

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**  
**CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E**  
**ENGENHARIA DE PESCA**

**VITOR ANDRÉ FRANA**

**Gradientes Espaciais no Reservatório de Foz do Areia – Rio Iguaçu**

**Toledo**  
**2011**

**VITOR ANDRÉ FRANA**

**Gradientes Espaciais no Reservatório de Foz do Areia – Rio Iguaçu**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Gilmar Baumgartner  
Co-orientador: Prof. Dr. Pitágoras Augusto Piana

**Toledo  
2011**

Catálogo na Publicação elaborada pela Biblioteca Universitária  
UNIOESTE/Campus de Toledo.

Bibliotecária: Marilene de Fátima Donadel - CRB – 9/924

F814g Frana, Vitor André  
Gradientes espaciais no Reservatório de Foz do Areia – Rio  
Iguaçu / Vitor André Frana. -- Toledo, PR : [s. n.], 2011.  
27 f.  
Orientador: Dr. Gilmar Baumgartner  
Co-orientador: Dr. Pitágoras Augusto Piana  
Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e  
Engenharia de Pesca) - Universidade Estadual do Oeste do  
Paraná. Campus de Toledo. Centro de Engenharias e Ciências  
Exatas.

1. Ictiofauna – Iguaçu, Rio, bacia – Paraná (Estado) 2.  
Peixes, Assembléia de – Gradientes espaciais – Reservatórios -  
Iguaçu, Rio, bacia – Paraná (Estado) 3. Peixes, Assembléia de  
– Endemismo – Variabilidade populacional – Reservatórios –  
Iguaçu, Rio, bacia – Paraná (Estado) 4. Peixes de água doce –  
Reservatórios I. Baumgartner, Gilmar, Or. II. Piana, Pitágoras  
Augusto, Or. III. T

CDD 20. ed. 639.31098162  
597.09298162

FOLHA DE APROVAÇÃO

VITOR ANDRÉ FRANA

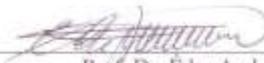
Gradientes espaciais no reservatório de Foz do Areia – rio Iguaçu

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, pela Comissão Examinadora composta pelos membros:

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Pitágoras Augusto Piana  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Presidente)



Prof. Dr. Éder André Gubiani  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná



Prof. Dr. Luiz Carlos Gomes  
Universidade Estadual de Maringá

Aprovado em: 12 de agosto de 2011.

Local de defesa: auditório do GERPEL - Unioeste/Campus Toledo

## DEDICATÓRIA

**Dedico este trabalho aos meus pais, Zandir e Martina (*in memorian*), responsáveis pelos maiores ensinamentos.**

**A minha esposa Aline pelo amor, dedicação e compreensão e a nossa filha Raphaella a qual sentimos amor eterno.**

**Aos meus irmãos Sergio, Cristiano, Denise, Mirele e Cheila aos quais tenho muita admiração e carinho.**

**A Doralice por fazer parte de minha família, pela dedicação e carinho em todos os momentos.**

**Aos meus avos Ângelo, Inês, Antônio e Genoepha (todos *in memorian*), pela grande dedicação, carinho e amor.**

## AGRADECIMENTO(S)

Inicialmente, a Deus pelo dom da vida, pela memória de minha mãe Matina, pela família a qual tenho muito amor e por proporcionar grandes amizades.

As duas pessoas mais importantes de minha vida, minha esposa Aline e minha filha Raphaella Martina, as quais participam ativamente da minha vida.

Ao Dr. Gilmar Baumgartner, pela orientação, pelos ensinamentos enquanto professor e chefe e pelos conselhos enquanto amigo.

Ao Dr. Pitágoras Augusto Piana, pela co-orientação, pelos ensinamentos estatísticos, pela disponibilidade de seu tempo e pela amizade que temos.

Por compartilharem ensinamentos e muito mais do que isso, por serem grandes amigos, agradeço ao Dr. Dirceu Baumgartner e Dr. Éder André Gubiani.

Agradecimento especial aos grandes amigos Anderson, Carlos Henrique, Pedro, Ricardo Soni, Tiago Debona e Vinicius Valiente e as grandes amigas Adriana, Tatiane e Vanessa, pelos quais tenho muito carinho e que foram fundamentais na execução desse trabalho.

Ao Dr. Nyamien Yahalt Sebastien e Dr. Paulo Vanderlei Sanches pela troca de conhecimentos e pela nossa amizade.

A Tatiane Rodrigues, pela amizade e por vários momentos ter me acolhido em sua casa em Maringá.

A Dr. Geusa que nos últimos anos tornou-se uma grande amiga.

A todos os estagiários do GERPEL, que ajudaram nos trabalhos de laboratório e digitação dos dados.

Aos colegas Cleodimar, Cleomar, Edimar, Cristina e Mara, pelo apoio em vários momentos.

Ao Dr. Luiz Carlos Gomes por disponibilizar seu tempo na avaliação de nosso trabalho.

À Dr<sup>a</sup> Carla Simone Pavanelli, ao Dr. Weferson Júnio da Graça e ao Ms<sup>c</sup>. Alessandro Gasparetto Bifi, pela amizade, pelo apoio na identificação dos peixes e pelo aperfeiçoamento dos meus conhecimentos.

Ao Grupo de Pesquisa em Recursos Pesqueiros e Limnologia (GERPEL) e a Fundação Universitária de Toledo (FUNIVERSITÁRIA), pelo apoio logístico e financeiro em todas as oportunidades.

A Companhia Paranaense de Energia (COPEL), pelo apoio financeiro e dados fornecidos para elaboração dessa dissertação.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela disponibilidade de bolsa de estudos.

Aos professores do programa de pós-graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca que se empenharam em dividir seus conhecimentos no decorrer das disciplinas.

Aos colegas da turma de mestrado pelas horas de convivência e pela construção de novas amizades.

Ao Edson pela ajuda na elaboração do mapa e pelas experiências compartilhadas.

# **Gradientes Espaciais no Reservatório de Foz do Areia – Rio Iguaçu**

## **Resumo**

Gradientes espaciais em ambientes aquáticos refletem mudanças gradativas nas características físicas, químicas e biológicas ao longo de eixos longitudinais, transversais e verticais, sendo estas de relevância para o entendimento dos mecanismos que operam nos reservatórios. Assim, o objetivo desse trabalho foi verificar se a abundância da assembleia de peixes do reservatório de Foz do Areia apresenta distintos gradientes longitudinais, formando zonas fluvial, transição e lacustre, bem como se a mesma é diferenciada em relação aos estratos de fundo, superfície e margem. Verificou-se também a formação de gradientes longitudinais em variáveis físicas e químicas da superfície e se essas variáveis apresentaram concordância com a abundância da assembleia. Para tanto, coletas de peixes foram realizadas trimestralmente, entre janeiro de 2004 e outubro de 2007, nos estratos de fundo, superfície e margem, das zonas Lacustre (LAC), Transição (TRA) e Fluvial (FLU). As abundâncias foram expressas em captura por unidade de esforço (CPUE), sumarizadas pela análise de correspondência com remoção do efeito de arco (DCA) e comparadas espacialmente com o procedimento permutacional de multi-resposta (MRPP). Adicionalmente, a análise de espécie indicadora (INVAL) foi realizada com o intuito de elucidar os estratos e as zonas preferenciais de cada espécie. O grau de congruência entre as matrizes das variáveis físicas e químicas da água e da assembleia de peixes do estrato superficial foi avaliado com o Protest, após sumarizá-las com a técnica de escalonamento multidimensional não-paramétrico (NMS). Com isto, foi verificado que a estrutura da assembleia distinguiu-se em relação as zonas LAC, TRA e FLU, e de forma mais acentuada, entre os estratos de fundo, margem e superfície. Adicionalmente, foi identificado que o gradiente longitudinal apresentado pela abundância da assembleia foi diferenciado nos estratos de fundo, superfície e margem. Além disto, as variáveis físicas e químicas também formaram gradientes longitudinais e foram concordantes com a estrutura da assembleia de peixes na superfície. Desta forma, o reservatório de Foz de Areia apresentou gradientes espaciais tanto na assembleia de peixes, quanto das variáveis físicas e químicas, sendo estas concordantes. Além disso, dependências entre os eixos longitudinais, verticais e transversais ficaram evidentes na assembleia.

**Palavras-chave:** Gradientes longitudinais, gradientes verticais, ictiofauna, variáveis abióticas.

## **Spatial gradients in Foz do Areia reservoir - Iguazu River**

### **Abstract**

Spatial gradients in aquatic environments reflect gradual changes in physical, chemical and biological features along of the longitudinal, transverse and vertical axis, which are of relevance for understanding the mechanisms that operate in reservoirs. This work aims to verify if assemblage abundance of fish of Foz do Areia reservoir presents distinct longitudinal gradients, forming fluvial, transitional and lacustrine zones, and if this assemblage is differentiated in bottom, surface and margin regions. It was also valuated the longitudinal gradients formation in physical and chemical variables in surface and if these variables present concordance with assemblage abundance. For this, fish samples were collected quarterly between January 2004 and October 2007, in bottom, surface and margin regions, in three zones, near the dam (LAC), transition (TRA) and up-stream (FLU). The abundances were expressed as catch per unit effort (CPUE), summarized by Detrended Correspondence Analysis (DCA) and spatially compared with the Multi-Response Permutation Procedure (MRPP). Additionally, the indicator species analysis (indval) was performed aims to elucidate preferential zone and regions of each species. The degree of congruence between the physical and chemical water variables and assemblage fish matrices in surface was evaluated with Protest after summarized them with Nonmetric Multidimensional Scaling (NMS). Therefore, it was verified that assemblage structure distinguished for the zone (LAC, TRA and FLU), and more sharply between in bottom, surface and margin regions. Additionally, it was identified that there was longitudinal gradient of fishes assemblage abundance, and it gradient was different in bottom, surface and margin. Furthermore, the longitudinal gradients of physical and chemical variables were observed and they were consistent with the fish assemblage structure in surface. Thus, the Foz de Areia reservoir had spatial gradients, both, in the fish's assemblage and in the physical and chemical variables, which are concordant. Moreover, dependencies between the longitudinal axis, vertical and horizontal were evident in assemblage.

**Keywords:** Longitudinal gradients, vertical gradients, fish fauna, abiotic variables.

## SUMÁRIO

<b>Introdução</b> .....	10
<b>Materiais e Métodos</b> .....	11
Área de Estudo e Amostragem .....	11
Análise dos Dados.....	13
<b>Resultados</b> .....	15
<b>Discussão</b> .....	21
<b>Referências</b> .....	25

## Introdução

Os reservatórios são sistemas artificiais relativamente recentes, permanentemente manipulados pelo homem e como parte integrante de uma bacia hidrográfica, são detectores dos efeitos das atividades antropogênicas realizadas na bacia de inserção (Tundisi, 1999). Esses sistemas, por combinarem inúmeros recursos entre ambientes fluviais (rios) e lagos naturais, são frequentemente descritos como “híbridos” entre rios e lagos (Thornton *et al.*, 1990), no que diz respeito as características morfológicas e hidrológicas, a entrada externa e ciclagem interna de nutrientes e a importância de fontes alóctones e autóctones de matéria orgânica na teia alimentar (Kimmel *et al.*, 1990).

A formação de reservatórios traz uma série de alterações aos recursos hídricos, podendo ser destacadas, a transformação na dinâmica da água e a alteração na profundidade, as quais são responsáveis por mudanças das características físicas (incidência de luz e temperatura da água), químicas (concentrações de oxigênio dissolvido e nutrientes) e biológicas (distribuição das comunidades aquáticas) da água (Julio-Júnior *et al.*, 1997).

Para reservatórios que apresentam conexão direta com o rio principal a montante, ou seja, sem influência do sistema de cascata, é esperada a formação de gradientes longitudinais (Thornton *et al.*, 1990; Miranda & Raborn, 2000). Esses autores, estudando processos de sedimentação, produção primária e dinâmica do oxigênio dissolvido, propuseram a zonação desses fatores em reservatórios ao longo do eixo longitudinal, no qual poderiam ser identificadas três zonas distintas (fluvial, transição e lacustre), formando gradiente no sentido rio-barragem. Para assembleias de peixes, trabalhos realizados por Agostinho *et al.* (1999), Oliveira *et al.* (2004) e Okada *et al.* (2005), também mostraram a existência de gradientes longitudinais no reservatório de Itaipu.

A zona fluvial é um ambiente lótico, caracterizado pelo baixo tempo de residência da água, elevados níveis de nutrientes e sólidos em suspensão, baixa penetração da luz em relação às áreas mais internas do reservatório. A zona de transição é caracterizada por diminuição da velocidade de fluxo, aumento da penetração da luz e maior produtividade primária. A zona lacustre é a mais próxima da barragem, e usualmente possui o maior tempo de residência da água, menor concentração de nutrientes dissolvidos e maior transparência da água (Kimmel *et al.*, 1990).

Em reservatórios, além dos gradientes longitudinais, existe a formação de compartimentos verticais (região pelágica e batipelágica) e região litorânea. A ocupação dos estratos verticais, normalmente é definida pelos padrões evolutivos das espécies, com algumas dotadas de adaptações que propiciam habitar a região de fundo e outras de superfície (Vasek *et al.*, 2009). Na região litorânea, frequentemente se observa maior riqueza de peixes e produtividade em relação às outras regiões, fato este, associado à maior entrada de nutrientes e materiais alóctones, além da elevada heterogeneidade espacial (Agostinho *et al.*, 1999). Segundo esses autores, as espécies que ocupam a região pelágica (superficial), requerem pré-adaptações morfológicas e comportamentais específicas para alimentação, reprodução e fuga de predadores. O estrato de fundo é o ambiente menos produtivo dentro de reservatórios, podendo estar relacionado a fatores físicos e químicos, como disponibilidade de alimento, penetração de luz, estratificação térmica e depleção de oxigênio (Mathews *et al.*, 1985).

Considerando isso, a hipótese a ser testada foi de que o reservatório de Foz do Areia apresenta distintos gradientes longitudinais (lacustre, transição e fluvial), estratos (fundo, superfície e margem) e gradientes entre os estratos, em relação à abundância da ictiofauna. Objetivou-se também testar se algumas variáveis físicas (transparência, temperatura da água e turbidez) e químicas (oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, fósforo total, nitrogênio total e pH) apresentavam gradientes longitudinais distintos em relação ao estrato de superfície e se essas variáveis estavam relacionadas com a abundância da assembleia de peixes.

## **Materiais e Métodos**

### *Área de Estudo e Amostragem*

O reservatório de Foz do Areia (Fig. 1) foi construído a partir do barramento do rio Iguaçu, entre os municípios de Pinhão e Bituruna, formando nesse local a Usina Hidrelétrica Governador Bento Munhoz da Rocha Neto, que tem a jusante a Usina Hidrelétrica de Segredo. A usina teve suas obras iniciadas em 1975 e começou sua operação em dezembro de 1980. A barragem dessa usina, com 160 m de altura máxima e 828 m de crista, forma um reservatório de acumulação (deplecionamento máximo 47 m) com extensão de aproximadamente 100 km, que inunda uma área de 138,6 km<sup>2</sup>, com capacidade de armazenamento de  $6,0 \times 10^9$  m<sup>3</sup> de água em sua capacidade máxima, e está a



Para cada exemplar capturado foram registrados: gênero e espécie, número do exemplar, local de amostragem, turno de captura, data, comprimento total, comprimento padrão e peso total.

Nesse reservatório, além das informações sobre a ictiofauna, foram mensurados os valores de algumas variáveis físicas e químicas na região superficial do reservatório, sendo: profundidade de secchi (m), temperatura da água (°C), oxigênio dissolvido (mg/l), condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e pH, fornecidas pela Companhia Paranaense de Energia (COPEL). Os valores de turbidez (NTU), fósforo total ( $\mu\text{g}/\text{l}$ ) e nitrogênio total (mg/l) foram obtidos do Plano ambiental de uso e conservação do entorno do reservatório artificial UHE Governador Bento Munhoz da Rocha Neto (Foz do Areia), estes mensurados pelo Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC).

### *Análise dos Dados*

A abundância foi indexada pela captura por unidade de esforço (CPUE), calculada para cada amostra obtida (King, 1995). Como captura foi considerado o número total de indivíduos, sendo o esforço ajustado para 1.000 metros quadrados de rede expostos por 24 horas. Assim, tem-se:

$$\text{CPUE} = \frac{C}{E} * 1000$$

onde:

**CPUE** = número de indivíduos capturados por 1.000 m<sup>2</sup> de rede\*dia<sup>-1</sup>;

**C** = número de indivíduos capturados;

**E** = esforço utilizado (em m<sup>2</sup> de rede\*dia<sup>-1</sup>).

A dominância de espécies no reservatório de Foz do Areia foi avaliada através da curva de relação espécie-abundância (*Whittaker Plots*) (Magurran, 1988), utilizando-se a abundância ( $\log_{10}$  da CPUE+1) em número de indivíduos. Espécies que apresentaram  $\log_{10}(\text{CPUE}+1) < 0,1$  foram consideradas raras e removidas das análises subsequentes por interferir grandemente nos resultados de ordenação, obscurecendo os possíveis padrões da assembleia (McCune & Grace, 2002). Tais padrões foram ordenados através da análise de

correspondência com remoção do efeito do arco (DCA; Gauch-Júnior, 1986) aplicada aos valores trimestrais da raiz quadrada da CPUE dos nove compartimentos (estratos\*zonas).

Sobre os eixos resultantes da DCA foi investigado se a estrutura da assembleia de peixes era similar em relação aos estratos, as zonas e os estratos por zonas amostrados, utilizando o procedimento permutacional de multi-resposta (MRPP). Adicionalmente, a análise de espécie indicadora (INVAL), que combina a abundância relativa das espécies com a frequência relativa de ocorrência das mesmas (Dufrêne & Legendre, 1997), foi realizada com o intuito de elucidar os estratos (fundo, margem e superfície) e as zonas (lacustre, transição e fluvial) preferencial de cada espécie capturada, sendo retiradas as espécies raras. A significância do INVAL foi inferida através do teste de Monte Carlo com 10.000 permutações.

Para analisar as inter-relações entre as variáveis físicas e químicas e a estruturação da assembleia de peixes do estrato superficial pelas zonas, os valores de tais variáveis foram inicialmente sumarizadas através da análise de componentes principais. Porém, o resultado dessa ordenação não foi satisfatório devido ao efeito ferradura (ver McCune & Grace, 2002). Assim, estas variáveis foram novamente sumarizadas pela técnica de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMS) (Kruskal, 1964; Mather, 1976), seguindo o procedimento descrito em McCune & Grace (2002). Após a transformação dos dados em raiz quadrada e obtenção da matriz de dissimilaridade de Sorensen, foi utilizado o procedimento “*autopilot: mode medium*”. Tal resultado foi considerado satisfatório, pois concentrou as zonas na diagonal principal da ordenação das distâncias originais *versus* as distâncias obtidas na ordenação (conforme recomendado em McCune & Grace, 2002). Na sequência, o mesmo procedimento foi empregado para as abundâncias obtidas no estrato de superfície, a fim de cruzar os resultados das ordenações.

O grau de congruência entre as matrizes das variáveis físicas e químicas da água e da assembleia de peixes do estrato superficial, ambas sumarizadas na NMS, foi avaliado empregando-se o Procrustes (Protest) (Jackson, 1995; Peres-Neto & Jackson, 2001). Esse é um teste unilateral, obtido após um procedimento rotacional, translacional, de dilatação e compressão em uma das matrizes para obter o melhor ajuste à outra matriz (Jackson, 1995).

Ainda, sobre as variáveis físicas e químicas no estrato de superfície, foram aplicadas análises de variâncias (ANOVA) unifatorial em relação aos locais do reservatório para cada uma das variáveis: temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH,

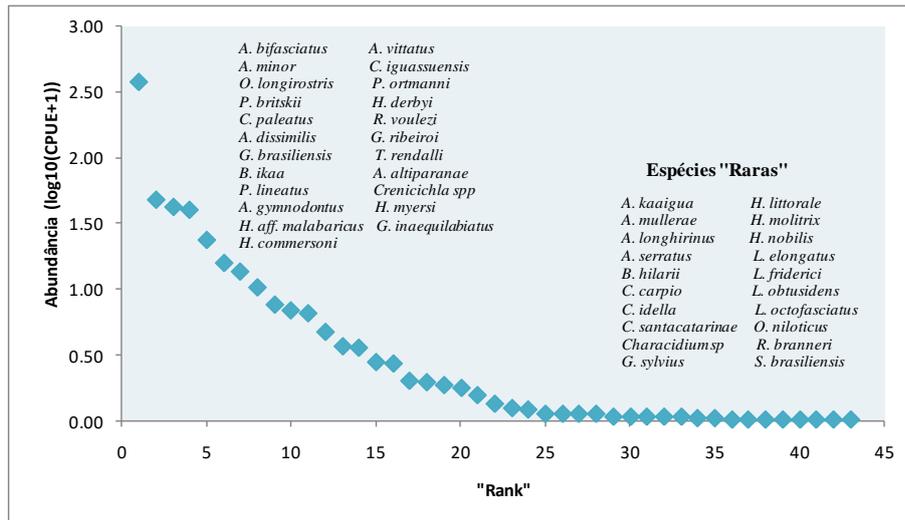
transparência da água, condutividade elétrica, fósforo total, nitrogênio total, turbidez e sólidos totais. No caso de diferenças significativas, foi aplicado o teste de Tukey para identificar os locais que apresentaram diferenças entre si. Quando os pressupostos de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (teste de Levene) não foram alcançados, foi aplicado o teste não-paramétrico correspondente (Kruskal-Wallis) (Fry, 1993).

A DCA, a MRPP, o INVAL e a NMS foram realizadas com o auxílio do software Pc-Ord® 4.0 (MacCune & Mefford, 1999). O Procrustes foi realizado com o auxílio do software PROTEST® (Jackson, 1993; Peres-Neto & Jackson, 2001). As análises de variância e os correspondentes testes de médias foram desenvolvidas no *software* Statistica™7.0. O nível de significância adotada para todas as análises foi de  $p < 0,05$ .

## **Resultados**

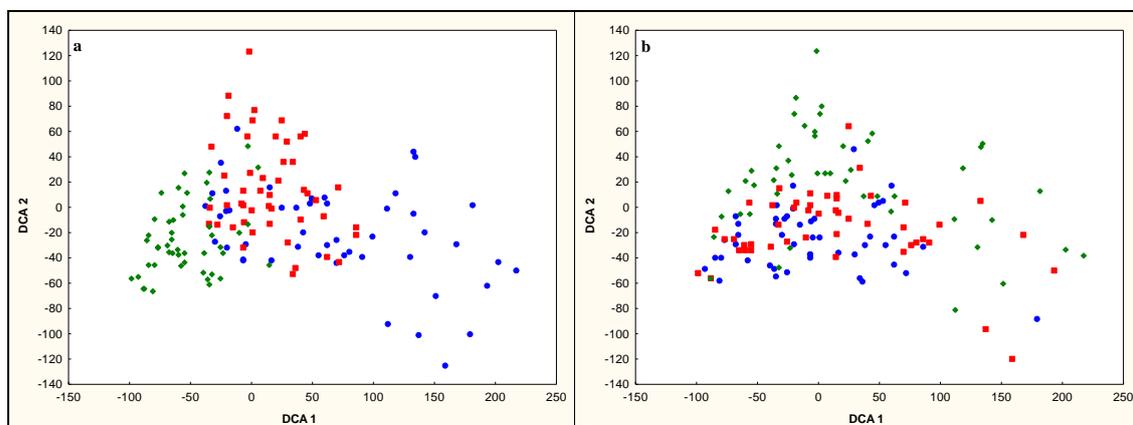
Foram capturados 34.376 exemplares, pertencentes a 43 espécies, 27 gêneros, 14 famílias e cinco ordens. As ordens com maior número de espécies foram Characiformes (20 espécies), Siluriformes (11 espécies) e Perciformes (6 espécies). Das espécies capturadas, 22 são endêmicas do rio Iguaçu, 16 não-nativas e 5 nativas não endêmicas.

Os padrões de dominância das espécies mostraram superioridade de captura para espécies de pequeno (*A. bifasciatus* e *A. minor*) e médio porte (*O. longirostris* e *P. britskii*), além de várias espécies raras (20 espécies) (Fig. 2). Das 43 espécies capturadas no reservatório de Foz do Areia, apenas 23 espécies foram selecionadas para as análises ( $\log_{10}(\text{CPUE}+1) > 0,1$ ), as quais juntas representaram 99,76% da captura total em número de indivíduos.



**Fig. 2** - Curva de espécie-abundância (numérica) para as 43 espécies capturadas no reservatório de Foz do Areia, no período de janeiro de 2004 a outubro de 2007.

A análise de correspondência com remoção do efeito de arco (DCA) ordenou os estratos de fundo, superfície e margem (Fig. 3a), e os valores de explicação dos eixos 1 e 2 da DCA foram 18,5% e 11,6%, respectivamente. O procedimento permutacional de multi-resposta (MRPP) mostrou que os estratos são distintos em relação a abundância relativa da assembleia (FvsM  $A=0,093$ ,  $p<0,001$ ; FvsS  $A=0,285$ ,  $p<0,001$ ; SvsM  $A=0,255$ ,  $p<0,001$ ) indicando a formação de três estratos. Distinção também foi observada entre as zonas (Fig. 3b), sendo que a zona fluvial apresentou abundância da assembleia diferente das zonas de transição e lacustre (LACvsTRA  $A=0,009$ ,  $p=0,10$ ; LACvsFLU  $A=0,078$ ,  $p<0,001$ ; TRAvsFLU  $A=0,033$ ,  $p=0,003$ ), indicando a formação dos gradientes fluvial e lacustre-transição.



**Fig. 3** – Dispersão dos escores do 1º e 2º eixos da DCA relativos: A) aos estratos: superfície (verde), fundo (azul) e margem (vermelho); B) as zonas: fluvial (verde), transição (vermelho) e lacustre (azul), no reservatório de Foz do Areia, no período de janeiro de 2004 a outubro de 2007.

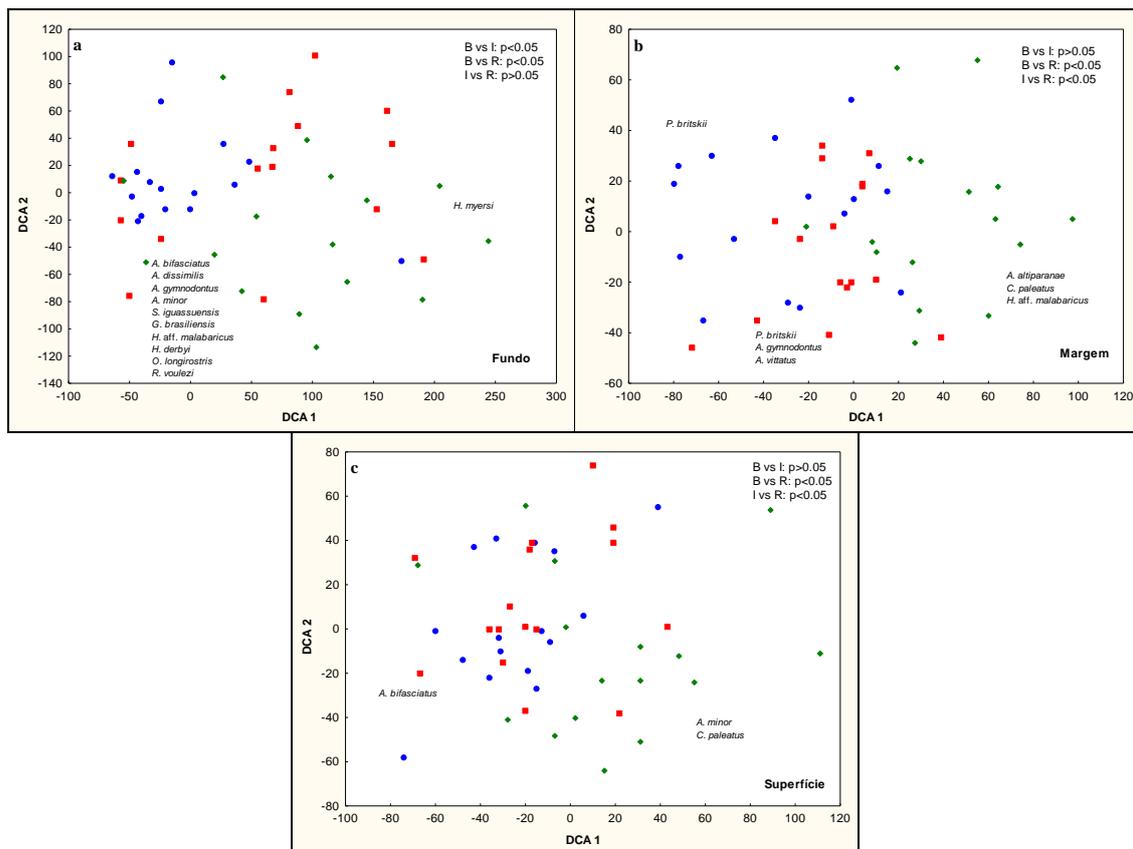
Segundo a análise de espécies indicadoras, a maioria das espécies capturadas no reservatório de Foz do Areia, tiveram preferência pelo estrato de margem (18 espécies), apenas 2 pelos estratos de margem e superfície, uma pelos estratos de fundo e margem e três espécies não tiveram preferência significativa por estrato (Tabela 1).

**Tabela 1** - Abundância relativa (%), frequência relativa (%) e índice de espécies indicadoras (INVAL) com significância do teste de Monte Carlo de cada espécie capturada nos estratos de amostragem (Fundo, Margem e Superfície) do reservatório de Foz do Areia, durante o período de janeiro de 2004 a outubro de 2007. Valores em negrito indicam INVAL estatisticamente significativo ( $P < 0,05$ ).

Espécies	Indivíduos	Abundância Relativa			Frequência Relativa			INVAL			P
		Fundo	Margem	Superfície	Fundo	Margem	Superfície	Fundo	Margem	Superfície	
<i>A. altiparanae</i>	10	90	0	6	29	0	1	<b>26</b>	0	<b>0.0001</b>	
<i>A. bifasciatus</i>	17	43	40	65	100	100	11	<b>43</b>	<b>40</b>	<b>0.0007</b>	
<i>A. dissimilis</i>	14	63	23	35	81	50	5	<b>51</b>	12	<b>0.0001</b>	
<i>A. gymnodontus</i>	15	49	36	23	58	54	3	<b>29</b>	19	<b>0.0118</b>	
<i>A. minor</i>	13	61	27	48	92	81	6	<b>56</b>	22	<b>0.0001</b>	
<i>A. vittatus</i>	10	82	8	8	56	10	1	<b>46</b>	1	<b>0.0001</b>	
<i>B. ikaa</i>	8	86	6	13	60	10	1	<b>52</b>	1	<b>0.0001</b>	
<i>C. iguassuensis</i>	14	80	7	21	67	10	3	<b>53</b>	1	<b>0.0001</b>	
<i>C. paleatus</i>	16	71	12	44	79	31	7	<b>56</b>	4	<b>0.0001</b>	
<i>Crenicichla spp</i>	8	92	0	4	27	0	0	<b>25</b>	0	<b>0.0001</b>	
<i>G. brasiliensis</i>	17	80	2	33	90	8	6	<b>72</b>	0	<b>0.0001</b>	
<i>G. inaequilabiatus</i>	26	67	7	8	15	2	2	<b>10</b>	0	<b>0.0458</b>	
<i>H. aff. malabaricus</i>	23	61	15	56	94	38	13	<b>58</b>	6	<b>0.0001</b>	
<i>H. commersoni</i>	22	74	4	46	83	13	10	<b>62</b>	1	<b>0.0001</b>	
<i>H. derbyi</i>	28	65	7	38	58	10	11	<b>38</b>	1	<b>0.0001</b>	
<i>P. lineatus</i>	19	47	35	38	67	60	7	<b>31</b>	21	<b>0.0118</b>	
<i>P. ortmanni</i>	13	77	10	15	48	10	2	<b>37</b>	1	<b>0.0001</b>	
<i>T. rendalli</i>	12	72	16	10	33	13	1	<b>24</b>	2	<b>0.0002</b>	
<i>O. longirostris</i>	17	43	40	56	100	100	10	<b>43</b>	<b>40</b>	<b>0.0001</b>	
<i>P. britskii</i>	42	41	17	98	94	63	<b>41</b>	<b>38</b>	11	<b>0.0020</b>	
<i>H. myersi</i>	33	59	8	13	15	4	4	9	0	0.1786	
<i>R. voulezi</i>	45	46	9	33	31	8	15	14	1	0.1409	
<i>G. ribeiroi</i>	12	51	37	6	19	21	1	10	8	0.2959	

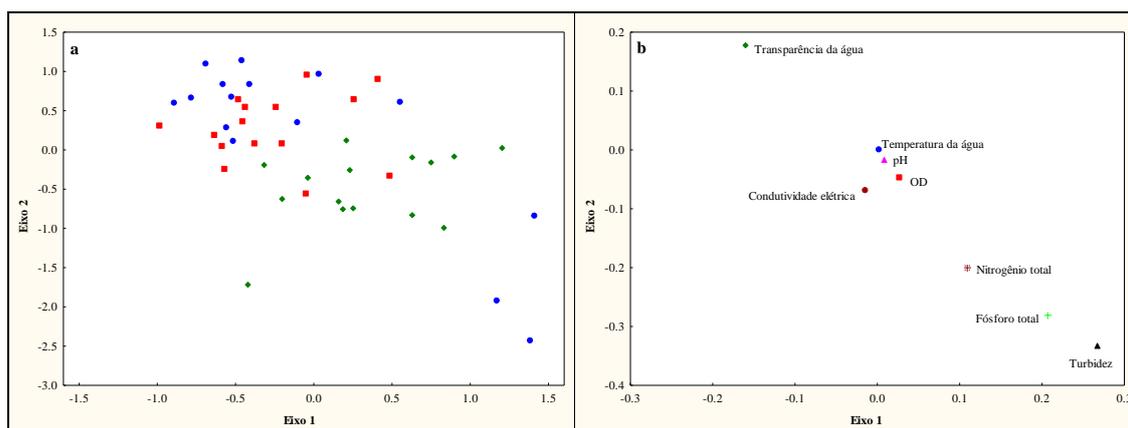
Quando analisamos as distintas zonas entre os estratos de fundo, margem e superfície, o autovalor (DCA) do eixo 1, no fundo, explicou 24,33% e a MRPP (LACvsTRA  $A=0,009$ ,  $p=0,08$ ; LACvsFLU  $A=0,168$ ,  $p=0,000$ ; TRAvsFLU  $A=0,018$ ,  $p=0,146$ ), mostrou que as abundâncias relativas das espécies na zona lacustre foram diferentes das zonas de transição e fluvial, mostrando que esse estrato esta compartimentalizado em dois gradientes longitudinais (lacustre e transição-fluvial) (Fig. 4a). Para os estratos de margem e superfície, o autovalor (DCA) do eixo 1 explicou 23,11% e 17,17%, respectivamente, e a MRPP (Margem: LACvsTRA  $A=0,027$ ,  $p=0,086$ ; TRAvsFLU  $A=0,194$ ,  $p=0,000$ ; TRAvsFLU  $A=0,142$ ,  $p=0,000$  e Superfície: LACvsTRA  $A=-0,013$ ,  $p=0,755$ ; LACvsFLU  $A=0,096$ ,  $p=0,001$ ; TRAvsFLU  $A=0,066$ ,  $p=0,007$ ), mostrou que a zona fluvial apresentou abundância da assembleia diferente das zonas de transição e lacustre, caracterizando a formação de dois gradientes distintos (fluvial e transição-lacustre) (Fig. 4b-c).

Com relação a distribuição da assembleia no fundo, as espécies *A. bifasciatus*, *A. dissimilis*, *A. gymnodontus*, *A. minor*, *C. iguassuensis*, *G. brasiliensis*, *H. aff. malabaricus*, *H. derbyi*, *O. longirostris* e *R. voulezi* foram indicadoras da zona lacustre e *H. myersi* foi indicadora da fluvial. Para o estrato de margem, *P. britskii* foi indicadora da zona lacustre e transição, as espécies *A. gymnodontus* e *A. vittatus* da zona de transição e *A. altiparanae*, *C. paleatus* e *H. aff. malabaricus* para a fluvial. Já para o estrato de superfície a espécie *A. bifasciatus* foi indicadora da zona lacustre e as espécies *A. minor* e *C. paleatus* da fluvial.



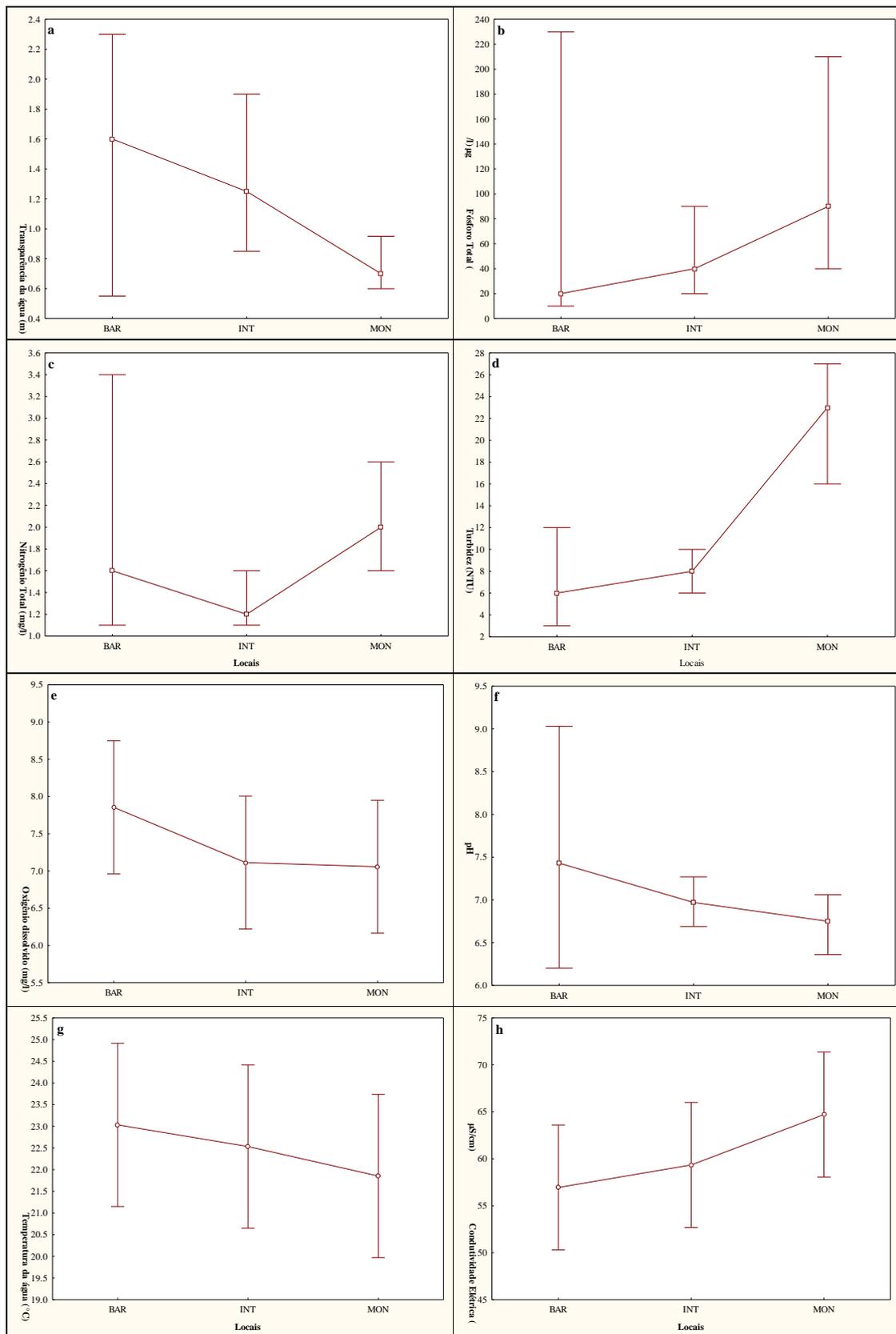
**Fig. 4** – Dispersão dos escores do 1º e 2º eixos da DCA relativos às zonas fluvial (verde), transição (vermelho) e lacustre (azul), do reservatório de Foz do Areia, em relação aos estratos de fundo (A), margem (B) e superfície (C).

Além da relação apresentada com os componentes espaciais, a ordenação das zonas em função da assembleia de peixes do estrato de superfície resultante da NMS foi concordante com a ordenação resultante dos componentes abióticos, também sumarizados na NMS (Procrustes:  $m_{12}=0,79$ ,  $p=0,0001$ ). Nessa última, a zona lacustre foi associada a profundidade do secchi, enquanto a fluvial se associou a maiores concentrações de fósforo, nitrogênio e turbidez (Fig. 5).



**Fig. 5** – Ordenações da NMS (2 dimensões), categorizado segundo as zonas (A): lacustre (azul), transição (vermelho) e fluvial (verde); e as variáveis físicas e químicas (B) do estrato de superfície, no reservatório de Foz do Areia, no período de janeiro de 2004 a outubro de 2007.

Visando elucidar os comportamentos individuais das variáveis abióticas no reservatório de Foz do Areia, foram empregadas análises de variância unifatoriais. A profundidade do secchi apresentou diferença significativa entre os compartimentos ( $p < 0,05$ ), com valores crescentes da zona fluvial para a lacustre (Fig. 6a). A concentração de fósforo total e os valores de turbidez apresentaram diferenças significativas entre os compartimentos do reservatório ( $p < 0,05$ ), com valores decrescendo da zona fluvial para a transição-lacustre (Fig. 6b-c). A concentração de nitrogênio total apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre a zona fluvial e a de transição (Fig. 6d). Com relação à concentração de oxigênio dissolvido, os valores de pH e a temperatura da água não foram observadas diferenças significativas, porém, pode-se observar um pequeno aumento no sentido fluvial-lacustre (Fig. 6e-f-g). Para a condutividade elétrica não foram observadas diferenças significativas, no entanto observa-se um aumento no sentido lacustre-fluvial (Fig. 6h).



**Fig. 6** – Mediana e quartis das variáveis transparência da água (A), fósforo total (B) nitrogênio total (C), turbidez (D) e pH (F); média e erro padrão das variáveis oxigênio dissolvido (E), temperatura da água (G) e condutividade elétrica (H), registradas no estrato de superfície do reservatório de Foz do Arelia, nas zonas lacustre (LAC), transição (TRA) e fluvial (FLU).

## Discussão

A formação de gradientes nos estratos de fundo, margem e superfície em relação a abundância da ictiofauna foi confirmada, demonstrando diferenças nas capturas. A hipótese de formação de gradientes verticais na estrutura da ictiofauna de dois reservatórios da bacia do rio Iguaçu (Salto Santiago e Salto Osório) foi evidenciada por Baumgartner (2010), mostrando diferenças marcantes entre os estratos de fundo e superfície. Em nosso estudo, todas as espécies capturadas no estrato de margem também foram registradas nos estratos de fundo e superfície (exceto *A. altiparane* e *Crenicichla* spp.), embora em menor abundância, fato este, pode estar associado a existência de migração entre os estratos. Segundo Mathews (1998), fenômenos de curta duração, como diminuição da concentração de oxigênio dissolvido, turbidez episódica e escassez de alimento podem ser algumas das causas das migrações entre as regiões. Estudos realizados por Smith *et al.* (2003) mostraram que espécies migram lateralmente, para a região litorânea, em busca de alimento. Para Magnuson *et al.* (1979) *apud* Oliveira & Goulart (2000) os peixes ocupam nichos térmicos em lagos naturais, e isso interfere na seleção de habitats pelas espécies. Outros autores mencionam que o oxigênio pode agir como fator limitante na ocupação vertical e horizontal da coluna d'água (Kramer, 1987) e o pH por ser fundamental na fisiologia dos peixes, afeta a distribuição espacial da ictiofauna nos sistemas lênticos (Jones *et al.*, 1985).

Os maiores valores de CPUE na região litorânea de Foz do Areia, também podem ser explicados pelo aporte de nutrientes e alimentos nas margens, menor profundidade e maior grau de estruturação desse hábitat. Segundo Oliveira & Goulart (2000), a estrutura física da região litorânea de um reservatório pode afetar a distribuição da assembleia de peixes entre a área marginal e a região pelágica. Para Agostinho *et al.* (2007), a maior riqueza de espécies encontrada na região litorânea do reservatório de Itaipu, esta relacionada a diversidade de habitats, com presença de vegetação submersa e bancos de macrófitas aquáticas. Esses autores afirmam que as regiões litorâneas são colonizadas por espécies regionais com estratégias generalistas e que apresentam grande tolerância as variações dos habitats. Para Lowe-McConnell (1999), algumas espécies em ambientes naturais estão distribuídas em função de suas características evolutivas, como estar associadas a determinados habitats e as formas de aquisição de recursos alimentares. No reservatório de Foz do Areia, a distribuição das espécies aparentemente esta relacionada

com as características da região marginal (maior aporte de alimento de origem alóctone, presença de pedras, troncos e formação de vegetação nos períodos de deplecionamento), características essas comuns a região litorânea da bacia do rio Iguaçu.

Esse estudo mostra também que a assembleia de peixes no reservatório de Foz do Areia apresenta-se compartimentalizada em duas zonas distintas ao longo do gradiente longitudinal. Para os estratos de margem e superfície, o reservatório está dividido em duas zonas, sendo a lacustre-transição e a fluvial, que aumenta a abundância da assembleia no sentido rio-barragem. Para o estrato de fundo também foi observada a formação de dois gradientes distintos, a zona lacustre e fluvial-transição, onde os valores de abundância também aumentam em direção à zona lacustre. Estes resultados diferem dos observados por Baumgartner (2010), no reservatório de Salto Santiago (rio Iguaçu), no qual os valores de CPUE em biomassa no estrato de superfície foram maiores na zona fluvial e decrescem em direção a lacustre e os valores de fundo não apresentaram diferença entre os compartimentos. Esse mesmo autor observou que, no reservatório de Salto Osório (rio Iguaçu), embora não tenha diferenças significativas, as capturas em biomassa no estrato de fundo tiveram leve tendência de aumento no sentido rio-barragem, e para o estrato de superfície os maiores valores foram na região de transição e os menores para a fluvial.

Já estudos realizados por Santos *et al.* (2010), no reservatório de Funil (rio Paraíba do Sul), mostraram que no período de cheia, as capturas de indivíduos diminuíram no sentido rio-barragem e no período de seca as capturas aumentaram em direção a barragem. Segundo estes autores, a maior disponibilidade de habitat e maior quantidade de material alóctone, reduzindo a competição por alimento, podem ter influenciado as capturas na estação de cheia. Já na estação seca, as maiores capturas de ciclídeos e characídeos influenciaram os maiores valores na região lântica, pois são áreas consideradas mais estáveis durante períodos de estiagem.

Estudos realizados por Agostinho *et al.* (1999) no reservatório de Foz do Areia, mostraram que o índice de diversidade diminuiu no sentido rio-barragem. Quanto à riqueza de espécies, esses autores observaram os maiores valores na zona de transição, resultados que corroboram com os observados por Baumgartner (2010), no reservatório de Salto Osório e diferem dos resultados observados por esse autor, no reservatório de Salto Santiago, em que os valores de riqueza foram menores na zona de transição. Para esse autor a baixa riqueza na zona fluvial do reservatório de Salto Osório, pode estar associada à cascata de reservatórios, devido ao aumento da transparência nessa região e o fluxo

elevado. Já em Salto Santiago a ausência de gradientes pode estar associada ao sistema de operação, que possibilita condições semelhantes para a manutenção das espécies.

Para as variáveis físicas e químicas do estrato de superfície, o reservatório de Foz do Areia, também se mostrou estruturado em duas zonas distintas (zonas lacustre-transição e fluvial). Os estudos mostraram que os valores de turbidez, fósforo total e condutividade elétrica (embora não significativo) diminuíram em direção a zona lacustre-transição e as concentrações de oxigênio dissolvido, pH (embora não significativos) e transparência da água aumentaram no sentido rio-barragem. Estudos realizados por Thomaz *et al.* (1997) no reservatório de Segredo, mostraram que este reservatório apresenta características limnológicas semelhantes ao reservatório de Foz do Areia, com presença de duas zonas distintas (zona lacustre/transição e fluvial). Esses autores observaram que os valores de turbidez, fósforo total, condutividade elétrica, alcalinidade e ferro, diminuem em direção a zona lacustre/transição e as concentrações de oxigênio dissolvido e pH aumentam nessa zona. No reservatório de Foz do Areia, os maiores valores de OD e pH, embora não tendo diferenças significativas em sua concentração, apresentaram tendência de aumento em determinados períodos (estiagem), os quais estão relacionados a produção primária, tendo em vista que as maiores concentrações coincidem com os maiores valores de clorofila e abundância da comunidade fitoplanctônica (Lactec, 2009). A redução nas concentrações de fósforo no sentido rio-barragem pode estar relacionada à absorção pelo fitoplâncton e posterior precipitação, a adsorção através do hidróxido de ferro hidratado, cristais de carbonato de cálcio e as argilas (Esteves, 1998). Estudos realizados por Baumgartner (2010), no reservatório de Salto Santiago (rio Iguaçu), também registraram maiores valores de transparência da água no sentido rio-barragem e leves tendências de aumento nas concentrações de OD em direção a barragem, já no reservatório de Salto Osório, essas tendências não foram observadas.

A abundância da assembleia de peixes no reservatório de Foz do Areia, forma dois gradientes longitudinais (lacustre-transição e fluvial), mostrando que a ictiofauna tem preferência por ambientes com menor fluxo, maior profundidade do secchi e menores valores de materiais em suspensão. A compartimentalização em relação aos estratos de fundo, superfície e margem, mostram que a estruturação do ambiente litorâneo, com maior aporte de material alóctone, menor profundidade e heterogeneidade de habitats, influencia a ocupação da assembleia de peixes. A formação de dois gradientes longitudinais distintos (fluvial e transição-lacustre), relacionados a ictiofauna no estrato de superfície, estão

associados as variáveis físicas e químicas dos locais. Com relação aos estratos de fundo e margem, acredita-se que a semelhança de habitats e disponibilidade de alimento tenham grande influência na compartimentalização, porém, estudos relacionados as variáveis físicas e químicas nesses estratos, são necessários para elucidar essa distinção.

Este estudo mostrou que, de maneira geral, existem diferentes compartimentos no reservatório de Foz do Areia, e que a assembleia de peixes é altamente dependente do ambiente de margem, possivelmente devido à maior heterogeneidade de habitats e disponibilidade de alimento. Devido à importância observada no ambiente de margem, a preservação da vegetação ripária passa a ter caráter essencial para o gerenciamento de reservatórios, pois ela torna-se uma das principais fontes de alimento e muitas vezes de substrato para diversas espécies. Além disso, as ações de manejo devem levar em consideração as diferentes regiões, para que se possa manter a abundância dos estoques pesqueiros.

## Referências

- Agostinho, A. A. & L. C. Gomes. 1997. Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo. Maringá, Eduem, 387p.
- Agostinho A. A., L. E. Miranda, L. M. Bini, L. C. Gomes, S. M. Thomaz & H. I. Suzuki. 1999. Patterns of colonization in Neotropical reservoirs, and prognoses on aging. Pp. 227-265. In: Tundisi, J. G. & M. Straškraba (Eds.). Theoretical reservoir ecology and its applications. International Institute of Ecology. São Carlos. The Netherlands Backhuys Publishers, Leiden. Brazilian Academy of Sciences, Rio de Janeiro, 585p.
- Agostinho, A. A.; L. C. Gomes & F. M. Pelicice. 2007. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. Maringá, Eduem, 501p.
- Baumgartner, D., G. Baumgartner, C. S. Pavanelli, P. R. L. Silva, V. A. Frana, L. C. Oliveira & M. R. Michelin, 2006. Fish, Salto Osório Reservoir, Iguaçu River basin, Paraná State, Brazil. Checklist: Journal of Species Lists and Distribution, 2: 1-4.
- Baumgartner, D. 2010. Zonação, variabilidade e inter-relação da fauna de peixes de dois riachos do rio Iguaçu, Paraná, Brasil. Tese (doutorado), Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 76p.
- Dufrêne, M. & P. Legendre. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. Ecological Monographs, 67: 345-366.
- Esteves, F. A. 1998. Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro, Interciência, 575p.
- Fry, C. J. 1993. One-way analysis of variance. Pp. 1-39. In: Fry, J. C. (Ed.). Biological data analysis: a practical approach. Oxford, Oxford University Press, 418p.
- Fuem & Copel. 2002. O Reservatório de Salto Caxias: bases ecológicas para o manejo. Fundação Universidade Estadual de Maringá/Nupélia. (relatório técnico).
- Garavello, J. C., C. S. Pavanelli & H. I. Suzuki. 1997. Caracterização da Ictiofauna do Rio Iguaçu. Pp. 61-84. In: Agostinho, A. A. & L. C. Gomes (Eds.). Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo. Maringá, Eduem, 387p.
- Garavello, J. C. & A. A. Sampaio. 2010. Five new species of genus *Astyanax* Baird & Girard, 1854 from Rio Iguaçu, Paraná, Brazil (Ostariophysi, Characiformes, Characidae). Brazilian Journal Biology, 70(3): 847-865.
- Gauch-Júnior, H. G. 1986. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge, Cambridge University Press, 298p.
- Jackson, D. A. 1995. PROTEST: a procrustean randomization test of community environment concordance. Coscience, 2:297-303.
- Jones, K. A., T. J. Hara & E. Scherer. Behavioral modifications in arctic char (*Salvelinus alpinus*) chronically exposed to sublethal pH. Physiological Zoology, 58: 400-412, 1985.
- Julio-Júnior, H. F., C. C. Bonecker & A. A. Agostinho. 1997. Reservatório de Segredo e sua inserção na bacia do rio Iguaçu. Pp. 1-17. In: Agostinho, A. A. & L. C. Gomes (Eds.). Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo. Maringá, Eduem, 387p.

- Lowe-McConnell, R. H. 1999. Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. São Paulo, Edusp, 534 p.
- Kimmel, B. L., O. T. Lind & L. J. Paulson. 1990. Reservoir primary production. Pp. 133-194. In: Thornton, K. W., B. L. Kimmel & F. E. Payne (Eds.). Reservoir limnology: ecological perspectives. New York, John Wiley & Sons, 246p.
- King, M. 1995. Fisheries biology: assessment and management. Oxford, Fishing News Books, 342p.
- Kramer, D. L. 1987. Dissolved oxygen and fish behavior. *Environmental Biology Fishes*, 18(2): 81-92.
- Kruskal, J. B. 1964. "Nonmetric multidimensional scaling: a numerical method". *Psychometrika*, 29: 115-129.
- Mather, P. M. 1976. *Computational Methods of Multivariate Analysis in Physical Geography*. London, John Wiley & Sons, 532p.
- Magnuson, J. J., L. B. Crowder & P. A. Medvick. 1979. Temperature as an ecological resource. *American Zoologist*, 19: 331-343.
- Matthews, W. J. 1998. *Patterns in Freshwater Fish Ecology*. Chapman and Hall, New York, 756p.
- Matthews, W. J., L. G. Hill, & S. M. Schellhaass. 1985. Depth distribution of striped bass and other fish in lake Texona (Oklahoma - Texas) during summer stratification. *Transactions of the American Fisheries Society*, 114: 84-91.
- McCune, B. & J. B. Grace. 2002. *Analyses os Ecological Communities*. Gleneden Beach, Oregon, MjM Software Design, 300p.
- McCune, B. & M. J. Mefford. 1999. *Multivariate analysis of ecological data*. Version 4.0. Gleneden Beach, Oregon, MjM Software Design.
- Miranda, L. E. & S. W. Raborn. 2000. From zonation to connectivity: fluvial ecology paradigms of the 20<sup>th</sup> century. *Polskie Archiwum Hydrobiologii*, 47(1):5-19.
- Okada, E. K., A. A. Agostinho & L. C. Gomes. 2005. Spatial and temporal gradients in artisanal fisheries of a large Neotropical reservoir the Itaipu Reservoir, Brazil. *Canadian Journal Fish Aquatic Science*, 62: 714-724.
- Oliveira, E. F. & E. Goulart. 2000. Distribuição espacial de peixes em ambientes lênticos: interação de fatores. *Acta Scientiarum*, 22(2): 445-453.
- Oliveira, E. F., E. Goulart, & C. V. Minte-Vera. 2004. Fish diversity along spatial gradients in the Itaipu reservoir, Paraná, Brazil. *Brazilian Journal Biology*, 64(3A): 447-458.
- Peres-Neto, P. R. & D. A. Jackson. 2001. How well do multivariate data sets match? The advantages of a Procrustean superimposition approach over the Mantel test. *Oecologia*, 129: 169-178.
- Reis, R. E., S. O. Kullander & C. J. Ferraris Jr. 2003. Check list of freshwater fishes of South and Central America. Porto Alegre, Edipucrs, 729p.

- Smith, W. S., C. C. G. F. Pereira, E. L. G. Espíndola & O. Rocha. 2003. A importância da zona litoral para a disponibilidade de recursos alimentares à comunidade de peixes de reservatórios. Pp. 233-248. In: Henry, R. (Eds). *Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos*. São Carlos, Rima, 349p.
- Thornton, K. W. 1990. Perspectives on reservoir limnology. Pp. 1-13. In: Thornton, K. W., B. L. Kimmel & F. E. Payne (Eds.). *Reservoir limnology: ecological perspectives*. New York, John Wiley & Sons, 246p.
- Thornton, K. W., B. L. Kimmel & F. E. Payne. 1990. *Reservoir limnology: ecological perspectives*. New York, John Wiley & Sons, 246p.
- Thomaz, S. M., L. M. Bini & S. M. Alberti. 1997. Limnologia do reservatório de Segredo: padrões de variação espacial e temporal. Pp. 19-37. In: Agostinho, A. A. & L. C. Gomes. (Eds.). *Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo*. Maringá, Eduem, 387p.
- Tundisi, J. G. 1999. Reservatório como sistemas complexos: teoria, aplicações e perspectivas para usos múltiplos. Pp. 19-38. In: Henry, R. (Ed.). *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu, Fundibio, 800p.
- Vasek, M., J. Kubecka, M. Cech, V. Drastik, J. Matena, T. Mrkvicka, J. Peterka & M. Prchalová. 2009. Diel variation in gillnet catches and vertical distribution of pelagic fishes in a stratified European reservoir. *Fisheries Research*, 96: 64-69.