O P5 distancia-se em 2,2 km de P4, estando a 6 m de altitude, sua corrente caracteriza-se como rápida (0,74 m /s). Nesta sequência de pontos amostrais, o substrato apresenta variação quanto à granulometria, sendo representado principalmente com matacões e blocos no P1, reduzindo os diâmetros gradativamente, atingindo grandes extensões de areia no P5.

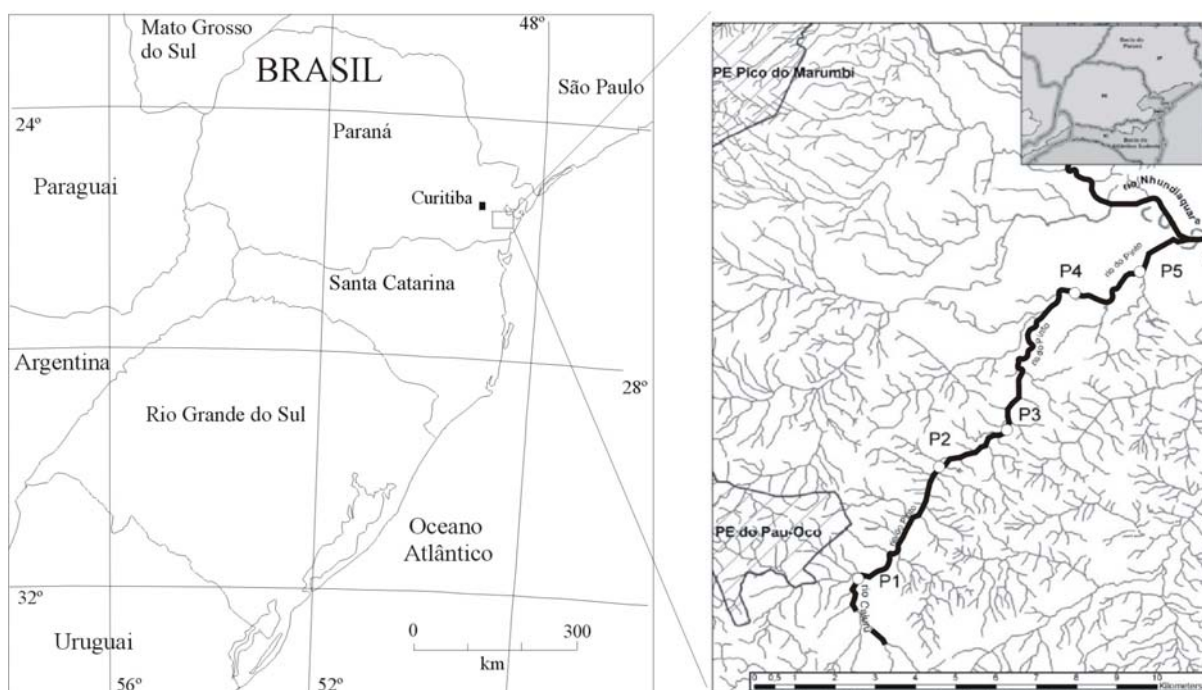


Figura 1 – Mapa de localização dos pontos de Coleta. Ponto 1 (P1); Ponto 2 (P2); Ponto 3 (P3); Ponto 4 (P4); Ponto 5 (P5).

As coletas foram mensais realizadas no período de maio de 2006 a novembro de 2007, sendo utilizada a técnica de pesca elétrica, com um esforço amostral de 50m/1 hora em cada

localidade. Esta técnica possibilita com que todas as espécies assumam a mesma probabilidade de serem coletadas, não havendo, portanto, variações de probabilidade em função do apetrecho de coleta (Jowet e Richardson, 1996). Os animais coletados foram fixados em formalina 10% e após 48 horas, transferidos para o álcool 70°.

As espécies de peixes coletadas foram identificadas até o menor nível taxonômico possível por meio de chaves de identificação específicas e com auxílio do Dr. Oswaldo Oyakawa do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo.

Amostras de água foram coletadas em frascos âmbar estéreis, sendo posteriormente realizadas as metodologias referenciadas na tabela 1.

Tabela 1 – Variáveis explicativas, respectivas metodologias e unidades utilizadas no estudo

| Variáveis explicativas | Metodologia | unidade | Sigla |
|--------------------------|---------------------------------------------|---------|-------|
| Temperatura da água | Termômetro | °C | TT |
| Condutividade | Potenciométrico | mS/cm | CO |
| OD | Potenciométrico | mg/L | OD |
| DBO | Método Winkler | | DBO |
| pH | Potenciométrico | | pH |
| Turbidez | Nefelométrico | UNT | TU |
| Sólidos suspensos totais | Gravimétrico | mg/L | SST |
| Sólidos totais fixos | Gravimétrico | mg/L | STF |
| Sólidos totais voláteis | Gravimétrico | mg/L | STV |
| Sólidos totais | Gravimétrico | mg/L | ST |
| P-Total | Espectrofotométrico com Cloreto Estanoso | mg/L | P |
| N-NH ₄ | Macro Kjendahl | mg/L | NAM |
| N-NO ₃ | Espectrofotométrico | mg/L | NO3 |
| N-NO ₂ | Sulfanilamida e N-(1-Naftil) Etilenodiamina | mg/L | NO2 |
| N-org | Macro Kjendahl | mg/L | NO |
| Coliformes Totais | Membrana filtrante | UFC | CT |
| Coliformes Fecais | Tubos múltiplos | UFC | CF |

FONTE: Standard Methods for the Examination to Water and Wastewater - 20th Edition - 1998

Os dados das variáveis foram estandarizados por meio da função Z, e posteriormente analisados por meio da análise de componentes principais (ACP). Com esta análise foi possível determinar as variáveis que melhor predizem cada um dos pontos de coleta já definidos *a priori*. Esta análise foi realizada no programa XLStat2009.

Os modelos calculados neste estudo foram baseados na classe de modelos estatísticos GAMLSS (Modelos Aditivos Generalizados para Posição, Escala e Forma), proposta por Rigby e Stasinopoulos (2005). Este método preconiza a explicação de um fenômeno (variável resposta – Índice de Pielou x 10³; Abundância; Riqueza x 10) em função de uma série de variáveis explicativas, não sendo fixa a suposição da distribuição de probabilidade ser da família exponencial, sendo que a modelagem pode ser construída em muitos tipos de distribuições, tais como Binomial, Poisson, Binomial Negativa, Exponencial, Normal,

Gamma, Gumbel, Weibull, ZIP, ZAIG, BEINF, por exemplo. Desta maneira, torna-se viável a modelagem de todos os parâmetros da distribuição como função de variáveis explicativas em separado.

Este modelo torna-se aplicável para esta série de dados, uma vez que se verifica uma grande variabilidade nos dados observados, em que há uma elevada variância. Abaixo segue uma tabela com estatísticas descritivas para as variáveis respostas Abundância, Riqueza e Índice de Pielou (tabela 2):

Tabela 2 – Média \pm Desvio Padrão de Abundância, Riqueza da Ictiofauna e Índice de Pielou.

| Pontos de coleta | Abundância | Riqueza | Índice de Pielou |
|------------------|-------------|------------|-------------------|
| 1 | 91 \pm 21 | 9 \pm 2 | 0,774 \pm 0,057 |
| 2 | 60 \pm 25 | 12 \pm 3 | 0,828 \pm 0,092 |
| 3 | 74 \pm 36 | 13 \pm 3 | 0,826 \pm 0,052 |
| 4 | 85 \pm 30 | 13 \pm 3 | 0,780 \pm 0,066 |
| 5 | 65 \pm 21 | 12 \pm 3 | 0,803 \pm 0,054 |

O programa para realizar o ajuste de dados foi o Software estatístico R versão 2.7.2, utilizando-se a biblioteca Gamlss. Rodado o programa que ajusta o modelo, verificou-se a significância dos parâmetros (associados às variáveis explicativas). Além disso, para avaliar a qualidade do ajuste, utilizou-se uma combinação dos critérios: Critério de Informação de Akaike (AIC) e o Critério Bayesiano de Schwartz (SBC).

Estas são duas estatísticas frequentemente utilizadas para a escolha da especificação ótima de um modelo. Os critérios funcionam realizando a comparação de dois modelos de cada vez. Geralmente, inicia-se o ajuste com o modelo contendo todas as variáveis explicativas mensuradas no estudo e calcula-se o AIC e o SBC. Em seguida, retirando-se uma ou mais variáveis que se apresentaram não significativas, calcula-se novamente o AIC e o SBC. O melhor modelo é aquele que produz os menores valores de AIC e SBC.

O Critério de Informação de Akaike (AIC) é definido como:

$$(1) \text{ AIC} = -2 \log MV + 2n_{\text{par}}$$

onde MV é a função de verossimilhança e n_{par} é o número de parâmetros estimados do modelo.

O Critério Bayesiano de Schwartz (SBC) é definido como:

$$(2) \text{ SBC} = -2 \log MV + n_{\text{par}} \log N$$

onde MV é a função de verossimilhança, n_{par} é o número de parâmetros estimados do modelo e N , o número total de observações.

Os critérios citados acima, portanto, dependem da função de verossimilhança e penalizam os modelos com grande número de parâmetros.

Verificada a significância dos parâmetros procedeu-se então à exclusão (uma a uma) das variáveis não significativas do modelo. Rodado novamente o programa até encontrar-se o modelo que minimizava os critérios de seleção. Utilizou-se o teste t de Student para verificar a significância dos parâmetros. Desta maneira, ajustou-se o modelo mais parcimonioso, denotando, portanto, uma melhor qualidade na explicação dos fenômenos e com o menor número possível de variáveis explicativas.

Os modelos ajustados foram correlacionados com os dados originais por meio da correlação de Pearson (r) e suas significâncias avaliadas por meio do teste t para correlação (Zar, 1998). As correlações foram expressas em gráficos de tendências, juntamente com os coeficientes de determinação (r^2). O nível de significância estabelecido em todos os testes foi de 0,05.

Resultados

Durante todo o período de amostragem, foram coletadas 32 espécies, contemplando 6 ordens e 13 famílias (Tabela 3), totalizando 4491 indivíduos. A ordem com maior frequência de captura foi Siluriformes (55%), acompanhada pelos Characiformes (38%), Cyprinodontiformes (3%), Perciformes (2%), Symbranchiformes (1%) e Gymnodontiformes (1%).

Por meio da ACP foi possível realizar uma identificação prévia das variáveis com maior força e coerência explicativa para a dinâmica de cada um dos pontos. Apesar da baixa explicabilidade das análises, foi possível verificar elevada coerência com os processos biológicos de cada uma das localidades.

Tabela 3 - Relação das espécies de peixes coletados no rio do Pinto, Morretes, Paraná.

| ORDEM | FAMÍLIA | SUBFAMÍLIA | ESPÉCIE | |
|---------------------------|---------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gymnodontiformes | Gymnotidae | | <i>Gymnotus carapo</i> | |
| | | | <i>Gymnotus panterinus</i> | |
| Symbranchiformes | | | <i>Symbranchus marmoratus</i> | |
| Cyprinodontiformes | Poeciliidae | | <i>Phalloceros caudimaculatus</i> | |
| Perciformes | Gobiidae | Gobionellinae | <i>Awaos tajasica</i> | |
| | Cichlidae | Cichlinae | <i>Crenicichla lacustris</i> <i>Geophagus brasiliensis</i> | |
| Characiformes | Characidae | Tetragonopterinae | <i>Astyanax sp.</i> <i>Bryconamericus microcephalus</i> <i>Deuterodon langei</i> <i>Hollandichthys multifasciatus</i> | |
| | | Glandulocaudinae | <i>Mimagoniates microlepis</i> | |
| | | Characidiinae | <i>Characidium lanei</i> <i>Characidium pterostictum</i> | |
| | Crenuchidae | | | |
| | Erythrinidae | | <i>Hoplias malabaricus</i> | |
| | Siluriformes | Callichthyidae | Callichthyinae | <i>Scleromystax barbatus</i> <i>Hoplosternum littorale</i> |
| Loricariidae | | | Hypostominae | <i>Ancistrus multispinis</i> <i>Pareiorhaphis splendens</i> <i>Kronichthys lacerta</i> |
| | | | Neoplecostominae | <i>Isbrueckerichthys duseni</i> |
| | | | Hypoptomatinae | <i>Pseudotothyris obtusa</i> <i>Hisonotus leucofrenatus</i> <i>Schizolecis güntneri</i> |
| | | | Loricariinae | <i>Rineloricaria sp.</i> |
| Heptapteridae | | | <i>Pimelodella pappenheimi</i> <i>Acentronichthys leptos</i> <i>Rhandia quelen</i> <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> | |
| Trichomycteridae | | Trichomycterinae | <i>Trichomycterus davisi</i> | |
| | | Stegophilinae | <i>Homodiaetus graciosa</i> | |
| Pseudopimelodidae | | | <i>Microglanis cottoides</i> | |

Para o ponto 1, o primeiro eixo canônico aplicado às variáveis da água (33,4% da variabilidade) denota um gradiente de contaminação bacteriana, sendo que os escores positivos demonstram os períodos em que houve maior concentração de coliformes totais, e os escores negativos explicam os períodos que apresentaram água com menor concentração destes microorganismos. O segundo eixo explica a variação da turbidez da água (29,63% da variabilidade). Os escores positivos demonstram os períodos de maior temperatura, sendo acompanhados de maior precipitação pluviométrica, elevando-se, portanto, a turbidez da água em consequência do arraste de elevada concentração de matéria inorgânica (silte, argila etc). Já os escores negativos demonstram os períodos de maior concentração de matéria orgânica, resultando nas maiores concentrações de coliformes fecais, nitrogênio orgânico e condutividade (Figura 2).

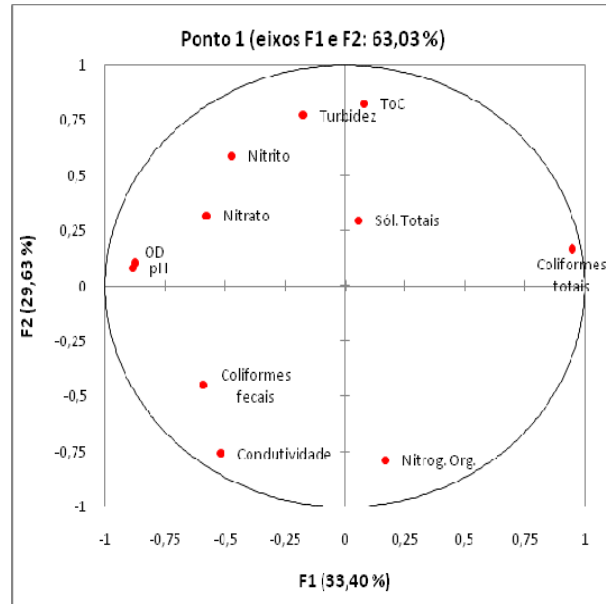


Figura 2 - Diagrama de ordenação representando os dois primeiros eixos da análise de componentes principais para o Ponto 1, mostrando os descritores ambientais (vermelho). Ao menos uma das correlações mostrou-se significativa entre as variáveis (Teste de Bartlett) ($p < 0,01$).

Para o ponto 2, o primeiro eixo explica a concentração de matéria orgânica (33,4% de explicabilidade), sendo que os escores negativos mostram que a elevação da turbidez da água, decorrente do período de maior precipitação pluviométrica em estações de maior temperatura, é resultado do aumento de matéria orgânica no sistema e não como observado no ponto 1, onde a elevação dos valores desta variável foram resultado do aumento da concentração de matéria inorgânica. O segundo eixo pode ser explicado pelo aumento do processo de nitrificação (21,87% da explicabilidade). Este fato pode ser evidenciado pelos escores positivos desta análise, que demonstra os períodos com maior concentração de nitrito e nitrato (Figura 3).

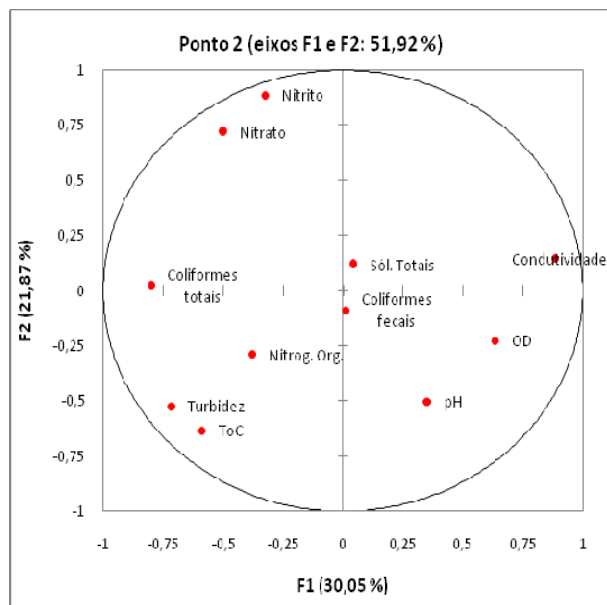


Figura 3 - Diagrama de ordenação representando os dois primeiros eixos da análise de componentes principais para o Ponto 2, mostrando os descritores ambientais (vermelho). Ao menos uma das correlações mostrou-se significativa entre as variáveis (Teste de Bartlett) ($p < 0,01$).

Para o ponto 3, o primeiro eixo canônico possivelmente está associado a um maior contaminação bacteriana, levantando-se a hipótese de uma maior influência de descarga de esgoto (32,34% de explicabilidade), sendo que os escores positivos denotam a elevação de contaminação por coliformes totais e fecais. Já o segundo eixo canônico explica a concentração de matéria orgânica dissolvida na água (21,37% de explicabilidade), sendo principalmente evidenciada pelo aumento de nitrogênio orgânico. Desta maneira, promove-se a elevação da turbidez em períodos de maior precipitação pluviométrica e temperaturas da água mais elevadas. Este fato mostra-se contrário ao observado no ponto 1, onde a turbidez pôde ser explicada pelo aumento de matéria inorgânica na água (Figura 4).

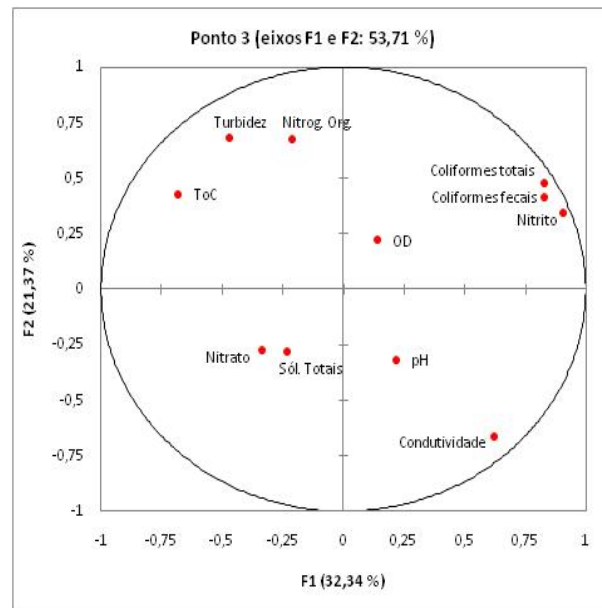


Figura 4 - Diagrama de ordenação representando os dois primeiros eixos da análise de componentes principais para o Ponto 3, mostrando os descritores ambientais (vermelho). Ao menos uma das correlações mostrou-se significativa entre as variáveis (Teste de Bartlett) ($p < 0,01$).

No ponto 4, assim como no ponto 3, observa-se que o primeiro eixo canônico possivelmente está associado a uma maior contaminação bacteriana, também levantando-se a hipótese de uma maior descarga de esgoto (33,41% de explicabilidade). Uma das evidências para esta hipótese pode ser analisada nos escores positivos deste primeiro eixo, em que a elevação da descarga de esgoto, explica a elevada concentração de coliformes fecais, e, conseqüentemente, a elevação de condutividade e pH. Contudo, esta hipótese só poderia ser confirmada ao se realizar a relação entre concentração de *Escherichia coli* e *Enterococcus faecalis*, atingindo-se valores superiores a 4,0. Já os escores negativos mostram o recebimento de matéria orgânica no meio, principalmente evidenciado pelos aumentos de nitrogênio orgânico e coliformes totais, sendo que tais fatos ocorrem em períodos de maior temperatura, precipitação pluviométrica e turbidez. O segundo eixo canônico pode estar relacionado à elevação do processo de nitrificação (22,42% de explicabilidade). Possivelmente, a intensificação deste processo ocorreu no período de inverno, quando as temperaturas mostraram-se mais baixas e a oxigenação da água foi maior, podendo observar esta situação nos escores positivos deste eixo. Os escores negativos do mesmo mostram menor concentração de nitritos e nitratos, contudo, maior concentração de nitrogênio orgânico, podendo este ser resultante de uma maior descarga de matéria orgânica no meio, conforme observado no primeiro eixo canônico.

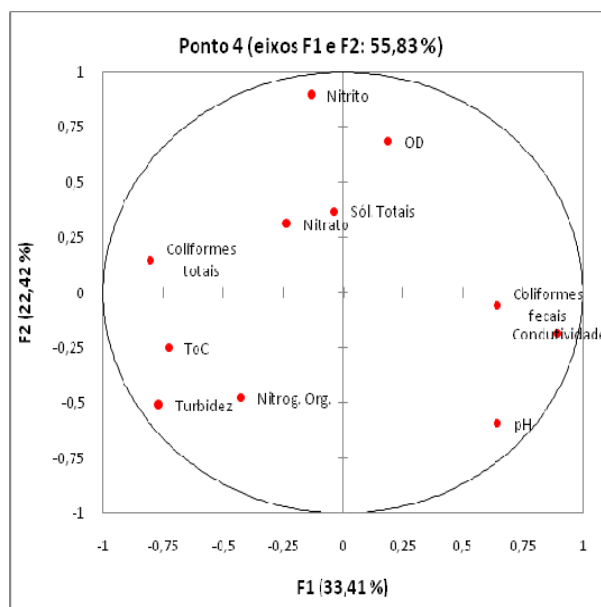


Figura 5 - Diagrama de ordenação representando os dois primeiros eixos da análise de componentes principais para o Ponto 4, mostrando os descritores ambientais (vermelho). Ao menos uma das correlações mostrou-se significativa entre as variáveis (Teste de Bartlett) ($p < 0,01$).

No ponto 5, o primeiro eixo canônico explica uma maior concentração de matéria orgânica, uma vez que é observada uma maior concentração de nitrogênio orgânico (28,59% de explicabilidade). Neste período ocorreram temperaturas da água mais elevadas e maior precipitação pluviométrica, o que gerou um maior turbilhonamento na água e um maior aporte desta matéria orgânica para o sistema. O segundo eixo canônico possivelmente está relacionado com a contaminação bacteriana e ao processo de nitrificação. Os escores negativos explicam uma maior concentração de coliformes totais e fecais em um período de menor temperatura e menor precipitação pluviométrica, havendo o aumento da concentração de nitrito e conseqüentemente acelerando o processo de nitrificação. Já o escore positivo deste segundo eixo demonstra a maior concentração de nitrato, possivelmente como resultado do processo de nitrificação (23,31% de explicabilidade) (Figura 6).

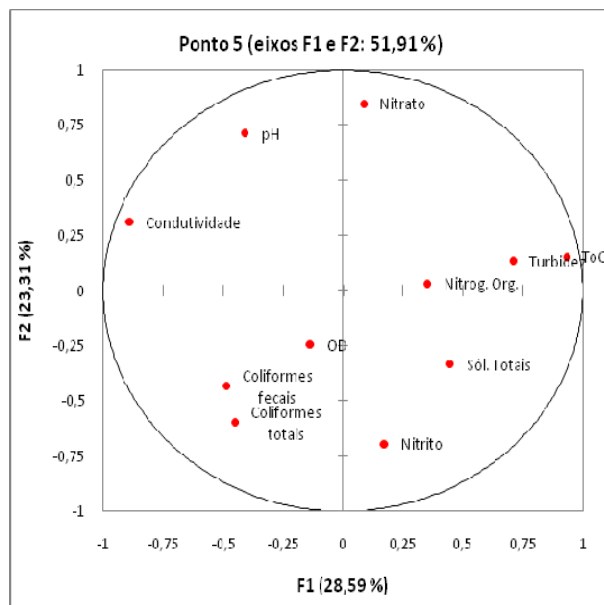


Figura 6 - Diagrama de ordenação representando os dois primeiros eixos da análise de componentes principais para o Ponto 5, mostrando os descritores ambientais (vermelho). Ao menos uma das correlações mostrou-se significativa entre as variáveis (Teste de Bartlett) ($p < 0,01$).

A utilização de modelos mais complexos, que apresentem mais variáveis para a explicação dos fenômenos, geralmente são mais parcimoniosos que modelos simples. Uma vez que todos os pontos de coleta apresentaram comportamentos semelhantes quanto aos componentes principais, as amostragens por localidades foram consideradas como réplicas e os modelos foram obtidos para representar a dinâmica do rio como um todo. As variáveis previamente escolhidas para a obtenção dos modelos foram CT, CF, OD, NO, NO₂, NO₃, pH, ST, TT e TU.

Na tabela 3 observam-se os desvios globais e os graus de liberdade dos melhores modelos obtidos para o índice de Pielou, Abundância e Riqueza em modelos de distribuição Gaussiana Invertida de Poisson.

Tabela 4 – Desvios globais e graus de liberdade dos modelos das variáveis respostas, Abundância, Riqueza x 10 e Índice de Pielou x 10³.

| Variável resposta | Desvio global | GL1 | GL2 |
|-------------------|---------------|-----|-----|
| Abundância | 607.3226 | 4 | 61 |
| Riqueza | 611.482 | 4 | 61 |
| Índice de Pielou | 710.1725 | 4 | 61 |

Os melhores parâmetros para as construções dos modelos foram definidas após a retirada das variáveis que não apresentaram significância estatística (Tabela 4).

Tabela 5 – Estimativa de parâmetros com a aplicação da GAMLSS para a modelagem de Abundância, Riqueza e Índice de Pielou.

| Variável resposta | Parâmetros* | Estimativa | Erro padrão | t-valor | Pr (> t) |
|-------------------|-------------|------------|-------------|---------|-----------|
| Abundância | Intercepto | 3.93462 | 0.12269 | 32.071 | 2.592e-40 |
| | OD | 0.05474 | 0.01497 | 3.658 | 5.263e-04 |
| | NO2 | -4.19636 | 2.18511 | -1.920 | 5.941e-02 |
| Riqueza | Intercepto | 4.5156 | 0.096750 | 46.673 | 5.180e-50 |
| | OD | 0.0363 | 0.009747 | 3.724 | 4.256e-04 |
| | NO | -0.2346 | 0.196748 | -1.193 | 2.376e-01 |
| Índice de Pielou | Intercepto | 6.41669 | 0.084115 | 76.284 | 5.208e-63 |
| | TT | 0.0124 | 0.004285 | 2.908 | 5.041e-03 |
| | NO2 | 1.01708 | 0.641633 | 1.585 | 1.180e-01 |

*Parâmetros estimados por meio da média μ da distribuição Gaussiana Invertida de Poisson, usando $\log_{2,75}$

O modelo para abundância não apresentou um bom ajuste, sendo que sua explicabilidade foi de apenas 29,2% (GL=11; t=2,13; p<0,05). O modelo para a riqueza não mostrou um ajuste adequado, sendo que sua explicabilidade não ultrapassou 10% em relação aos dados originais. Além disso, este ajuste não foi considerado estatisticamente significativo (GL=11; t=1,09; p>0,05), logo, não se sugere o uso do presente modelo para riqueza. Por fim, a correlação entre o modelo ajustado para o Índice de Pielou e os valores originais calculados para o rio do Pinto apresentou um coeficiente de determinação de 0,757, representando de forma significativa a explicabilidade do modelo em 75,7% (GL=11; t=5,85; p<0,05) (Figura 7).

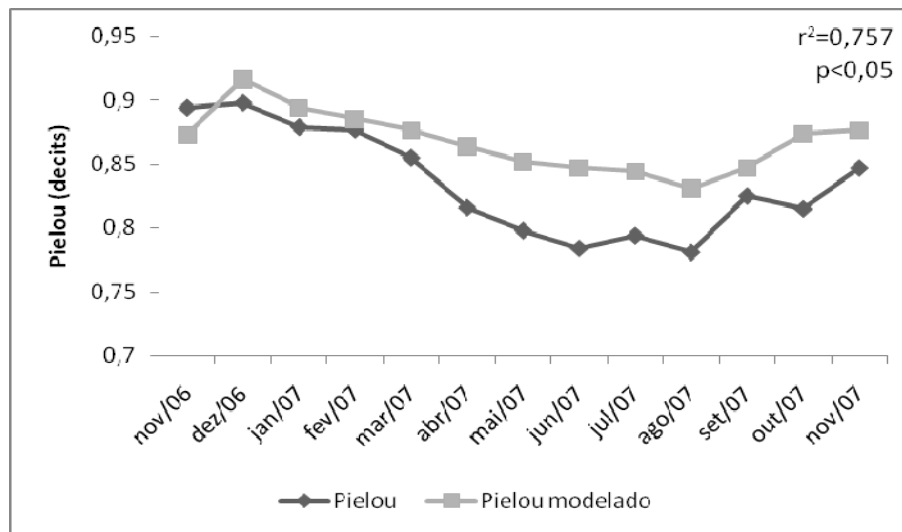


Figura 7 – Gráfico de tendência demonstrativo do modelo ajustado para o Índice de Pielou e os dados originais obtidos ao longo do período de novembro de 2006 a novembro de 2007 na micro-bacia do rio do Pinto, Morretes, Paraná.

Por fim, o esquema a seguir, sintetiza a dinâmica física, química e biológica da estrutura da ictiofauna do rio do Pinto (Figura 10).

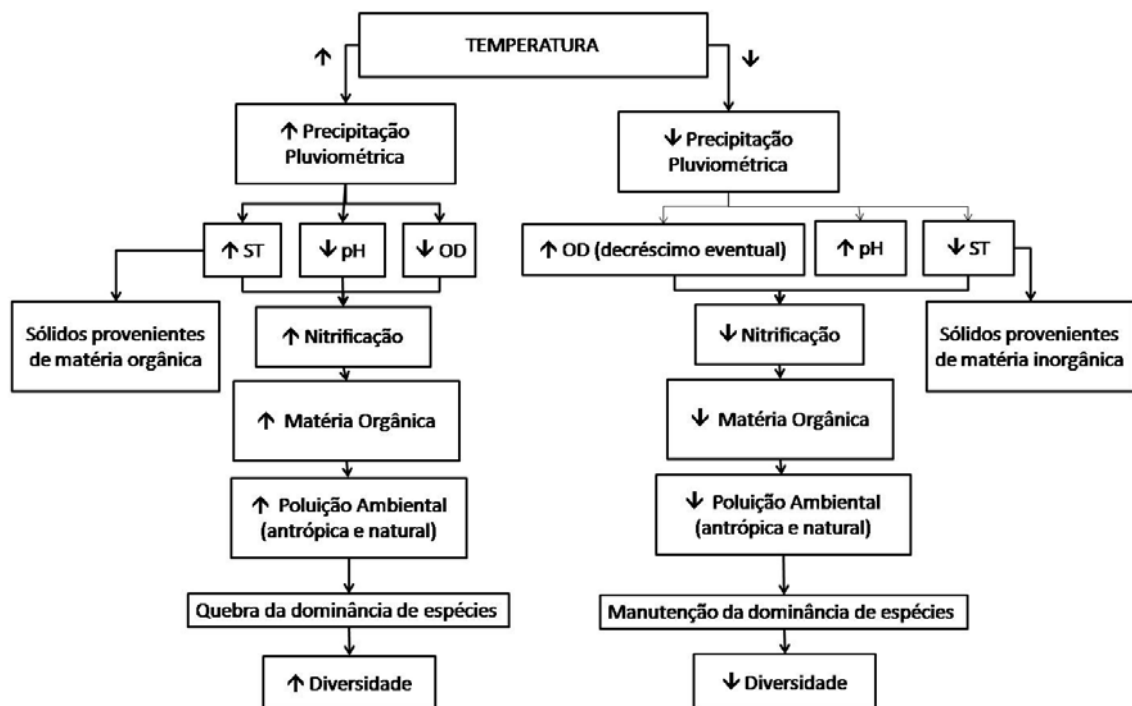


Figura 8 – Diagrama da dinâmica física, química e biológica do ecossistema do rio do Pinto, Morretes, PR.

Discussão

A modelagem ecológica é uma ferramenta que tenta explicar o comportamento das comunidades em seus ambientes (Angelini, 2000). No presente estudo, a modelagem foi realizada por meio de uma metodologia estatística relativamente atual, proposta por Akantziliotou et al. (2002), denominada de GAMLSS (*Generalized Additive Models for Location, Scale and Shape*). Atualmente, ainda poucos são os trabalhos em ecologia que utilizaram esta técnica, podendo ser citado o trabalho de Vilarini et al. (2009), que modelaram a frequência de inundação ao longo do tempo em uma bacia hidrográfica altamente urbanizada na Carolina do Norte, EUA. Desta maneira, vista a deficiência de trabalhos que abordem a modelagem ecológica utilizando este novo método, este trabalho faz tal abordagem sobre as variáveis resposta Equitabilidade, Abundância e Riqueza.

A Equitabilidade proposta pelo índice de Pielou demonstra a proporcionalidade entre a diversidade observada e o máximo de diversidade que o ambiente pode sustentar (Townsend et al., 2008). No presente estudo, este índice foi utilizado para demonstrar a frequência das espécies e a riqueza deste ambiente em função da capacidade de suporte, sendo, portanto, um valor que denota a composição e a distribuição das espécies em uma micro-bacia hidrográfica.

A abundância é considerada como a frequência absoluta das espécies, sendo um valor que integra o índice de Pielou, assim como a riqueza, que é considerada como o número de espécies amostradas (Dajoz, 2005).

Foi possível demonstrar que os modelos ajustados para as variáveis respostas abundância e riqueza apresentaram baixa explicabilidade. Estas variáveis quando tratadas isoladamente não são suficientemente robustas para demonstrar as relações entre a fauna. Por outro lado, situações de dominância entre as espécies são passíveis de serem explicadas quando estas duas variáveis são tratadas em conjunto, gerando baixos valores de Equitabilidade, e por meio do índice de Pielou, observou-se um bom ajuste, sendo que o mesmo apresenta uma força de explicação de 75,7%.

Este modelo foi ajustado de forma mais parcimoniosa ao utilizar as variáveis preditoras de temperatura da água e nitrito. Neste ajuste, sugere-se que, dentre as variáveis aqui analisadas, a temperatura seja a variável relacionada à sazonalidade que contribua para as alterações na composição da ictiofauna, enquanto que a variação das concentrações de nitrito denote a alteração do processo de nitrificação em função de maior descarga de matéria orgânica neste riacho. No período com temperaturas mais elevadas observou-se uma maior equitabilidade da ictiofauna, o que pode ser explicada pela menor diferença entre as

frequências das espécies de peixes. Este fato denota a quebra de dominância de espécies e possivelmente seja decorrente de dois fatores:

- 1) a elevação de precipitação pluviométrica gera a maior frequência de trombas d'água; e
- 2) a maior concentração de matéria orgânica decorrente da elevação de decomposição de vegetação e maior descarga de dejetos, uma vez que nesta época ocorre o período de férias e por consequência, eleva-se a densidade demográfica local.

A quebra de dominância das espécies de peixes devido à ocorrência de trombas d'água também foi observada por Aranha (2000) no rio Mergulhão, riacho costeiro localizado na mesma bacia hidrográfica. Nestas situações observa-se uma brusca alteração física, promovendo a elevação da heterogeneidade ambiental, o que segundo Griffin et al. (2009) pode ser o papel chave mediador sobre a diversidade das espécies.

Mathews (1986) demonstrou que após a ocorrência de trombas d'água em riachos das montanhas de Ozark, no estado norte-americano do Arkansas, levou a alteração brusca das abundâncias das espécies dominantes e uma moderada alteração da composição da fauna. Eventos estocásticos desta natureza promovem a alteração das abundâncias, mas não chegam a eliminar a ocorrência de comunidades persistentes (Yant, Karr e Angermeier, 1984). Logo, a recuperação da fauna que ocorre após uma tromba d'água, demonstra que as espécies são persistentes ao hábitat e que esta comunidade apresenta elevada resiliência.

Desta maneira, pode-se afirmar que esta comunidade pode ser considerada como determinística, pois, conforme preconizado por Grossman (1982), este tipo de comunidade apresenta similaridades morfológicas entre as espécies; as espécies se segregam em função do hábitat e da dieta; persistem no ambiente por inúmeras gerações e apresentam habilidade em manterem a sua estrutura original mesmo após severas perturbações.

Segundo Friberg et al. (2009), em riachos da Islândia diretamente influenciados pela dinâmica geotérmica e pouco impactados, os atributos relativos à distribuição das espécies está relacionado à variação térmica, sendo que em períodos de maior temperatura ocorre um enriquecimento de nutrientes, gerando um reflexo na cadeia trófica e por conseguinte, na distribuição de espécies em função do seu hábito alimentar. Segundo Guimarães et al. (dados não publicados), em estudo realizado no rio do Pinto, nos períodos de maior temperatura observa-se a ocorrência de mais espécies generalistas que se alimentam de conteúdo alóctone, enquanto no período de menor temperatura, ocorrem principalmente espécies menos generalistas, as quais se alimentam de conteúdo autóctone. Dill (1983) sugeriu que a motivação para a ampliação do consumo de itens alimentares poderia ser a sensação de fome,

levando os peixes a incluírem presas menos preferenciais à medida que as preferenciais declinam. Este comportamento seria também uma condição adaptativa, uma vez que aumentaria a taxa de ganho energético, visto que a escassez dos itens preferenciais implicaria em grande dispêndio na sua busca e captura.

Sendo assim, sugere-se como síntese da dinâmica física, química e biológica deste ecossistema a seguinte proposta:

- 1) Elevação de temperatura característica do período de verão ocorre concomitante à elevação da precipitação pluviométrica: Lowe-McConnell (1999) sugere que em águas tropicais, a sazonalidade é imposta principalmente por fatores ambientais, que promovem um maior aporte de nutrientes afetando as espécies de peixes por meio das cadeias alimentares, e, conseqüentemente, alterando a diversidade da ictiofauna.
- 2) Maior volume de água no fluxo da corrente e o aumento do processo de percolação pelo solo, pode elevar a massa de sólidos totais no riacho.
- 3) Durante o período de chuvas, ocorre a formação de novos micro-habitats em função do represamento marginal possibilitando, assim, a formação de novos nichos e a elevação da diversidade, conforme também observado por Canabarro, Toledo e Barrella (2008). Além disso, Aranha (2000) demonstrou que nestes períodos de maior precipitação pluviométrica, eleva-se o risco de ocorrência de trombas d'água, promovendo no local a quebra da dominância das espécies de peixes, e, por conseguinte, a elevação da diversidade de espécies.
- 4) Aumento da densidade demográfica local decorrente do período de férias, pode promover a elevação do aporte de sólidos, caracterizando um período de maior poluição antrópica. Lussier et al. (2008) demonstram que o uso da terra residencial é um indicador de antropização, e que a elevação desta porcentagem promove um maior impacto sobre os riachos.
- 5) Maior aporte de vegetação morta, elevando-se o processo de amonificação. A amonificação é o processo de transformação do nitrogênio orgânico em íons amônio (Dajoz, 2005). Neste período de aumento do teor de matéria orgânica nos riachos, observou-se a maior frequência de ocorrência de espécies generalistas, possivelmente em decorrência ao aumento de produtividade primária local (Rolla, Esteves e Ávila-da-Silva, 2009).
- 6) Decorrente deste último processo, o aumento da concentração do íon amônio no meio, aumenta a ocorrência do processo de nitrificação, elevando-se, portanto, a concentração de nitrito no meio. Assim como observado no item cinco, o aumento da produtividade primária, associado a elevadas temperaturas, promove o crescimento mais rápido das espécies de peixes

possivelmente decorrente da maior biomassa de recursos alimentares (Scott et al., 1986). Contudo, vale ressaltar que em nenhum momento do período estudo houve um aumento de nitrito ou nitrato acima dos níveis preconizados pelo CONAMA Resolução 357/2002. Segundo Binkley et al. (2004), apenas observando-se valores superiores a 2 mg/L de nitrato que se poderia considerar a possibilidade de contaminação por fertilizantes agrícolas, sendo que em situações de normalidade as concentrações não ultrapassam 1 mg/L.

Sendo assim, uma vez demonstrada a aplicação de um modelo ecológico e a coerência de sua explicação para um ecossistema de riacho costeiro, conclui-se que:

- dentre os modelos elaborados o de melhor ajuste foi o aplicado para Equitabilidade (índice de Pielou);
- neste modelo, as variáveis explicativas propostas foram temperatura e nitrito;
- a variável temperatura reflete a sazonalidade, sendo que os períodos de maiores temperaturas ocorrem concomitantemente a elevação de precipitação pluviométrica;
- neste período ocorre também um maior fluxo de corrente do riacho, havendo mais risco de ocorrência de trombas d'água;
- as trombas d'água possivelmente levam a um arraste de peixes e de recursos, promovendo a quebra de dominância de espécies;
- por outro lado, neste período também ocorre um maior aporte de vegetação morta e excretas de animais, o que promove a maior frequência do processo de amonificação e de nitrificação, sendo esta última representada pela maior concentração de nitrito;
- este último também promove uma maior frequência da produtividade primária, possibilitando o aumento de recursos alimentares e promovendo a distribuição de mais espécies generalistas.

Referências

- Angelini, R., 2000. Ecologia e Modelagem Matemática. PUC-SP Ciências Biológicas e do Ambiente, 2(2): 225-242.
- Aranha, J. M. R., 2000. A influência da instabilidade ambiental na composição e estrutura trófica da ictiofauna de dois rios litorâneos. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos. 130 pp.

- Akantziliotou, K. Rigby, R. A., Stasinopoulos, D. M. (2002) The R implementation of Generalized Additive Models for Location, Scale and Shape. In Statistical modelling in Society: Proceedings of the 17th International Workshop on statistical modelling, ed: Stasinopoulos, M. and Touloumi, G., 75-83, Chania, Greece
- Binkley, D., Ice, G.G, Kaye, J. & Williams, C.A. Nitrogen and phosphorous concentrations in forest streams of the United States. JAWRA,.
- Canabarro, L., Toledo, M.T. & Barrella, W., 2008. Peixes do rio Piragibu-Mirim em Sorocaba-SP. Rev. Elet. Biol., 1(3): 31-49.
- Chapra, S.C., 1997. Surface water quality modeling. Illinois – USA: McGraw-Hill, 844 p.
- Dajoz, R., 2005. Princípios de Ecologia. 7 ed., Porto Alegre: Artmed, 519 p.
- Dill, L.M., 1983. Adaptive flexibility in the foraging behavior of fishes. Can. J. Fish. Aquatic Sci., 40: 398-408.
- Finke, D. L. & Snyder, W. E., 2008. Niche partitioning increases resource exploitation by diverse communities. Science, 321: 1488-1490.
- Friberg, N., Dybkjær, J.B., Olafsson, J.S., Gislason, G.M., Larsen, S.E. e Lauridsen, T.L., 2009. Relationships between structure and function in streams contrasting in temperature. Freshwater Biology, 54: 2051–2068
- Gersev, V.I. e Gerseva, V.V., 2004. Classification of mathematical models in ecology. Ecological Modelling, 178: 329 – 334.
- Grenouillet, G., Roset, N., Goffaux, D., Breine, J., Simoens, I., Leeuw, J.J. e Kestemont, P., 2007. Fish assemblages in European Western Highlands and Western Plains: a type-specific approach to assess ecological quality of running waters. Fisheries Management and Ecology, 14: 509-517.

- Griffin, J.N., Jenkins, S.R., Gamfeldt, L., Jones, D., Hawkins, S.J. e Thompson, R.C., 2009. Spatial heterogeneity increases the importance of species richness for an ecosystem process. *Oikos*, 118: 1335-1342.
- Grossman, G.D., Moyle, P.B. & Whitaker Jr., J.O., 1982. Stochasticity in structure and functional characteristics of an Indiana stream fish assemblage: a test of community theory. *American Naturalist*, 120: 423-454.
- Joy, M.K. & Death, R.G., 2002. Predictive modeling of freshwater fish as a biomonitoring tool in New Zealand. *Freshwater Biol.*, 47: 2261-2275.
- Jowet, I.G. & Richardson, J., 1996. Distribution and abundance of freshwater fish in New Zealand rivers. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 30: 239-255.
- Lowe-McConnell, R.H., 1999. Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. São Paulo: EDUSP, 533 p.
- Lussier, S.M., da Silva, S.N., Charpentier, M., Heltshe, J.F., Cormier, S.M., Klemm, D.J., Chintala, M. & Jayaraman, S., 2008. The influence of suburban land use on habitat and biotic integrity of coastal Rhode Island streams. *Environ. Monit. Assess.* 139: 119-136.
- Mathews, W.J., 1986. Fish faunal structure in an Ozark stream: stability, persistence and a catastrophic flood. *Copeia*, 1986(2): 388-397.
- Olden, J.D. & Jackson, D.A., 2002. A comparison of statistical approaches for modeling fish species distributions. *Freshwater Biol.*, 47: 1976-1995.
- Rigby, R.A. e Stasinopoulos, D.M., 2005. Generalized additive models for location, scale and shape. *Appl. Statist.*, 54(3): 507 – 554.
- Rolla, A.P.P.R.; Esteves, K.E. & Ávila-da-Silva, A.O., 2009. Feeding ecology of a stream fish assemblage in an Atlantic Forest remnant (Serra do Japi, SP, Brazil). *Neotrop. ichthyol.*, 7(1): 65-76.

- Sandin, L. e Solimini, A.G., 2009. Freshwater ecosystem structure-function relationships: from theory to application. *Freshwater Biology*, 54: 2017-2024.
- Scott, J. B., C. R. Steward & Q. J. Stober. 1986. Effects of urban development on fish population dynamics in Kelsey Creek, Washington. *Transactions of the American Fisheries Society*, 115: 555-567.
- Tejerina-Garro, F.L., Maldonado, M., Ibañez, C., Pont, D., Roset, N., Oberdorff, T., 2005. Effects of natural and anthropogenic environmental changes on riverine fish assemblages: a framework for ecological assessment of rivers. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48(1): 91-108.
- Townsend, C.R., Begon, M. e Harper, J.L., 2008. *Fundamentos em Ecologia*. 3 ed. São Paulo – SP: Artmed, 576 p.
- Vilarini, G., Smith, J.A., Serinaldi, F., Bales, J., Bates, P.D. & Krajewski, W.F., 2009. Flood frequency analysis for nonstationary annual peak records in an urban drainage basin. *Adv. Water Resources*, 32: 1255-1266.
- Yant, P.R., Karr, J.R. & Angermeier, P.L., 1984. Stochasticity in stream fish communities: an alternative interpretation. *The American Naturalist*, 124(4): 573-582.
- Zar, J.H., 1998. *Biostatistical Analysis*. 4 ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

4

**CONCLUSÕES GERAIS E CONSIDERAÇÕES FINAIS
DA TESE**

CONCLUSÕES GERAIS E CONSIDERAÇÕES FINAIS DA TESE

Riachos costeiros são ecossistemas ainda pouco estudados em relação à definição de variáveis explicativas sobre a dinâmica de comunidade de peixes ali ocorrentes. As investigações atuais ainda são principalmente voltadas para a determinação taxonômica das espécies, avaliações de aspectos comportamentais, tanto alimentares, como reprodutivos, e a comparação da diversidade entre riachos.

A partir da década de 80, com o aumento da preocupação com a conservação ambiental surgiram tentativas de preservação dos ecossistemas aquáticos. Desta maneira, iniciou-se o desenvolvimento de uma série de índices para verificação da integridade ambiental, bem como de modelos ecológicos para melhor compreensão das dinâmicas das comunidades em seus ecossistemas.

Os modelos ecológicos atuais utilizam amplo suporte das ferramentas estatísticas, para assim definir modelagens mais parcimoniosas e que possam melhor prever eventos em uma comunidade a partir da definição de variáveis explicativas. Desta maneira, possibilita a aproximação das teorias até então desenvolvidas aos eventos práticos que efetivamente ocorrem na natureza.

O rio do Pinto, riacho analisado no presente estudo, atravessa aproximadamente 14 km de uma área de floresta Atlântica na Serra do Mar paranaense, sendo em parte protegido quando percorre a região do Parque Estadual do Pau-Oco. Contudo, a maior parte deste riacho percorre áreas com comunidades ribeirinhas, as quais usufruem amplamente de seus recursos, utilizando a água para consumo e para o lazer, mas também para a descarga de dejetos. Desta maneira, observa-se a necessidade de manter a atual condição física, química e biológica, uma vez que esta ainda pode ser considerada como estável e em boas condições naturais segundo os valores preconizados pelo CONAMA, resolução nº 357/2002. Por hora, esta resolução parece ter sua aplicabilidade, contudo talvez se deva levantar a possibilidade de rever tal resolução fazendo a reflexão sobre as variações naturais dos parâmetros analisados em função do ecossistema em que cada rio, ou riacho, se encontre. Desta forma, os métodos de avaliação e preservação ambiental se tornariam mais eficazes, garantido a manutenção destes ecossistemas para as próprias comunidades ribeirinhas possam continuar utilizando estes recursos de forma sustentável.

Sendo assim, a partir do presente estudo, que inicialmente avaliou as variáveis físicas, químicas, biológicas e fisiográficas isoladamente, e posteriormente, realizou a inter-relação de

diversas variáveis, pôde-se sintetizar que a variação da diversidade de peixes pode ser um reflexo do tipo de hábitat e da região ocupada pelas espécies, o que leva a adequações de estratégias ecológicas como respostas às variações temporais e espaciais de cada local.

No rio do Pinto, a distribuição das espécies mostrou grande influência das variações fisiográficas nos trechos estudados, observando os Siluriformes principalmente em localidades com matações e blocos, e a alteração gradativa das freqüências das ordens Characiformes, Cyprinodontyformes, Perciformes e Gymnodontiformes de acordo com a distribuição de hábitat específicos. Além da fisiografia, variáveis físicas e químicas também podem ser consideradas como explicativas da ocorrência das espécies mais abundantes e freqüentes, sendo representadas principalmente por temperatura da água, precipitação pluviométrica e nitrito.

A temperatura e a precipitação pluviométrica definem duas estações ao longo do ano, o que levou a maior ocorrência de espécies com hábitos alimentares generalistas no período de maior precipitação pluviométrica e elevadas temperaturas da água e espécies menos generalistas no período com características opostas.

A maior concentração de nitrito nos períodos de maior temperatura da água, possivelmente tenha sido em decorrência do maior aporte de vegetação morta e de excretas de animais, os quais promovem uma maior concentração inicial de nitrogênio para o processo de amonificação, seguida da nitrificação. Este cenário aumenta a probabilidade de um período com elevação da produtividade primária e conseqüentemente, uma maior biomassa de outros recursos alimentares, possibilitando assim a maior freqüência de espécies generalistas. Vale ressaltar que riachos de Floresta Atlântica apresentam baixa produtividade primária, sendo, portanto, evidente a dependência que algumas espécies da ictiofauna apresentam em relação à origem alóctone de seus alimentos, sendo que seus hábitos alimentares variam entre insetívoros e herbívoros. Contudo, grande parte da ictiofauna é composta por peixes que se alimentam de itens autóctones, sendo representada por espécies algívoras, detritívoras, invertívoras e piscívoras.

Estas conclusões puderam ser definidas e reforçadas por meio da modelagem ecológica, aplicando-se o modelo do tipo GAMLSS, sendo que o mesmo foi capaz de evidenciar como modificações sutis das variáveis explicativas interferem na comunidade da ictiofauna. Com tal modelo foi possível demonstrar a relativa estabilidade do riacho estudado e sua aparente capacidade de recuperação frente a perturbações eventuais.

Sendo assim, a construção de modelos temporais demonstrativos da evolução da dinâmica de uma comunidade é metodologia viável, e que apresenta elevado poder explicativo. Portanto, sugere-se a realização de novos estudos com este escopo, bem como a validação destes modelos em ambientes similares. Desta maneira, torna-se possível a verificação da predição destes modelos *a posteriori*.

Por fim, estudos como este podem auxiliar nos programas de conservação e preservação dos ecossistemas e assim, manter tais ambientes para futuras populações que façam uso de seus recursos de maneira sustentável e com desenvolvimento das comunidades locais.
