

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

VINICIUS VALIENTE DOS SANTOS

ESPECTRO DE BIOMASSA DE PEIXES E A INFLUÊNCIA DE FATORES FÍSICOS
E LIMNOLÓGICOS EM ÁREAS LITORÂNEAS DE RESERVATÓRIOS
NEOTROPICAIS

Toledo

2011

VINICIUS VALIENTE DOS SANTOS

**ESPECTRO DE BIOMASSA DE PEIXES E A INFLUÊNCIA DE FATORES FÍSICOS
E LIMNOLÓGICOS EM ÁREAS LITORÂNEAS DE RESERVATÓRIOS
NEOTROPICAIS**

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. Pitágoras Augusto Piana

Toledo

2011

Catálogo na Publicação elaborada pela Biblioteca Universitária
UNIOESTE/Campus de Toledo.
Bibliotecária: Marilene de Fátima Donadel - CRB – 9/924

S237e Santos, Vinicius Valiente dos
Espectro de biomassa de peixes e a influência de fatores físicos e limnológicos em áreas litorâneas de reservatórios neotropicais / Vinicius Valiente dos Santos. -- Toledo, PR : [s. n.], 2011.

25 f.

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. Ictiologia – Reservatórios neotropicais – Brasil, Região Sul 2. Peixes – Biomassa – Reservatórios neotropicais 3. Peixes, Assembleia de – Distribuição 4. Peixes de água doce – Espectro de tamanho I. Piana, Pitágoras Augusto, Or. II. Baumgartner, Gilmar, Or. III. T

CDD 20. ed. 639.375
597.0929816

FOLHA DE APROVAÇÃO

VINICIUS VALIENTE DOS SANTOS

ESPECTRO DE BIOMASSA DE PEIXES E A INFLUÊNCIA DE FATORES FÍSICOS E LIMNOLÓGICOS EM ÁREAS LITORÂNEAS DE RESERVATÓRIOS NEOTROPICAIS

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 Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

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

Prof. Dr. Luiz Carlos Gomes
Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Éder André Gubiani
Universidade Estadual do Oeste de Maringá

Aprovada em: 12 de agosto de 2011.

Local de defesa: Mini-auditório do Gerpel/*Campus* de Toledo.

*Dedico este trabalho aos meus pais
Mauro e Isabel pelo incentivo e força
em todos os momentos da minha
vida.*

*A minha namorada Fabíola que
nesses 5 anos sempre esteve ao meu
lado com muito amor e carinho.*

*As minhas sobrinhas Isabela e Maria
Fernanda .*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por esses 30 anos de vida de muita alegria e saúde.

Aos meus pais Mauro e Isabel pelo amor, carinho, apoio, incentivo em todos os momentos de minha vida. Se estou aqui hoje é graças a vocês.....Minha eterna gratidão!!! Amo vocês!!!!

As minhas sobrinhas Isabela e Maria Fernanda que são a alegria da nossa família.

A minha namorada e se Deus quiser futura esposa Fabíola que muito carinho, amor e companheirismo sempre esteve ao meu lado, mesmo nos momentos ruins de minha vida sempre me incentivando e apoiando. Amo você!!!

Ao meu sogro Alcimar Fornari e sogra Lurdes Fornari pelos conselhos, incentivo e a grande amizade que tenho deles.

Ao meu cunhado, amigo e grande companheiro de pesca Juninho.

Ao professor Pitágoras Augusto Piana pela orientação, incentivo, amizade e "paciência" em todas as etapas deste trabalho. Devo-te um peixe!

Aos meus velhos amigos do tempo de graduação, que apesar do "rumo" que cada levou em suas vidas, sempre que possível se reunimos para tomar muitas cervejas.

Aos colegas da pós-graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Aos amigos e colegas de trabalho Vitor Frana, Vanessa Salete Daga, Edimar Gonçalves, Dirceu Baumgartner, Éder Gubiani, Adriana Tronco, Ricardo Soni, Thalles Serrano, Ricardo Krause e Sebastien por sempre incentivarem durante a pós-graduação.

Ao meu amigo Carlos Henrique Orsi que me apoiou na finalização deste trabalho. E também ao meu "amigo de fé, irmão camarada" Tiago Debona pela amizade e "pitacos" na elaboração do trabalho.

A bióloga Eveline Arsego que ajudou na maioria das etapas do projeto. Ao estagiário Edson que confeccionou o mapa.

A todos os professores do Grupo de Pesquisa em Recursos Pesqueiros e Limnologia (GERPEL) que participaram direta ou indiretamente na execução do estudo.

A banca examinadora composta pelos professores Dr. Luiz Carlos Gomes, Dr. Éder André Gubiani, Dr. Elaine Antoniassi Luiz Kashiwaqui e o Dr. Paulo Vanderlei Sanches

Ao GERPEL pela oportunidade de desenvolver este estudo.

Ao professor Gilmar Baumgartner pela coordenação do projeto COPEL.

Todos os estagiários que participaram do projeto.

Muito obrigado à todos!!!

*“Todo mundo ama um dia, todo
mundo chora,
Um dia a gente chega, no outro vai
embora.
Cada um de nós compõe a sua história,
cada ser em si
Carrega o dom de ser capaz, e ser
feliz...”*
(Almir Sater)

ESPECTRO DE BIOMASSA DE PEIXES E A INFLUÊNCIA DE FATORES FÍSICOS E LIMNOLÓGICOS EM ÁREAS LITORÂNEAS DE RESERVATÓRIOS NEOTROPICAIS

RESUMO

O espectro de tamanho associa a abundância de indivíduos com o tamanho do corpo destes. O objetivo deste estudo foi identificar os espectros de biomassa das zonas litorâneas de reservatórios e investigar a influência de fatores físicos e limnológicos sobre a distribuição dos indivíduos nas diferentes classes de biomassas. As coletas foram realizadas trimestralmente em 13 reservatórios neotropicais, na região sul do Brasil. Para avaliar os espectros de tamanho das assembleias ictíicas, foram determinadas as frequências de indivíduos por classes logarítmicas na base 2 da biomassa e transformadas, e estas foram submetidas a análise de correspondência. Os efeitos dos fatores físicos e limnológicos sobre os espectros de biomassa foram avaliados através de suas correlações com os eixos gerados da análise de correspondência. A análise de correspondência (CA) concentrou 93% da inércia total no primeiro eixo. Neste eixo, as maiores contribuições foram das frequências acumuladas de indivíduos com peso de até 8g e 16g, restando baixa variabilidade nas classes subsequentes. Alguns reservatórios apresentaram grande proporção de indivíduos pequenos (<16g), enquanto outros tiveram pequena proporção, estando os reservatórios de Guaricana e Salto Caxias, respectivamente, nos extremos desse gradiente. Os fatores físicos e limnológicos correlacionados com o primeiro eixo da análise de correspondência demonstraram associação com altitude, temperatura da água e oxigênio dissolvido. Os resultados demonstraram um predomínio de classes de biomassa menores (<16g) nas regiões litorâneas dos reservatórios, sendo que a temperatura foi o fator preponderante nos espectros de tamanho das assembleias de peixes.

Palavras-chave: classes de tamanho, distribuição, assembleias ictíicas

SPECTRUM OF FISH BIOMASS AND INFLUENCE OF PHYSICAL AND LIMNOLOGICAL FACTORS ON COASTAL AREAS OF NEOTROPICAL RESERVOIRS

ABSTRACT

The size spectrum associates the abundance of individuals with the body size of these. The aim of this study was to identify the spectra of biomass of reservoirs coastal áreas and investigate the influence of physical and limnological factors on the distribution of individuals in different biomass classes. Samples were collected quarterly in 13 neotropical reservoirs in southern Brazil. To evaluate the spectra size of the ichthyofauna assemblies, the frequencies were determined by classes of individuals logarithmic on base 2 of biomass and transformed, and these were submitted to correspondence analysis. The effects of physical and limnological factors on biomass spectra were evaluated by their correlations with the axes generated of correspondence analysis. Correspondence analysis (CA) concentrated 93% of the total inertia in the first axis. In this axis, the largest contributions were from the accumulated frequency of individuals weighing up to 8g and 16g, leaving low variability in subsequent classes. Some reservoirs had high proportion of small individuals (<16g), while others had small proportion, with tanks to Salto Caxias and Guaricana reservoirs, respectively, at the extremes of this gradient. The physical and limnological factors correlated with the first axis of correspondence analysis showed association with altitude, water temperature and dissolved oxygen. The results showed a predominance of smaller classes of biomass(<16g) in the coastal regions of the reservoirs, and the temperature was the main factor in the size spectra of fish assemblages.

Keywords: size classes, distribution, ichthyofauna assemblages

Dissertação elaborada e formatada conforme as normas da publicação científica *Neotropical Ichthyology*. Disponível em: <
<http://www.scielo.br/revistas/ni/pinstruc.htm>>*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. MATERIAL E MÉTODOS	14
Área de estudo	14
Amostragens	15
Análise dos dados	16
3. RESULTADOS	17
4. DISCUSSÃO	19
6. REFERÊNCIAS	21

1. INTRODUÇÃO

O espectro de tamanho associa a abundância de indivíduos com o tamanho do corpo destes. É uma relação que fornece informações sobre as dinâmicas de teias alimentares por expressar indiretamente o fluxo de energia dos indivíduos menores para os maiores. Estudos de espectros de tamanho têm contribuído para elucidar o funcionamento de diversos sistemas aquáticos, e desde o trabalho pioneiro de Sheldon *et al.* (1972) em ambientes marinhos, esses estudos foram estendidos para outros tipos de corpos de água, como lagos e reservatórios em diferentes regiões (Sprules *et al.*, 1983; Echeverria & Rodriguez, 1994; Fernandes, 2009). No entanto, o emprego desta abordagem tem gerado adaptações quanto à forma de mensurar o tamanho dos indivíduos. Existem diferentes formas de mensurar o tamanho, como o volume do corpo, comprimento do corpo, equivalente diâmetro de esfera do corpo e biomassa do corpo, além de distintas formas de escalas para o tamanho do corpo, dificultam a comparação de distintos estudos, pois interferem na forma do espectro obtido e, conseqüentemente, nos resultados obtidos dos modelos teóricos (Han & Straskraba, 1998). Para fins comparativos, segundo estes mesmos autores, a escala de medida de tamanho de corpo deve ser em biomassa e, segundo Dickie *et al.* (1987) e Boudreau *et al.* (1991), o intervalo de classes de peso em escala logarítmica é uma forma eficiente para estudos de avaliação de estrutura e funcionamento dos ecossistemas. Recentemente, Fernandes (2009) utilizou desta abordagem para avaliar alterações temporais na estrutura de assembleia de peixes devido à formação de um reservatório para geração de hidroeletricidade.

Reservatórios são ecossistemas historicamente recentes, que apresentam características distintas de lagos e de rios (Fernando e Holcik, 1991). São formados a partir da atividade antrópica de barramento do rio para diversos fins, entre os quais, o de geração de energia elétrica é o mais frequente. A formação do reservatório constitui um processo tão intenso que resulta na criação de um novo ecossistema, com uma determinada estrutura e biota (Agostinho *et al.*, 2008). As espécies que ocuparão satisfatoriamente o novo ambiente deverão ser capazes de apresentar pré-adaptações desenvolver adaptações diferentes daquelas que possuíam no ambiente lótico (Agostinho *et al.*, 1999). Ainda, o processo de colonização e estabelecimento das espécies no reservatório dependerá da posição geográfica que o reservatório ocupa, principalmente se ele estiver inserido numa sequência de reservatórios em cascata (Barbosa *et al.*, 1999). Reservatórios em cascata agem, de forma geral, como retentores de nutrientes, provocando a oligotrofização daqueles que se encontram a jusante (Ney, 1996).

A despeito da posição que o reservatório ocupa na cascata, o processo de colonização pode ser distinto nos estratos orientados de forma longitudinal (lótico, transição e lacustre) (Kimmel *et al.*, 1990), transversal (litoral e pelágico) e vertical (epipelágico e batipelágico), em relação ao eixo principal do reservatório (Agostinho *et al.* 1999; Miranda & Raborn, 2000; Okada *et al.*, 2005). Segundo Agostinho *et al.* (1999), em relação às dimensões transversal e vertical, a zona litorânea possui a maior riqueza de espécies e é mais produtiva que as zonas epipelágicas e batipelágicas. Assim, um dos padrões mais recorrentes em reservatórios é o estabelecimento da assembleias de peixes nas regiões litorâneas (Araújo-Lima *et al.*, 1995; Smith *et al.*, 2003).

De acordo com Oliveira & Goulart (2000), existe um conjunto de fatores responsáveis pela determinação dos padrões de distribuição espacial dos peixes nos diferentes ambientes lênticos, e a importância relativa de cada fator varia amplamente entre as assembleias de cada local, sendo que determinadas variáveis estabelecem gradientes físicos e químicos interferindo diretamente na sua distribuição espacial.

Os fatores físicos e limnológicos são importantes em diferentes escalas espaciais, sendo necessários estudos entre vários reservatórios, principalmente quando ocorrem em ampla distribuição geográfica (Tonn & Magnuson, 1982; Robinson & Tonn, 1989; Rodríguez & Lewis Jr., 1997; Godinho *et al.*, 1998; Carol *et al.*, 2006; Ferreira, 2008). De acordo com Luiz *et al.* (2003), cada região zoogeográfica possui uma ictiofauna distinta, tendo um elevado número de espécies. Isto dificulta a interpretação dos fatores físicos e limnológicos determinantes da estrutura das assembleias de peixes (Angermeier & Winston, 1998; Marsh-Matthews & Matthews, 2000; Hoeinghaus *et al.*, 2006; Ferreira, 2008).

Diante disso, a abordagem de espectros de biomassa supera os problemas metodológicos associados à assembleias com composições distintas de espécies, por não diferenciar entre táxons, mas apenas considerar os tamanhos dos indivíduos como referência para o entendimento do fluxo de energia na cadeia trófica. Dessa maneira, o presente trabalho teve como objetivo identificar os espectros de biomassa das zonas litorâneas dos reservatórios e investigar a influência de fatores físicos e limnológicos sobre a distribuição dos indivíduos nas diferentes classes de biomassas. Especificamente buscou-se: i) identificar os eixos de maior variabilidade nos espectros de biomassa das regiões litorâneas dos reservatórios; e ii) investigar quais fatores físicos e limnológicos se associam a tal variabilidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O presente estudo foi realizado em 13 reservatórios neotropicais localizados no estado do Paraná, região sul do Brasil. Foram analisados nove reservatórios na bacia do Paraná pertencentes às sub-bacias dos rios: Tibagi (São Jorge e Apucarantina), Ivaí (Rio dos Patos e Mourão) e Iguaçu (Salto do Vau, Governador Bento Munhoz da Rocha Netto “Foz do Areia”, Governador Ney Aminthas de Barros Braga “Segredo”, Derivação do Rio Jordão “Jordão” e Governador José Richa “Caxias”), e ainda, quatro reservatórios litorâneos nos rios: Capivari (Governador Pedro Munhoz da Rocha Netto “Capivari”), Arraial (Guaricana) e São João (Salto do Meio e Vossoroca) (Fig. 01).

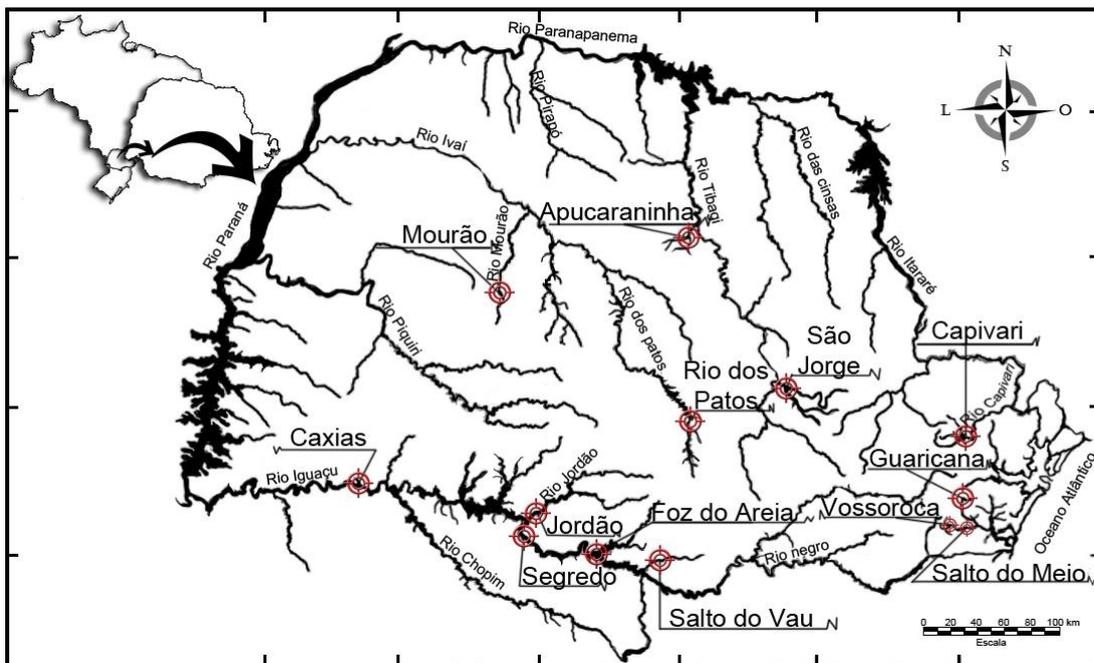


Fig. 1: Localização dos 13 reservatórios neotropicais amostrados: São Jorge, Apucarantina, Rio dos Patos, Mourão; Salto do Vau, Foz do Areia, Segredo, Jordão, Caxias, Salto do Meio, Vossoroca, Guaricana e Capivari.

Os treze reservatórios amostrados são destinados a geração de energia elétrica e usos múltiplos (abastecimento público e lazer). Além disso, apresentam uma ampla distribuição geográfica e heterogeneidade de características morfométricas e limnológicas (Ferreira, 2008). Algumas características dos 13 reservatórios são descritas a seguir (Tabela 1), sendo que maiores informações podem ser obtidas em Júlio Jr. *et al.* (2005).

Amostragens

Os peixes foram coletados trimestralmente pela Companhia Paranaense de Energia – COPEL, entre janeiro de 2004 e dezembro de 2007. Deste modo, em cada reservatório foram analisadas dezesseis amostragens, exceto em Apucarantina e Salto do Meio. Não houve uma coleta no reservatório de Apucarantina devido à invasão indígina que ocorreu no reservatório em novembro de 2006, enquanto que no reservatório de Salto do Meio, no ano de 2005, houve um rebaixamento para desassorear o mesmo, impossibilitando quatro coletas neste reservatório.

As amostragens foram realizadas em dois locais de cada reservatório, um no início, próximo a barragem, e outro no fim, próximo a região fluvial, apenas nas áreas litorâneas, próximas às margens. Para tanto, foram utilizadas redes de espera simples com malhas variando de 2,5 a 16 cm entre nós não adjacentes e redes de espera três malhas, de 6, 7 e 8 cm entre nós não adjacentes. As redes foram expostas por um dia (24 horas), com revistas as 8, 16 e 22 horas. Os peixes capturados foram fixados em formol a 10%, etiquetados quanto ao local, turno e mês de coleta e armazenados em tambores de plástico para análise posterior. As análises de peixes foram realizadas no laboratório de Ictiologia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Os exemplares foram identificados, medidos (comprimento total e padrão, cm) e pesados (0,1 g).

Simultaneamente às coletas de peixes, os fatores limnológicos: temperatura da água (°C), oxigênio dissolvido (mg/l), profundidade do disco de Secchi (cm), condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (Tabela 1) e pH foram aferidos *in loco* com equipamentos específicos, sendo apresentados seus valores médios.

Tabela 1 - Fatores físicos e limnológicos dos 13 reservatórios neotropicais (GUA = Guaricana, SJO = São Jorge, FOA = Foz do Areia, CAP = Capivari, SME = Salto do Meio, VAU = Salto do Vau, VOS = Vossoroca, PAT = Rio dos Patos, SEG = Segredo, APU = Apucarantina, JOR = Jordão, MOU = Mourão, CAX = Caxias). Fonte: ¹Dados compilados pelo autor, ²Copel (2009) e ³Angelini & Gomes. (2008). *dados não encontrados.

Fatores físicos e limnológicos	Reservatórios												
	APU	CAP	CAX	FOA	GUA	JOR	MOU	PAT	SEG	SJO	SME	VAU	VOS
² Ano de enchimento	1949	1970	1998	1980	1957	1996	1984	1949	1992	1968	1931	1959	1931
² Área (Km ²)	2	12,8	141	138,5	0,9	3,7	11	1	80,6	13	0,1	2	5,1
³ Profundidade média (m)	7,0	14,0	23,0	40,0	6,0	60,0	*	*	36,0	4,0	*	3,8	4,0
³ Altitude (m)	677	845	325	742	707	565	609	489	607	1003	722	125	814
² Tempo de residência (dias)	5	100	33	105	120	*	*	*	47	34,1	*	*	110
³ Produção Primária total (g/m ²)	151392	867921	229219	*	1453036	*	1196282	10331	972108	1326165	*	*	8330899
¹ Temperatura água (°C)	24,52	21,81	24,29	21,87	19,34	21,98	24,05	20,26	20,94	19,92	19,16	19,58	21,23
¹ Profundidade disco de Secchi (m)	1,20	1,52	2,26	1,11	1,36	1,59	1,07	0,70	1,92	0,71	1,42	1,34	1,87
¹ pH	1,20	1,52	2,26	1,11	1,36	1,59	1,07	0,70	1,92	0,71	1,42	1,34	1,87
¹ Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	32,39	68,66	41,84	57,42	25,11	31,67	25,06	45,90	49,25	50,27	38,17	28,75	43,46
¹ Oxigênio dissolvido (mg/l)	7,48	7,30	7,15	7,38	8,06	7,18	7,10	7,55	6,26	7,88	7,76	7,40	7,18

Análise dos dados

Para avaliação dos espectros de tamanho das assembleias ictíicas das margens dos reservatórios, foram determinadas as frequências de indivíduos por classes logarítmicas de base 2 das biomassas (Tabela 2), conforme estudos de Dickie *et al.* (1987) e Boudreau *et al.* (1991). Como as duas primeiras classes de biomassa se mostraram ineficientemente amostradas, elas foram agrupadas à terceira classe para realização das análises, sendo as frequências transformadas em frequências acumuladas, verificando se as mesmas apresentavam relação linear com a ordem das classes para o emprego do modelo de Pareto tipo I (Vidondo *et al.*, 1997). No entanto, as relações observadas foram nitidamente distorcidas da linearidade, impossibilitando o uso deste modelo. Alternativamente, as frequências acumuladas foram submetidas à análise de correspondência (CA) com o intuito de identificar os maiores gradientes de variação nas classes de biomassa. A CA foi realizada de acordo com o descrito em MacCune & Grace (2002), sendo utilizado o programa Statistica TM 7.0 (StatSoft, 2005).

Tabela 2 - Frequências das classes de biomassa para os 13 reservatórios neotropicais (GUA = Guaricana, SJO = São Jorge, FOA = Foz do Areia, CAP = Capivari, SME = Salto do Meio, VAU= Salto do Vau, VOS = Vossoroca, PAT = Rio dos Patos, SEG = Segredo, APU = Apucarantina, JOR = Jordão, MOU = Mourão, CAX = Caxias), entre janeiro de 2004 e dezembro de 2007.

Reservatórios	Classes (g)												
	0 → 2	2 → 4	4 → 8	8 → 16	16 → 32	32 → 64	64 → 128	128 → 256	256 → 512	512 → 1024	1024 → 2048	2048 → ∞	
	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	
APU	0	161	885	969	650	201	258	122	92	23	4	2	
CAP	6	121	4637	3727	702	404	244	266	188	123	25	2	
CAX	1	6	1053	2582	1792	590	107	110	56	30	9	2	
FOA	3	336	3895	3132	666	172	157	149	127	58	29	6	
GUA	2	74	10427	1315	395	294	165	131	116	67	12	3	
JOR	1	4	927	1135	815	263	89	223	153	43	7	6	
MOU	2	75	938	2354	1370	356	234	236	105	26	14	23	
PAT	0	101	863	907	354	200	186	244	122	57	19	10	
SEG	0	27	1684	1688	1451	152	93	150	144	21	6	3	
SJO	0	83	1278	796	238	75	59	75	57	27	4	1	
SME	0	40	922	542	121	124	125	91	77	27	5	2	
VAU	0	1	674	454	165	194	44	71	69	13	3	0	
VOS	0	34	1396	2373	391	84	72	65	63	37	4	0	

Os possíveis efeitos dos fatores físicos e limnológicos (Tabela 1) sobre os espectros de biomassa das assembleias de peixes das regiões marginais dos reservatórios foram avaliados através de suas correlações com os eixos gerados da análise de correspondência,

utilizando para tanto o programa Statistica TM 7.0 (StatSoft, 2005). O nível de significância adotado para avaliar as relações foi o de 5%.

3. RESULTADOS

A análise de correspondência (CA) aplicada aos dados de frequência acumulada de indivíduos em classes logarítmicas de base dois da biomassa de peixes das regiões litorâneas dos reservatórios concentrou 93% da inércia total no primeiro eixo. Neste eixo, as maiores contribuições foram das frequências acumuladas de indivíduos com peso de até 8g (79,7%) e 16g (9,2%), restando baixa variabilidade nas classes subsequentes (Tabela 03, figura 2). Na ordenação dos reservatórios, segundo a ordem decrescente do primeiro eixo, foi observado que alguns reservatórios apresentaram grande proporção de indivíduos pequenos (<16g), enquanto outros tiveram pequena proporção, estando os reservatórios de Guaricana e Salto Caxias, respectivamente, nos extremos desse gradiente. Vale destacar o resultado obtido para a cascata de reservatórios na sub-bacia do rio Iguaçu, onde aqueles situados próximos a cabeceira do rio, Salto do Vau e Foz do Areia, apresentaram frequências acumuladas mais altas que Segredo, Jordão e Caxias, localizados mais próximos a foz do rio, seguindo o seu eixo longitudinal. Comportamentos semelhantes nas sub-bacias dos rios Ivaí (Rio dos Patos e Mourão) e Tibagi (São Jorge e Apucarantina) também foram observados.

Tabela 3: Frequências acumuladas, escores dos reservatórios e contribuição das classes de biomassa para o primeiro eixo da análise de correspondência (CA 1), a qual sumarizou as assembleias das regiões litorâneas de 13 reservatórios neotropicais (GUA = Guaricana, SJO = São Jorge, FOA = Foz do Areia, CAP = Capivari, SME = Salto do Meio, VAU = Salto do Vau, VOS = Vossoroça, PAT = Rio dos Patos, SEG = Segredo, APU = Apucarantina, JOR = Jordão, MOU = Mourão, CAX = Salto Caxias), entre janeiro de 2004 e dezembro de 2007.

Reservatórios	Classes (g)										CA 1 (93%)
	0—8	0—16	0—32	0—64	0—128	0—256	0—512	0—1024	0—2048	0—∞	
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
GUA	80,79	90,90	93,94	96,20	97,47	98,48	99,37	99,88	99,98	100,00	0,17
SJO	50,54	80,10	88,93	91,72	93,91	96,70	98,81	99,81	99,96	100,00	0,04
FOA	48,50	84,38	92,00	93,97	95,77	97,48	98,93	99,60	99,93	100,00	0,03
CAP	45,61	81,29	88,01	91,88	94,22	96,76	98,56	99,74	99,98	100,00	0,02
SME	46,34	72,45	78,28	84,25	90,27	94,65	98,36	99,66	99,90	100,00	0,02
VAU	39,99	66,88	76,66	88,15	90,76	94,96	99,05	99,82	100,00	100,00	-0,02
VOS	31,64	84,16	92,81	94,67	96,26	97,70	99,09	99,91	100,00	100,00	-0,04
PAT	31,47	61,08	72,64	79,17	85,24	93,21	97,19	99,05	99,67	100,00	-0,07
SEG	31,57	62,72	89,50	92,30	94,02	96,79	99,45	99,83	99,94	100,00	-0,07
APU	31,07	59,85	79,15	85,12	92,78	96,41	99,14	99,82	99,94	100,00	-0,07
JOR	25,42	56,38	78,61	85,79	88,22	94,30	98,47	99,65	99,84	100,00	-0,11
MOU	17,70	58,77	82,66	88,87	92,95	97,07	98,90	99,35	99,60	100,00	-0,14
CAX	16,72	57,46	85,74	95,05	96,73	98,47	99,35	99,83	99,97	100,00	-0,15
Contribuição CA 1	79,741	9,295	0,002	0,475	0,874	1,568	1,959	1,994	2,021	2,072	

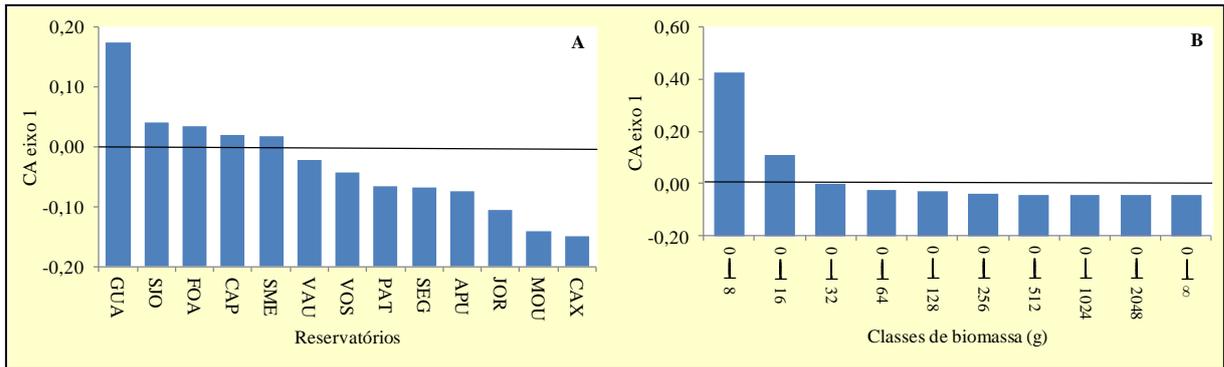


Figura 1: Escores dos reservatórios (A) e das classes de biomassa (B) para o primeiro eixo da análise de correspondência (CA), a qual sumarizou as assembleias das regiões litorâneas de 13 reservatórios neotropicais (GUA = Guaricana, SJO = São Jorge, FOA = Foz do Areia, CAP = Capivari, SME = Salto do Meio, VAU= Salto do Vau, VOS = Vossoroca, PAT = Rio dos Patos, SEG = Segredo, APU = Apucarantina, JOR = Jordão, MOU = Mourão, CAX = Salto Caxias), entre janeiro de 2004 e dezembro de 2007.

Em relação aos fatores físicos e limnológicos correlacionados ao primeiro eixo da CA, três características dos reservatórios se mostraram significativamente associadas: altitude, temperatura da água e oxigênio dissolvido (Tabela 4).

Tabela 4: Correlações lineares de Pearson (r) e Spearman (ρ) entre o primeiro eixo da CA e os fatores físicos e limnológicos dos 13 reservatórios neotropicais. Valores em negrito indicam $p < 0,05$.

Fatores físicos e limnológicos	Eixo 1			
	r	p	ρ	p
Idade	0,398	0,178	0,430	0,143
Área (km ²)	-0,204	0,501	-0,204	0,505
Profundidade disco de Secchi (m)	-0,330	0,928	-0,308	0,243
Altitude (m)	0,595	0,032	0,731	0,004
Produção Primária total (g/m ²)	0,089	0,812	0,358	0,310
Tempo de residência (dias)	0,634	0,091	0,667	0,071
Temperatura da água (°C)	-0,685	0,009	-0,692	0,009
Profundidade do disco de Secchi (m)	0,278	0,358	-0,308	0,306
pH	-0,294	0,330	-0,308	0,306
Condutividade (μS/cm)	0,131	0,669	0,341	0,254
Oxigênio dissolvido (mg/l)	0,636	0,019	0,698	0,008

Os reservatórios situados em altitudes mais elevadas obtiveram maiores proporções de indivíduos pequenos (<16g), ou seja, uma correlação positiva com o primeiro eixo da CA (Figura 03A), enquanto que os reservatórios mais quentes apresentaram menores proporções de indivíduos pequenos (<16g), ou seja, correlação negativa com o primeiro eixo da CA

(Figura 03B). Os reservatórios com maiores valores médios de oxigênio dissolvido foram positivamente correlacionados às maiores proporções de indivíduos pequenos (<16g) (Figura 03C).

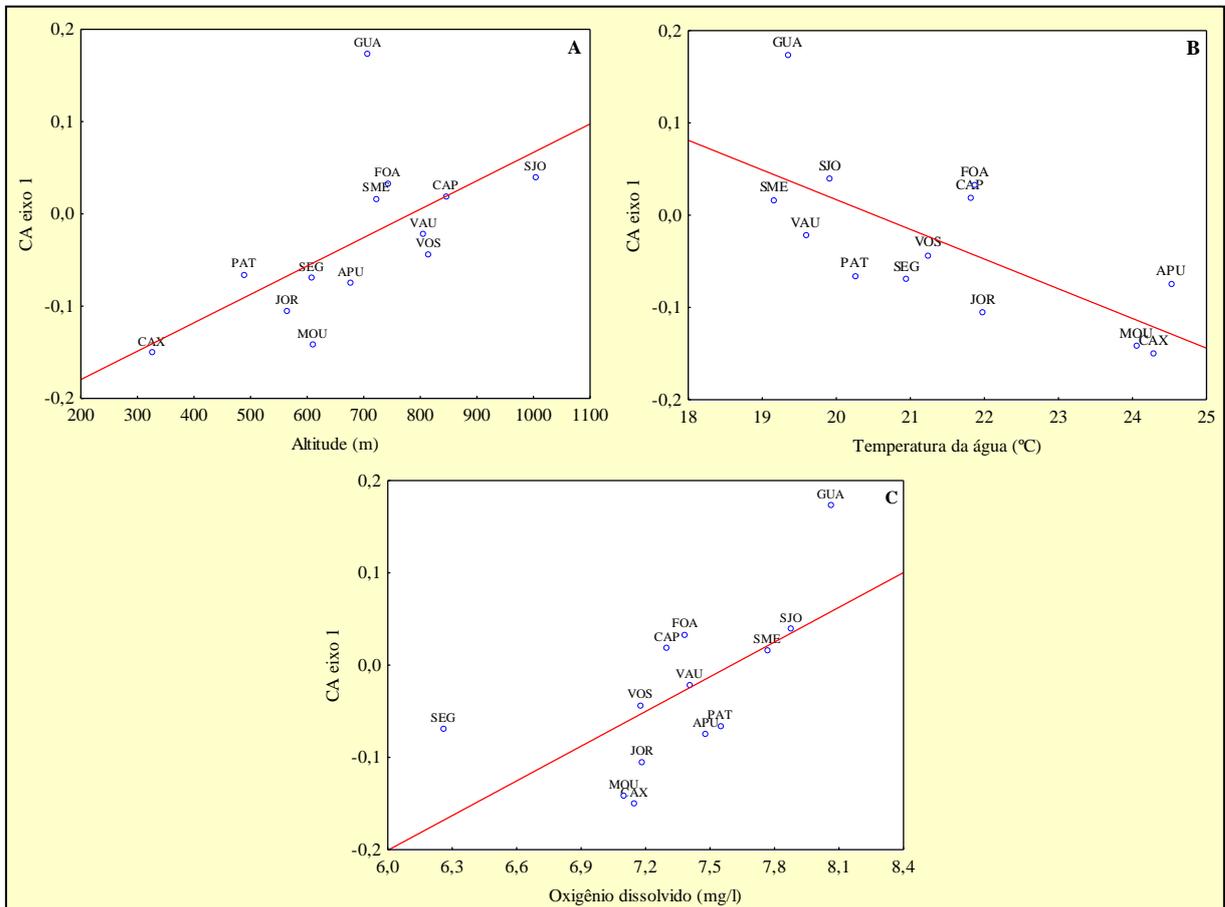


Figura 03: Correlações lineares entre o primeiro eixo da CA e os fatores físicos e limnológicos (A = altitude, B = temperatura da água e C = oxigênio dissolvido) para os 13 reservatórios neotropicais (GUA = Guaricana, SJO = São Jorge, FOA = Foz do Areia, CAP = Capivari, SME = Salto do Meio, VAU= Salto do Vau, VOS = Vossoroca, PAT = Rio dos Patos, SEG = Segredo, APU = Apucarantina, JOR = Jordão, MOU = Mourão, CAX = Salto Caxias).

4. DISCUSSÃO

O presente estudo demonstrou predomínio das classes de biomassa menores (<16g) nas regiões litorâneas dos 13 reservatórios neotropicais. Esse predomínio encontrado nas classes de biomassa citadas está ligado ao fato da zona litorânea ser habitada por indivíduos de pequeno porte, como pequenos caracídeos, ciclídeos e siluriformes, geralmente espécies generalistas e sedentárias (Agostinho *et al.*, 2008), sem preferência acentuada por uma fonte alimentar, utilizando um amplo espectro de alimentos (Abelha *et al.*, 2001). Vários autores

destacam que a zona litorânea demonstra uma maior riqueza e produtividade em relação à zona pelágica, devido à maior disponibilidade e heterogeneidade dos recursos alimentares, abrigo e habitat (Oliveira & Goulart, 2000; Casatti *et al.*, 2003; Smith *et al.*, 2003; Pelicice *et al.*, 2005; Oliveira *et al.*, 2005), sendo que em ambientes pelágicos as assembleias de peixes encontram condições desfavoráveis, ficando as mesmas praticamente desabitadas, formando um verdadeiro “deserto ecológico” (Gomes & Miranda, 2001; Agostinho *et al.*, 2007).

O reservatório de Guaricana apresentou alta proporção de indivíduos com biomassa baixa (<16g), podendo ser considerado como um reservatório velho (>20 anos) (Agostinho *et al.*, 2008). Com o envelhecimento do reservatório, a tendência na ictiofauna é de redução na quantidade de predadores, aumentando os indivíduos menores com estratégias de vida mais flexíveis às modificações ambientais, com rápido crescimento e compensação reprodutiva (Agostinho, *et al.*, 1999). Em alguns casos o amadurecimento dos reservatórios pode ser influenciado pela idade, porém este processo pode ser intermediado por uma série de fatores (Angelini e Gomes, 2008). Num estudo sobre o reservatório de Guaricana, Luiz *et al.* (2003) observaram maior abundância de espécies dos gêneros *Deuterodon* e *Geophagus*, ou seja, espécies de pequeno porte, conseqüentemente com baixa biomassa. Outro fato a ser considerado é a baixa profundidade deste reservatório (cerca de 6 metros), que proporciona maior área litorânea aumentando a quantidade de espécies forrageiras nas margens (Miranda *et al.*, 2008). Segundo Barbanti *et al.* (1993 apud Petesse, 2006), os nutrientes são usados com eficácia maior em ambientes com pouca profundidade, tendo maior produção biológica.

Vários autores ressaltam que em reservatórios em cascata, a concentração de nutrientes sofre redução ao longo dos barramentos em série, devido à retenção dos mesmos, reduzindo a produtividade a jusante (Vaux *et al.*, 1995; Ney, 1996; Barbosa *et al.*, 1999; Carol *et al.*, 2006; Miranda *et al.*, 2008). Ressalta-se que nos reservatórios da sub-bacia do rio Iguaçu, a proporção de indivíduos pequenos (<16g) decresceu gradativamente seguindo o eixo longitudinal do rio, da cabeceira para foz, podendo isto estar associado com o processo de retenção dos nutrientes. Resultado similar foi observado nas demais sub-bacias avaliadas.

Em relação aos fatores físicos e limnológicos, a altitude, oxigênio dissolvido e temperatura da água apresentaram correlação com os espectros de biomassa. A altitude e o oxigênio dissolvido tiveram correlação positiva e a temperatura da água apresentou correlação negativa. Esses três fatores têm relações diretas, sendo que, quanto maior a altitude (regiões mais frias), menor a temperatura da água e maior a concentração de oxigênio dissolvido. Isto influencia diretamente no metabolismo dos peixes (Bret *et al.*, 1979). Alguns autores ressaltam que a temperatura da água e o oxigênio dissolvido têm relação direta com o

metabolismo dos organismos aquáticos, sendo que cada espécie possui uma faixa de tolerância para seu desenvolvimento (Lucas *et al.*, 1988; Esteves, 1988). Em regiões tropicais, nos períodos de temperaturas mais baixas há uma diminuição no metabolismo dos peixes, reduzindo o consumo de alimento (Marques *et al.*, 1992; Piana *et al.*, 2003; Petry *et al.*, 2007), que por sua vez, pode refletir no espectro de tamanho da assembleia. A temperatura da água influencia potencialmente todos os processos fisiológicos e comportamentais dos peixes (Hutchinson, 1975; Oliveira & Goulart, 2000), e ainda, influencia as propriedades físicas da água que controlam as dinâmicas de transferência de oxigênio e nutrientes em toda a massa hídrica (Marchetti, 1989).

Em rios franceses, Knouft (2004) mostrou que o tamanho corporal médio das assembleias de peixes tende a aumentar com o decréscimo da latitude, ou seja, com o aumento da temperatura. Complementando o estudo de Knouft (2004), Daufresne e Boët (2007) avaliaram o efeito do aquecimento global na temperatura da água de sete grandes rios da França, com séries temporais de 15 a 25 anos, encontrando relações significativas de aumento de temperatura da água associada com o aumento do tamanho médio das assembleias de peixes. Este resultado corrobora os achados deste estudo, pois o maior número de indivíduos nas classes menores resulta em um tamanho médio menor.

Dessa forma, os resultados encontrados para os reservatórios neotropicais condizem com os padrões observados nos grandes rios franceses e identificam a temperatura como um fator preponderante na estruturação das assembleias de peixes em relação aos espectros de tamanho. No entanto, estudos adicionais em reservatórios distribuídos em ampla região geográfica, empregando a abordagem de espectros de tamanho para superar as diferenças taxonômicas, são de extrema importância para auxiliar na elucidação dos mecanismos estruturadores das assembleias de peixes.

5. REFERÊNCIAS

- Abelha, M. C. F., A. A. Agostinho & E. Goulart. 2001. Plasticidade trófica em peixes de água doce. *Acta Scientiarum*, 23 (2): 425-434.
- Angelini, R. & L. C. Gomes. 2008. O artesão de ecossistemas: construindo modelos com dados. Editora Eduem, Maringá. 173 p.
- Angermeier, P. L. & M. R. Winston. 1998. Local vs. regional influences on local diversity in stream fish communities of Virginia. *Ecology*, 79: 911-927.

- Agostinho, A. A.; L. C. Gomes & F. M. Pelicice. 2007. Os Reservatórios Brasileiros e sua Ictiofauna. Pp. 39-97. In: *Ecologia e Manejo de Recursos Pesqueiros em Reservatórios do Brasil*. EDUEM, Maringá, 501 p.
- Agostinho, A. A., F. M. Pelicice & L. C. Gomes. 2008. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. *Brazilian Journal of Biology*, vol.68, nº4, 1119-1132.
- 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. ; Straskraba, M. (Ed). *Theoretical reservoir ecology and its applications*. São Carlos: International Institute of Ecology, 585 p.
- Araújo-Lima, C. A .R. M., A. A. Agostinho & N. N. Fabr e. 1995. Trophic aspects of fish communities in Brazilian rivers and reservoirs. Pp. 105-136 In: *Limnology in Brazil* (J.G. Tundisi, C.E.M. Bicudo & T. Matsumura-Tundisi, eds.). ABC/SBL, Rio de Janeiro, 384 p.
- Barbosa, F. A. R., J. Padis ak & E. L. G. Esp ndola, O. Rocha. 1999. The cascading reservoir continuum concept (CRCC) and its application to the river Tiet -basin, São Paulo State, Brazil. Pp. 425-437. In: J. G. Tundisi & M. Stra kraba (eds.), *Theoretical Reservoir Ecology and its applications*. Carlos: International Institute of Ecology, 585p.
- Barbanti, L., A. Calderoli, R. De Bernardi, G. Giussani & P. Guilizzoni. 1993. Acque lacustre. In: R. Marchetti. *Citt  Studi. Ecologia applicata*. Milano, p.220-262.
- Boudreau, P. R., L. M. Dickie & S. R. Kerr. 1991. Body-size spectra of production and biomass as system-level indicators of ecological dynamics. *Journal Theoretical Biology*. 152: 329-339 p.
- Brett, J. R. S. 1979. Environmental factors and growth. In: Hoar, W. S.; Randall, D. J., Brett, J. R. (Eds.) *Fish physiology*. New York: Academic Press, 1979. 8: 599-675.
- Carol, J., L. Benejam, C. Alcaraz, A. Vila-Gispert, L. Zamora, E. Navarro, J. Armengol & E. García-Bethou. 2006. The effects of limnological features on fish assemblages of 14 Spanish reservoirs. *Ecology of Freshwater Fish*, 15, 66–77
- Casatti, L., H. F. Mendes & K. M. Ferreira. 2003. Aquatic macrophytes as feeding site for small fishes in the Rosana Reservoir, Paranapanema River, southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 63(2): 213-222
- Companhia Paranaense de Energia – Copel, 2009. Centro de Opera o da Gera o. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/acopel/atuacaoGer.jsp>>. Acesso: 14 de julho de 2011.
- Daufresne M. & P. Bo t. 2007. Climate change impacts on structure and diversity of fish communities in rivers. *Global Change Biology*. 13: 2467–2478.
- Dickie, L. M., S. R. Kerr & P. R. Boudreau. 1987. Size-dependent processes underlying regularities in ecosystem structure. *Ecological Monographs*, 57:233-250.
- Echevarría, F. & J. Rodríguez. 1994. The size structure of plankton during a deep bloom in a stratified reservoir. *Hydrobiologia*, 284:113-124.
- Esteves, F. A 1988. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Editora Interciência;574p.
- Fernandes, R.. 2009. Efeitos da regula o do nível hidrométrico sobre a dinâmica temporal de espectros de tamanho de peixes de um reservatório neotropical. Tese (doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais), Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 32 p.

- Fernando, C. H. & J. Holcik. 1991. Fish in reservoir. *Internationale Revue gesamten Hydrobiologie*, 76: 149-167.
- Ferreira, E. A. 2008. Influência de fatores locais e regionais sobre a abundância de guildas reprodutivas e tróficas de peixes em reservatórios do Estado do Paraná. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos), Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 30p.
- Godinho F.N., M. T. Ferreira & M. C. Portugal. 1998. Fish assemblage composition in relation to environmental gradients in Portuguese reservoirs. *Aquatic Living Resources*, 11: 325–334.
- Gomes, L. S. & L. E. Miranda. 2001. Riverine characteristics dictate composition of fish assemblages and limit fisheries in reservoir of the upper Paraná river basin. *Regulated Rivers: Research & Management*, 17: 67-76.
- Han, B. P. & M. Straskraba. 1998. Size dependence of biomass spectra and population density I. The effects of size scales and size intervals. *Journal of Theoretical Biology*, 191:259-265.
- Hoeinghaus D .J., K. O. Winemiller & J. S. Birnbaum. 2006. Local and regional determinants of stream fish assemblage structure: inferences based on taxonomic vs. functional groups. *Journal of Biogeography*, 34: 324-338
- Hutchinson, G. E. 1975. A treatise on limnology. New York: John Wiley & Sons: Limnological botany. 3:660p.
- Julio Jr. H. F.; S. M. Thomaz, A. A. Agostinho & J. D. Latini. 2005. Distribuição e caracterização dos reservatórios. Pp: 1-16. In: Rodrigues, L., S. M. Thomaz S. M., A. A. Agostinho, L. C. Gomes. *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais*. São Carlos, Editora Rima, 333p.
- Knouft, J. H. 2004. Latitudinal variation in the shape of the species body size distribution: an analysis using freshwater fishes. *Oecologia* 139:408-417.
- Kimmel, B. L., O. T. Lind. & L. J. Paulson. 1990. Reservoir Primary Production. Pp: 133-193 In: Thornton, K. W., Kimmel, B. L. & E., P. F. (Ed.). *Reservoir Limnology – Ecological Perspectives*. New York: John Wiley & Sons, Inc, 246p.
- Luiz, E. A., L. C. Gomes., A. A. Agostinho & C. K. Bulla. 2003. Influência de processos locais e regionais nas assembléias de peixes em reservatórios do estado do Paraná, Brasil. *Acta Scientiarum: Biological Sciences*, Maringá, 25(1): 107-114.
- Lucas, A. F. B., M. da C. Nascimento & J. S. Colares de Melo. 1988. Variação nictemeral e sazonal em viveiros e tanques do CEPTA. *Boletim Técnico do CEPTA*, 1(2): 37-45.
- Marchetti, R. 1989. *L'eutrofizzazione: Un processo degenerativo delle acque*. Milano, Franco Angeli. 315 p.
- Marsh-Matthews E. & J. W. Matthews. 2000. Geographic, terrestrial and aquatic factors: which most influence the structure of stream fish assemblages in the midwestern United States? *Ecology of Freshwater Fish*, 9: 9-21.
- Marques, E. E. , A. A. Agostinho, A. A. Sampaio & C. S. Agostinho. 1992. Alimentação, evacuação gástrica e Cronologia da digestão de Jovens de pintado *Pseudoplatystoma corruscans* (Siluriformes, Pimelodidae) e suas relações com a Temperatura Ambiente . *Revista Unimar*, Maringá 14: 207 - 221
- McCune, B. & J. B. Grace. 2002. *Analysis of ecological communities*. Oregon, MJM, 300p.

- Miranda, L. & S. Raborn. 2000. –From zonation to connectivity :fluvial ecology paradigms of the 20th century. *Polskie. Archiwun Hydrobiologi*, 47: 5-19.
- Miranda, L. E., M. Habrat & S. Miyazono. 2008. Longitudinal gradients along a reservoir cascade. *Transactions of the American Fisheries Society*, 137:1851-1865
- Ney, J. J. 1996. Oligotrophication and its discontents: effects of reduced nutrient loading on reservoir fisheries. *American Fisheries Society. Symposium*, 16:285–295.
- Okada, E. K.; A. A. Agostinho & L. C. Gomes. 2005. Spatial and temporal gradients in artisanal fisheries: a case study of the Itaipu Reservoir, Brazil. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 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., C. V. Minte-Vera, E. Goulart. 2005. Structure of fish assemblages along spatial gradients in a deep subtropical reservoir (Itaipu Reservoir, Brazil-Paraguay border). *Environmental Biology of Fishes*. 72: 283-304.
- Pelicice, F. M., A. A. Agostinho & S. M. Thomaz. 2005. Fish assemblages associated with *Egeria* in a tropical reservoir: investigating the effects of plant biomass and diel period. *Acta Oecologica*, 27(1): 9-16.
- Petesse, M. L. 2006. Caracterização da ictiofauna da Represa de Barra Bonita (SP) e adaptação do índice de integridade biótica (IIB). Tese Doutorado apresentado ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista. 256p.
- Petry, A. C., A. A. Agostinho, P. A. Piana, & L. C. Gomes. 2007. Effects of temperature on prey consumption and growth in mass of juvenile trahira *Hoplias aff. malabaricus* (Bloch, 1794). *Journal of Fish Biology*, 70:1855-1864
- Piana, P. A., G. Baumgartner, G. & L. C. Gomes, L. C. 2003. Influência da Temperatura sobre o desenvolvimento de juvenis da piapara (*Leporinus . cf obtusidens*). *Acta Scientiarum: Ciências Biológicas* 25:87-94 .
- Robinson C. L. K. & W. M. Tonn.1989. Influence of environmental factors and piscivory in structuring fish assemblages of small Alberta lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 46: 81-89.
- Rodríguez, M. A. & W. M. Lewis JR. 1997. Structure of fish assemblages along environmental gradients in floodplain lakes of the Orinoco River. *Ecological Monographs* (67) 1: 109-128.
- Sheldon, R. W., A. Prakash & W. F. Sutcliffe Jr. 1972. The size distribution of particles in the ocean. *Limnology And Oceanography*, 17:323-340.
- Sprules, W. G., J. M. Casselman & B. J. Shuter. 1983. Size distribution of pelagic particles in lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 40:1761-1769.
- 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. Pp: 233-248. In: *Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos* (R. Henry, org.). São Carlos, RIMA, 360p.
- StatSoft, Inc. (2005). *STATISTICA* (data analysis software system), version 7.1. www.statsoft.com

Tonn W. M. & J. J. Magnuson. 1982. Patterns in the species composition and richness of fish assemblages in northern Wisconsin lakes. *Ecology*, 63: 1149-1116.

Vaux, P., L. Paulsen, R. Axler, & S. Leavitt. 1995. Water quality implications of artificially fertilizing a large desert reservoir for fisheries enhancement. *Water Environment Research* 67:189–200

Vidondo, B., Y. T. Prairie, J. M. Blanco & C. M. Duarte. 1997. Some aspects of the analysis of size spectra in aquatic ecology. *Limnology And Oceanography* 42:184-192.