



FRANCISCO ALEXANDRE COSTA SAMPAIO

**INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DE VAZÕES
SOBRE A COMUNIDADE DE PEIXES A
JUSANTE DE UM RESERVATÓRIO
BRASILEIRO**

LAVRAS – MG

2013

FRANCISCO ALEXANDRE COSTA SAMPAIO

**INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DE VAZÕES SOBRE A COMUNIDADE
DE PEIXES A JUSANTE DE UM RESERVATÓRIO BRASILEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais em Ecossistemas Fragmentados e Agrossistemas, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Paulo dos Santos Pompeu

LAVRAS – MG

2013

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Sampaio, Francisco Alexandre Costa.

Influência da variação de vazões sobre a comunidade de peixes
a jusante de um reservatório brasileiro / Francisco Alexandre Costa
Sampaio. – Lavras : UFLA, 2013.

177 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Paulo dos Santos Pompeu.

Bibliografia.

1. Rio Grande. 2. Oscilação de vazão. 3. Regime de vazões. 4.
Reservatórios. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 574.52632

FRANCISCO ALEXANDRE COSTA SAMPAIO

**INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DE VAZÕES SOBRE A COMUNIDADE
DE PEIXES A JUSANTE DE UM RESERVATÓRIO BRASILEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais em Ecossistemas Fragmentados e Agrossistemas, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 28 de fevereiro de 2013.

Dr. Hugo Pereira Godinho	UFMG
Dr. Luiz Gustavo Martins da Silva	UFSJ
Dr. Marcelo Passamani	UFLA
Dra. Alessandra Angélica de Pádua Bueno	UFLA

Dr. Paulo dos Santos Pompeu
Orientador

LAVRAS – MG

2013

AGRADECIMENTOS

Ao final deste estudo, assim como de qualquer outra grande empreitada em nossas vidas, invariavelmente, surgem situações que soam como um balanço dos fatos ocorridos. Passados esses quatro anos, após uma longa espera para iniciar o projeto, uma coleta de dados extremamente prazerosa, mudança de cidade (e uma reviravolta completa de vida), seguida de infindáveis horas de computador, além de tantas outras coisas, o saldo é com toda a certeza muito positivo, contando, principalmente, pelos aprendizados adquiridos. Além disso, a experiência acadêmica, pessoal e interpessoal foi, também, muito grande.

Para chegar a esse “saldo positivo”, inúmeras foram as contribuições de muitas pessoas que, certamente, possibilitaram a construção deste produto e de todo o processo.

Agradeço ao meu orientador Paulo Pompeu, pela orientação, ensinamentos e convivência diária, com muita paciência, boa vontade e disposição para solucionar as minhas tantas dúvidas em ictiologia, hidráulica, estatística, dentre outras. Um entusiasta nato, com grandes ideias e uma enorme capacidade de agregar pessoas! Obrigado pelo incentivo e apoio em determinados momentos como o do concurso. Certamente você foi e é um grande orientador. Muito obrigado, Poms!

Ao prof. Marcos Callisto e toda a equipe da UFMG, parceiros durante todo o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço ao Taynan Tupinambás, Juliana França, Diego Castro, Débora Regina, Rafael Ligeiro, Wander Ribeiro, Luciana Gandra, Diego Macedo (também pelo mapa da área de estudos), Kele Rocha, Stella Biondi, Thiago Angueth, Paula e vários outros colaboradores presentes nas coletas. Agradeço a todos pela colaboração nos trabalhos e,

também, pelos momentos de entrosamento e descontração que amenizaram o esforço do campo.

À Hersília de Andrade e Santos e sua aluna, a Laura Soares, que enriqueceram todo o projeto com a abordagem hidrológica.

Ao pessoal do Laboratório de Ictiologia, pois sem o valioso auxílio de todos não teria sido possível realizar as coletas. Obrigado a Fábio Suzuki, Ludmila Zambaldi, Cecília Leal, Rafael Rosa, Nara Tadini, Lucas Vilela, Ivo Gavião, Ruanny Casarim, Daniela Fagundes, Marina Lopes, Sarah Saraiva, Igor Borato, Ceceo Chaves, Victor Gomes e Marcos. Agradecimentos especiais a Cíntia Veloso, Miriam Castro e Thais Yumi.

Aos biólogos, Fábio Vieira e Carlos Bernardo Mascarenhas Alves.

Ao Robert Hughes, que todos nós, carinhosamente, chamamos de Bob.

À Direção do Instituto Federal Baiano, *Campus* Guanambi, por permitir conciliar o doutorado com minhas atividades no Instituto.

À CEMIG e, especialmente ao Sr. André Cavallari, pelo empenho e acessibilidade em nos atender; ao Rander Tostes, pela gerência do P&D e toda a equipe do Peixe Vivo.

A UHE Itutinga, pelo apoio e empenho dos gestores dedicados ao projeto.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, bem como aos professores e alunos do curso.

À Carla Ribas e Julio Louzada pelas contribuições ao projeto de qualificação.

Agradeço, previamente, aos membros da banca, pela participação e pelas contribuições futuras.

Aos pescadores Tião Nascimento e Tião Lopes. À Lucia que cuidou de nós e da nossa alimentação por todo esse período e ao Totonho pela infraestrutura.

Agradeço aos meus familiares, pelo apoio constante, por acreditar sempre e, principalmente, pela compreensão dos momentos privados do convívio.

Ao Renato de Oliveira, tenho muito a agradecer e, também, a me desculpar pela ausência. Muito obrigado, de coração!

À Carol Lescura, minha quase irmã, agradeço pelo companheirismo, pela amizade, lealdade, pelas conversas demoradas à mesa do café, pelas risadas e lembranças de uma vida toda...

Aos meus amigos: Dilurdes, Zé Ferreira, Sr. Ismael, Sr. Vicente, Márcia, Lenira, Dona Marlene, Ivinho, Tida e outros muitos, pelos bons momentos partilhados na casa da Di, nos cafés, nas jantadas, nas conversas carregadas de ensinamentos simples, mas de muito valor moral. Agradeço pelas ocasiões que me encorajaram e deram-me ânimo para seguir em frente. Agradecimentos especiais à Di e ao Sr. Ismael.

À Dona Erilda, pela amizade e cuidado que surpreendem, colocando-nos (Carol e eu) como pessoas da família.

Em Lavras, talvez pela distância da família ou por sorte da minha parte, encontrei na Dilurdes, no Sr. Ismael e na D. Erilda a verdadeira representação de fraternidade.

E, finalmente, mas não por último, reconheço e agradeço a Deus por tudo que me proporcionou, a exemplo das pessoas citadas acima e tantas outras que tive a oportunidade de encontrar pelo caminho.

RESUMO GERAL

A vazão é considerada como um dos principais elementos que garantem as funções ecológicas de um rio e a manutenção da sua biodiversidade. Alterações no regime de vazões têm alterado, severamente, seu funcionamento, com consequências para toda a biota aquática, principalmente os peixes. Visando atenuar tais alterações, em vários estudos há indicações de medidas que assegurem a manutenção do regime natural de vazões para a preservação da biodiversidade. No presente trabalho, foram avaliadas as influências de diferentes regimes de vazão sobre a ictiofauna do rio Grande, a jusante da UHE Itutinga, bem como a avaliação de diferentes métodos de amostragem (redes de emalhar e de arrasto). Foram testados os efeitos de diferentes vazões controladas, experimentalmente, na seca e na chuva, bem como o efeito de flutuação de vazão, simulando a operação em ponta, nestas duas estações. Parâmetros, como captura por unidade de esforço em biomassa e número de indivíduos e riqueza de espécies, foram utilizados como respostas das comunidades de peixes frente às vazões controladas. Foram capturadas 48 espécies de peixes na área de estudo. No entanto, apesar do grande esforço de pesca empregado (30 conjuntos de redes e 30 arrastos por estação), a curva cumulativa de espécies não estabilizou. De maneira geral, na chuva, vazões intermediárias possibilitaram maiores capturas enquanto que, na seca, as comunidades se mostraram mais sensíveis à redução de vazão. A flutuação de vazões, também, apresentou respostas distintas entre estações, sendo mais danosa na estação seca, quando provocou a diminuição das capturas, em especial das espécies reofílicas. O aumento do esforço de pesca nos trabalhos de inventário em rios de mesmo porte, o cuidado com a manutenção de vazões reduzidas, durante a seca e a atenuação das flutuações por operação em ponta nesta mesma época podem ser apontadas como principais recomendações deste estudo.

Palavras-chave: Oscilação de vazão. Rio Grande. Comunidade de peixes. Reservatórios. Regime de vazões.

GENERAL ABSTRACT

The flow is considered as one of the main element which guarantees the ecological functions of a river and the maintenance of its biodiversity. Alterations in the flow regime have severely altered in functioning, with consequences to all the aquatic biota. Aiming at mitigating such alterations, many studies have indicated measures which ensure the maintenance of the natural flow regimes for the preservation of biodiversity. In the present study, we evaluated the influences of different flow regimes over the ichthyofauna of the Rio Grande, downstream of the Itutinga DAM, as well as the different sampling methods (drift nets and trawls). We tested, experimentally, the effects of different controlled flows in the drought and in the rain, as well as the flow fluctuation effect, simulating the hydropeaking operation, in both seasons. Parameters such as capture by biomass effort unit the number of individuals and species richness were used as responses of the fish communities regarding the controlled flows. We captured 48 fish species in the study area. However, despite the great effort employed in fishing (30 sets of nets and 30 trawls per season), the species cumulative curve did not stabilize. In general, during the rainy season, intermediate flows allowed larger captures while, in the drought, the communities were more sensitive to the reduction of flow. The flow fluctuation also presented distinct responses between seasons, being more damaging during the drought, causing decrease of the captures, especially of the reophylic species. The increase in fishing effort in the inventory works in rivers of the same size, the care with the flow maintenance reduced during drought, and the mitigating of the fluctuations by hydropeaking operation in this same time period may be appointed as main recommendations of this study.

Keywords: Flow oscillation. Rio Grande. Fish community. Reservoirs. Flow regimes.

LISTA DE FIGURAS

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

ARTIGO 1

- Figura 1 Localização das áreas de amostragem no rio Grande, a jusante da UHE Itutinga, MG..... 35
- Figura 2 Curva cumulativa de espécies (Mao Tau) na estação chuvosa, a partir das amostragens com redes de emalhar (2 conjuntos), durante 15 dias consecutivos, a jusante da UHE Itutinga. SObs = riqueza observada..... 42
- Figura 3 Curva cumulativa de espécies (Mao Tau) na estação seca, a partir das amostragens com redes de emalhar (2 conjuntos), durante 15 dias consecutivos, a jusante da UHE Itutinga. SObs = riqueza observada..... 43
- Figura 4 Curva cumulativa de espécies no período matutino na estação chuvosa, amostrada com rede de emalhar, a jusante da UHE Itutinga..... 47
- Figura 5 Curva cumulativa de espécies no período noturno na estação chuvosa, amostrada com rede de emalhar, a jusante da UHE Itutinga..... 48
- Figura 6 Curva cumulativa de espécies no período diurno na estação seca, amostrada com rede de emalhar, a jusante da UHE Itutinga 49
- Figura 7 Curva cumulativa de espécies no período noturno na estação seca, amostrada com rede de emalhar, a jusante da UHE Itutinga... 50
- Figura 8 Riqueza observada percentual amostrada com redes de emalhar (malha 2.4), durante 15 dias consecutivos, a jusante da UHE Itutinga..... 51

Figura 9	Riqueza observada percentual amostrada com redes de emalhar (malha 3), durante 15 dias consecutivos, a jusante da UHE Itutinga.....	52
Figura 10	Riqueza observada percentual amostrada com redes de emalhar (malha 4), durante 15 dias consecutivos, a jusante da UHE Itutinga.....	53
Figura 11	Riqueza observada percentual amostrada com redes de emalhar (malha 5), durante 15 dias consecutivos, a jusante da UHE Itutinga.....	54
Figura 12	Riqueza observada percentual amostrada com redes de emalhar (malha 6), durante 15 dias consecutivos, a jusante da UHE Itutinga.....	55
Figura 13	Riqueza observada percentual amostrada com redes de emalhar (malha 7), durante 15 dias consecutivos, a jusante da UHE Itutinga.....	56
Figura 14	Riqueza observada percentual amostrada com redes de emalhar (malha 8), durante 15 dias consecutivos, a jusante da UHE Itutinga.....	57
Figura 15	Riqueza observada percentual amostrada com redes de emalhar (malha 10), durante 15 dias consecutivos, a jusante da UHE Itutinga.....	58
Figura 16	Riqueza observada percentual amostrada com redes de emalhar (malha 12), durante 15 dias consecutivos, a jusante da UHE Itutinga.....	59
Figura 17	Riqueza observada percentual amostrada com redes de emalhar (malha 14), durante 15 dias consecutivos, a jusante da UHE Itutinga.....	60

Figura 18	Riqueza observada percentual amostrada com redes de emalhar (malha 16), durante 15 dias consecutivos, a jusante da UHE Itutinga.....	61
Figura 19	Riqueza de espécies de peixes por tamanho da rede de emalhar, obtida pelo estimador Mao Tau, na estação chuvosa	62
Figura 20	Riqueza de espécies de peixes por tamanho da rede de emalhar, obtida pelo estimador Mao Tau, na estação seca	63
Figura 21	Riqueza total de espécies amostrada com rede de arrasto na estação seca, a jusante da UHE Itutinga	66
Figura 22	Riqueza total de espécies amostrada com rede de arrasto na estação chuvosa, a jusante da UHE Itutinga	67
Figura 23	Riqueza de espécies amostrada com rede de arrasto no período da manhã na estação chuvosa, a jusante da UHE Itutinga	68
Figura 24	Riqueza de espécies amostrada com rede de arrasto no período da tarde na estação chuvosa, a jusante da UHE Itutinga	69
Figura 25	Riqueza de espécies amostrada com rede de arrasto no período da noite na estação chuvosa, a jusante da UHE Itutinga	70
Figura 26	Riqueza de espécies amostrada com rede de arrasto no período da manhã na estação seca, a jusante da UHE Itutinga	71
Figura 27	Riqueza de espécies amostrada com rede de arrasto no período da tarde na estação seca, a jusante da UHE Itutinga	72
Figura 28	Riqueza de espécies amostrada com rede de arrasto no período da noite na estação seca, a jusante da UHE Itutinga	73
Figura 29	Riqueza observada percentual amostrada com redes de arrasto nos três períodos do dia (M, T, N), durante a estação chuvosa, a jusante da UHE Itutinga	74

Figura 30	Riqueza observada percentual amostrada com redes de arrasto nos três períodos do dia (M, T, N), durante a estação seca, a jusante da UHE Itutinga	75
-----------	---	----

ARTIGO 2

Figura 1	Localização das áreas de amostragem no rio Grande, a jusante da UHE Itutinga, MG.....	95
Figura 2	Valores de vazão adotados nas campanhas de chuva (linha tracejada azul) e seca (linha tracejada vermelha), considerando os registros históricos do rio Grande, a jusante da UHE Itutinga, MG.	96
Figura 3	Ordenação NMDS da comunidade de peixes nos diferentes regimes de vazão (números) nas estações seca e chuvosa (coeficiente de similaridade de Bray-Curtis a jusante da UHE Itutinga)	106
Figura 4	Riqueza de espécies (S) de peixes amostrada no período chuvoso com vazões fixas, a jusante da UHE Itutinga. (jan/10 – 327; mar/10 – 96; mar/11 – 222; nov/11 – 110 m ³ /s)	107
Figura 5	Riqueza de espécies (S) de peixes amostrada no período seco com vazões fixas, a jusante da UHE Itutinga. (jul/10 – 108; out/10 – 76; jun/11 – 109; ago/11 – 65 m ³ /s).....	108
Figura 6	Riqueza observada (percentual) de espécies de peixes amostrados no período chuvoso com vazões fixas, a jusante da UHE Itutinga.	109
Figura 7	Riqueza observada (percentual) de espécies de peixes amostrados no período seco com vazões fixas, a jusante da UHE Itutinga	110
Figura 8	Captura por unidade de esforço (CPUEn) de peixes amostrados por arrasto, durante a estação seca com vazões fixas, a jusante da UHE Itutinga.....	112

Figura 9	Captura por unidade de esforço (CPUE _n) de peixes amostrados por arrasto, durante a estação chuvosa com vazões fixas, a jusante da UHE Itutinga	113
Figura 10	Captura por unidade de esforço (CPUE _b) de peixes amostrados por arrasto, durante a estação seca com vazões fixas, a jusante da UHE Itutinga. Diferenças significativas expressas pelas letras A e B	114
Figura 11	Captura por unidade de esforço (CPUE _b) de peixes amostrados por arrasto, durante a estação chuvosa com vazões fixas, a jusante da UHE Itutinga	115
Figura 12	Riqueza de espécies de peixes amostrados por arrasto, durante a estação chuvosa com vazões fixas, a jusante da UHE Itutinga. Diferenças significativas expressas pelas letras A, B e C.....	116
Figura 13	Riqueza de espécies de peixes amostrados por arrasto, durante a estação seca com vazões fixas, a jusante da UHE Itutinga. Diferenças significativas expressas pelas letras A, B e C.....	117
Figura 14	Ordenação NMDS da comunidade de peixes comparando as estações seca e chuvosa (coeficiente de similaridade de Bray-Curtis) a jusante da UHE Itutinga	118
Figura 15	Ordenação NMDS da comunidade de peixes nas vazões de seca (coeficiente de similaridade de Bray-Curtis) a jusante da UHE Itutinga. 1 - 65 m ³ /s; 2 - 76 m ³ /s; 3 - 108 m ³ /s; 4 - 109 m ³ /s	119
Figura 16	Ordenação NMDS da comunidade de peixes nas vazões de chuva (coeficiente de similaridade de Bray-Curtis) a jusante da UHE Itutinga. 1 - 96 m ³ /s; 2 - 110 m ³ /s; 3 - 222 m ³ /s; 4 - 327 m ³ /s.....	120

ARTIGO 3

Figura 1	Localização das áreas de amostragem no rio Grande, a jusante da UHE Itutinga, MG.....	143
Figura 2	Representação do delineamento amostral da estação chuvosa indicando o período anterior às coletas (30 dias com vazão fixa) e os períodos 1 (vazão fixa) e 2 (flutuação) com 5 dias cada, realizado no rio Grande à jusante da UHE Itutinga.....	144
Figura 3	Ordenação de NMDS (nonmetric multidimensional scaling) baseada na similaridade (Bray-Curtis) da comunidade de peixes nas estações chuvosa e seca sob diferentes regimes de vazão. Círculos contínuos indicam vazão fixa e tracejados flutuação	152
Figura 4	Captura por unidade de esforço em número de indivíduos (CPUE _n) de peixes amostrados no período chuvoso, a jusante da UHE Itutinga.....	154
Figura 5	Captura por unidade de esforço em biomassa (CPUE _b) de peixes amostrados no período chuvoso, a jusante da UHE Itutinga	155
Figura 6	Captura por unidade de esforço em número de indivíduos (CPUE _n) de peixes amostrados no período seco, a jusante da UHE Itutinga.....	156
Figura 7	Captura por unidade de esforço em biomassa (CPUE _b) de peixes amostrados no período seco, a jusante da UHE Itutinga	157
Figura 8	Riqueza de espécies de peixes amostrados no período chuvoso, a jusante da UHE Itutinga	160
Figura 9	Riqueza de espécies de peixes amostrados no período seco, a jusante da UHE Itutinga	161

Figura 10 Ordenação de NMDS (nonmetric multidimensional scaling) baseada na similaridade (Bray-Curtis) das comunidades de peixes amostradas com rede de arrasto no período noturno (22h), nas estações seca e chuvosa, a jusante da UHE Itutinga. Linhas contínuas (1) indicam vazões fixas e pontilhadas (2) flutuação..... 162

LISTA DE TABELAS

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

ARTIGO 1

- Tabela 1 Lista de espécies de peixes coletadas no rio Grande a jusante do reservatório de Itutinga, MG, nas estações de chuva e seca, por meio de redes de emalhar e de arrasto. Símbolos indicam: espécies exclusivas de rede de arrasto (*), e de emalhar (●), presença (+) e ausência (-) por estação ou rede. Guildas (para redes de emalhar): migradores (M), lênticos (L) e reofílicos (R) tendo como principal referência Graça e Pavanelli (2007)..... 39
- Tabela 2 Riqueza observada (Mao Tau) e valor dos estimadores obtidos no programa EstimateS para a ictiofauna amostrada no rio Grande com diferentes tamanhos de rede de emalhar 45
- Tabela 3 Riqueza observada (Mao Tau) e valor dos estimadores obtidos no programa EstimateS para a ictiofauna amostrada no rio Grande com rede de arrasto 46
- Tabela 4 Lista de espécies de peixes coletadas com rede de arrasto no rio Grande, jusante da UHE Itutinga, MG nas estações chuvosa e seca. Espécies em negrito são exclusivas de cada estação..... 65

ARTIGO 2

- Tabela 1 Média e desvio padrão (entre parênteses) dos parâmetros avaliados da ictiofauna amostrada no Rio Grande, jusante da UHE Itutinga, sob diferentes vazões na estação chuvosa. Valores significativos indicados por asterisco 101

Tabela 2	Média e desvio padrão (entre parênteses) dos parâmetros avaliados da ictiofauna amostrada no Rio Grande, jusante da UHE Itutinga, sob diferentes vazões na estação seca. Valores significativos indicados por asterisco.....	102
Tabela 3	Composição de espécies, abundância e cumulativo percentual da ictiofauna, capturada no rio Grande, a jusante da UHE Itutinga, nos períodos de chuva e seca com vazão fixa (SIMPER).....	104
Tabela 4	Porcentagem de similaridade (SIMPER) das espécies de peixes, capturadas com redes de arrasto no rio Grande, nas estações de chuva e seca	118
Tabela 5	Porcentagem de similaridade da ictiofauna, capturada nas vazões de chuva, a jusante da UHE Itutinga	121

ARTIGO 3

Tabela 1	Valor médio e desvio padrão (entre parênteses) dos parâmetros avaliados para a ictiofauna no período chuvoso (janeiro) com flutuação de vazão (comparados por teste T – amostras dependentes). * Diferenças significativas.....	148
Tabela 2	Valor médio e desvio padrão (entre parênteses) dos parâmetros avaliados para a ictiofauna no período seco (julho) com flutuação de vazão (comparados por teste T – amostras dependentes). * Diferenças significativas.....	149
Tabela 3	Composição de espécies, abundâncias médias e cumulativa percentual da ictiofauna, capturada no rio Grande, nos períodos chuvoso e seco nos período com vazão fixa (1) e com flutuação (2).....	151

Tabela 4	Valor médio e desvio padrão (entre parênteses) da CPUEn e CPUEb amostrada no período úmido com redes de arrasto a jusante da UHE Itutinga	153
Tabela 5	Valor médio e desvio padrão (entre parênteses) da CPUEn e CPUEb amostrada no período seco com redes de arrasto a jusante da UHE Itutinga	155
Tabela 6	Composição de espécies, abundâncias médias e cumulativa percentual da ictiofauna, capturada no rio Grande, nas estações de chuva (1) e seca (2), capturadas por rede de arrasto	159
Tabela 7	Composição de espécies, abundâncias médias e cumulativa percentual da ictiofauna, capturada no rio Grande, nos períodos com e sem flutuação, com rede de arrasto	159

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	21
1	INTRODUÇÃO GERAL	21
2	REFERENCIAL TEÓRICO	23
	REFERÊNCIAS	26
	SEGUNDA PARTE - ARTIGOS	28
	ARTIGO 1 Ictiofauna do Alto Rio Grande: riqueza de espécies e esforço de captura a jusante da UHE Itutinga, Minas Gerais	28
1	INTRODUÇÃO	30
2	METODOLOGIA	34
2.1	Área de estudo	34
2.2	Amostragem	35
2.3	Análises	36
3	RESULTADOS	38
3.1	Rede de emalhar	38
3.2	Rede de arrasto	63
4	DISCUSSÃO	76
4.1	Rede de emalhar	77
4.2	Rede de arrasto	80
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
	REFERÊNCIAS	84
	ARTIGO 2 Análise de diferentes regimes de vazão sobre a comunidade de peixes a jusante da UHE Itutinga, Rio Grande, MG	89
1	INTRODUÇÃO	91
2	METODOLOGIA	95
2.1	Área de Estudo	95
2.2	Valores de vazões	95
2.3	Amostragem	96
2.4	Análises	99
3	RESULTADOS	100
3.1	Redes de emalhar	100
3.2	Redes de Arrasto	110
4	DISCUSSÃO	122

4.1	Rede de emalhar	122
4.2	Redes de Arrasto	126
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	129
	REFERÊNCIAS	132
	ARTIGO 3 A influência de flutuações diárias de vazão sobre a comunidade de peixes a jusante da UHE Itutinga, Rio Grande, MG	136
1	INTRODUÇÃO	138
2	METODOLOGIA	142
2.1	Área de Estudo	142
2.2	Valores de vazões.....	143
2.3	Amostragens	144
2.4	Análises	146
3	RESULTADOS	148
3.1	Redes de emalhar	148
3.2	Rede de Arrasto.....	152
4	DISCUSSÃO.....	163
4.1	Rede de emalhar	163
4.2	Rede de arrasto.....	169
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	172
	REFERÊNCIAS	174

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO GERAL

A vazão, também denominada por fluxo neste trabalho, constitui um dos principais elementos de um rio. A presente tese foi realizada com o objetivo de tratar dos efeitos da variação da vazão no rio Grande, a jusante da UHE Itutinga, sul de Minas Gerais. Vazões de diferentes valores foram manejadas, durante dois anos hidrológicos, visando identificar as influências dessa variação sobre as comunidades de peixes. Descritores como captura por unidade de esforço, expressa em número de indivíduos e biomassa (CPUEn e CPUEb) e riqueza (S) foram utilizados para avaliar as respostas da ictiofauna diante das diferentes vazões. Estes descritores foram avaliados em duas estações, a seca e a chuvosa, ao longo do período de estudos.

No primeiro capítulo descreve-se a riqueza de espécies capturadas na área de estudo, apresenta-se uma lista destas e os métodos de captura utilizados. Abordam-se aspectos do esforço de captura empregado, durante todo o período de coletas e, por meio de estimadores de riqueza, avalia-se a riqueza de espécies capturadas dentre aquelas estimadas.

O segundo artigo é referente ao manejo de vazões controladas. Estas foram avaliadas em oito campanhas de cinco dias de duração cada. A definição dos valores de vazão foi baseada em registros históricos para a área. Foram considerados aqueles valores condizentes com a época da campanha, contemplando períodos de chuva e seca. Em cada estação foram adotados valores que representassem vazões intermediárias e aquelas próximas à mínima e à máxima histórica.

No terceiro e último artigo avaliaram-se os efeitos da operação em ponta sobre a comunidade de peixes, na qual as vazões oscilaram diariamente entre 18

e 22 horas, com um incremento de vazão simulando uma operação em ponta. A vazão do rio passou de 380 para 480 m³/s, durante o período de flutuação, no mês de janeiro e de 100 para 170 m³/s, em julho de 2010.

Estudos envolvendo as vazões como mecanismos para a restauração e conservação dos rios são de grande importância, em virtude dos recorrentes impactos e da carência de conhecimentos para contorná-los. Neste sentido, no presente estudo busca-se contribuir para o entendimento das variações de vazões no rio Grande, a jusante do reservatório de Itutinga. Além disso, esta tese consiste em um trabalho inovador por representar um experimento pioneiro em que foi avaliada a influência dos diferentes regimes de vazões sobre a biota aquática, especialmente, os peixes, contribuindo numa área carente de informações. Deve ser mencionado, ainda, o fato de este estudo ser o primeiro a contar com uma empresa de energia (Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG) disposta a manejar as vazões de um de seus reservatórios para permitir a execução de um experimento dessa magnitude.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A legislação brasileira reconhece a água como um bem público, limitado e dotado de valor econômico. Dessa forma, sua gestão deve focar aspectos amplos, que incluam toda bacia hidrográfica, assegurando o seu aproveitamento múltiplo e conservação. Dentre estes aspectos do manejo, o estudo das vazões tem contribuído na instrumentação de medidas atenuantes dos impactos gerados pelos represamentos (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007). Assim, a determinação dessa vazão tem o intuito de inserir na gestão dos recursos hídricos um instrumento de gerenciamento e auxiliar na elaboração de planos diretores da bacia hidrográfica, especialmente, no que se refere à ictiofauna. Neste processo torna-se fundamental entender os mecanismos desses sistemas, dimensionar as demandas hídricas, visando à manutenção das funções ecológicas dos rios.

A manutenção da vazão em bacias hidrográficas tem sido dificultada em razão do represamento dos rios. Os represamentos para a geração de energia elétrica têm aumentado, significativamente, em quase todas as bacias hidrográficas brasileiras. Esses empreendimentos tiveram, na década de 1970, uma grande expansão, fortalecendo o setor hidrelétrico brasileiro. Entretanto, a distribuição desses reservatórios não ocorre de maneira uniforme no território brasileiro, sendo a grande parte deles situados nas regiões Sul/Sudeste (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007).

A implantação de um reservatório ocasiona uma série de alterações no ambiente, dentre elas a modificação do regime hidrológico. A velocidade da água, as variabilidades na vazão em diferentes escalas temporais e as frequências de vazões extremas exercem um controle fundamental sobre a natureza dos habitats e dos organismos presentes (BAIN; FINN; BOOKE, 1988; NEIFF, 1990; POFF et al., 1997). Conforme Poff et al. (1997), a quantidade e o tempo da descarga hídrica são importantes componentes para a qualidade, suprimento e

integridade ecológica dos rios. Em sistemas naturais, as comunidades presentes, em função de um longo processo evolutivo, têm seus ciclos de vida fortemente associados à dinâmica do regime hidrológico e às suas condições físico-químicas, o que implica na limitação da distribuição das espécies (JUNK; SILVA, 1995; NEIFF, 1990; POFF et al., 1997).

A regulação no regime de cheias nos trechos a jusante é um aspecto esperado em barragens que formam grandes reservatórios. Nestes casos, os represamentos afetam o regime hidrológico natural, atenuando e retardando os picos de cheias (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007; WARD; STANDFORD, 1995). Com a redução da intensidade das cheias, as vazões mínimas prevalecem e as máximas são menos frequentes, ocorrendo perdas significativas de habitats, especialmente se o segmento a jusante contiver uma planície de inundação (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007).

A ocorrência desses pulsos é regulada pela demanda de energia, podendo variar ao longo do dia, semanalmente ou por estação do ano (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007; GROWNS, 2008; POFF et al., 1997). Essas variações são originárias dos procedimentos operacionais, na maioria dos reservatórios hidrelétricos, resultando em um regime de vazão altamente variável, com alterações abruptas que podem se propagar por vários quilômetros até que sejam atenuados (PETTS, 1986). As alterações nas vazões a jusante dos barramentos se tornam prejudiciais à biota aquática por exercer um controle da intensidade e frequência dos pulsos, pela retenção de sedimentos e nutrientes e, ainda, por bloquear rotas migratórias de peixes (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007). Segundo Agostinho et al. (1999), o controle da vazão e os distúrbios não cíclicos, causados pela operação das barragens, diminuem a biodiversidade aquática.

A modificação nas características do fluxo do rio a jusante, causadas por um barramento, pode ter efeitos negativos como a perda do estímulo para a

migração, perda de rotas migratórias e locais de desova, diminuição da sobrevivência dos ovos e juvenis. O controle das vazões pode reduzir o tamanho das populações de peixes migradores ou, ainda, causar a sua completa eliminação (LARINIER, 2001). Flutuações de curto prazo na vazão podem causar efeitos diretos na ictiofauna, interferindo nos processos de recrutamento, ou ainda indiretos, como mudanças no habitat ou em fontes alimentares (GROWNS, 2008). Segundo Petts (1986), a flutuação diária no nível da água do rio tem contribuído para o declínio de espécies, sobretudo, as endêmicas. Diante dessa perspectiva, os peixes frequentemente são usados como indicadores da resposta do ecossistema para a restauração do fluxo de rios (GROWNS, 2008).

O reconhecimento dos recorrentes impactos ocasionados aos rios levou ao desenvolvimento de ações que minimizassem esses danos ao ambiente e possibilitasse a manutenção de suas características naturais ou mais semelhante possível (POFF et al., 1997). Dentre essas ações, uma das principais abordagens tem sido a restauração ambiental, por meio do manejo da vazão (GROWNS, 2008; HILL; PLATTS, 1998; LAMOUREUX et al., 2006; PETTS, 2009). É crescente o desenvolvimento de estudos, baseados em vazões ambientais, denominados de “vazões ecológicas”, as quais são entendidas como fluxo de rios com quantidade, qualidade e frequência apropriadas para manter serviços ecológicos e padrão de biodiversidade (SHAFROTH et al., 2010). No entanto, para a implementação desses fluxos ambientais, é necessário atender requisitos básicos como o entendimento das relações entre o fluxo e as respostas da biota aquática (BUNN; ARTHINGTON, 2002; POFF; ZIMMERMAN, 2010; SHAFROTH et al., 2010). Neste sentido, a importância do regime de fluxo dos rios, para assegurar a biodiversidade e sua integridade ecológica, tem sido bem documentada (BUNN; ARTHINGTON, 2002; POFF et al., 1997; POFF; ZIMMERMAN, 2010).

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, A. A. et al. Patterns of colonization in neotropical reservoirs, and prognoses on aging. In: TUNDISI, J.; STRASKRABA, M. (Ed.). **Theoretical reservoir ecology and its applications**. São Carlos: Brazilian Academic of Sciences and Backhuy, 1999. p. 227-265.

AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Maringá: EDUEM, 2007. 501 p.

BAIN, M. B.; FINN, J. T.; BOOKE, H. E. Streamflow regulation and fish community structure. **Ecology**, Durham, v. 69, n. 2, p. 382-392, 1988.

BUNN, S. E.; ARTHINGTON, A. H. Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. **Environmental Management**, New York, v. 30, n. 4, p. 492-507, 2002.

GROWNS, I. The influence of charges to river hydrology on freshwater fish in regulated rivers of the Murray-Darling basin. **Hydrobiologia**, The Hague, n. 595, p. 203-211, 2008.

HILL, M. T.; PLATTS, W. S. Ecosystem restoration: a case study in the Owens river gorge, California. **Fisheries**, Bethesda, v. 23, n. 11, p. 18-27, Nov. 1998.

JUNK, W. J.; SILVA, C. J. Neotropical floodplains: a comparison between the Pantanal of Mato Grosso and the large Amazonian river floodplains. In: TUNDISI, J. G.; BICUDO, C. E. M.; MATSUMURA-TUNDISI, T. (Ed.). **Limnology in Brazil**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1995. p. 195-217.

LAMOUREUX, N. et al. Fish community changes after minimum flow increase: testing quantitative predictions in the Rhône river at Pierre-Bénite, France. **Freshwater Biology**, Oxford, v. 51, n. 9, p. 1730-1743, Sept. 2006.

LARINIER, M. Environmental issues, dams and fish migration. In: MARMULLA, G. (Ed.). **Dams, fish and fisheries: opportunities, challenges and conflict resolution**. Rome: FAO, 2001. p. 45-89. (Fisheries Technical Paper, 419).

NEIFF, J. J. Ideas para la interpretación ecológica del Parana. **Interciencia**, Catanduva, v. 15, n. 6, p. 424-441, 1990.

PETTS, G. E. Instream flow science for sustainable river management. **Journal of the American Water Resources Association**, Herndon, v. 45, n. 5, p. 1071-1086, 2009.

_____. Water quality characteristics of regulated Rivers. **Progress in Physical Geography**, Queen Mary, v. 10, n. 4, p. 492-516, 1986.

POFF, N. L. et al. The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration. **BioScience**, Washington, v. 47, n. 11, p. 769-784, Nov. 1997.

POFF, N. L.; ZIMMERMAN, J. K. H. Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows. **Freshwater Biology**, Oxford, v. 55, n. 1, p. 194-205, Jan. 2010.

SHAFROTH, P. B. et al. Ecosystem effects of environmental flows: modeling and experimental floods in a dryland river. **Freshwater Biology**, Oxford, v. 55, n. 1, p. 68-85, Jan. 2010.

WARD, J. V.; STANDFORD, J. A. The serial discontinuity concept: extending the model to floodplain rivers. **Regulated Rivers: Research & Management**, Chichester, v. 10, n. 2/4, p. 159-168, 1995.

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

ARTIGO 1 Ictiofauna do Alto Rio Grande: riqueza de espécies e esforço de captura a jusante da UHE Itutinga, Minas Gerais

Artigo normalizado de acordo com a NBR 6022 (ABNT, 2003)

RESUMO

É crescente o número de barramentos construídos em rios de todo o mundo, acarretando a fragmentação dos cursos d'água. Os trechos lóticos remanescentes entre reservatórios não tem recebido a devida atenção e poucos estudos têm sido desenvolvidos nessas áreas. A ictiofauna da bacia do rio Grande, apesar dos inúmeros estudos, ainda, apresenta muitas lacunas de conhecimento, carecendo de novos levantamentos. Neste trabalho foi amostrado um trecho a jusante da UHE Itutinga, durante 15 dias consecutivos, nas estações seca e chuvosa, utilizando redes de emalhar e de arrasto. Foram utilizados dois conjuntos formados por 11 redes cada (malhas 2.4 a 16 mm) que permaneceram 24 horas por dia, visitadas às 6h e 18h. Arrastos foram realizados na margem do rio três vezes ao dia (manhã, tarde e noite) durante todo o período de coletas. Foram capturados 3.810 indivíduos com redes de emalhar e 15.745 com arrasto, perfazendo 48 espécies. Observou-se que a riqueza de espécies apresentou variações quanto às estações e horário das coletas para redes de emalhar e os arrastos apenas para períodos do dia. A composição de espécies, também, variou entre estações, sendo algumas delas exclusivas de cada estação. Curvas cumulativas de espécies (Mao Tau) foram construídas e os valores de riqueza comparados com estimadores. De maneira geral, apesar do elevado esforço de pesca empregado, as curvas não tenderam à estabilização e a riqueza capturada representou apenas 80% da estimada. As malhas de menor tamanho foram as mais eficientes em amostrar a riqueza local, e a rede de arrasto teve uma importante contribuição no registro da ictiofauna do rio Grande.

Palavras-chave: Riqueza de espécies. Esforço de captura. Rio Grande. Curva cumulativa de espécies.

1 INTRODUÇÃO

O rio Grande tem sua nascente localizada no sul do estado de Minas Gerais e constitui o principal formador do rio Paraná, ocupando uma área de 143.000km², sendo 60,7% dessa área pertencentes a Minas Gerais (COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS; FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - CEMIG; CETEC, 2000). Sua nascente se localiza na Serra da Mantiqueira, a uma altitude de 1.500m, nos limites dos estados de Minas e São Paulo (CASTRO et al., 2004). O rio Grande, juntamente com outros rios como o Paranaíba, Paranapanema e seus afluentes, integra o rio Paraná, cujas águas drenam as terras altas do sudeste brasileiro, recebendo a denominação de sistema do alto rio Paraná (CASTRO et al., 2004; LANGEANI et al., 2007).

No trecho, que vai desde áreas próximas à nascente até sua confluência com o Paranaíba, o rio Grande sofre o impacto de inúmeros empreendimentos, dentre eles vários represamentos (UHE's Camargos, Itutinga, Funil, Furnas, Peixoto, Estreito, Jaguará, Igarapava, Volta Grande, Porto Colômbia, Marimbondo e Água Vermelha (CASTRO et al., 2004; CEMIG; CETEC, 2000). Em decorrência desses inúmeros empreendimentos, o rio Grande apresenta trechos com extensão variável de habitats lóticos entre uma série de reservatórios em cascata (GODINHO; VONO; GODINHO, 2012).

Com o enchimento do reservatório de Funil em 2003 (CONSÓRCIO AHE FUNIL, 2012) (reservatório adjacente situado à jusante de Itutinga), houve a obstrução da movimentação dos peixes entre

Furnas e Itutinga, restringindo a ictiofauna no trecho do recém-formado lago de Funil ao barramento da UHE Itutinga. As contribuições de espécies que chegam à área são provenientes do mecanismo de transposição de peixes (MTP), instalado junto à barragem da AHE Funil, caso consigam atravessar todo o lago do reservatório ou, ainda, dos tributários. Os indivíduos que porventura ultrapassem o lago e sigam na direção ascendente do rio ficarão barrados em Itutinga (onde não há mecanismo de transposição) ou permanecerão no trecho entre os reservatórios. Desta forma, a ictiofauna atual do trecho é o resultado de espécies que subsistiram, após o fechamento de Funil, do aporte do mecanismo de transposição e das prováveis contribuições dos afluentes – rio das Mortes e Capivari (que desaguam diretamente no lago de Funil).

Embora situações como essa se tornem cada vez mais comuns diante da crescente instalação de reservatórios em cascata nos rios, poucos estudos são conduzidos nesses trechos lóticos com o intuito de entender a extensão de impactos dessa natureza e as condições futuras da ictiofauna remanescente.

A ictiofauna da região do Alto rio Grande tem sido, relativamente, pouco estudada (CASTRO et al., 2004), embora alguns estudos tenham contribuído nesse sentido (ALVES et al., 1998; CASARIM; BUENO; POMPEU, 2012; CASTRO et al., 2004; CEMIG; CETEC, 2000; POMPEU et al., 2009; SANTOS, 2010; SOUZA-HOJO, 2008), gerando informações sobre a ictiofauna da calha do rio e de seus tributários. No entanto, não existem estudos relativos ao remanescente lótico entre o reservatório de Funil e a barragem de Itutinga.

Apesar de estudos e levantamentos realizados e das divergências nos números de espécies encontradas no rio Grande, nesta e em outras bacias, ainda, são necessários esforços permanentes para a definição de um padrão de amostragem ou protocolo para rios dessa ordem, no qual possa avaliar qual o esforço necessário para realizar satisfatoriamente uma amostragem da ictiofauna na região neotropical (ANJOS; ZUANON, 2007; PINTO; ARAÚJO, 2007; TERRA; ARAÚJO, 2011). Esse tipo de metodologia permitiria a comparação entre diferentes trechos do rio, indicando a composição de espécies, bem como as mais abundantes e as mais raras, sinalizando modificações ambientais e indicando programas de conservação, quando necessário.

Na América no Norte e outras partes do globo há inúmeros estudos que sugerem o desenvolvimento de metodologias para avaliar as condições biológicas de corpos hídricos, principalmente, rios e riachos (ANGERMEIER; SMOGOR, 1995; FLOTEMERSCH et al., 2011; KARR et al., 1986; KAUFMANN et al., 1999; PUSEY et al., 1998; STODDARD et al., 2005; WHITTIER et al., 2007). Essas abordagens têm focado na diversidade de espécies e nas estimativas de riqueza e, também, na padronização do esforço de captura empregado para acessar essa diversidade (KANNO et al., 2009). Na América do Sul essas investigações são, ainda, incipientes (ANJOS; ZUANON, 2007; JARAMILLO-VILLA; CARAMASCHI, 2008; PINTO; ARAÚJO, 2007; TERRA; ARAÚJO, 2011) necessitando de mais estudos, principalmente, quanto ao esforço necessário, para uma amostragem adequada com redes de emalhar, a qual constitui um dos métodos de pesca mais utilizados.

Nesse sentido, neste trabalho objetivou-se levantar a ictiofauna no remanescente lótico entre os reservatórios de Funil e a barragem de Itutinga quanto à riqueza e composição de espécies. Visa, também, avaliar a efetividade do esforço de captura empregado com base nas curvas de acumulação de espécies e definir recomendações para amostragens de rios de mesma ordem.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado entre a barragem da UHE Itutinga e o reservatório da UHE Funil, no município de Itutinga, no sul de Minas Gerais.

Esse trecho de rio, de aproximadamente 35 km de extensão, é considerado um dos maiores remanescentes lóticos entre barramentos de todo o rio Grande (ALVES; SILVA; GODINHO, 2007). Excetuando os riachos de primeira ordem, o trecho possui como tributários apenas os rios Capivari e Mortes, que drenam hoje diretamente para o reservatório de Funil. A área está situada a uma altitude média de 840 m, cujas coordenadas dos locais de amostragem são indicadas na Figura 1. As coletas foram realizadas em um trecho com, aproximadamente, 2 km de extensão, formados por diferentes habitats como corredeiras, remansos rasos e profundos (com substratos de areia, cascalho e rochas) e por praia arenosa.

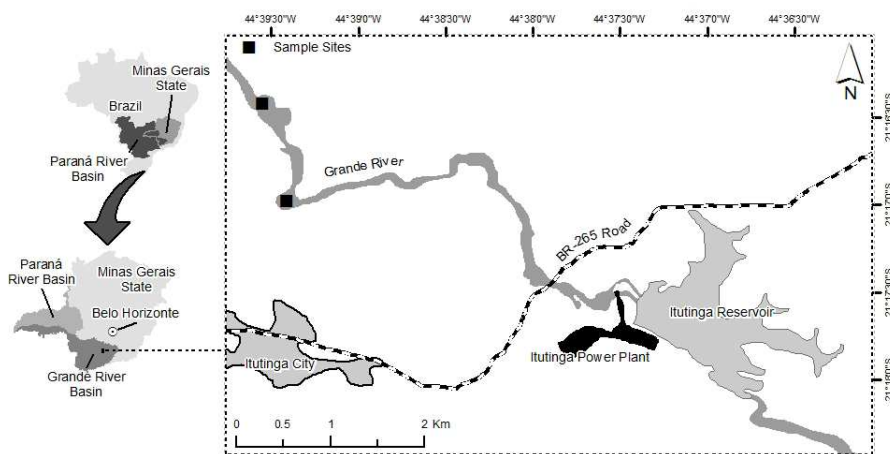


Figura 1 Localização das áreas de amostragem no rio Grande, a jusante da UHE Itutinga, MG.

2.2 Amostragem

As coletas ocorreram nos meses de janeiro (18/01 a 02/02) e julho (de 15 a 29) de 2010, com duração de 15 dias cada, representando as estações chuvosa e seca. A amostragem foi realizada por meio de redes de emalhar e redes de arrasto com esforço de captura padronizado. As redes de emalhar utilizadas na amostragem foram compostas por dois conjuntos de 11 redes (malhas 2,4, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14 e 16 mm entre nós), as quais foram vistoriadas duas vezes por dia (6h e 18h). As redes permaneceram armadas 24 horas por dia durante toda a duração da campanha (15 dias).

As capturas com arrasto foram realizadas em região de praia, sempre no mesmo local (23K 0535458 / 7647270 UTM) durante 15 dias

consecutivos. A rede de arrasto possuiu dimensões médias de 7 x 2 m e abertura de malha de 0.5 mm e era utilizada às 6, 14 e 22 horas. Cada arrasto foi constituído por uma passada de rede numa extensão de, aproximadamente, 15 metros.

Os peixes capturados foram anestesiados em solução de água e óleo de cravo e em seguida fixados em formaldeído a 10%. Os peixes foram separados por rede, por local de captura, por horário e identificados até o menor táxon possível. Posteriormente foram conservados em álcool 70%.

As espécies foram identificadas de acordo com Reis, Kullander e Ferraris Junior (2003) para ordem, família e subfamília. A identificação de gêneros e espécies foi realizada, considerando chaves e guias de identificação (CASTRO et al., 2004; GRAÇA; PAVANELLI, 2007; LANGEANI; CARVALHO, 2010). Exemplares representativos das espécies foram tombados na Coleção Ictiológica da UFLA (CI-UFLA) e do NUPÉLIA – UEM.

2.3 Análises

A riqueza da ictiofauna amostrada foi analisada por estação (seca e chuvosa) e períodos do dia, tanto para os peixes capturados com rede de emalhar (manhã e noite) quanto aos capturados com o arrasto (manhã, tarde e noite). A análise comparativa da riqueza, observada entre as campanhas, foi realizada, utilizando-se 15 dias de amostragens em cada estação e, dentre esses, foi subdividido em manhã e noite. A riqueza foi analisada por meio do software EstimateS (COLWELL, 2012) e o método

Mao Tau (curva cumulativa de espécies esperada) foi utilizado para construir as curvas cumulativas de espécies.

Para as redes de emalhar, a riqueza foi analisada, também, por tamanho da malha e por estação com o objetivo de avaliar quais malhas amostraram maior número de espécies. A riqueza observada de percentual foi obtida, por meio da média dos valores de quatro estimadores (Chao Mean 1, Chao Mean 2, Jack Mean 1 e Jack Mean 2) dividida pela riqueza observada (Mao Tau). A média dos estimadores foi utilizada com o objetivo de diminuir a influência de valores discrepantes de riqueza indicados por cada estimador. Este tipo de análise permite compreender o quão satisfatório foi o esforço de captura, de modo a inventariar ao máximo as espécies, presentes na área de estudo, considerando a estabilização da curva. Nas curvas cumulativas, realizadas por estação, não foram utilizadas a média dos quatro estimadores como descrito acima e, sim, a riqueza cumulativa de espécies - Mao Tau. A análise feita para os arrastos seguiu o mesmo procedimento da rede de emalhar, subdividindo cada dia de amostragem em três períodos: manhã, tarde e noite.

Cada curva de acumulação de espécies foi executada com 100 randomizações sem reposição das amostras. As análises de riqueza, realizadas com redes de emalhar, representam todas as espécies amostradas em cada campanha, considerando a soma dos dois conjuntos e os períodos do dia, ao passo que a rede de arrasto representa as três amostragens diárias (manhã, tarde e noite) durante as campanhas.

3 RESULTADOS

Foi capturado um total de 19.555 indivíduos, sendo 3.810 por meio de redes de emalhar e 15.745 nos arrastos. Estes peixes foram distribuídos em 48 espécies, 31 gêneros, 16 famílias e cinco ordens (Tabela 1). Destas, 36 foram registradas em janeiro e 19 em julho. Do total de espécies registradas, 13 (27%) delas foram capturadas, exclusivamente, com rede de arrasto e 18 (37%) apenas nas redes de emalhar.

Foram observadas diferenças significativas nas capturas entre as estações em redes de emalhar, indicando a forte influência sazonal nas amostragens ($p < 0,001$). Nos arrastos, não foi verificada a diferença sazonal, mas analisando a riqueza por períodos do dia, verificou-se que esta apresentou variação significativa entre períodos do dia, com maiores valores para as capturas no turno da noite ($p = 0,001$).

3.1 Rede de emalhar

A curva cumulativa de espécies com capturas em redes de emalhar apresentou um crescente incremento de espécies em janeiro, sendo adicionadas novas espécies com o aumento do esforço ao longo dos dias (Figura 2). Na estação seca, a riqueza observada apresentou maior tendência à estabilização, principalmente, a partir do décimo dia de amostragem (Figura 3). Os valores dos estimadores, utilizados na construção das curvas, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 1 Lista de espécies de peixes coletadas no rio Grande a jusante do reservatório de Itutinga, MG, nas estações de chuva e seca, por meio de redes de emalhar e de arrasto

Táxon	Chuva	Seca	Rede	Arrasto	Guilda
CHARACIFORMES					
Família Bryconidae					
<i>Salminus brasiliensis</i> □	+	+	+	-	M
<i>Salminus hilarii</i> □	+	-	+	-	M
<i>Brycon orbignyana</i> □	+	-	+	-	M
Família Characidae					
Subfamília Tetragonopterinae					
<i>Astyanax altiparanae</i>	+	+	+	+	
<i>Astyanax</i> aff. <i>paranae</i> *	+	+	-	+	
<i>Astyanax scabripinnis</i> *	-	+	-	+	
<i>Astyanax fasciatus</i>	+	+	+	+	
<i>Bryconamericus stramineus</i>	+	+	+	+	
<i>Hasemannia</i> sp*	-	+	-	+	
<i>Hyphessobrycon</i> sp*	+	-	-	+	
<i>Knodus moenkhausii</i> *	+	+	-	+	
<i>Odontostilbe</i> sp*	+	+	-	+	
<i>Piabina argentea</i>	+	+	+	+	
<i>Serrapinus heterodon</i> *	+	+	-	+	
<i>Serrapinus</i> sp*	-	+	-	+	
Subfamília Characinae					
<i>Galeocharax knerii</i> □	+	+	+	-	L
Família Erythrinidae					
<i>Hoplias lacerdae</i> □	+	+	+	-	L
<i>Hoplias</i> grupo <i>malabaricus</i>	+	+	+	+	L
Família Anostomidae					
<i>Leporellus vittatus</i> □	+	+	+	-	R
<i>Leporinus amblyrhynchus</i>	+	+	+	+	R
<i>Leporinus elongatus</i> □	+	+	+	-	M
<i>Leporinus friderici</i> □	+	+	+	-	M
<i>Leporinus obtusidens</i> □	+	-	+	-	M

“Tabela 1, continuação”

Táxon	Chuva	Seca	Rede	Arrasto	Guilda
<i>Leporinus octofasciatus</i>	+	+	+	+	R
<i>Leporinus striatus</i>	+	+	+	+	
<i>Schizodon nasutus</i> □	+	+	+	-	
Família Prochilodontidae					
<i>Prochilodus lineatus</i> □	+	+	+	-	M
Família Curimatidae					
<i>Cyphocharax nagelii</i> □	+	+	+	-	
Família Parodontidae					
<i>Apareiodon affinis</i>	+	+	+	+	R
<i>Parodon nasus</i> □	+	+	+	-	R
Família Crenuchidae					
<i>Characidium</i> sp.*	+	+	-	+	
<i>Characidium</i> aff. <i>zebra</i> *	+	+	-	+	
SILURIFORMES					
Família Callichthyidae					
<i>Callichthys callichthys</i> □	+	-	+	-	L
Família Heptapteridae					
<i>Imparfinis mirini</i> *	+	-	-	+	
Família Pimelodidae					
<i>Iheringichthys labrosus</i>	+	+	+	+	R
<i>Pimelodus maculatus</i>	+	+	+	+	M
<i>Pimelodus heraldoi</i>					R
Família Loricariidae					
<i>Hypostomus</i> sp.1*	+	+	+	+	
<i>Hypostomus regani</i>	+	+	+	+	R
<i>Hypostomus paulinus</i>	+	+	+	+	R
<i>Hypostomus margaritifer</i>	+	+	+	+	R
GYMNOTIFORMES					
Família Apterontidae					
<i>Apterontus</i> sp□	-	+	+	-	

“Tabela 1, conclusão”

Táxon	Chuva	Seca	Rede	Arrasto	Guilda
Família Sternopygidae					
<i>Eigenmannia virescens</i>	+	+	+	+	
Família Gymnotidae					
<i>Gymnotus inaequilabiatus</i> □	+	-	+	-	
<i>Gymnotus carapo</i> □	+	-	+	-	L
PERCIFORMES					
Família Cichlidae					
<i>Cichlasoma paranaensis</i> □	+	-	+	-	L
<i>Geophagus brasiliensis</i>	+	+	+	+	L
CYPRINODONTIFORMES					
Família Poeciliidae					
<i>Poecilia reticulata</i> *	+	-	-	+	

Nota: Símbolos indicam: espécies exclusivas de rede de arrasto (*), e de emalhar (●), presença (+) e ausência (-) por estação ou rede. Guildas (para redes de emalhar): migradores (M), lênticos (L) e reofílicos (R) tendo como principal referência Graça e Pavanelli (2007).

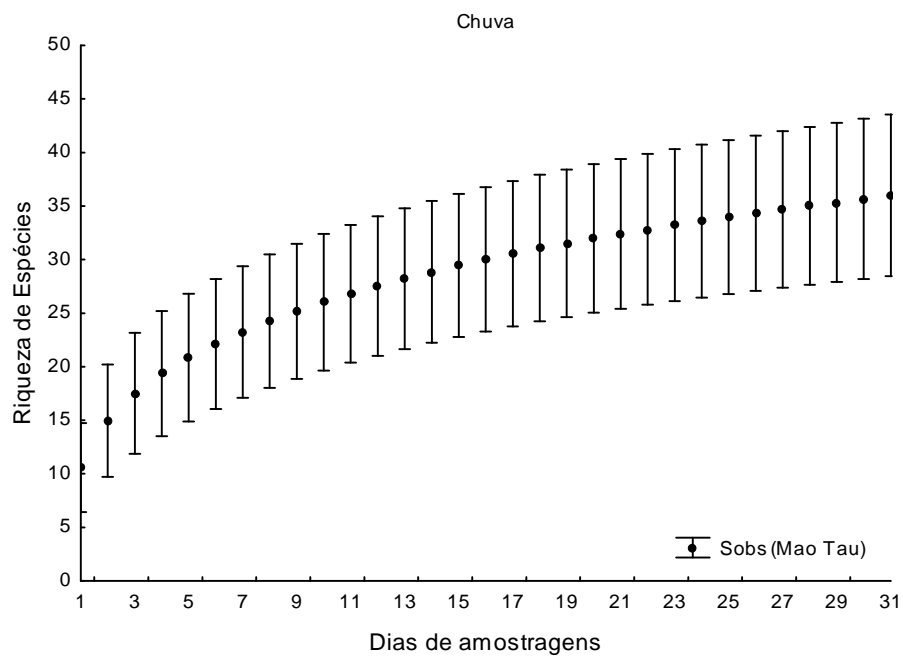


Figura 2 Curva cumulativa de espécies (Mao Tau) na estação chuvosa, a partir das amostragens com redes de emalhar (2 conjuntos), durante 15 dias consecutivos, a jusante da UHE Itutinga

Nota: SObs = riqueza observada.

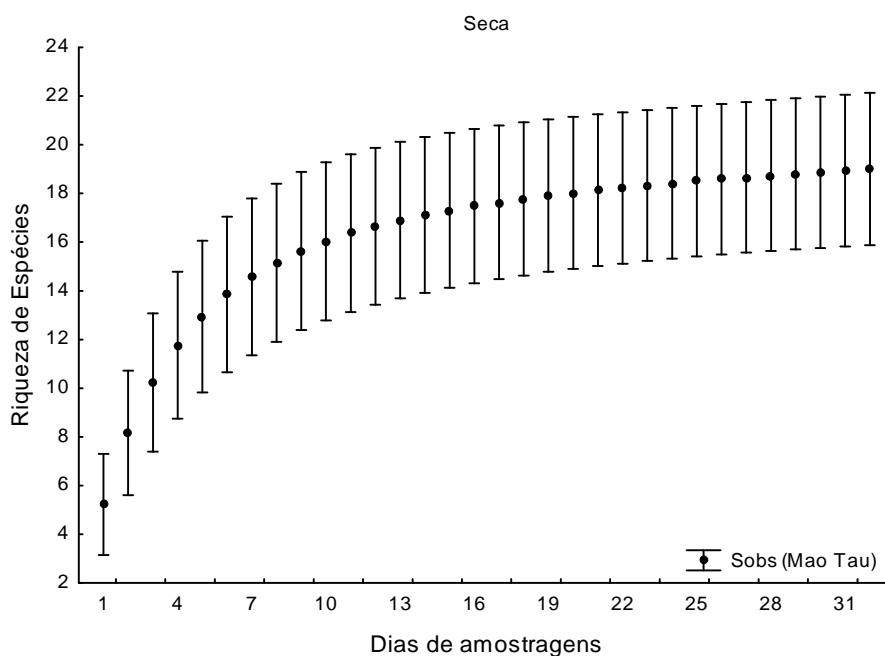


Figura 3 Curva cumulativa de espécies (Mao Tau) na estação seca, a partir das amostragens com redes de emalhar (2 conjuntos), durante 15 dias consecutivos, a jusante da UHE Itutinga

Nota: SObs = riqueza observada.

A análise da curva cumulativa de espécies por períodos de amostragem em cada estação indicou que na estação chuvosa não houve diferenças na curva cumulativa de espécies entre manhã e noite (Figuras 4 e 5). Entretanto, na seca, apesar do mesmo padrão das curvas, o número de espécies capturadas no período noturno foi três vezes superior (Figuras 6 e 7).

A avaliação do esforço de captura por tamanho da abertura da rede de emalhar indicou variação na eficiência de cada rede por estação. As malhas 2.4 e 3 apresentaram maior eficiência de captura na estação seca,

alcançando 80 e 70% da riqueza estimada, respectivamente (Figuras 8 e 9). Nas redes de maior tamanho (14 e 16) foram capturados peixes apenas na seca, sendo estas as de menor eficiência, com apenas um indivíduo capturado durante todo o período de estudos.

Algumas redes, entretanto, apresentaram maior eficiência de captura na estação chuvosa, a exemplo das malhas 7 e 12. As malhas 4 e 8, além de serem mais efetivas nas capturas nesta estação, apresentaram grande diferença no número de espécies entre seca e chuva, sendo mais efetivas no período chuvoso (Figuras 10 e 14). Situação contrária foi verificada nas redes 5 e 6, que, apesar de serem mais eficientes nesta estação, os valores de riqueza foram muito próximos (Figuras 11 e 12). A malha 10 teve capturas registradas apenas na estação chuvosa (Figura 15). Assim, no período chuvoso, foi verificada a captura pela maioria das redes, sugerindo que nesta estação há maior probabilidade de amostrar de forma mais eficiente a ictiofauna.

Tabela 2 Riqueza observada (Mao Tau) e valor dos estimadores obtidos no programa EstimateS para a ictiofauna amostrada no rio Grande com diferentes tamanhos de rede de emalhar

Estimador/ Rede	CHUVA					SECA				
	Mao Tau	Chao 1 Mean	Chao 2 Mean	Jack 1 Mean	Jack 2 Mean	Mao Tau	Chao 1 Mean	Chao 2 Mean	Jack 1 Mean	Jack 2 Mean
M 2.4	14	17.33	16.34	18.69	20.61	9	9.25	9.94	11.81	12.8
M 3	19	26.5	38.69	25.56	31.69	12	15	14.81	14.81	17.44
M 4	12	13.5	13.41	14.81	16.62	7	13	12.63	10.75	14.25
M 5	13	14.5	14.88	16.75	18.62	9	9.33	9.94	11.81	12.8
M 6	13	19	18.63	16.75	20.25	5	5.5	5.47	6.88	7.81
M 7	12	19.5	19.03	17.63	22.06	6	11	10.69	10.69	14.25
M 8	7	7.33	7.31	8.88	8.99	4	10	9.63	7.75	11.25
M 10	2	3	2.94	3.88	5.63	-	-	-	-	-
M 12	1	1	1	1	0.18	1	1	1	1	1
M 14	-	-	-	-	-	1	1	1	1.94	2.81
M 16	-	-	-	-	-	1	1	1	1.94	2.81
Total	28	35.5	37.84	34.56	39.87	19	19.5	21.81	21.81	24.44

Tabela 3 Riqueza observada (Mao Tau) e valor dos estimadores obtidos no programa EstimateS para a ictiofauna amostrada no rio Grande com rede de arrasto

Estimador/ Horário	CHUVA						SECA					
	Mao Tau	Chao 1 Mean	Chao 2 Mean	Jack 1 Mean	Jack 2 Mean	Méd. 4 Estim	Mao Tau	Chao 1 Mean	Chao 2 Mean	Jack 1 Mean	Jack 2 Mean	Méd. 4 Estim
Manhã	11	11.5	11.31	12.87	12.99	12.16	11	13	12.87	14.73	16.59	14.29
Tarde	7	7.5	9.8	9.8	12.4	9.8	7	10	12.6	10.73	14.2	11.88
Noite	9	10	9.93	10.87	12.6	10.85	13	13	13.16	14.87	12.58	13.4

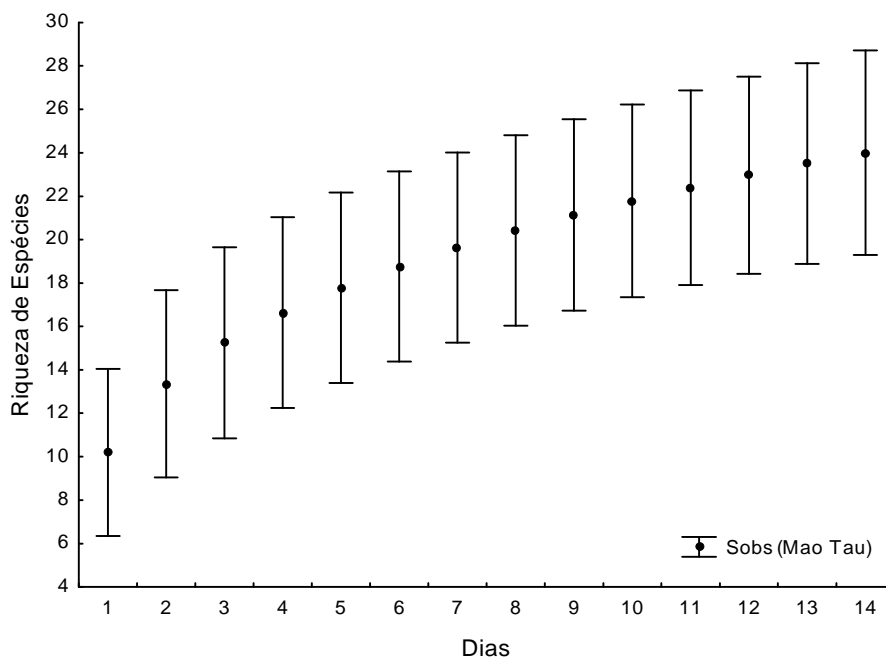


Figura 4 Curva cumulativa de espécies no período matutino na estação chuvosa, amostrada com rede de emalhar, a jusante da UHE Itutinga

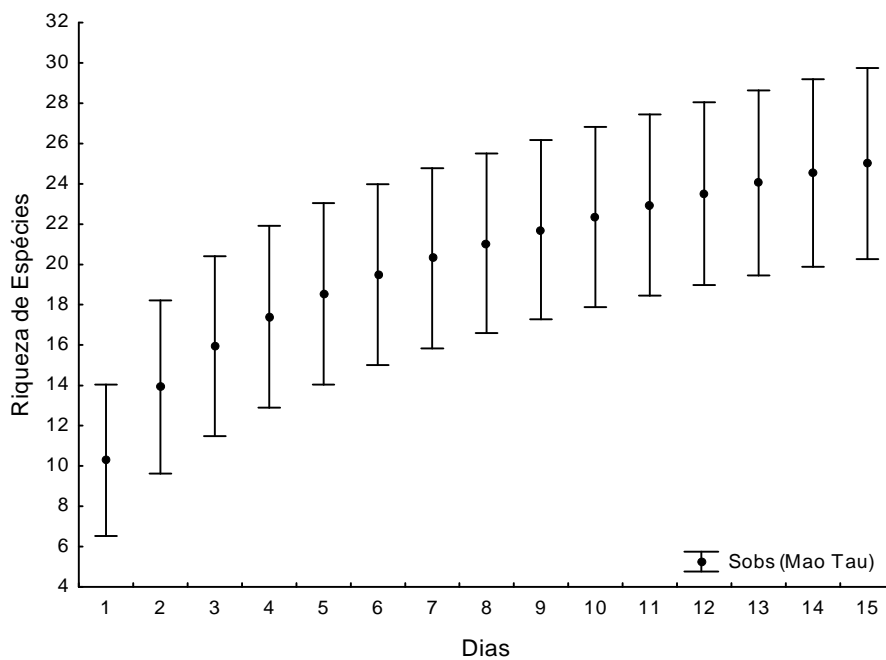


Figura 5 Curva cumulativa de espécies no período noturno na estação chuvosa, amostrada com rede de emalhar, a jusante da UHE Itutinga

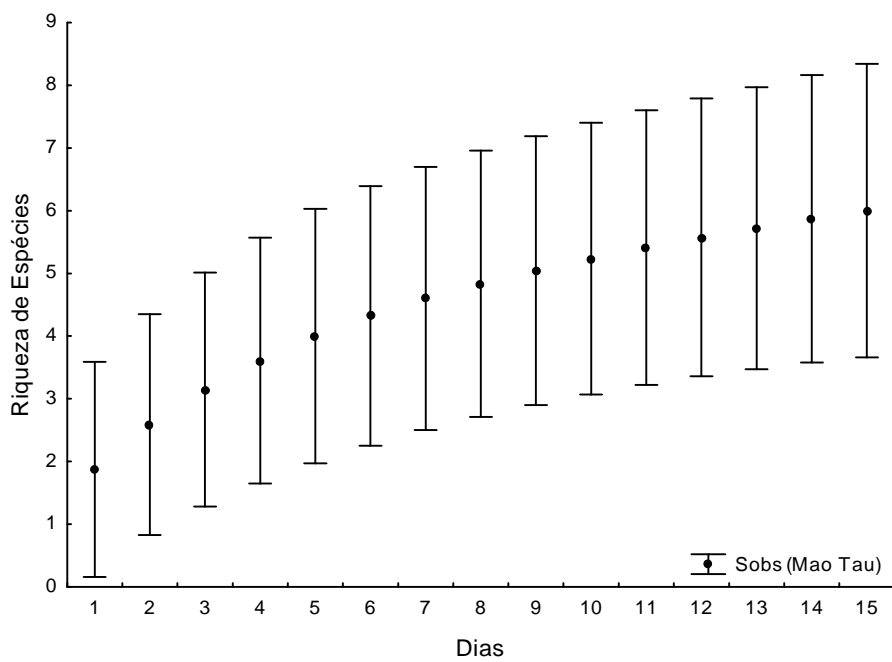


Figura 6 Curva cumulativa de espécies no período diurno na estação seca, amostrada com rede de emalhar, a jusante da UHE Itutinga

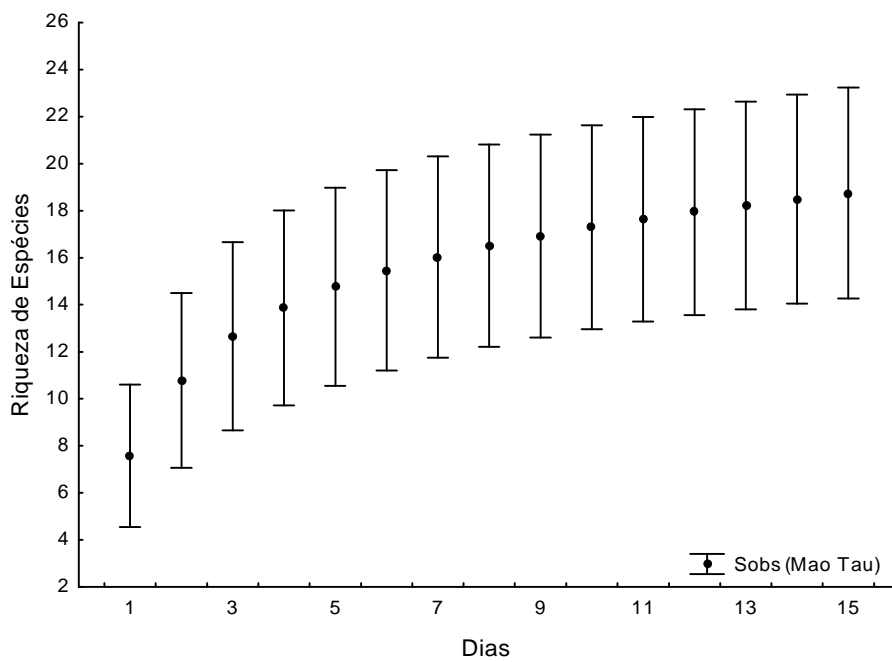


Figura 7 Curva cumulativa de espécies no período noturno na estação seca, amostrada com rede de emalhar, a jusante da UHE Itutinga

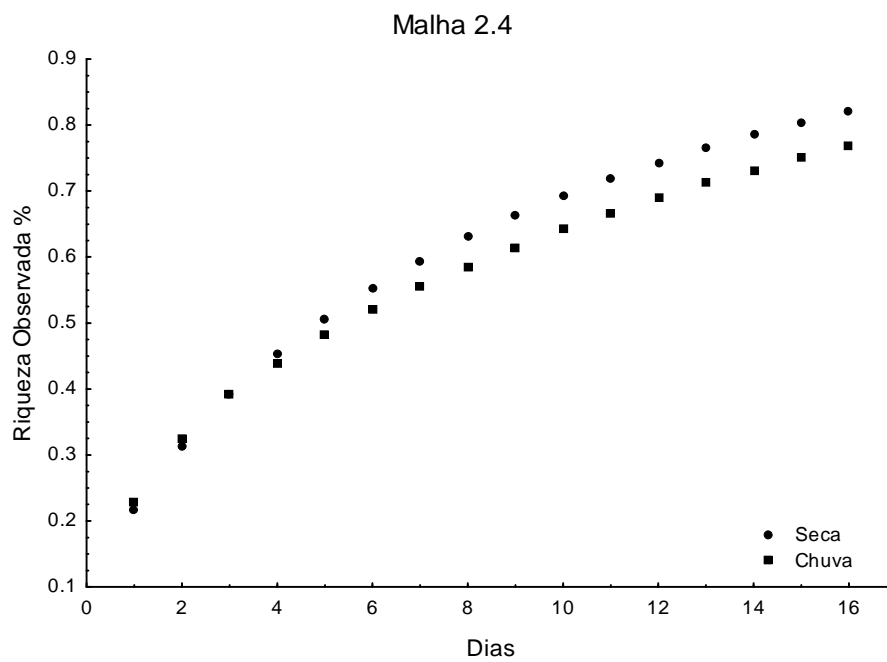


Figura 8 Riqueza observada percentual amostrada com redes de emalhar (malha 2.4), durante 15 dias consecutivos, a jusante da UHE Itutinga

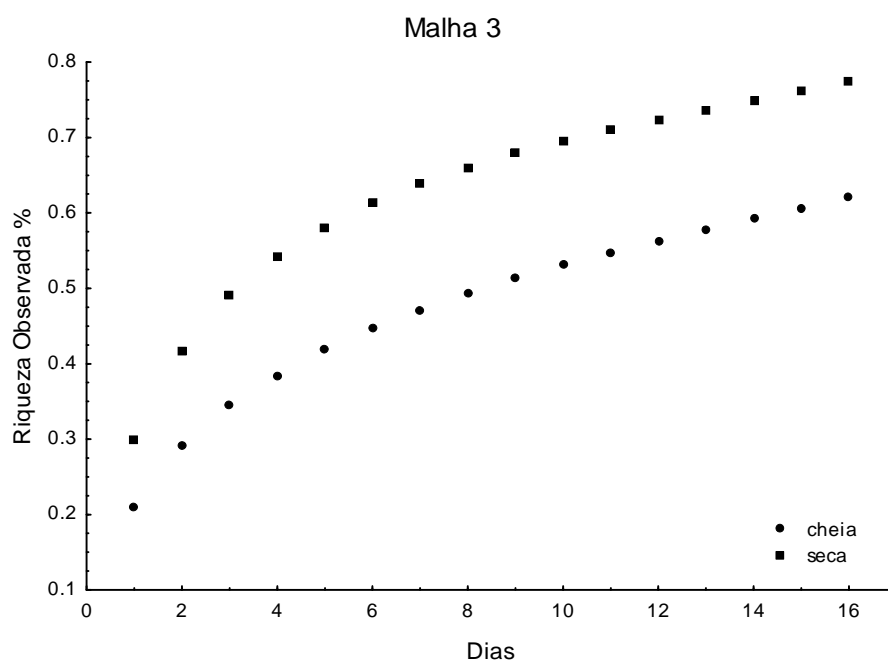


Figura 9 Riqueza observada percentual amostrada com redes de emalhar (malha 3), durante 15 dias consecutivos, a jusante da UHE Itutinga

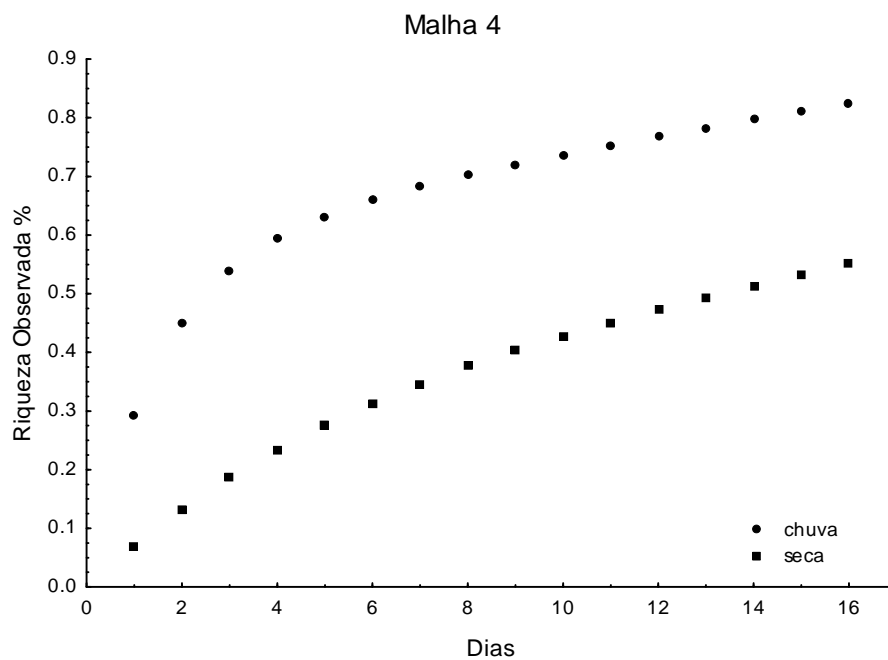


Figura 10 Riqueza observada percentual amostrada com redes de emalhar (malha 4), durante 15 dias consecutivos, a jusante da UHE Itutinga

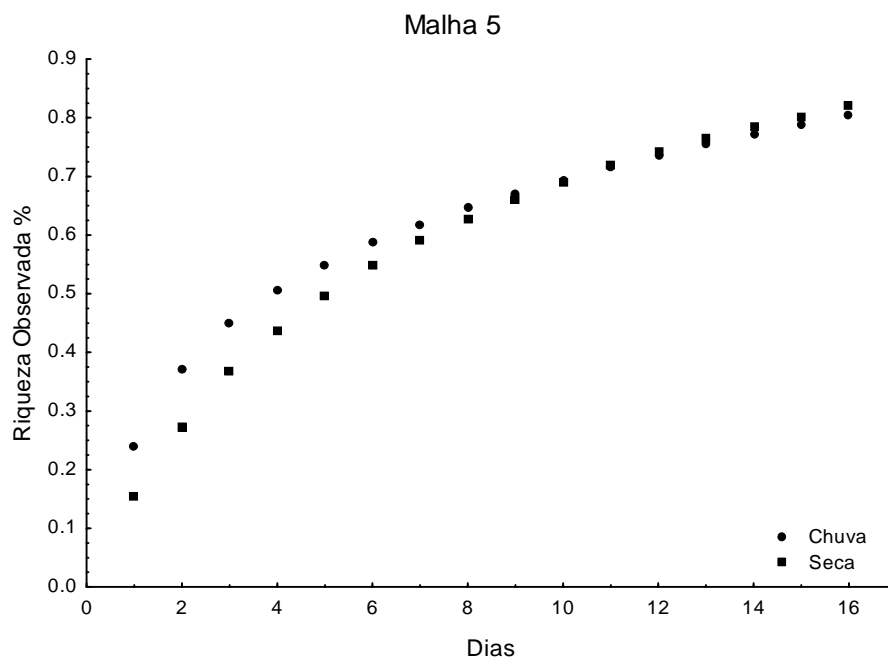


Figura 11 Riqueza observada percentual amostrada com redes de emalhar (malha 5), durante 15 dias consecutivos, a jusante da UHE Itutinga

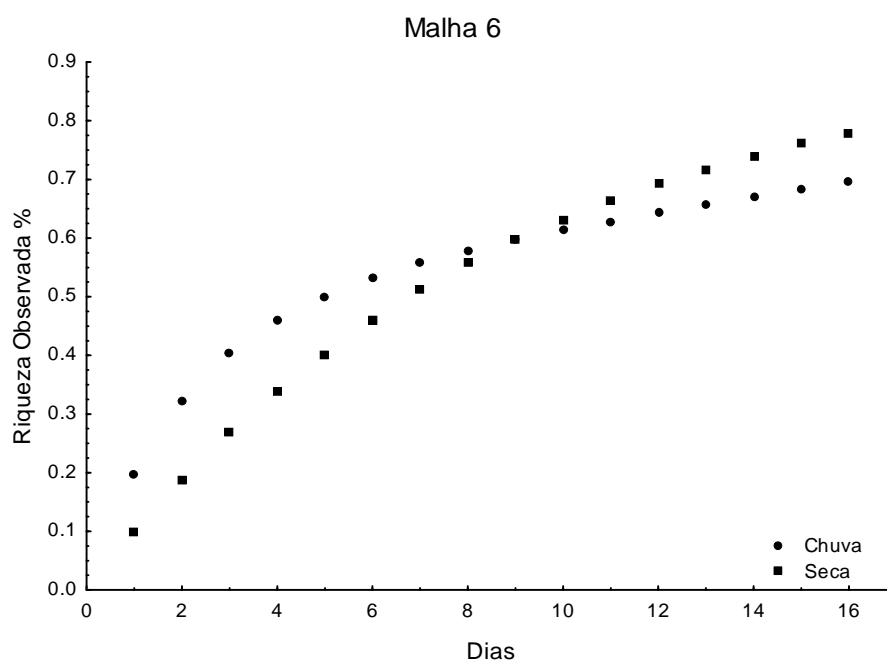


Figura 12 Riqueza observada percentual amostrada com redes de emalhar (malha 6), durante 15 dias consecutivos, a jusante da UHE Itutinga

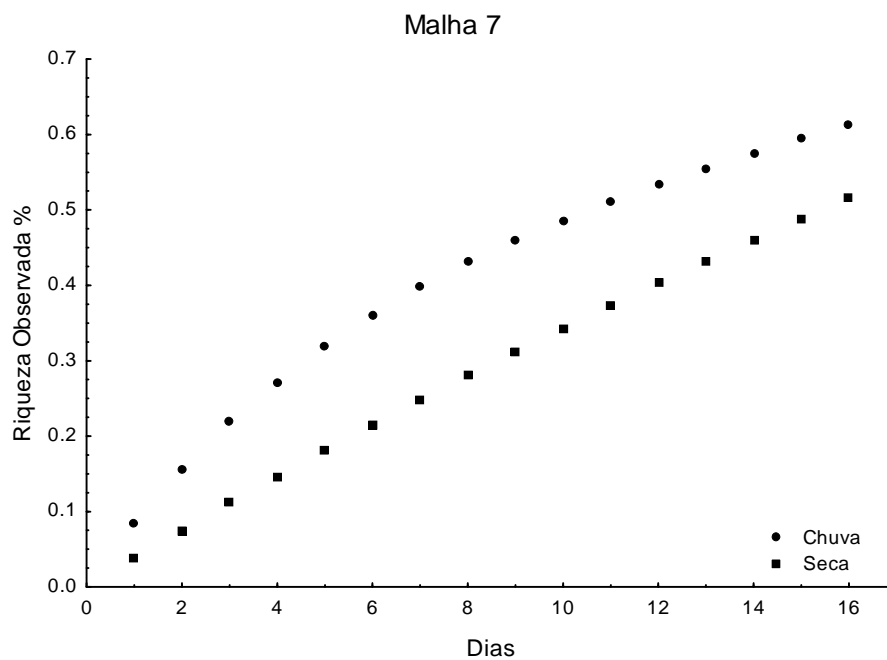


Figura 13 Riqueza observada percentual amostrada com redes de emalhar (malha 7), durante 15 dias consecutivos, a jusante da UHE Itutinga

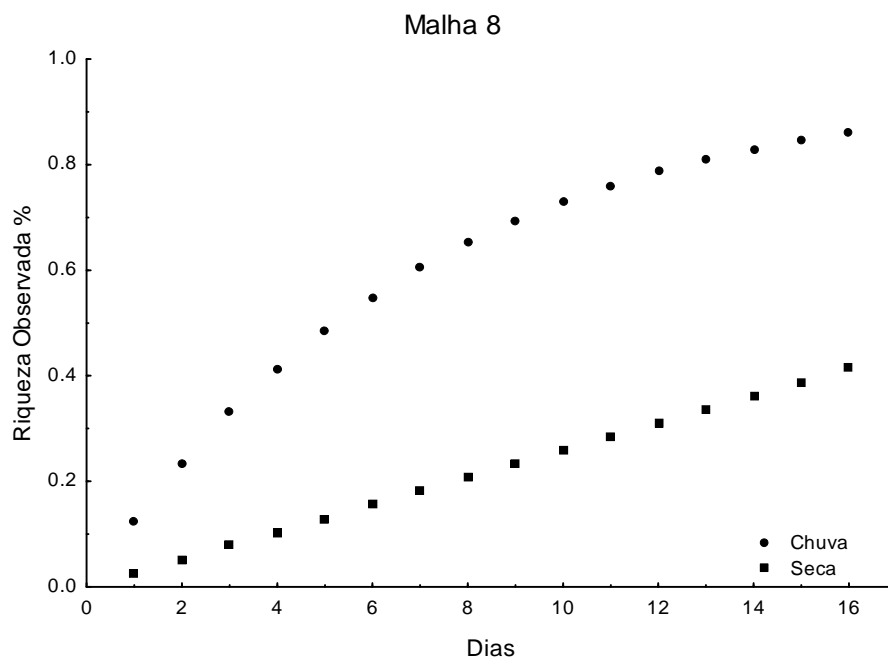


Figura 14 Riqueza observada percentual amostrada com redes de emalhar (malha 8), durante 15 dias consecutivos, a jusante da UHE Itutinga

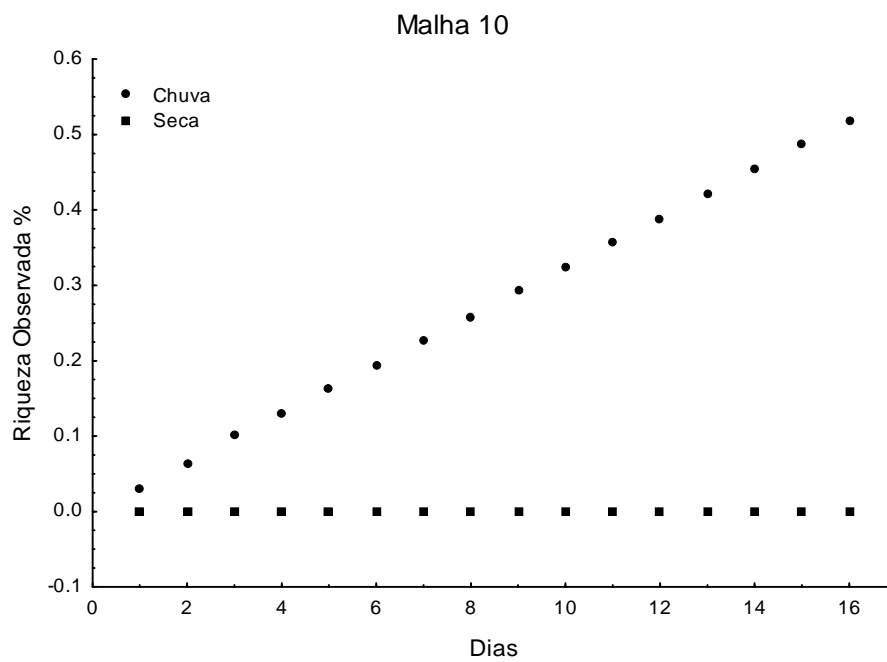


Figura 15 Riqueza observada percentual amostrada com redes de emalhar (malha 10), durante 15 dias consecutivos, a jusante da UHE Itutinga

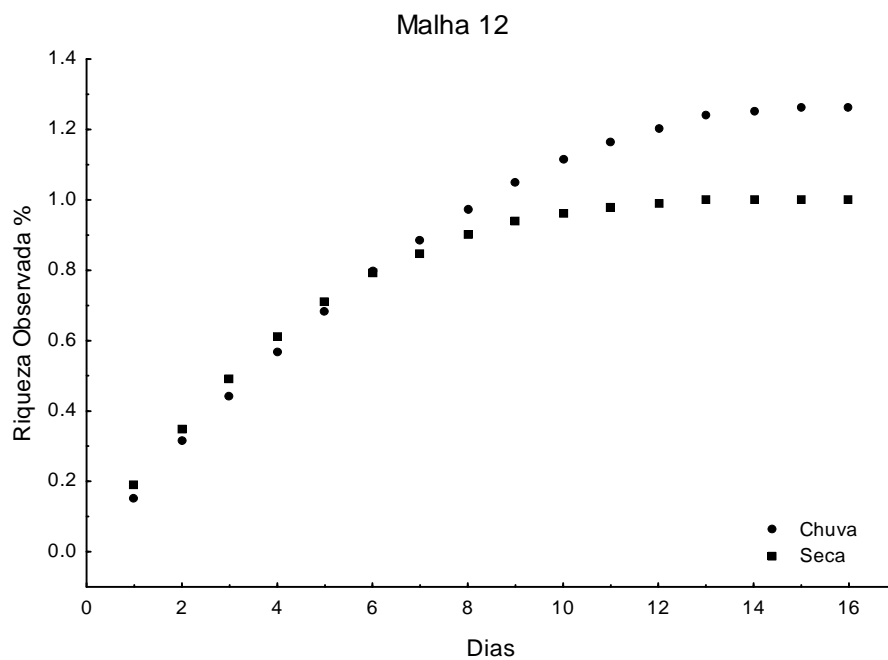


Figura 16 Riqueza observada percentual amostrada com redes de emalhar (malha 12), durante 15 dias consecutivos, a jusante da UHE Itutinga

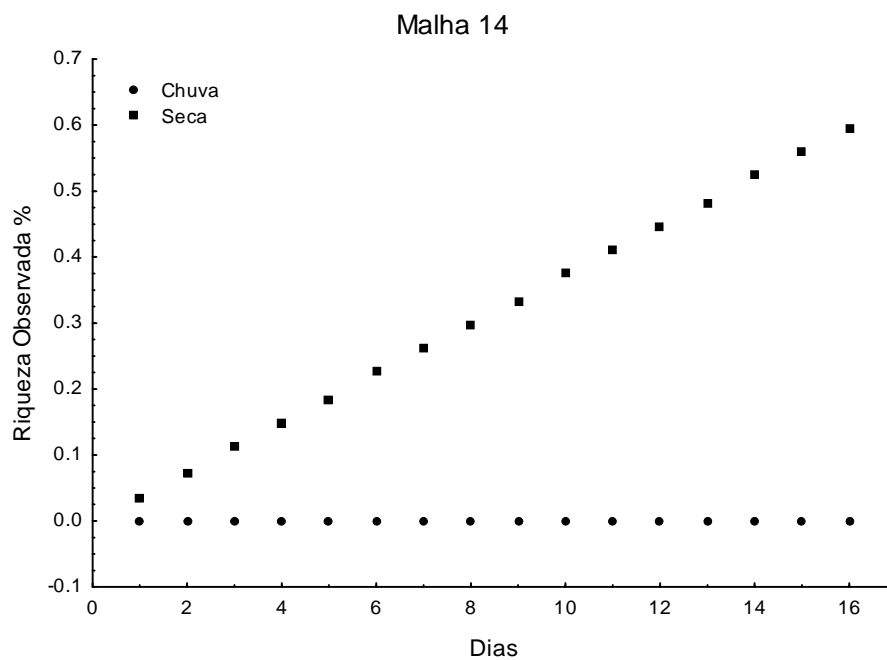


Figura 17 Riqueza observada percentual amostrada com redes de emalhar (malha 14), durante 15 dias consecutivos, a jusante da UHE Itutinga

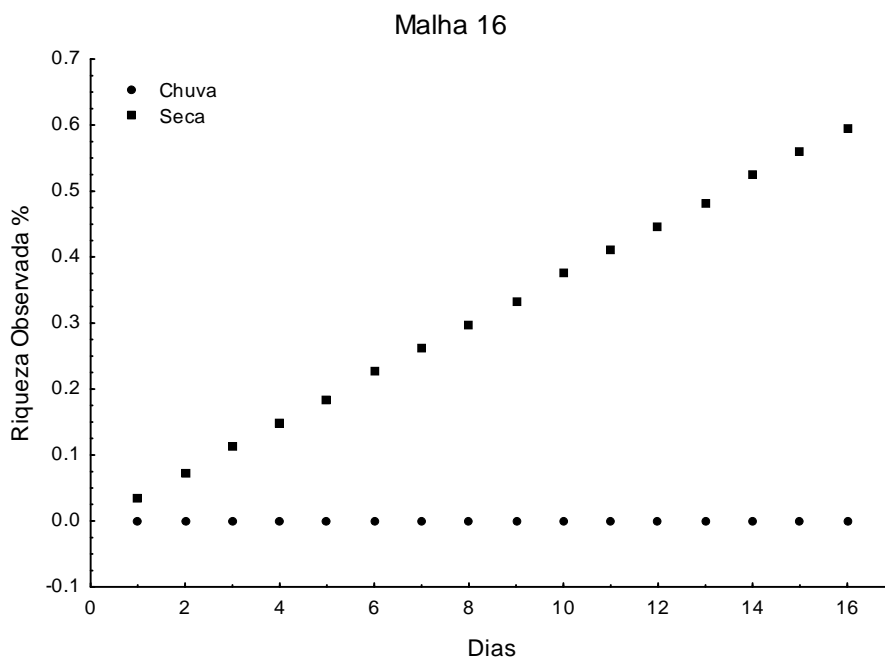


Figura 18 Riqueza observada percentual amostrada com redes de emalhar (malha 16), durante 15 dias consecutivos, a jusante da UHE Itutinga

Avaliando as malhas em conjunto, considerando o valor observado para a curva cumulativa de espécies, verificou-se que as redes de menor tamanho da malha foram as que apresentaram maior eficiência nas amostragens. A malha 3 foi a que obteve maior número de espécies em ambas as estações, com 19 na chuva e 12 na seca. Na estação chuvosa, além da malha 3, as malhas 2.4, 4, 5 e 6 foram as mais eficientes em amostrar a riqueza de espécies (Figura 19), enquanto na seca foram as malhas 2.4, 4 e 5 (Figura 20). Vale ressaltar que nesta análise de

eficiência de captura foi considerada apenas a riqueza de espécies e, não, a ocorrência exclusiva de espécies em determinada malha.

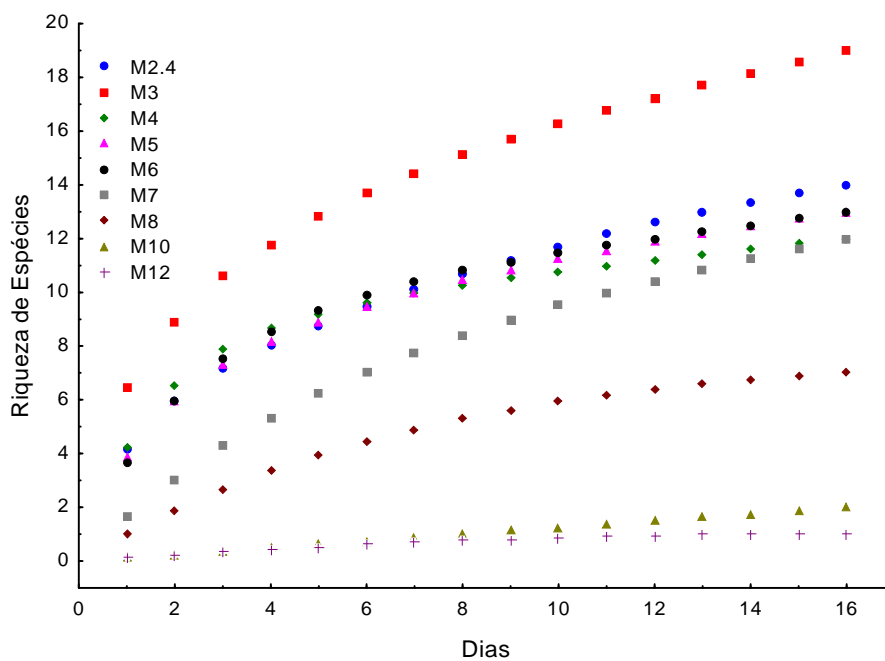


Figura 19 Riqueza de espécies de peixes por tamanho da rede de emalhar, obtida pelo estimador Mao Tau, na estação chuvosa

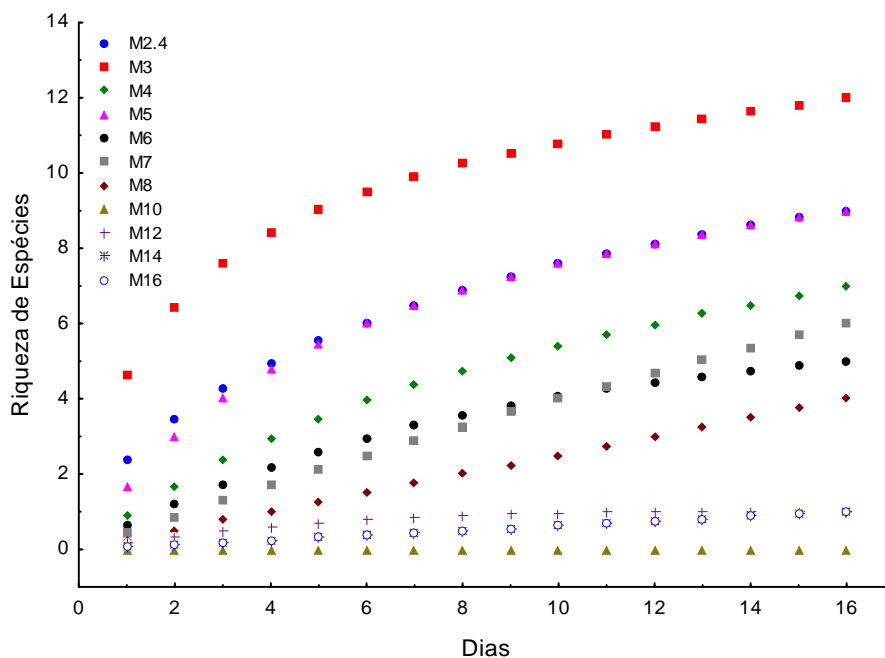


Figura 20 Riqueza de espécies de peixes por tamanho da rede de emalhar, obtida pelo estimador Mao Tau, na estação seca

3.2 Rede de arrasto

Considerando a riqueza de espécies observada (estimador Mao Tau), amostrada por meio dos arrastos, durante todo o período de amostragens (15 dias), não foram observadas diferenças entre as estações (Figuras 21 e 22). No entanto, foram observadas variações diárias entre coletas de uma mesma estação. A riqueza real (amostrada e não estimada) foi de 15 espécies na chuva e 14 na seca. Apesar da semelhança na riqueza, a composição de espécies diferiu entre as estações, com algumas espécies ocorrendo apenas nas chuvas enquanto outras apenas na seca

(Tabela 4). Assim, a riqueza nos arrastos mostrou ser mais influenciada pelo horário da coleta enquanto a composição de espécies pela sazonalidade.

Nas chuvas, arrastos no período matutino registraram maior número de espécies (11), seguido pelos períodos noturno (9) e à tarde (7) (Figuras 23 a 25). Na seca, os períodos da manhã e tarde apresentaram a mesma riqueza registrada no período chuvoso, enquanto no período noturno foram amostradas 13 espécies (Figuras 26 a 28).

Nos períodos onde foi observado o maior número de espécies (manhã/chuva e noite/seca) as curvas cumulativas de espécies tenderam à estabilização, indicando que grande parte da riqueza presente no local foi amostrada (Figuras 23 e 28). Esta tendência, também, foi observada avaliando-se a média dos quatro estimadores (riqueza observada percentual). Nas coletas realizadas na estação chuvosa, o período matutino amostrou cerca de 90% da riqueza estimada, sendo este o método mais efetivo na amostragem desta estação (Figura 29). Na estação seca, arrastos à noite possibilitaram o registro de maior número de espécies, correspondendo à quase totalidade da riqueza local (Figura 30), indicando ser o período mais propício para a realização de coletas, cujo principal interesse seja o levantamento da riqueza de espécies.

Tabela 4 Lista de espécies de peixes coletadas com rede de arrasto no rio Grande, jusante da UHE Itutinga, MG nas estações chuvosa e seca. Espécies em negrito são exclusivas de cada estação

CHUVA	SECA
<i>Apareiodon affinis</i>	<i>Apareiodon affinis</i>
<i>Astyanax fasciatus</i>	<i>Astyanax aff.paranae</i>
<i>Astyanax scabripinnis</i>	<i>Astyanax fasciatus</i>
<i>Bryconamericus stramineus</i>	<i>Astyanax scabripinnis</i>
<i>Characidium aff.zebra</i>	<i>Bryconamericus stramineus</i>
<i>Eigenmannia virescens</i>	<i>Characidium aff.zebra</i>
<i>Hoplias malabaricus</i>	<i>Eigenmannia virescens</i>
<i>Hyphessobrycon sp</i>	<i>Geophagus brasiliensis</i>
<i>Hypostomus sp</i>	<i>Hasemania sp</i>
<i>Knodus moenkhausii</i>	<i>Knodus moenkhausii</i>
<i>Leporinus amblyrhynchus</i>	<i>Leporinus amblyrhynchus</i>
<i>Leporinus octofasciatus</i>	<i>Odontostilbe sp</i>
<i>Leporinus striatus</i>	<i>Piabina argentea</i>
<i>Piabina argentea</i>	<i>Pimelodus maculatus</i>
<i>Pimelodus maculatus</i>	<i>Serrapinus heterodon</i>
-	<i>Serrapinus sp</i>

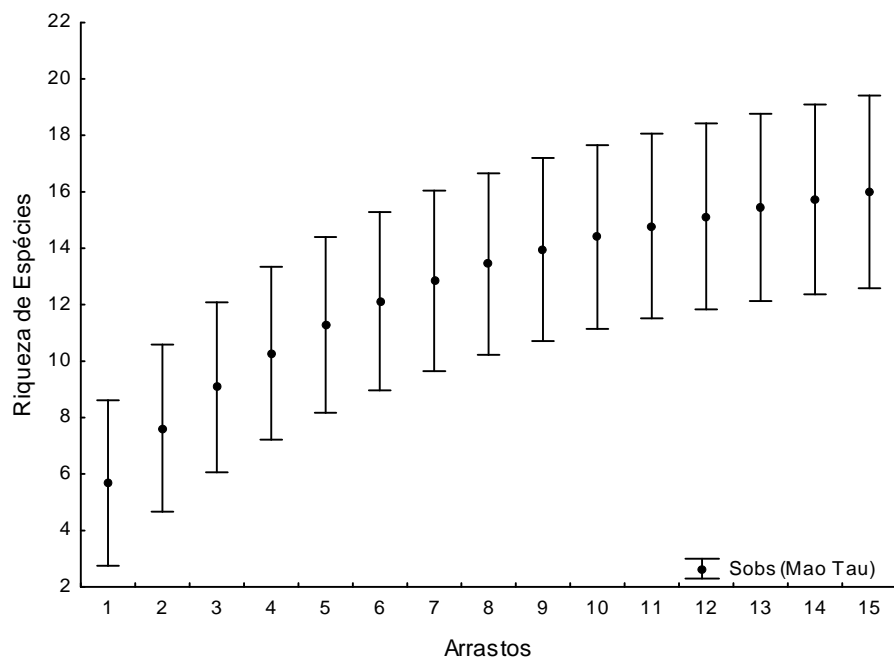


Figura 21 Riqueza total de espécies amostrada com rede de arrasto na estação seca, a jusante da UHE Itutinga

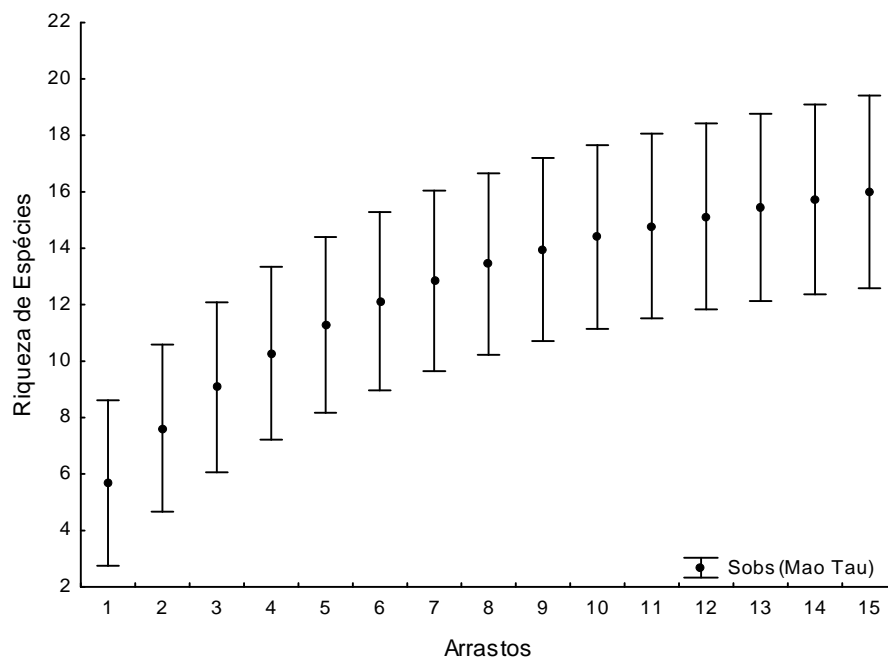


Figura 22 Riqueza total de espécies amostrada com rede de arrasto na estação chuvosa, a jusante da UHE Itutinga

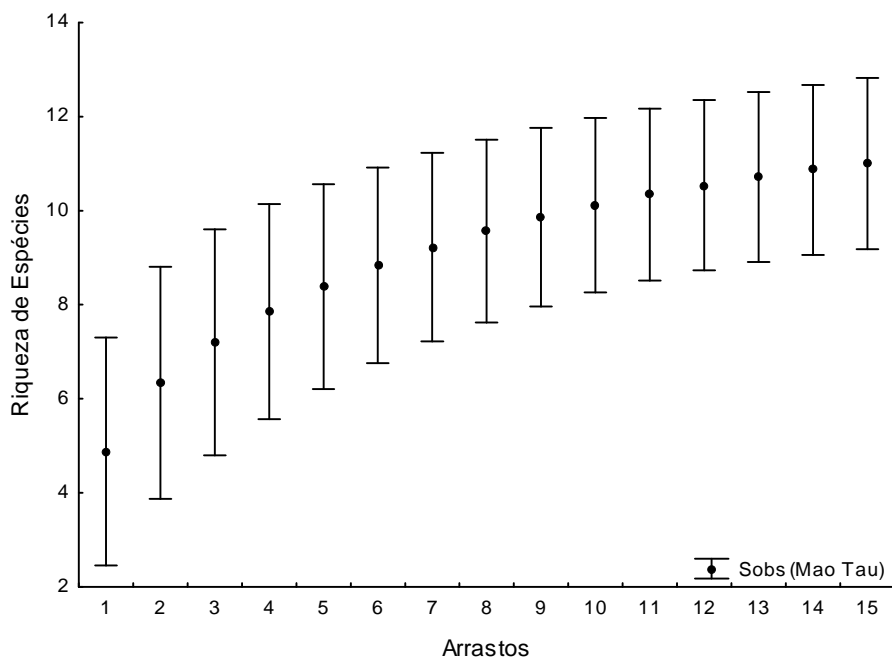


Figura 23 Riqueza de espécies amostrada com rede de arrasto no período da manhã na estação chuvosa, a jusante da UHE Itutinga

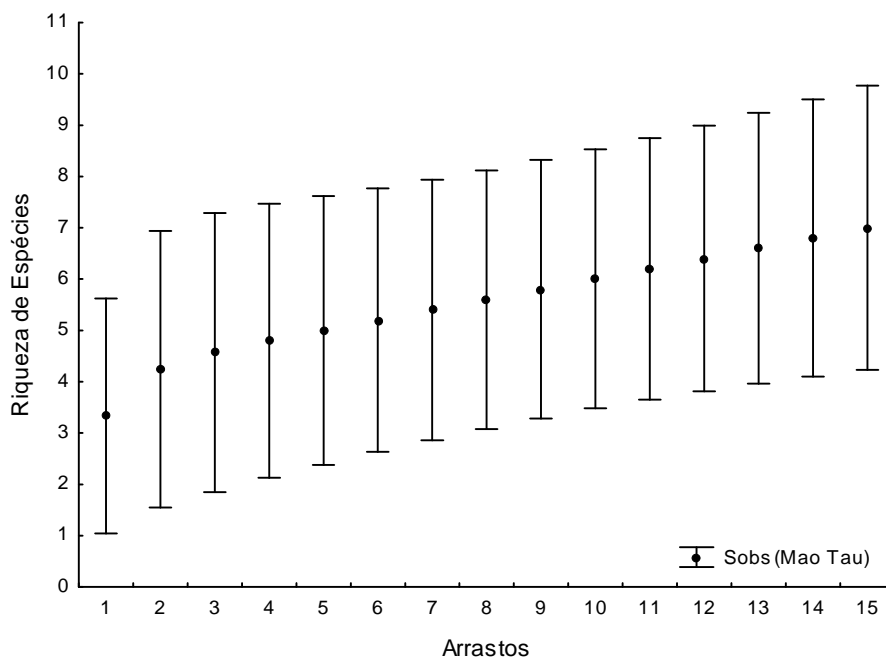


Figura 24 Riqueza de espécies amostrada com rede de arrasto no período da tarde na estação chuvosa, a jusante da UHE Itutinga

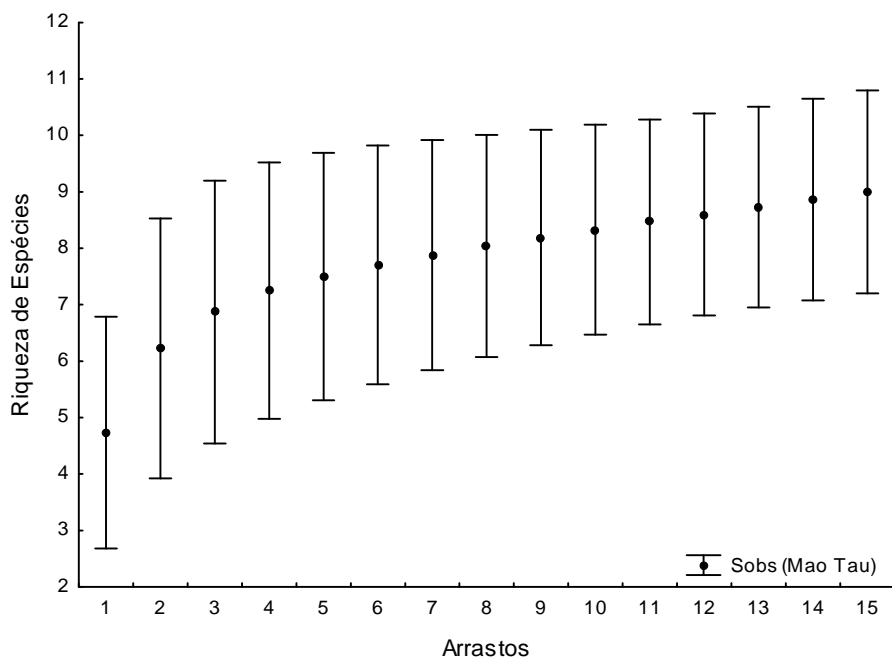


Figura 25 Riqueza de espécies amostrada com rede de arrasto no período da noite na estação chuvosa, a jusante da UHE Itutinga

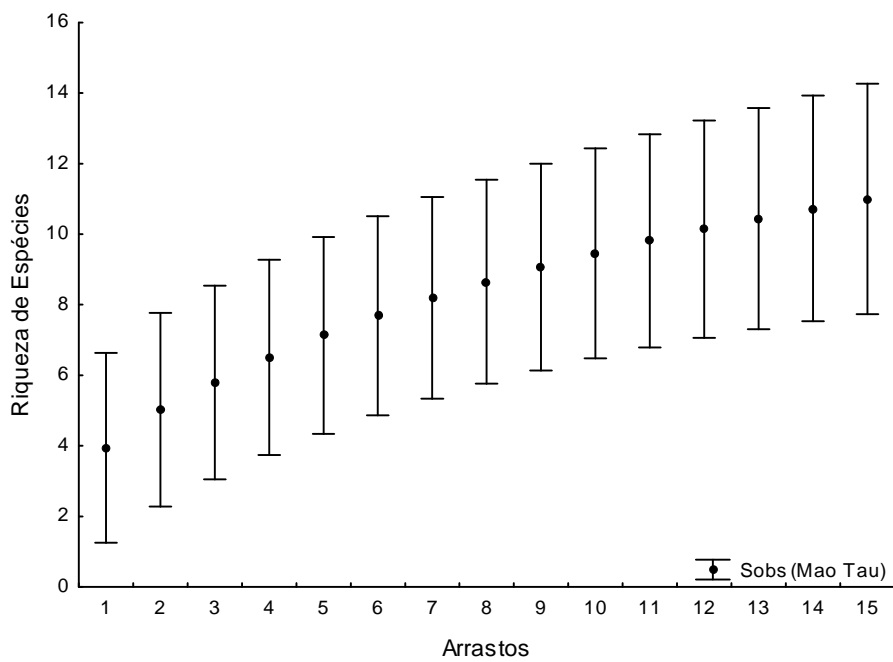


Figura 26 Riqueza de espécies amostrada com rede de arrasto no período da manhã na estação seca, a jusante da UHE Itutinga

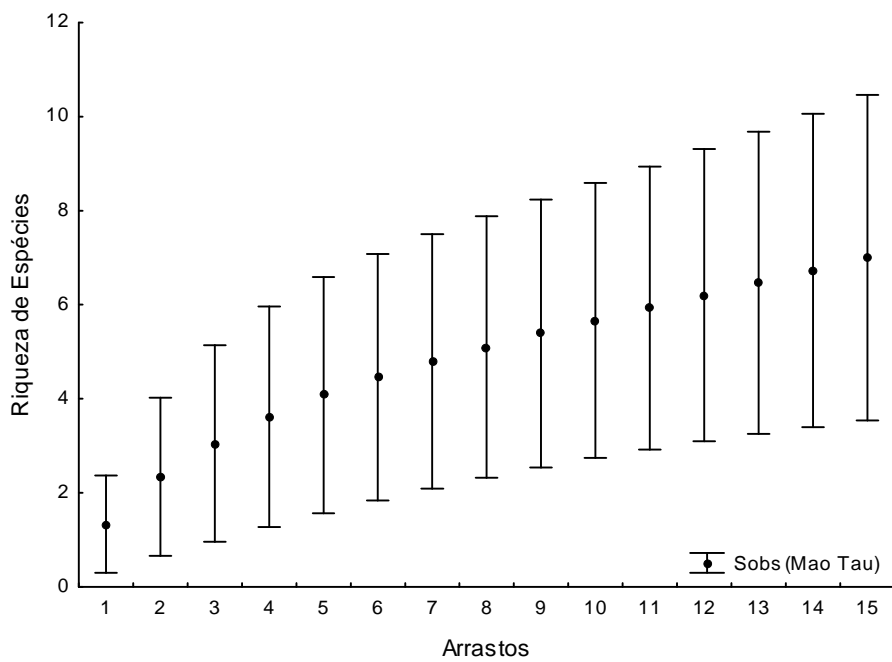


Figura 27 Riqueza de espécies amostrada com rede de arrasto no período da tarde na estação seca, a jusante da UHE Itutinga

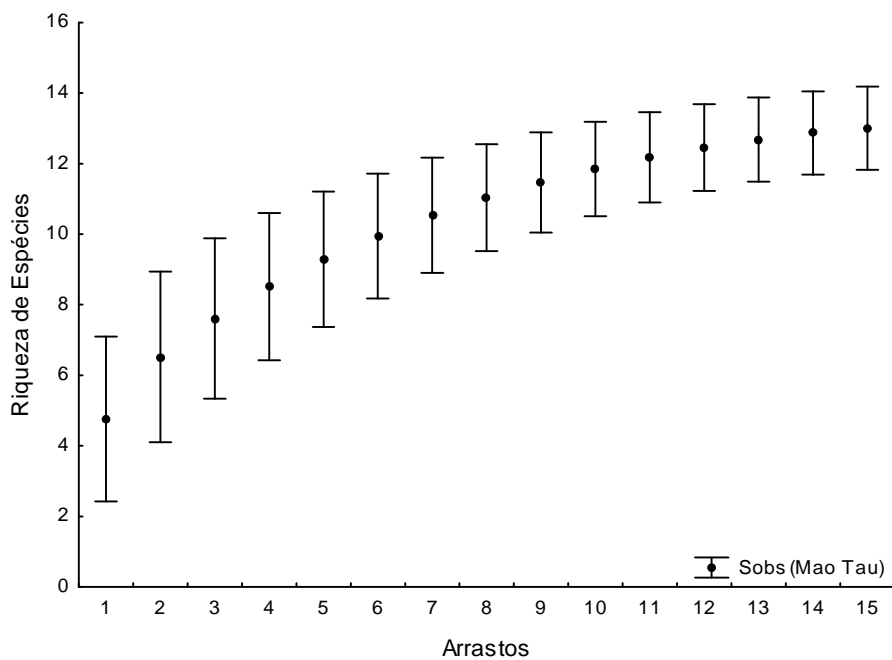


Figura 28 Riqueza de espécies amostrada com rede de arrasto no período da noite na estação seca, a jusante da UHE Itutinga

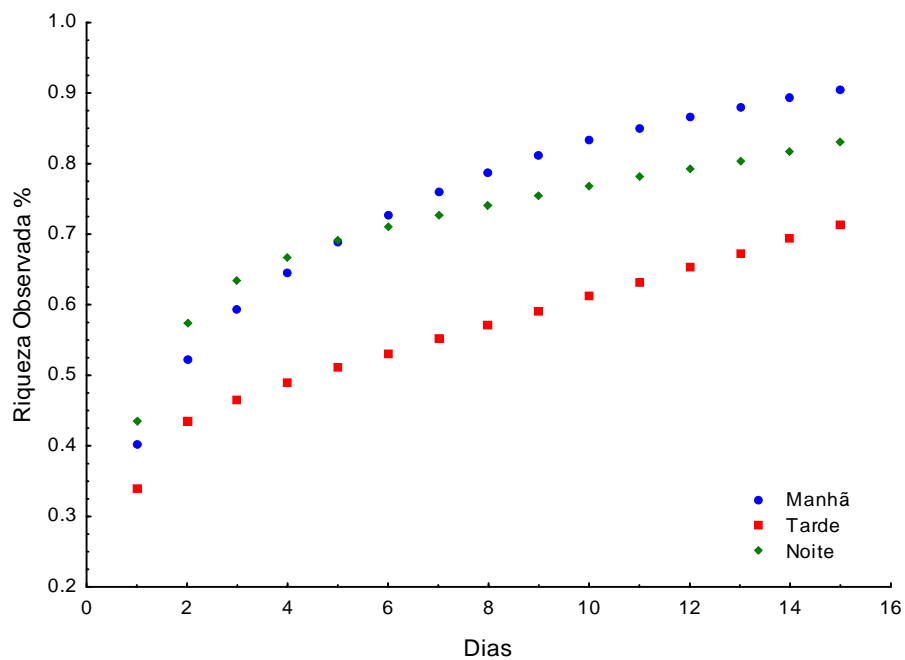


Figura 29 Riqueza observada percentual amostrada com redes de arrasto nos três períodos do dia (M, T, N), durante a estação chuvosa, a jusante da UHE Itutinga

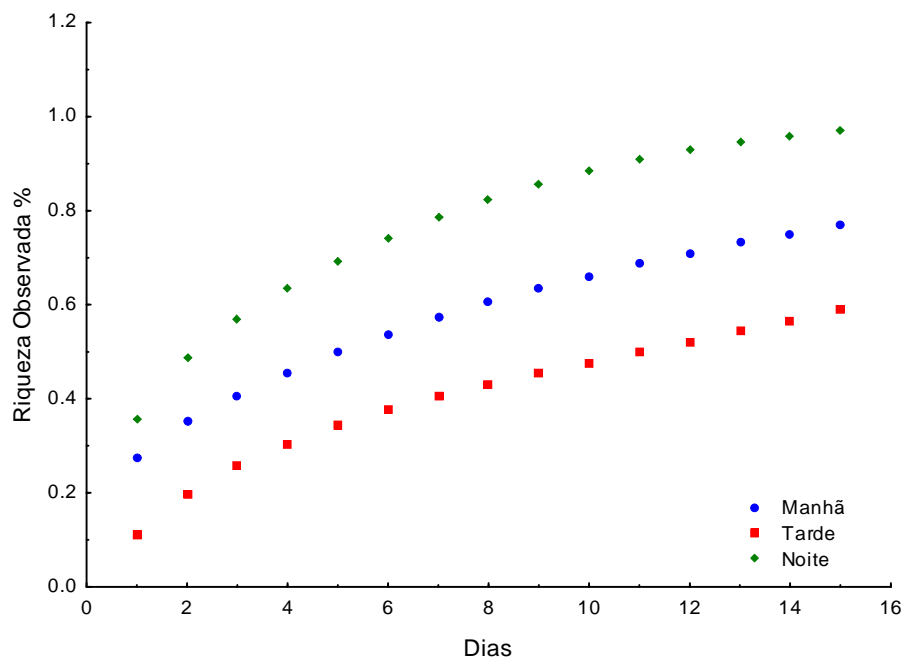


Figura 30 Riqueza observada percentual amostrada com redes de arrasto nos três períodos do dia (M, T, N), durante a estação seca, a jusante da UHE Itutinga

4 DISCUSSÃO

A riqueza de espécies é, frequentemente, utilizada para quantificar o efeito de modificações no ambiente e avaliar as condições biológicas em rios e riachos (KANNO et al., 2009; KARR et al., 1986). A respeito da diversidade de espécies de peixes do rio Grande, os números dessa riqueza são bastante variáveis, a depender dos locais amostrados, se considerados trechos ou a bacia como um todo e, também, dos artefatos de pesca utilizados. Alves et al. (1998) capturaram 24 espécies nativas em trabalhos desenvolvidos no reservatório de Itutinga, ao passo que Souza-Hojo (2008) capturou 23 a jusante desse mesmo reservatório. Numa outra publicação sobre os peixes da bacia, foi registrada a ocorrência de 34 espécies (CEMIG; CETEC, 2000). Em trabalhos realizados mais a jusante do rio, em tributários e no curso do rio (próximo à futura UHE Igarapava), foram encontradas 53 espécies, sendo destas 5 exóticas à bacia (VONO; ALVES; MAGALHÃES, 1997). Compilação baseada em amostragens feitas na calha e em tributários deste rio, realizada por Santos (2010), indicou a existência de uma riqueza muito superior ao já conhecido. Este autor registrou a ocorrência de 114 espécies. Outro estudo, em que, também, foi inventariada a ictiofauna de tributários, Alves et al. (2007) encontraram uma riqueza ainda maior, 160 espécies. Dentre os trabalhos citados, a riqueza de espécies obtida por Vono, Alves e Magalhães (1997) é a que mais se aproxima da riqueza registrada neste trabalho (48 espécies). Estas discrepâncias, encontradas em torno dos valores registrados para a ictiofauna da bacia, deve-se, principalmente, à função do esforço de capturas empregado e dos métodos utilizados. A

riqueza amostrada com rede de emalhar nos lagos dos reservatórios (ALVES et al., 1998; SOUZA-HOJO, 2008) naturalmente será inferior àquela encontrada em locais onde possam somar às redes de emalhar outros artefatos como tarrafas, redes de arrasto e peneiras (ALVES et al., 2007; SANTOS, 2010). Estes últimos artefatos são os mais apropriados para tributários e riachos de pequeno porte, os quais contribuem grandemente para elevar a riqueza da ictiofauna amostrada.

4.1 Rede de emalhar

Nas curvas cumulativas de espécies apresentadas por estação, observou-se a variação significativa da riqueza entre chuva (36) e seca (19), sendo na estação chuvosa registrada quase o dobro de espécies. Nesta estação foi observado o maior número de espécies capturadas e a não estabilização da curva do coletor indica a possibilidade de ocorrência de novas espécies. Os dois conjuntos de redes utilizados, continuamente, durante o período de coletas, constituiu um esforço considerável e, no entanto, nas chuvas, a curva não estabilizou. Em estudos de avaliação de biodiversidade, é previsto, de forma geral, que o número de espécies aumente rapidamente nas primeiras amostragens e, de acordo com o esforço repetitivo, diminua a probabilidade de novas espécies serem adicionadas (ANGERMEIER; SMOGER, 1995). Este padrão resulta na clássica curva assintótica de acumulação de espécies (KANNO et al., 2010). Em diversos trabalhos foi registrada situação semelhante a encontrada neste estudo, em que novas espécies são continuamente adicionadas à medida que novas amostragens são realizadas

(ANGERMEIER; SMOGOR, 1995; HUGHES et al., 2002; PALLER, 1995). Em situações como essa, são desejáveis mais esforços de captura para registrar espécies adicionais (CAO; LARSEN; HUGHES, 2001; HUGHES et al., 2002). Entretanto, maiores esforços de captura representam mais tempo, recursos humanos e financeiros, e este último é geralmente limitado. Quando não são possíveis coletas adicionais, uma alternativa é a remoção de espécies com baixas frequências de ocorrências (< de 1% do total de indivíduos capturados = *singletons* e *doubletons*) dos dados. Desta forma, a curva alcança a assíntota mais rapidamente (KANNO et al., 2010). Neste estudo, optou-se por manter todas as espécies coletadas, inclusive, aquelas com baixas frequências para conhecimento da riqueza real de espécies de peixes e, também, em virtude das suas variações sazonais observadas.

Na seca, a riqueza média foi inferior à estação chuvosa e a curva cumulativa apresentou uma tendência à estabilização mais evidente, possivelmente, em função de uma menor riqueza (naturalmente prevista para a época) e menor volume de água. Nesta estação, também, foram mantidas todas as espécies, inclusive, aquelas com baixa frequência de ocorrência e, mesmo assim foram verificados sinais de estabilização da curva. Isso sugere que as amostragens foram mais efetivas na seca, justificadas pelos aspectos mencionados acima (menores riqueza e vazão). No rio Paraíba do Sul, na estação seca, também, foi verificada uma melhor eficiência de capturas de peixes, comparada à estação chuvosa, quando o volume e o fluxo de água foram maiores (PINTO; ARAÚJO, 2007). Esses aspectos reforçam a influência da variação sazonal da riqueza observada entre as campanhas.

Além das variações entre estações, as diferenças verificadas entre períodos do dia (noite e dia) indicaram a variação da riqueza dentro de cada estação (intraestacional). Nas chuvas não foram observadas variações entre esses períodos, no entanto, na seca, houve uma marcada diferença entre estes, sendo observada no período noturno uma riqueza muito superior (19) ao encontrado na seca (6). Tal fato faz emergir uma questão fundamental nos inventários de peixes: há horário do dia ou estação mais indicados para realizar uma amostragem? Os dados aqui levantados sugerem que o período diurno é bastante desaconselhado durante a seca quando, provavelmente, em razão da maior transparência da água, os peixes possuem maior probabilidade de evitar a rede de emalhar.

As redes 2,4, 3, 4, 5 e 6 (ordenadas por tamanho e não pela frequência de captura) alcançaram valores de capturas próximos a 80% da riqueza estimada. Estas redes apresentaram a maior eficiência de captura em ambas as estações. As redes maiores contribuíram para a amostragem da riqueza de indivíduos de grande porte, como dourados (*Salminus brasiliensis*), tabaranas (*Salminus hilarii*) e piracanjubas (*Brycon orbignyana*), no entanto, grande parte da riqueza foi constituída por peixes de pequeno a médio porte e foram capturados nas redes menores. Peixes de grande porte foram pouco abundantes no trecho estudado e, assim, as malhas de menor abertura têm maior probabilidade de capturas. Quando a amostragem tiver como objetivo apenas o levantamento das espécies, o conjunto de redes com melhor eficiência de captura será aquele formado pelas redes de malhas 2,4 a 10. Redes de maior tamanho apresentaram capturas muito baixas, sendo na malha 12 registrada apenas

3 indivíduos de uma mesma espécie e, nas malhas 14 e 16, um único indivíduo da mesma espécie em ambas as redes.

4.2 Rede de arrasto

Diferentemente do observado para as redes de emalhar, nos arrastos não foram verificadas diferenças significativas entre as estações, sendo capturado um número próximo de espécies, embora a composição da comunidade amostrada tenha se alterado. Espécies de pequenos caracídeos (piabas) como *Serrapinus* sp, *Serrapinus heterodon*, *Odontostilbe* sp e *Hasemania* sp só ocorreram na seca, enquanto *Hyphessobrycon* sp foi exclusivo da estação de chuvas. Observações de campo, também, indicaram o efeito sazonal na abundância das piabas. Nas chuvas houve predomínio de indivíduos de *Piabina argentea* ao passo que na seca *Knodus moenkhausii* foi mais abundante (obs. pess.). Entretanto, chama atenção a maior captura de espécies à noite na estação seca, enquanto que na chuva a riqueza amostrada pouco variou entre horários. À semelhança das capturas com redes de emalhar, maior transparência na seca deve exercer papel importante na diminuição do sucesso de amostragem durante o dia.

Para este método de amostragem, as curvas de acumulação de espécies não indicaram uma estabilização para horários individualmente, apesar do esforço contínuo (15 amostragens). Tal situação pode ser reflexo de espécies com baixas frequências de ocorrências (HUGHES et al., 2002; KANNO et al., 2010), presentes na área de amostragem e que, eventualmente, são capturados. Esses autores indicam que a estabilização

da curva ocorre mais rapidamente quando estas espécies são removidas da análise (KANNO et al., 2010).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora o esforço empregado em cada estudo dependa de seus objetivos e dos recursos disponíveis, no delineamento amostral de estudos de ictiofauna devem ser levadas em conta as seguintes informações:

- a) redes de emalhar e arrastos constituem métodos complementares, capturando diferentes espécies e indivíduos de diferente porte;
- b) capturas na estação chuvosa são mais produtivas em relação à riqueza de espécies e captura de indivíduos de maior porte;
- c) capturas na estação seca devem privilegiar o período noturno;
- d) redes de menor malha apresentam maior sucesso em capturar um número maior de espécies.

**ICHTHYOFAUNA OF THE ALTO RIO GRANDE: SPECIES
RICHNESS AND CAPTURE EFFORT DOWNSTREAM OF THE
ITUTINGA DAM, MINAS GERAIS ,BRAZIL.**

ABSTRACT

The number of dams constructed in rivers around the world is increasing, causing fragmentations in the water courses. The lotic sections remaining between reservoirs has not been receiving due attention and few studies have been developed in these areas. The ichthyofauna from the Rio Grande basin, despite numerous studies, still presents many gaps in knowledge, needing new essays. This work sampled a section downstream of the Itutinga DAM, during 15 consecutive days in the rainy and dry seasons, using drift nets and trawls. We used two sets formed by 11 nets each (2.4 to 16 mm meshes) which remained for 24 hours a day, visited at 6 and 18 h. Trawls were performed three times a day (morning, afternoon and night) during all the sampling period. We captured 3,810 individuals with drift nets and 15,745 with trawls, with 48 species. We observed that the species richness presented variations in regard to the seasons and the sampling times for the drift nets and, for the trawls only for the periods of the day. Species composition also varied between seasons, with some being exclusive to each season. Species cumulative curves (Mao Tau) were constructed and the richness values compared with estimators. In general, despite the elevated effort employed in fishing, the curves did not tend to stabilization, and the captured richness represented only 80% of the estimated. The smaller sized meshes were more efficient in sampling the local richness, and the trawls presented an important contribution in registering the ichthyofauna of the Rio Grande.

Keywords: Species richness. Capture effort. Rio Grande. Species cumulative curve.

REFERÊNCIAS

- ALVES, C. B. M. et al. A ictiofauna da represa de Itutinga, rio Grande, Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*, Rio de Janeiro, v. 58, n. 1, p. 121-129, 1998.
- ALVES, C. B. M. et al. Impacts of non-native fish species in Minas Gerais, Brazil: present situation and prospects. In: BERT, M. T. (Ed.). *Ecological and genetic implications of aquaculture activities*. Dordrecht: Springer, 2007. p. 291-314.
- ALVES, C. B. M.; SILVA, L. G. M.; GODINHO, A. L. Radiotelemetry of a female jaú, *Zungaro jahu* (Ihering, 1898) (Siluriformes: Pimelodidae), passed upstream of Funil Dam, rio Grande, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 229-232, 2007.
- ANGERMEIER, P. L.; SMOGOR, R. A. Estimating number of species and relative abundances in stream-fish communities: effects of sampling effort and discontinuous spatial distributions. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Ottawa, v. 52, n. 5, p. 936-949, May 1995.
- ANJOS, M. B.; ZUANON, J. Sampling effort and fish species richness in small terra firme forest streams of central Amazonia, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 45-52, 2007.
- CAO, Y.; LARSEN, D. P.; HUGHES, R. M. Evaluating sampling sufficiency in fish assemblage surveys: a similarity-based approach. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, Ottawa, v. 58, n. 9, p. 1782-1793, Sept. 2001.
- CASARIM, R.; BUENO, M. L.; POMPEU, P. S. Ichthyofauna of the Aiuruoca River basin, Minas Gerais, Brazil. *Check List, Darien*, v. 8, n. 6, p. 1166-1171, Dec. 2012.

CASTRO, R. C. M. et al. Estrutura e composição da ictiofauna de riachos da bacia do rio Grande no estado de São Paulo, sudeste do Brasil. *Biota Neotropica*, Campinas, v. 4, n. 1, 2004. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v4n1/pt/abstract?article+BN01704012004>>. Acesso em: 10 dez. 2012.

COLWELL, R. K. EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8. Disponível em: <<http://purl.oclc.org/estimates>>. Acesso em: 1 dez. 2012.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS; FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. Guia ilustrado de peixes da bacia do rio Grande. Belo Horizonte, 2000. 144 p.

CONSÓRCIO AHE FUNIL. Disponível em: <<http://www.ahefunil.com.br/home/home>>. Acesso em: 14 nov. 2012.

FLOTEMERSCH, J. E. et al. Site length for biological assessment of boatable rivers. *River Research and Applications*, Chichester, v. 27, n. 4, p. 520-535, May 2011.

GODINHO, H. P.; VONO, V.; GODINHO, A. L. Escada de peixes de Igarapava: modelo de estudos em passagens de peixes neotropicais. In: Companhia Energética de Minas Gerais. *Transposição de peixes*. Belo Horizonte, 2012. p. 83-109. (Série Peixe Vivo).

GRAÇA, W. J.; PAVANELLI, C. S. Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes. Maringá: EDUEM, 2007. 241 p.

HUGHES, R. M. et al. Electrofishing distance needed to estimate fish species richness in raftable Oregon rivers. *North American Journal of Fisheries Management*, Bethesda, v. 22, n. 4, p. 1229-1240, Jan. 2002.

JARAMILLO-VILLA, U.; CARAMASCHI, E. P. Índices de integridade biótica usando peixes de água doce: uso nas regiões tropicais e subtropicais. *Oecologia Brasiliensis*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, p. 442-462, 2008.

KANNO, Y. et al. Influence of rare species on electrofishing distance when estimating species richness of stream and river reaches. *Transactions of the American Fisheries Society*, Bethesda, v. 138, n. 6, p. 1240-1251, Jan. 2009.

KARR, J. R. et al. Assessing biological integrity in running waters: a method and its rationale. Champaign: Illinois Natural History Survey, 1986. 28 p. (Special Publication, 5).

KAUFMANN, P. R. et al. Quantifying physical habitat in wadeable streams: EPA/620/R-99/003. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, 1999. 102 p.

LANGGANI, F.; CARVALHO, F. R. Chave para identificação das espécies de peixe da drenagem do rio Grande, sistema do alto rio Paraná, sudeste do Brasil. São José do Rio Preto: UNESP, 2010.

LANGGANI, F. et al. Diversidade da ictiofauna do Alto Rio Paraná: composição atual e perspectivas futuras. *Biota Neotropica*, Campinas, v. 7, n. 3, p. 181-197, 2007.

PALLER, M. H. Relationships among number of fish species sampled, reach length surveyed, and sampling effort in South Carolina coastal plain streams. *North American Journal of Fisheries Management*, Bethesda, v. 15, n. 1, p. 110-120, Jan. 1995.

PINTO, B. C. T.; ARAÚJO, F. G. Assessing of biotic integrity of the fish community in a heavily impacted segment of a tropical river in Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, v. 50, n. 3, p. 489-502, May 2007.

POMPEU, P. S. et al. The ichthyofauna of upper rio Capivari: defining conservation strategies based on the composition and distribution of fish species. *Neotropical Ichthyology*, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 659-666, 2009.

PUSEY, B. J. et al. Quantitative sampling of stream fish assemblages: single- vs multiple-pass electrofishing. *Australian Journal of Ecology*, Carlton, v. 23, n. 4, p. 365-374, Aug. 1998.

REIS, R. E.; KULANDER, S. O.; FERRARIS JUNIOR, C. J. (Org.). Check list of the freshwater fishes of South and Central America. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003. 742 p.

SANTOS, G. B. A ictiofauna da bacia do Alto Paraná, rio Grande e rio Paranaíba. *MG Biota*, Belo Horizonte, v. 2, n. 6, p. 5-25, 2010.

SOUZA-HOJO, D. M. Composição e alimentação da ictiofauna na área de influência da usina hidrelétrica de Funil, localizada no rio Grande, região sul do estado de Minas Gerais. 2008. 92 p. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

STODARDD, J. L. et al. An ecological assessment of western streams and rivers: EPA 620/R-05/005. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, 2005. 56 p.

TERRA, B. F.; ARAÚJO, F. G. A preliminary fish assemblage index for a transitional river-reservoir system in southeastern Brazil. *Ecological Indicators*, London, v. 11, n. 3, p. 874-881, May 2011.

VONO, V.; ALVES, C. B. M.; MAGALHÃES, A. L. B. A ictiofauna dos cursos d'água tributários do reservatório da futura UHE Igarapava, rio Grande. *Acta Limnologica Brasiliensia*, São Carlos, v. 9, n. 1, p. 33-43, Jan. 1997.

WHITTIER, T. R. et al. A structured approach to developing indices of biotic integrity: three examples from western USA streams and rivers. Transactions of the American Fisheries Society, Bethesda, v. 136, n. 3, p. 718-735, Jan. 2007.

ARTIGO 2 Análise de diferentes regimes de vazão sobre a comunidade de peixes a jusante da UHE Itutinga, Rio Grande, MG

Artigo normalizado de acordo com a NBR 6022 (ABNT, 2003)

RESUMO

Foram avaliados os efeitos de diferentes vazões nas estações seca e chuvosa sobre a ictiofauna, durante dois anos hidrológicos no rio Grande, a jusante da UHE Itutinga. Oito campanhas de amostragem foram realizadas com diferentes vazões, sendo quatro correspondentes ao período chuvoso e quatro ao seco. Considerando valores de vazões históricas (20 anos), foram definidas as vazões operadas para cada campanha. As amostragens dos peixes ocorreram nos períodos chuvoso (janeiro e março/2010, março e novembro/2011) e seco (julho e outubro/2010, junho e agosto/2011), com duração de 5 dias cada, após a manutenção ao longo de 30 dias, da vazão estabelecida. Nas capturas foram utilizadas redes de emalhar (expostas 24h por dia, durante 5 dias e vistoriadas às 6h e 18h) e de arrasto, sendo realizados 3 arrastos diários (06:00, 14:00 e 22:00h), durante o período de coletas (5 dias). A captura por unidade de esforço (CPUE) indicou que mudanças na abundância de espécies migradoras e reofílicas foram respostas comuns em ambas as estações. Na seca, estes parâmetros foram significativos. Na chuva, além destes, também variaram significativamente a CPUE_n de lênticos e CPUE_b de reofílicos. De maneira geral, capturas mais baixas foram observadas em vazões extremas na chuva, e nas menores vazões na seca.

Palavras-chave: Reservatórios. Rio Grande. Comunidade de peixes. Regime de vazões. Vazão sazonal.

1 INTRODUÇÃO

A vazão desempenha um papel essencial na sustentabilidade da biodiversidade nativa e na integridade dos ecossistemas lóticos (POFF et al., 1997). O aspecto ecológico fundamental para a sustentabilidade dos ecossistemas lóticos é a necessidade de manter a variabilidade da vazão a mais próxima possível da natural, considerando suas diferentes escalas de tempo (anual à diária) (NAIMAN et al., 2002). De acordo com Petts (2009), o regime de vazão natural molda a evolução da biota aquática e processos ecológicos, por exemplo, quando proporciona habitats para desova e crescimento de peixes em locais mais protegidos (como lagoas marginais) durante períodos críticos de distúrbios na calha do rio. Poff et al. (1997) indicam cinco componentes críticos da vazão que regulam processos ecológicos nos ecossistemas lóticos: magnitude, frequência, duração, previsibilidade e taxa de mudança. Segundo esses autores, tais componentes podem ser usados para caracterizar uma ampla extensão de vazões e específicos fenômenos hidrológicos que são críticos para a integridade do sistema. Assim, a importância do regime de fluxo dos rios, para assegurar a biodiversidade e sua integridade ecológica, tem sido bem consolidada nas últimas décadas (BUNN; ARTHINGTON, 2002; PETTS, 2009; POFF et al., 1997; POFF; ZIMMERMAN, 2010).

A influência de diferentes regimes de vazões, também, tem sido estudada quanto às modificações provocadas nos habitats utilizados pelos peixes. Uma vez que a vazão interfere na qualidade, disponibilidade e indisponibilidade de tais habitats, esses aspectos exercem uma influência

direta na ictiofauna (BAIN; FINN; BOOKE, 1988; FREEMAN et al., 2001; LAMOUREUX et al., 2006; SCHLOSSER, 1985).

Os sistemas fluviais são altamente dinâmicos, dependendo dos padrões locais de pluviosidade, hidrologia e geologia. Além disso, as respostas às mudanças nesses fluxos podem se dar de diversas maneiras. Cada rio apresenta seu regime de vazão característico e uma comunidade biológica associada (PETTS, 2009), o que torna difícil a adoção de medidas generalizadas de manejo e conservação para os ambientes aquáticos. Apesar dos sistemas hídricos serem muito dinâmicos (POFF et al., 1997) e responderem aos impactos humanos, sob diferentes formas, as intervenções humanas nesses sistemas podem ser cumulativas e, em muitas vezes, irreversíveis (PETTS, 2009).

São, amplamente reconhecidos, os benefícios advindos de um reservatório, como a produção de energia, abastecimento, controle de cheias e lazer. Entretanto, tais benefícios vêm associados a custos ambientais, principalmente, para os peixes (YOUNG; CECH JUNIOR; THOMPSON, 2011). Um dos principais impactos gerados pelos represamentos é a modificação no regime hidrológico natural (BUNN; ARTHINGTON, 2002; HUMPHRIES et al., 2008; POFF et al., 1997; PONTON; VAUCHEL, 1998). Os regimes de vazões em muitos rios regulados (*e.g.* represamentos) são altamente variáveis e imprevisíveis, e vazões tipicamente sazonais podem ocorrer, rapidamente, ao longo de um dia e sem regularidade (BAIN; FINN; BOOKE, 1988).

Nas últimas décadas, estudos têm sido dedicados para minimizar os impactos decorrentes do represamento dos rios, muitos deles focando na vazão mantida a jusante, por considerarem este um elemento

fundamental nos sistemas lóticos (ALCÁZAR; PALAU, 2010; BAIN; FINN; BOOKE, 1988; FREEMAN et al., 2001; PETTS, 2009; POFF et al., 1997; RICHTER et al., 2012; SHAFROTH et al., 2010; SMOKOROWSKI et al., 2011). As abordagens desses estudos são bastante diversas e abrangem diferentes escalas temporais e espaciais, que vão desde a determinação de habitats influenciados pelas vazões e sua repercussão nos peixes que utilizam tal ambiente (BAIN; FINN; BOOKE, 1988; LAMOUREUX et al., 2006; SCHLOSSER, 1985) até medidas mais amplas, envolvendo grandes segmentos de rios. Nestes, a experimentação de diferentes modelos de vazões (vazão mínima; incremento de vazão; regime natural; operação em ponta) tenta avaliar aqueles que possam satisfazer os diferentes interesses biológicos, humanos e ambientais (FREEMAN et al., 2001; GROWNS, 2008; HUMPHRIES et al., 2008; RICHTER et al., 2012; SCRUTON et al., 2005; SHAFROTH et al., 2010; SMOKOROWSKI et al., 2011; YOUNG; CECH JUNIOR; THOMPSON, 2011). A restauração de vazões em rios barrados, em alguns casos particulares, tem apontado caminhos para a preservação dos sistemas aquáticos e de toda a biodiversidade associada (HILL; PLATTS, 1998).

Nesse sentido, no presente estudo objetivou-se avaliar a influência de diferentes regimes de vazão nas estações seca e chuvosa, liberadas por empreendimento hidrelétrico, com o objetivo de identificar as respostas da comunidade de peixes a estas diferentes situações. Assim, neste trabalho buscou-se responder às seguintes questões: 1) Qual fator exerce maior efeito sobre a comunidade de peixes: a sazonalidade ou a magnitude das vazões? 2) Grupos de espécies com características

funcionais (guildas) diferentes seriam afetados pela vazão de maneira distinta? 3) Diferentes vazões afetam de maneira diferente as comunidades do caudal do rio e das margens?

2 METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

A área de estudo está localizada num trecho do rio Grande a jusante de UHE Itutinga, no município de mesmo nome, em Minas Gerais. Este rio tem sua nascente ao sul de Minas Gerais, sudeste do Brasil e, ainda, na sua porção mais alta, possui dois represamentos bem próximos entre si, Camargos e Itutinga (Figura 1).

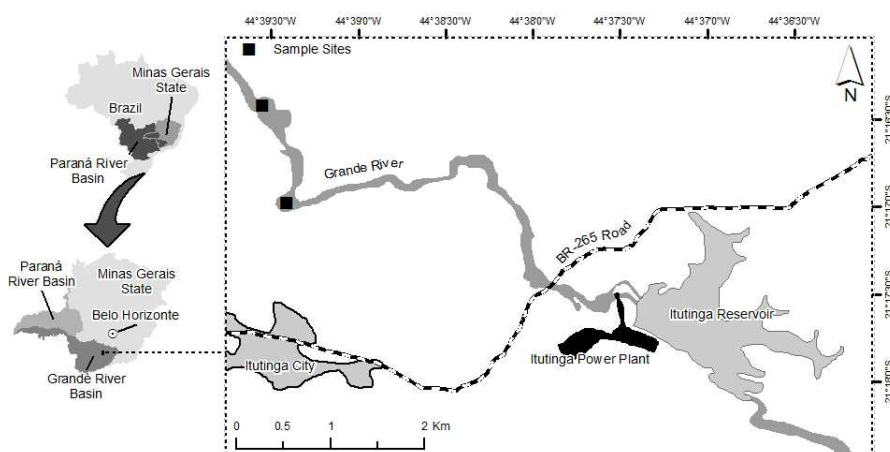


Figura 1 Localização das áreas de amostragem no rio Grande, a jusante da UHE Itutinga, MG

2.2 Valores de vazões

As vazões operadas, durante as amostragens, foram manejadas de acordo com as estações do ano, cujos valores foram condizentes com os períodos de chuvas e o seco. No delineamento amostral buscou-se

contemplar, para as estações seca e chuvosa, vazões próximas, inferiores e superiores à média histórica de cada estação (Figura 2).

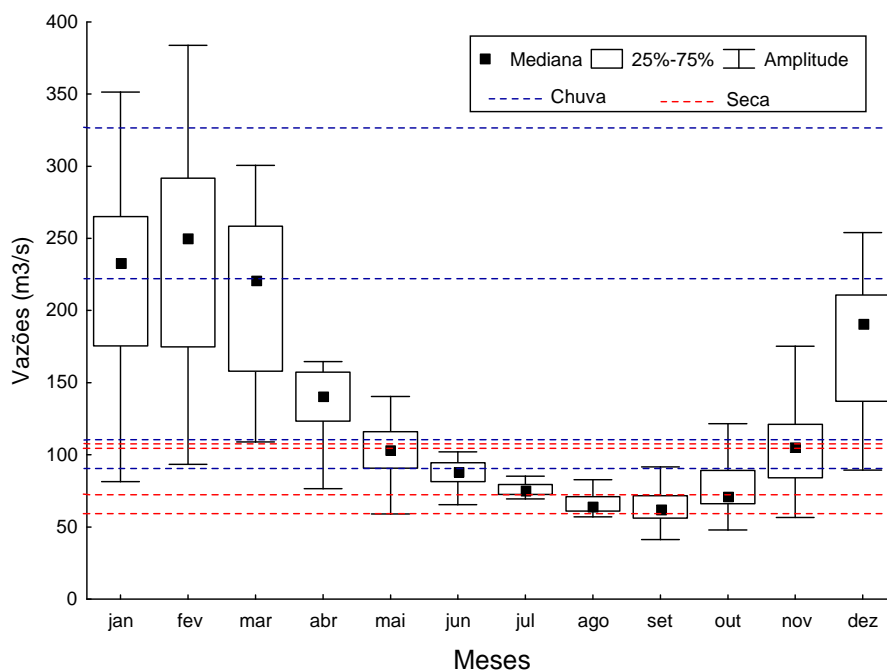


Figura 2 Valores de vazão adotados nas campanhas de chuva (linha tracejada azul) e seca (linha tracejada vermelha), considerando os registros históricos do rio Grande, a jusante da UHE Itutinga, MG.

2.3 Amostragem

As amostragens a ictiofauna foram realizadas nos meses de janeiro, março, julho e outubro de 2010 e março, junho, agosto e novembro de 2011. Em cada campanha, a amostragem foi realizada durante 5 dias consecutivos, utilizando redes de emalhar e redes de

arrasto, padronizando o esforço de capturas de cada artefato de pesca. Anteriormente ao período de coletas, a vazão foi mantida fixa, durante 30 dias, com vazão igual à utilizada nas coletas.

As redes de emalhar utilizadas foram formadas por dois conjuntos de 11 redes (2,4, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14 e 16 mm entre nós), as quais foram vistoriadas duas vezes por dia (6h e 18h). Os peixes capturados foram identificados e separados por malha e por horário. Em seguida, foi realizada a biometria de cada indivíduo, determinando o peso e os comprimentos total (CT) e padrão (CP).

Outro artefato de pesca utilizado foi a rede de arrasto. Esta apresentava dimensões médias de 7 x 2 m e abertura de malha de 0.5 mm. Esta rede foi utilizada em uma área litorânea (23K 0535458 / 7647270 UTM), durante cinco dias consecutivos, sendo os arrastos realizados às 6, 14 e 22h. Cada arrasto foi constituído por uma passada de rede numa extensão de, aproximadamente, 15 metros. Os peixes capturados foram anestesiados em solução de água e eugenol e, em seguida, fixados em formaldeído a 10%. Posteriormente os peixes foram triados, identificados até o menor táxon possível, contados, pesados e conservados em álcool 70%.

A abundância e a biomassa foram estimadas, por meio das CPUE (Captura por Unidade de Esforço), considerando os dados obtidos, por meio das redes de espera e do arrasto, separadamente, segundo a fórmula:

$$CPUE = N^{\circ} \text{ indivíduos (ou biomassa)} / 100\text{m}^2 \text{ rede} / 24\text{h}$$

A captura por unidade de esforço consiste em um método de padronização das capturas e é amplamente utilizado em estudos e monitoramentos, o qual fornece uma boa estimativa da abundância dos

recursos pesqueiros (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007), sendo considerado um bom índice nas análises de variações espaciais e temporais (KING, 1995). Além disso, o método permite comparações entre ambientes e períodos distintos. As análises de CPUE foram realizadas em número de indivíduos e biomassa para a ictiofauna total e para grupos de espécies. Com o objetivo de analisar a influência das vazões sobre determinados grupos de espécies que partilham um mesmo comportamento ou hábitat, foram determinadas as CPUE's (em número de indivíduos e biomassa), agrupadas por categorias funcionais. Neste estudo, estas categorias, denominadas de guildas, foram arranjadas de acordo com as espécies que apresentam determinadas características funcionais, em comum ou de habitat, como aquelas que desempenham movimentos migratórios (migradores); as que ocorrem em ambientes com águas paradas ou calmas (lênticos) e, ainda, as espécies que ocorrem associadas a substratos de fundo e a ambientes correntosos (reofílicos).

A captura por unidade de esforço em abundância e biomassa para a rede de arrasto foi obtida pela divisão do número de indivíduos ou a massa pela área da rede, respectivamente.

2.4 Análises

As abundâncias em número de indivíduos (CPUE_n), biomassa (CPUE_b) e a riqueza de espécies foram comparadas, por meio de ANOVA entre os quatro regimes de vazão, para as estações seca e chuvosa. As diferenças encontradas nestes parâmetros citados, também, foram testadas separadamente por estação para diferentes grupos de espécies tais como: migradores, não migradores, lênticos e reofílicos. Os parâmetros que não apresentaram a normalidade para Shapiro-Wilk superior a 0,05 foram submetidos à transformação da raiz quadrada ou do logaritmo (LEGENDRE; LEGENDRE, 2000).

A estrutura das comunidades de peixes nas oito situações de vazões foi comparada por meio de NMDS. Com o objetivo de avaliar se a estação seca e chuvosa ou os regimes de vazão exercem mais influência sobre a comunidade, foi realizada a ANOSIM, comparando-se as estações seca e chuvosa (dois grupos) e os quatro grupos de vazão (inferior, intermediária A, intermediária B e superior ao histórico, independentemente da estação). As eventuais diferenças significativas encontradas entre os grupos e a contribuição relativa de cada espécie para foi avaliada pela análise de SIMPER.

Todas estas análises foram realizadas, separadamente, para os dados obtidos no caudal do rio (redes de emalhar) e para a região litorânea (arrastos).

Para cada coleta foi estimada a curva cumulativa de espécies, por meio do software EstimateS, versão 8.2.0 (COLWELL, 2012), que foram comparadas às estações seca e chuvosa.

3 RESULTADOS

3.1 Redes de emalhar

Foram capturados 2.792 indivíduos, pertencentes a 34 espécies. A relação completa das espécies é apresentada no Artigo 1, Tabela 1.

Nas campanhas realizadas, durante a estação chuvosa, a CPUE_n para os grupos de peixes migradores, lênticos e reofílicos, bem como a riqueza capturada foram significativamente diferentes entre as campanhas (Tabela 1). Na estação seca, apenas a CPUE_n de migradores e reofílicos apresentaram diferenças significativas entre diferentes valores de vazão (Tabela 2).

Tabela 1 Média e desvio padrão (entre parênteses) dos parâmetros avaliados da ictiofauna amostrada no Rio Grande, jusante da UHE Itutinga, sob diferentes vazões na estação chuvosa. Valores significativos indicados por asterisco

Parâmetros avaliados	Período Chuvoso			
	Vazões			
	96m ³ /s	110m ³ /s	222m ³ /s	327m ³ /s
CPUE _n total (p = 0,133)	33,8 (17,3)	16,3 (15,7)	17,3 (3,6)	19,4 (7,2)
CPUE _b total (p = 0,07)	1699,1 (644,3)	656,7 (653,1)	11244,5 (286,6)	1086,9 (681,4)
Riqueza (p = 0,03) *	15,80 (2,68)	10,8 (3,83)	15,20 (2,39)	15,60 (1,82)
CPUE _n migradores (p = 0,003) *	2,30 (0,27)	0,84 (0,91)	3,81 (0,94)	3,27 (1,75)
CPUE _b migradores (p = 0,07)	5,39 (1,72)	1,34 (1,27)	6,56 (2,36)	6,92 (6,02)
CPUE _n peixes de amb. lênticos (p = 0,006) *	9,45 (6,03)	0,06 (0,05)	6,45 (2,69)	7,27 (3,50)
CPUE _b peixes de amb. lênticos (p = 0,11)	5,64 (2,30)	2,41 (2,56)	2,86 (0,97)	4,60 (1,39)
CPUE _n peixes reofílicos (p = 0,001) *	4,90 (1,24)	1,04 (0,04)	3,39 (0,63)	3,60 (0,51)
CPUE _b peixes reofílicos (p = 0,03) *	11,35 (3,62)	4,15 (3,77)	9,58 (2,78)	11,30 (5,39)

Tabela 2 Média e desvio padrão (entre parênteses) dos parâmetros avaliados da ictiofauna amostrada no Rio Grande, jusante da UHE Itutinga, sob diferentes vazões na estação seca. Valores significativos indicados por asterisco

Período Seco				
Parâmetros avaliados	Vazões			
	65m ³ /s	76m ³ /s	108m ³ /s	109m ³ /s
CPUE _n total (p = 0,240)	4,27 (1,31)	5,13 (1,06)	3,62 (0,62)	4,12 (1,35)
CPUE _b total (p = 0,186)	9,19 (0,82)	10,02 (0,84)	8,75 (0,57)	9,61 (1,25)
Riqueza (p = 0,059)	10,6 (3,21)	14,6 (2,61)	9,6 (2,07)	12,4 (3,21)
CPUE _n migradores (0,024) *	0,91 (0,61)	1,03 (0,69)	0,84 (0,25)	1,94 (0,59)
CPUE _b migradores (0,062)	0,005 (0,007)	2,44 (2,0)	1,21 (1,13)	5,76 (5,98)
CPUE _n peixes de amb. lênticos (0,436)	5,94 (2,28)	5,03 (2,45)	2,48 (2,08)	3,63 (2,71)
CPUE _b peixes de amb. lênticos (0,245)	2,12 (1,81)	3,25 (2,86)	0,81 (0,72)	1,62 (1,29)
CPUE _n peixes reofílicos (0,002) *	1,07 (0,04)	4,63 (0,97)	3,28 (0,44)	3,71 (1,16)
CPUE _b peixes reofílicos (0,239)	4,55 (3,09)	8,63 (4,01)	3,78 (1,48)	8,91 (8,01)

Foi observada nítida diferença na estrutura da comunidade de peixes, quando comparadas às estações seca e chuvosa (ANOSIM: $R=0,406$; $p=0,029$), bem como quando comparadas às diferentes vazões dentro das estações (ANOSIM: $R=0,367$; $p=0,001$) (Figura 4). No entanto, enquanto na chuva todos os valores de vazão diferiram, significativamente, entre si, na seca, apenas as comunidades associadas às menores vazões (1 - $65 \text{ m}^3/\text{s}$ e 2 - $76 \text{ m}^3/\text{s}$) foram diferentes das vazões superiores (3 - $108 \text{ m}^3/\text{s}$ e 4 - $109 \text{ m}^3/\text{s}$).

Apesar das diferenças entre as comunidades associadas às diferentes vazões, *Astyanax fasciatus* e *Apareiodon affinis* foram, sempre, as espécies mais abundantes na estação chuvosa, enquanto *Pimelodus maculatus* e *Leporinus octofasciatus* reduziram, gradativamente, a sua abundância com o aumento das vazões (Tabela 3). Mesmo padrão foi observado na seca, porém, sem relação nítida entre a abundância destes dois migradores/reofílicos e a vazão operada.

Tabela 3 Composição de espécies, abundância e cumulativo percentual da ictiofauna, capturada no rio Grande, a jusante da UHE Itutinga, nos períodos de chuva e seca com vazão fixa (SIMPER)

CHUVA				
Vazão (m ³ /s)	Espécies	Abund. Méd.	Contrib%	Cum.%
96	<i>Astyanax fasciatus</i>	16.04	18.6	18.6
	<i>Apareiodon affinis</i>	14.95	17.63	36.23
	<i>Pimelodus maculatus</i>	9.53	12.01	48.24
	<i>Schizodon nasutus</i>	9.84	11.08	59.32
	<i>Cyphocharax nagelli</i>	10.44	9.95	69.27
	<i>Leporinus octofasciatus</i>	6.95	6.42	75.68
	<i>Galeocharax knerii</i>	6.44	5.28	80.97
	<i>Leporellus vittatus</i>	3.45	4.19	85.16
	<i>Hypostomus sp1</i>	3.83	3.67	88.83
	<i>Leporinus friderici</i>	3.21	2.71	91.54
110	<i>Apareiodon affinis</i>	46.82	58.01	58.01
	<i>Astyanax fasciatus</i>	16.49	17.18	75.19
	<i>Schizodon nasutus</i>	5.65	4.58	79.77
	<i>Cyphocharax nagelli</i>	6.38	3.92	83.69
	<i>Leporinus octofasciatus</i>	4.21	2.77	86.46
	<i>Pimelodus maculatus</i>	4.05	2.7	89.16
	<i>Hypostomus sp1</i>	2.6	2.17	91.33
222	<i>Astyanax fasciatus</i>	26.28	29.83	29.83
	<i>Apareiodon affinis</i>	14.66	11.5	41.33
	<i>Leporinus elongatus</i>	8.92	11.06	52.39
	<i>Pimelodus maculatus</i>	8.64	8.48	60.86
	<i>Schizodon nasutus</i>	6.02	7.39	68.26
	<i>Hypostomus sp1</i>	5.53	6.73	74.99
	<i>Leporinus octofasciatus</i>	6.12	6.51	81.49
	<i>Cyphocharax nagelli</i>	5.66	5.95	87.44
<i>Leporinus friderici</i>	2.44	3.37	90.82	

“Tabela 3, conclusão”

Vazão (m ³ /s)	Espécies	Abund. Méd.	Contrib%	Cum.%	
327	<i>Apareiodon affinis</i>	37.78	50.49	50.49	
	<i>Astyanax fasciatus</i>	25.09	28.86	79.35	
	<i>Cyphocharax nagelli</i>	7.89	9	88.35	
	<i>Geophagus brasiliensis</i>	4.22	3.07	91.42	
SECA					
65	<i>Apareiodon affinis</i>	57.24	72.34	72.34	
	<i>Astyanax fasciatus</i>	9.07	6.36	78.7	
	<i>Pimelodus maculatus</i>	6.29	6.15	84.84	
	<i>Iheringichthys labrosus</i>	7.47	5.17	90.01	
76	<i>Apareiodon affinis</i>	53.4	63.44	63.44	
	<i>Hypostomus sp1</i>	9.4	10.24	73.68	
	<i>Astyanax fasciatus</i>	8.03	6.63	80.31	
	<i>Iheringichthys labrosus</i>	4.41	4	84.31	
	<i>Leporinus amblyrhynchus</i>	2.79	2.39	86.7	
	<i>Hypostomus margaritifera</i>	2.47	1.92	88.62	
	<i>Leporinus octofasciatus</i>	2.16	1.88	90.5	
	108	<i>Apareiodon affinis</i>	40.87	54.1	54.1
		<i>Astyanax fasciatus</i>	10.42	11.59	65.68
<i>Hypostomus sp</i>		9.24	10.07	75.76	
<i>Pimelodus maculatus</i>		10.52	8.44	84.2	
<i>Cyphocharax nagelli</i>		4.96	4.18	88.38	
<i>Hoplias gr malabaricus</i>		2.4	2.41	90.79	
109	<i>Apareiodon affinis</i>	50.08	67.53	67.53	
	<i>Astyanax fasciatus</i>	13.14	12.81	80.34	
	<i>Hypostomus sp1</i>	7.33	4.8	85.13	
	<i>Cyphocharax nagelli</i>	5.08	3.34	88.48	
	<i>Pimelodus maculatus</i>	4.94	2.85	91.33	

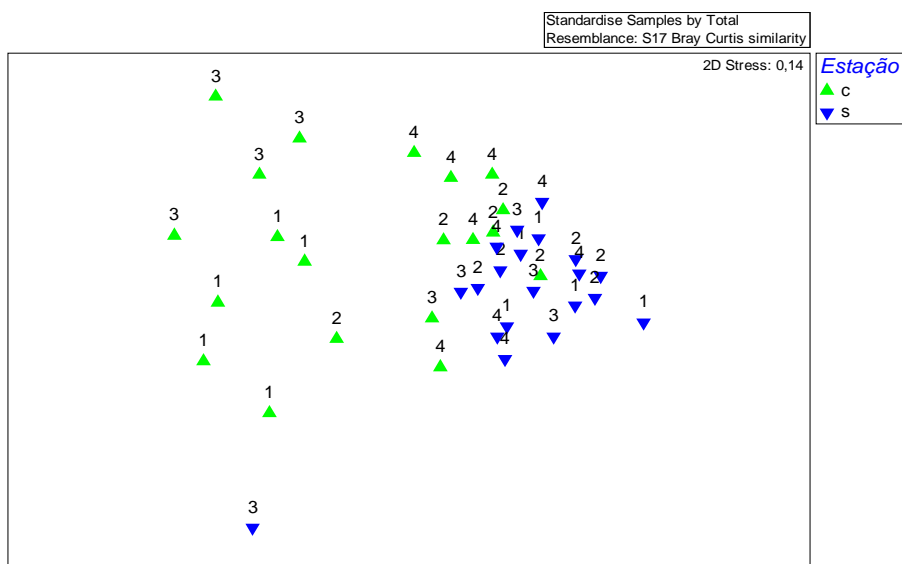


Figura 3 Ordenação NMDS da comunidade de peixes nos diferentes regimes de vazão (números) nas estações seca e chuvosa (coeficiente de similaridade de Bray-Curtis a jusante da UHE Itutinga)

Os valores de riqueza, capturada nas coletas na estação chuvosa, foram superiores ao da estação seca. Apenas nesta estação foi observada diferença significativa na riqueza entre coletas (Figuras 4 e 5).

Embora na estação chuvosa a riqueza média tenha sido menor na coleta de novembro de 2011 (110 m³/s), maiores riquezas totais foram observadas em campanhas com valores intermediários de vazão (Figuras 4 e 6). Na seca, diferenças significativas na riqueza média não foram observadas, embora vazões menores tenham possibilitado a captura de um número total de espécies maior (Figuras 5 e 7).

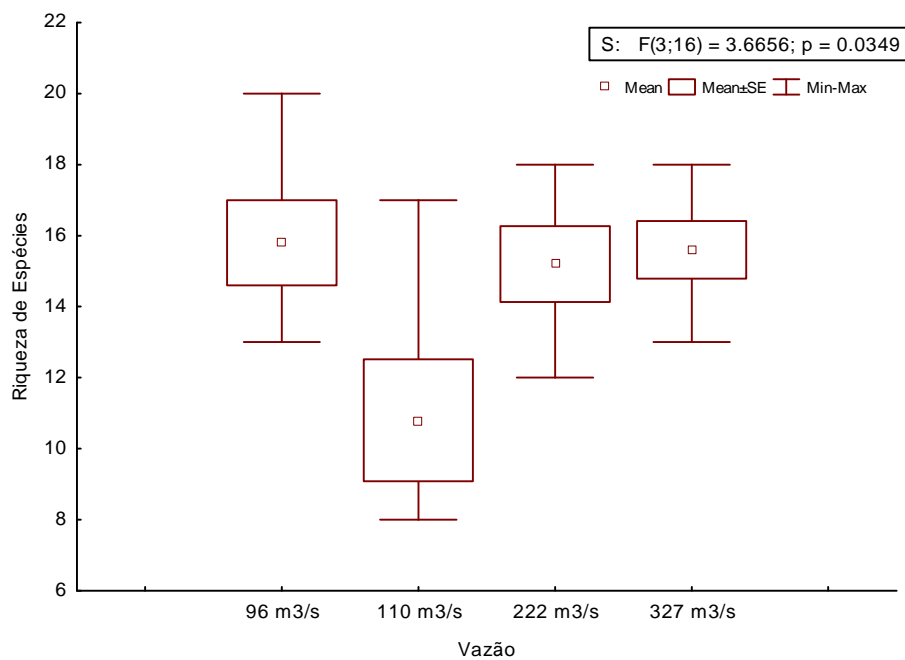


Figura 4 Riqueza de espécies (S) de peixes amostrada no período chuvoso com vazões fixas, a jusante da UHE Itutinga. (jan/10 – 327; mar/10 – 96; mar/11 – 222; nov/11 – 110 m³/s)

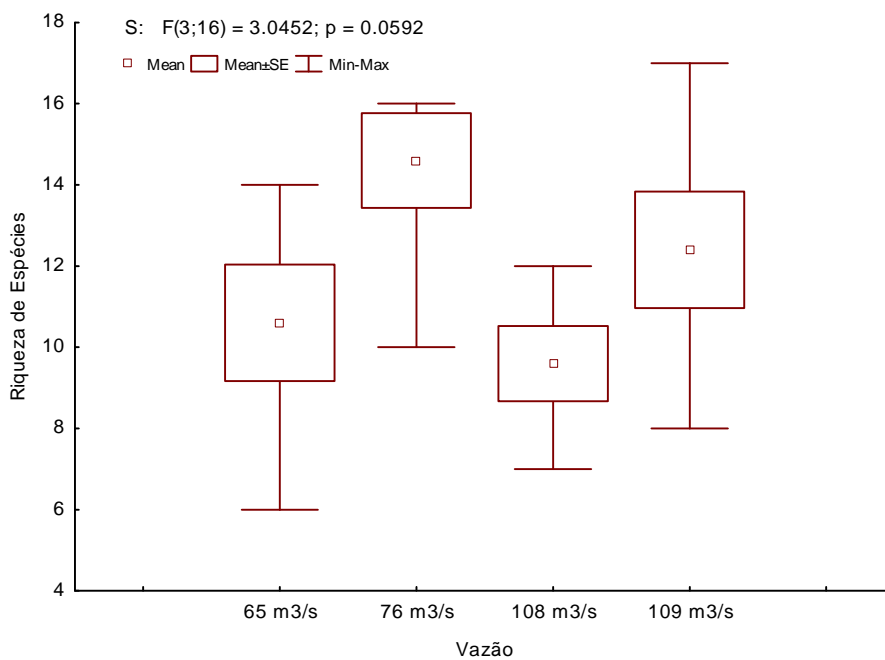


Figura 5 Riqueza de espécies (S) de peixes amostrada no período seco com vazões fixas, a jusante da UHE Itutinga. (jul/10 – 108; out/10 – 76; jun/11 – 109; ago/11 – 65 m³/s)

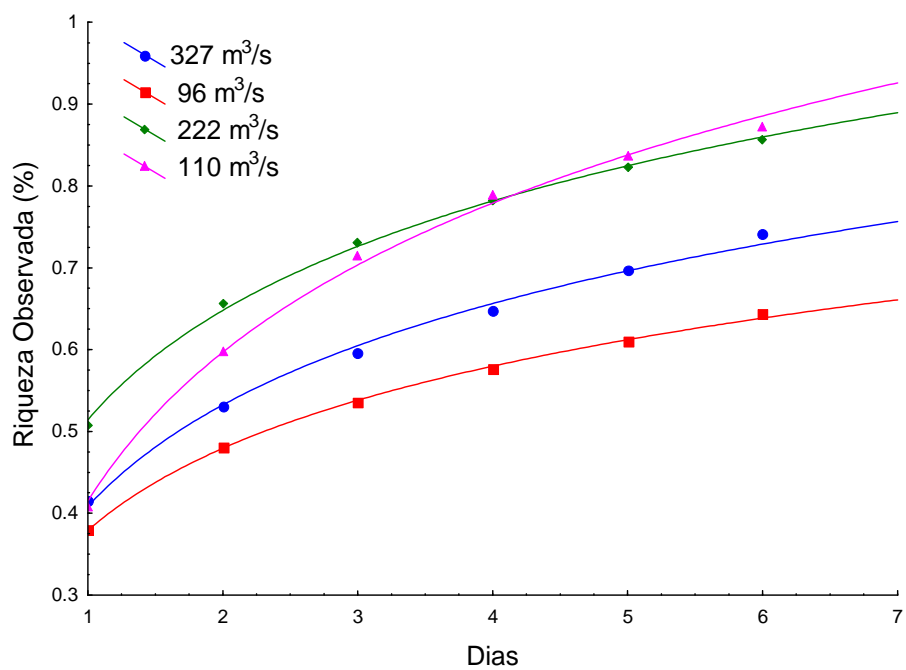


Figura 6 Riqueza observada (percentual) de espécies de peixes amostrados no período chuvoso com vazões fixas, a jusante da UHE Itutinga

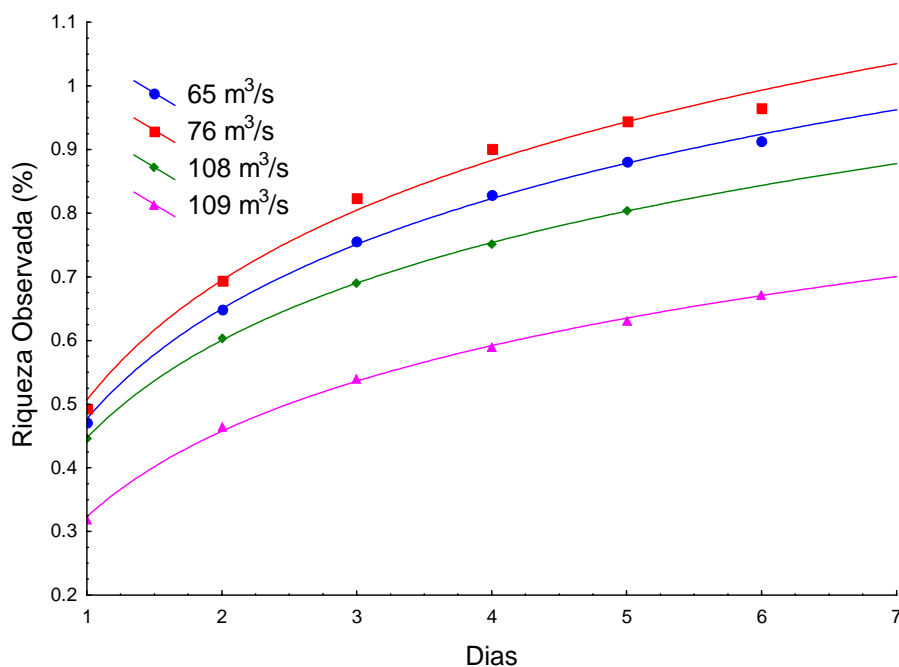


Figura 7 Riqueza observada (percentual) de espécies de peixes amostrados no período seco com vazões fixas, a jusante da UHE Itutinga

3.2 Redes de Arrasto

Um total de 13.303 peixes, perfazendo 19 espécies, foi capturado com a rede de arrasto. A CPUE_n variou ao longo das estações mas não foram significativas em nenhuma delas. No entanto, os maiores valores deste parâmetro estiveram associados à maior vazão da seca (109 m³/s) (Figura 9) e às vazões extremas de chuva (96 e 327 m³/s) (Figura 10).

A CPUE_b, também, apresentou variações nas campanhas de chuva e seca, sendo significativamente diferente apenas na seca ($p=0,008$). Nesta campanha, os mais altos valores de CPUE_b foram observados para

valores extremos de vazão (65 e 109 m³/s), as quais foram diferentes daquelas com vazão intermediária (Figura 11). Durante a chuva, este parâmetro apresentou valores médios muito semelhantes e não esteve relacionado a nenhuma vazão (Figura 12).

A riqueza média de espécies (S) foi, significativamente, diferente em ambas as estações. Na chuva, a maior riqueza foi verificada na menor vazão. Foi observado que três das quatro campanhas desta estação foram diferentes entre si quanto a este parâmetro (Figura 13). Na estação seca, a maior riqueza média foi associada à maior vazão. Entre todas as campanhas da estação, apenas uma diferiu das demais, cuja campanha foi a que apresentou a maior riqueza (Figura 14).

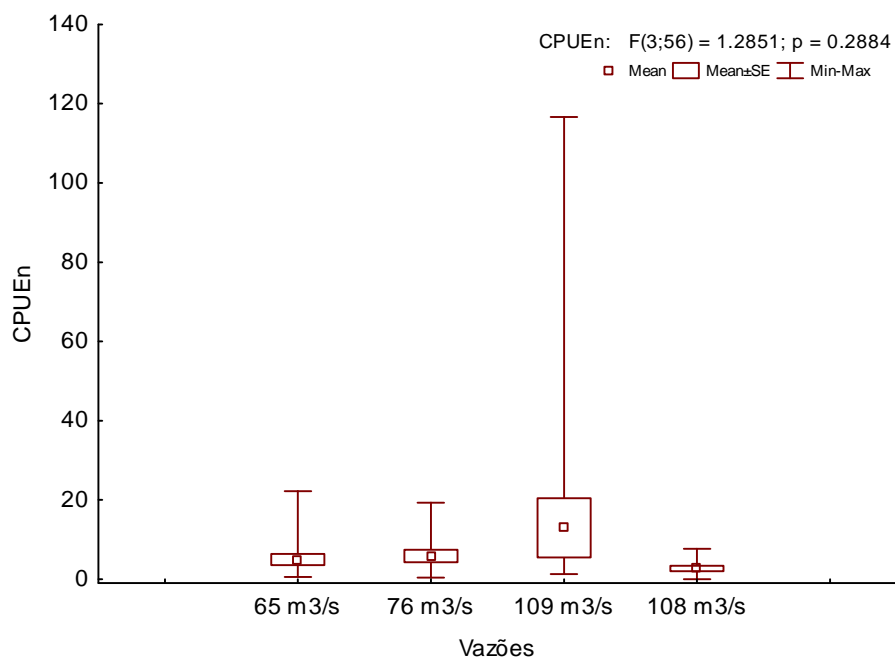


Figura 8 Captura por unidade de esforço (CPUEn) de peixes amostrados por arrasto, durante a estação seca com vazões fixas, a jusante da UHE Itutinga

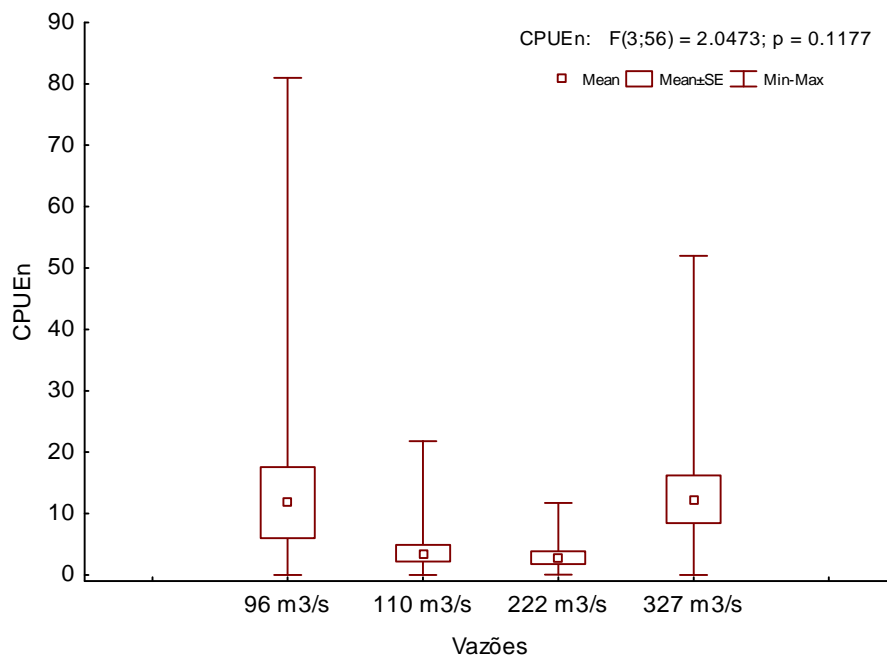


Figura 9 Captura por unidade de esforço (CPUE) de peixes amostrados por arrasto, durante a estação chuvosa com vazões fixas, a jusante da UHE Itutinga

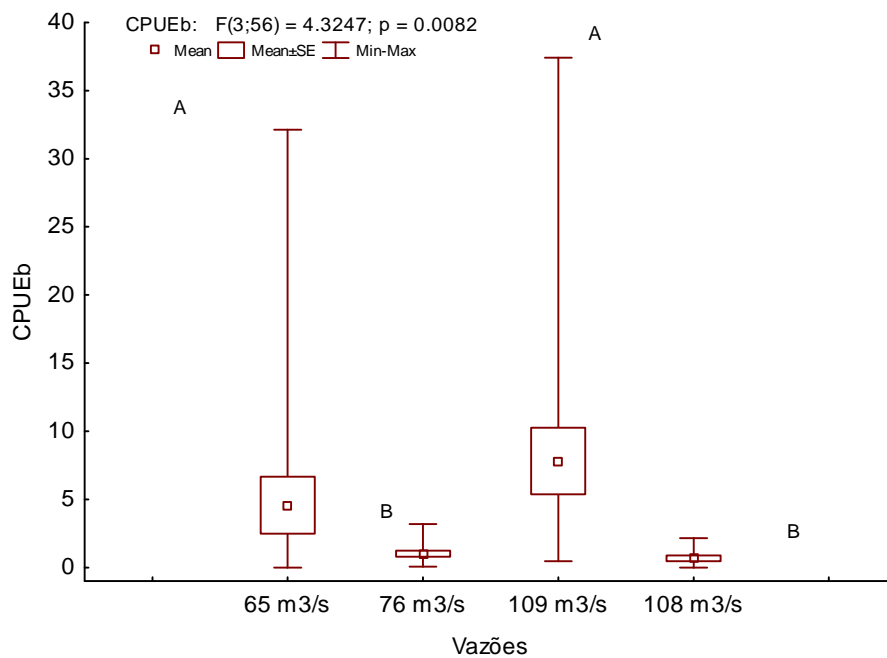


Figura 10 Captura por unidade de esforço (CPUEb) de peixes amostrados por arrasto, durante a estação seca com vazões fixas, a jusante da UHE Itutinga. Diferenças significativas expressas pelas letras A e B

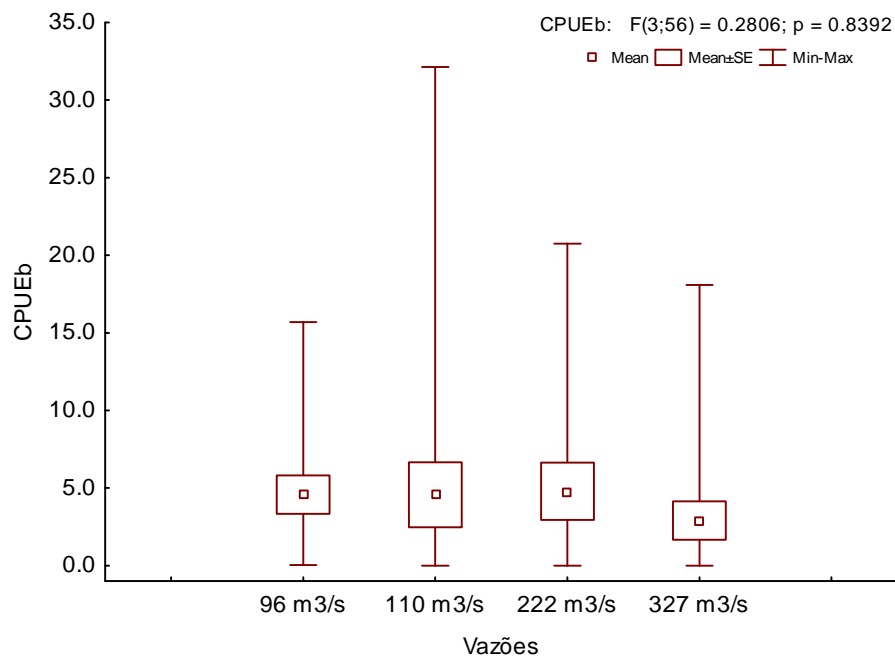


Figura 11 Captura por unidade de esforço (CPUEb) de peixes amostrados por arrasto, durante a estação chuvosa com vazões fixas, a jusante da UHE Itutinga

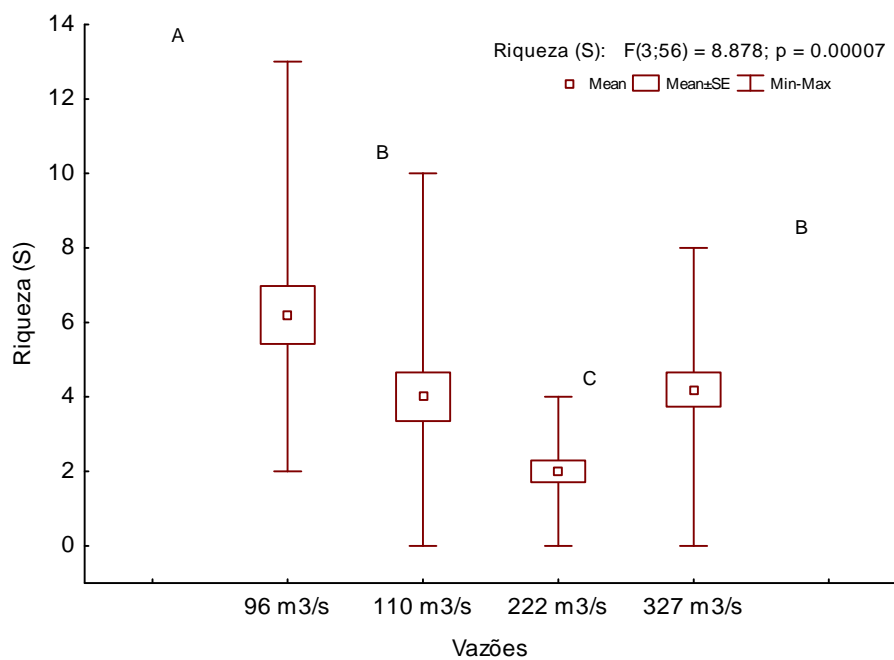


Figura 12 Riqueza de espécies de peixes amostrados por arrasto, durante a estação chuvosa com vazões fixas, a jusante da UHE Itutinga. Diferenças significativas expressas pelas letras A, B e C

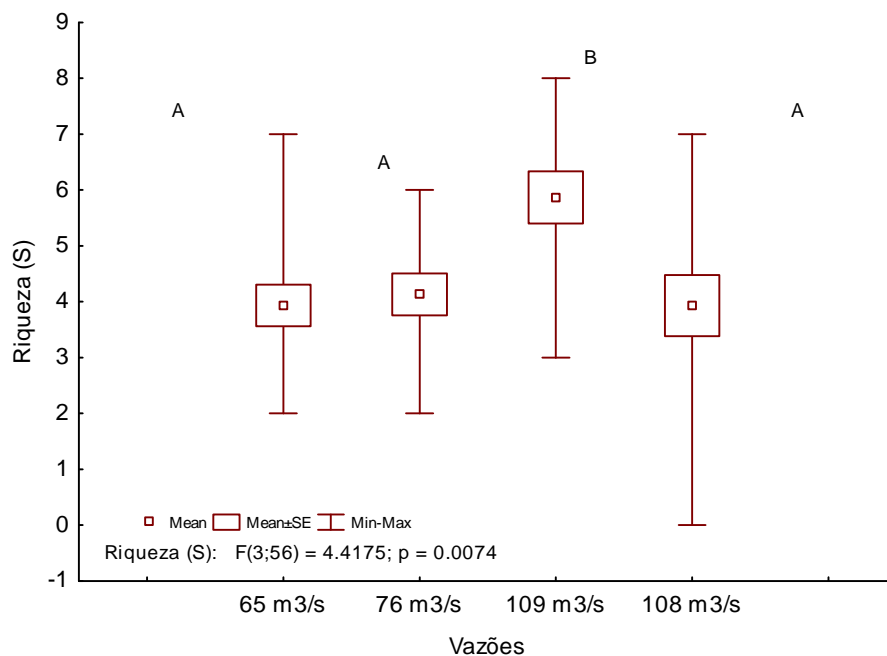


Figura 13 Riqueza de espécies de peixes amostrados por arrasto, durante a estação seca com vazões fixas, a jusante da UHE Itutinga. Diferenças significativas expressas pelas letras A, B e C

A análise de similaridade de Bray-Curtis indicou a forte influência sazonal na organização das comunidades de peixes no espaço multidimensional (ANOSIM: $R = 0,251$; $p = 0,001$) (Figura 14). As espécies que mais contribuíram para estas diferenças foram as piabas *Bryconamericus stramineus* e *Knodus moenkhausii*, mais abundantes na seca, e *Piabina argentea* mais capturada na estação chuvosa (Tabela 4).

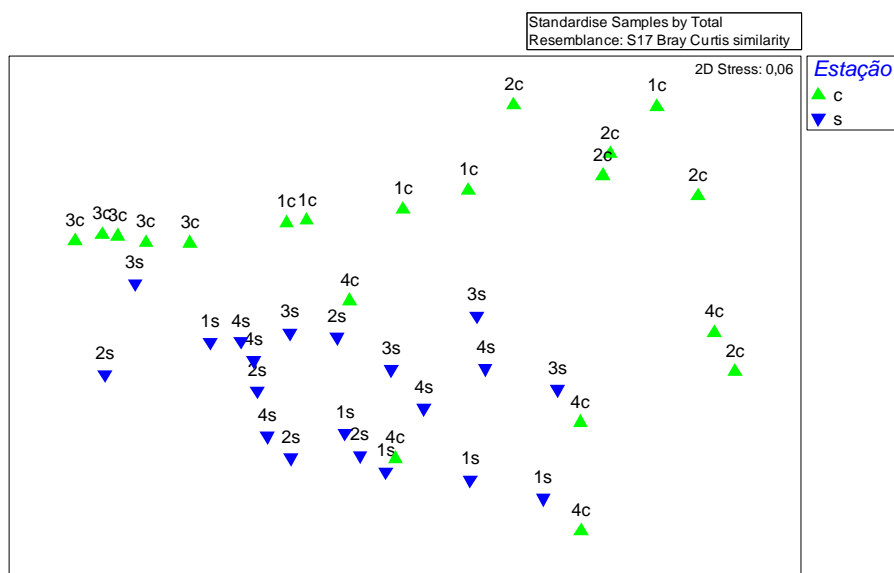


Figura 14 Ordenação NMDS da comunidade de peixes comparando as estações seca e chuvosa (coeficiente de similaridade de Bray-Curtis) a jusante da UHE Itutinga

Tabela 4 Porcentagem de similaridade (SIMPER) das espécies de peixes, capturadas com redes de arrasto no rio Grande, nas estações de chuva e seca

Espécies	Abund. Méd. (Chuva)	Abund. Méd. (Seca)	Contrib. %	Cum. %
<i>Bryconamericus stramineus</i>	45,03	50,24	34,75	34,75
<i>Piabina argentea</i>	39,06	23,12	29,49	64,24
<i>Knodus moenkhausii</i>	8,77	21,07	23,1	87,34
<i>Apareiodon affinis</i>	2,28	0,99	2,47	89,8
<i>Odontostilbe sp</i>	1,51	0,41	2,4	92,2

Quando comparadas as diferentes vazões em cada estação, não foram observadas diferenças significativas entre a estrutura das

comunidades na seca (ANOSIM: $R = 0,021$; $p = 0,366$) (Figura 15). No entanto, na chuva, a comunidade mostrou diferenças associadas às vazões operadas (ANOSIM: $R = 0,692$; $p = 0,001$) (Figura 16). Nesta estação, a composição de espécies esteve relacionada a diferentes vazões, onde algumas foram presentes em todas as campanhas, enquanto a maioria não, a exemplo de *A. affinis* e *A. altiparanae*, respectivamente (Tabela 5).

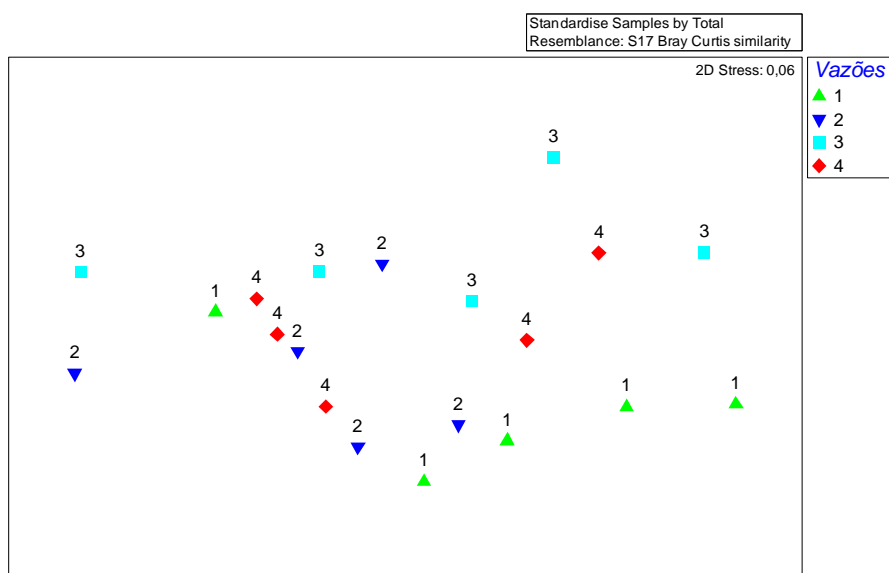


Figura 15 Ordemação NMDS da comunidade de peixes nas vazões de seca (coeficiente de similaridade de Bray-Curtis) a jusante da UHE Itutinga. 1 - $65 \text{ m}^3/\text{s}$; 2 - $76 \text{ m}^3/\text{s}$; 3 - $108 \text{ m}^3/\text{s}$; 4 - $109 \text{ m}^3/\text{s}$

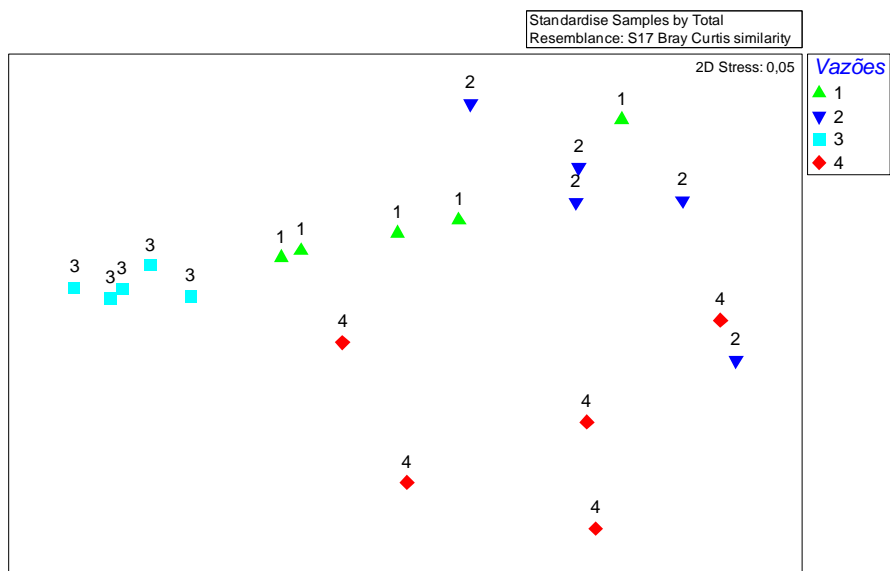


Figura 16 Ordenação NMDS da comunidade de peixes nas vazões de chuva (coeficiente de similaridade de Bray-Curtis) a jusante da UHE Itutinga. 1 - 96 m³/s; 2 - 110 m³/s; 3 - 222 m³/s; 4 - 327 m³/s

Tabela 5 Porcentagem de similaridade da ictiofauna, capturada nas vazões de chuva, a jusante da UHE Itutinga

Espécies	96 m3/s	110 m3/s	222 m3/s	327 m3/s
<i>Apareiodon affinis</i>	0,68	2,39	2,63	3,44
<i>Astyanax altiparanae</i>	0	0,03	0	0
<i>Astyanax fasciatus</i>	1,19	2,12	0,97	0,25
<i>Astyanax scabripinnis</i>	0,05	0	0	0
<i>Bryconamericus stramineus</i>	48,47	21,45	81,52	28,69
<i>Characidium aff. zebra</i>	0	0,2	0	0
<i>Eigenmannia virescens</i>	0,07	0,62	0	1,26
<i>Geophagus brasiliensis</i>	0	0,76	0	1,61
<i>Hoplias malabaricus</i>	0	0,06	0	0
<i>Hypostomus sp</i>	0,07	0	0	0
<i>Iheringichthys labrosus</i>	0	0,43	0	0,1
<i>Imparfinis mirini</i>	0	0	0	0,2
<i>Knodus moenkhausii</i>	0,74	7,3	0,67	26,36
<i>Leporinus amblyrhynchus</i>	0,14	0,8	0	0
<i>Leporinus striatus</i>	0,05	0	0	0
<i>Odontostilbe sp</i>	0	6,04	0	0
<i>Piabina argentea</i>	48,47	57,65	13,23	36,89
<i>Pimelodus maculatus</i>	0,05	0,14	0,98	0,2
<i>Poecilia reticulata</i>	0	0,03	0	0
<i>Serrapinus heterodon</i>	0	0	0	1,01

4 DISCUSSÃO

4.1 Rede de emalhar

As guildas foram utilizadas em função da possibilidade de identificar espécies com respostas similares para alguma variação ambiental. Em rios com muitas espécies, é indesejável a utilização de apenas uma espécie indicadora (WELCOMME; WINEMILLER; COWX, 2006). Por outro lado, segundo esses autores, avaliar a influência de impactos, decorrentes de mudanças na hidrologia ou morfologia em muitas espécies é muito difícil, senão impossível. Em situações como a do presente estudo, realizada em um rio com muitas espécies, a identificação de respostas ambientais baseou-se nas guildas, considerando para tal, o aspecto funcional ou o uso de determinado habitat. Este atributo ambiental indica a resposta de um grupo de espécies com requerimentos espaciais em comum, o qual é alterado em maior ou menor intensidade pelas variações da vazão em diferentes escalas de tempo e espaço. De forma geral, a estrutura da comunidade de peixes é fortemente influenciada tanto pela composição do habitat quanto pela estabilidade, onde esta última se dá em função do regime de vazões (BAIN; FINN; BOOKE, 1988).

Dentre os parâmetros avaliados neste estudo, alguns deles apresentaram-se como respostas da comunidade (pelo nível de significância) às vazões vertidas, durante a estação chuvosa (CPUE_n migradores, lênticos e reofílicos; CPUE_b reofílicos e riqueza). Na estação seca, apenas dois parâmetros mostraram-se significativos, a CPUE_n migradores e reofílicos. A significância desses parâmetros, nas diferentes estações, indica que alguns são eficazes em determinada estação e não em outra, como verificado na seca. Neste sentido, a CPUE constituiu um parâmetro que possibilitou identificar respostas da ictiofauna por representar uma informação de um grupo de espécies, a qual

configurou um aspecto mensurável da ictiofauna aos diferentes regimes de vazão operados neste estudo. As guildas dos peixes migradores e reofílicos (CPUE_n) foram, significativamente, diferentes para os valores de vazão operados, em ambas as estações, consistindo nos atributos que melhor representaram a resposta da comunidade. Por meio da CPUE foi possível detectar e dimensionar o papel que a influência sazonal exerceu na comunidade de peixes.

A guilda dos migradores, presente em ambas as estações, mostrou-se não ser afetada pelas diferentes vazões, no entanto, na maior vazão da seca (109 m³/s) foi observado o maior valor deste parâmetro. Isso indica que os peixes desta guilda ocorrem na região de estudos durante todo o ano, sendo, provavelmente, atraídos por maiores vazões. Em situações de vazão excessiva ou muito reduzida, estes peixes apresentam, geralmente, diminuição no recrutamento, uma vez que interfere no deslocamento dos ovos e larvas (WELCOMME; WINEMILLER; COWX, 2006). No entanto, como poucas lagoas marginais são observadas nesta região do rio Grande (LIMA, 2010), é provável que os indivíduos capturados tenham sido atraídos do reservatório de Funil, provenientes dos rios Capivari e Mortes, ou do elevador para peixes instalado junto à barragem. Os maiores valores de CPUE_n de migradores foram registrados nas vazões intermediária (222 m³/s) e alta (327 m³/s), durante o período de chuvas, o que sugere que esta faixa de vazão foi favorável para as espécies deste grupo.

Estudos indicam que espécies desta guilda, como dourados, jaús e pacus têm declinado nas últimas décadas em rios como o rio Grande, decorrentes dos efeitos dos reservatórios e das modificações ambientais causadas, como a alteração do regime hidrológico a jusante destes empreendimentos (AGOSTINHO; PELICICE; GOMES, 2008). Estes peixes realizam migrações longitudinais para alimentação e reprodução, mas o recrutamento é comprometido e estes tendem a desaparecer de rios represados quando são

impedidos de realizar as migrações reprodutivas (AGOSTINHO; PELICICE; GOMES, 2008; WELCOMME; WINEMILLER; COWX, 2006).

As capturas de peixes reofílicos (CPUEn), também, diferiram, significativamente, para os diferentes valores de vazão na chuva e na seca. De forma geral, guildas de reofílicos são, frequentemente, usadas em biomonitoramentos para indicar os efeitos de modificações físicas nos rios (OBERDOFF et al., 2002), muitas vezes causadas por regimes de vazões de grande magnitude. Durante o período chuvoso, a maior CPUEn foi registrada, durante a menor vazão, indicando a preferência por menores correntezas dentre aquelas operadas durante as chuvas, ou por facilitar as capturas com redes de emalhar. Por outro lado, na seca, a maior captura se deu em vazão intermediária, sugerindo que este intervalo de vazões pode ser tolerado pelos peixes deste grupo.

Os reofílicos habitam áreas de fluxo rápido, mas são sensíveis a vazões extremas (WELCOMME; WINEMILLER; COWX, 2006). Estes peixes apresentaram um aumento na abundância relativa quando submetidos à maior vazão em experimentos realizados por Lamouroux et al. (2006). De acordo com esses autores, a maioria das espécies que aumentou a abundância relativa foram aquelas que têm preferência por condições hidráulicas profundas e rápidas. Isso sugere que implementos nas vazões favorecem aquelas espécies que têm tais preferências de habitat como as reofílicas. Entretanto, dependendo do valor do incremento da vazão, esta pode comprometer a estrutura dos habitats e repercutir, negativamente, em sua abundância. Incrementos de pequena magnitude favoreceram aquelas espécies que tinham como preferência habitats intermediários ou profundos (LAMOUROUX et al., 2006). Por outro lado, vazões muito elevadas podem causar danos estruturais nos habitats ou ainda remover o substrato do fundo (WELCOMME; WINEMILLER; COWX, 2006).

A CPUEn de peixes lênticos foi, significativamente maior, durante a menor vazão de chuva ($96 \text{ m}^3/\text{s}$), reforçando que tais peixes têm preferências por ambientes com menor velocidade de água. Estudos conduzidos por Bain, Finn e Booke (1988) indicaram semelhante resultado, quando um abundante e diverso grupo de peixes (de águas rasas e lentas) foi adversamente afetado por altas variações artificiais de vazão. Estas respostas se deram na redução da abundância em determinado rio e na eliminação em outro trecho que apresentou maiores flutuações na vazão (BAIN; FINN; BOOKE, 1988). Os peixes lênticos como piabas e pequenos caracídeos em geral (*e.g. Astyanax*) são sensíveis às fases secas ou de diminuição das águas durante o ciclo hidrológico (WELCOMME; WINEMILLER; COWX, 2006). Este fato corrobora as baixas ocorrências em CPUEn de lênticos na seca, quando comparados à estação chuvosa.

Dentre as diferentes vazões adotadas neste estudo, os parâmetros que apresentaram maiores valores, durante as chuvas, estiveram relacionados às vazões extremas, ou seja, à menor e à maior vazão vertida. No entanto, durante a seca, os maiores valores de tais parâmetros ocorreram nas vazões intermediárias. Este fato indica que as vazões operadas na chuva, cujos valores estão presentes dentro da média histórica, podem indicar que a comunidade de peixes já esteja “adaptada” a tais valores e, também, a esta faixa de variação hidrológica durante as chuvas. De forma contrária, as menores e maiores vazões operadas na seca, provavelmente, não constituíram um bom indicativo da ictiofauna, uma vez que os maiores valores foram concentrados nas vazões intermediárias. A maior vazão de seca representou uma resposta positiva de alguns peixes, como os migradores, e este valor tem sido frequente nos últimos anos (baseado no registro histórico) o que representa, apenas em termos hidrológicos, que esta vazão não acarreta em impacto para a espécie.

As vazões mais altas, desde que ocorram com a relativa frequência e duração necessárias para a manutenção de funções ecológicas, desempenham importantes aspectos biológicos nas comunidades, como promover o ciclo de vida de plantas adaptadas a fluxos sazonais de floração, crescimento, dispersão de sementes (HILL; PLATTS, 1998; POFF et al., 1997) e, também, de outros organismos como macroinvertebrados aquáticos (CORTES et al., 2002). Estes aspectos estão intimamente relacionados à biologia dos peixes que usam esses recursos alimentares em sua dieta, favorecendo o uso de itens sazonais, bem como o acesso a itens alóctones, acessíveis pelo aumento no volume das águas.

Foi observada uma evidente distinção na estrutura das comunidades entre as vazões operadas na chuva e na seca, reforçando a influência da sazonalidade. Apesar da evidente distinção na organização estrutural (NMDS), a composição pouco alterou e as espécies *Apareiodon affinis* e *Astyanax fasciatus* foram as mais abundantes na maioria das campanhas de chuva e seca e houve, também, na chuva, espécies migradoras/reoflicas que foram relativamente abundantes na chuva e não estiveram presentes na estação seca.

4.2 Redes de Arrasto

A sazonalidade foi um fator preponderante nas amostragens com redes de arrasto, indicando sua influência nos parâmetros avaliados, embora respostas das comunidades aos diferentes valores de vazão, também, tenham sido observadas. Parâmetros como a riqueza de espécies, apresentou diferença significativa entre as estações e, dentro destas, variou de acordo com as vazões vertidas e sugere as influências em ambas as escalas. A organização das comunidades apresentadas pelo MDS sugere esses efeitos quando comparados entre as estações e entre as

diferentes vazões vertidas. Nesse sentido, torna-se mais difícil a identificação de qual aspecto exerce maior influência na comunidade. Além disso, há possibilidade de outros fatores estarem influenciando as comunidades, cuja escala temporal ultrapasse o período de estudos do presente trabalho, a exemplo da pluviosidade. Neste sentido, este aspecto sugere que efeitos combinados da sazonalidade e valores de vazões influenciam na estruturação da comunidade ao longo das estações.

Diferenças nas capturas (CPUE_n) estiveram mais relacionadas aos valores das vazões operadas do que com diferenças sazonais. Os maiores valores observados neste parâmetro ocorreu, durante as maiores vazões de ambas as estações e, também, na menor vazão de cheia. Esse fato sugere uma estreita relação entre as capturas (nº de indivíduos) e as altas vazões. Possivelmente esta relação ocorra quando as maiores vazões tornem acessíveis ambientes de praia antes indisponíveis. Assim, os peixes, ao colonizarem temporariamente esta área, tornam-se mais susceptíveis às capturas, o que tem elevado a CPUE_n. Outro aspecto que merece ser levantado é a eventual fuga de ambientes de maiores velocidades no leito do rio, evitando o seu arraste ou, ainda, a fuga de predadores. Vazões elevadas expõem os peixes a novos ambientes (*e.g.* praia) e, também, à maior predação, quando as áreas mais rasas, antes ocupadas pelos peixes pequenos, tornam-se acessíveis aos predadores (BAIN; FINN; BOOKE, 1988), forçando-os utilizarem ambientes ainda mais rasos para evitar a predação. Em tais situações, estes se tornam mais vulneráveis e aumenta a chance de serem capturados. Este aspecto é igualmente visualizado na CPUE_b, cujas vazões extremas foram aquelas com maior captura, reflexo

da variação no nível da água, deslocando verticalmente os habitats disponíveis para os peixes destes ambientes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos diferentes regimes de vazões operados neste estudo, distribuídas nas estações seca e chuvosa, sugere a importante influência sazonal nos parâmetros avaliados. Esta influência foi verificada tanto nas capturas com redes de emalhar como no arrasto, reforçando o efeito das estações nos peixes da calha e da margem, respectivamente.

Alguns dos parâmetros testados responderam à variação de vazões em uma ou outra estação, enquanto outros em ambas. Desta forma, a utilização de guildas, como instrumento de avaliação das respostas da comunidade, frente às variações de vazão, é eficaz, porém, devem ser consideradas as estações e os grupos de peixes em questão para assegurar que as relações observadas entre os peixes e as vazões sejam adequadas. As respostas esperadas da comunidade de peixes, muitas vezes, são de difícil verificação por sofrerem a influência de outros fatores e, também, em decorrência da elevada riqueza de espécies do rio estudado. Em rios com muitas espécies há uma maior dificuldade em verificar as influências das vazões, em razão da grande diversidade de uso de habitats e, por sua vez, respostas diversas. Além desses fatores, deve ser considerado o efeito de fatores externos como variações cíclicas naturais de abundância, influenciado por pluviosidade, temperatura e outros, cuja origem pode estar em anos hidrológicos anteriores.

Apesar da complexidade de respostas da comunidade associada às capturas com redes de emalhar (leito do rio) e arrastos (margem), de maneira geral, capturas mais baixas foram observadas em vazões extremas na chuva e nas menores vazões na seca. De maneira geral,

maiores respostas foram obtidas na chuva, quando as diferenças nas vazões operadas foram maiores.

Apesar de sua difícil implementação, já que dependem da modificação da regra operativa normal da usina, espera-se que estudos dessa natureza possam, futuramente, contribuir para um modelo de gestão de reservatórios em que sejam efetivamente consideradas as interações entre as vazões e a biota numa escala espacial e temporal.

**ANALYSIS OF DIFFERENT FLOW REGIMES OVER THE FISH
COMMUNITY DOWNSTREAM OF THE ITUTINGA DAM, RIO
GRANDE, MG, BRAZIL.**

ABSTRACT

We evaluated the effects of different flows in the dry and rainy seasons, during two hydrological years in the Rio Grande, downstream of the Itutinga DAM. Eight campaigns with different flows were performed, with four corresponding to the rainy season and four to the dry season. Based on the historic flow values (20 years), we defined flows operated in this study. The fish samplings occurred in the rainy (January and March/2010, March and November/2011) and dry (July and October/2010, June and August/2011) periods, with the duration of 5 days each, after the maintenance over 30 days of established flow. In the captures we used drift nets (exposed 24 h a day, during 5 days and inspected at 06 and 18:00 h) and trawls, performing three trawls a days (06:00, 14:00 and 22:00), during the sampling period (5 days). The capture by effort unit (CBEU) in number of individuals and biomass indicated that changes in the abundance in number of migrators and reophylic were common responses in both seasons. In the drought, these were the only significant parameters. In the rain, in addition to these, the lentic CBEUn and the reophylic CBEUb also varied significantly. In general, lower captures were observed in extreme flows in the rain, and smaller flows in the drought.

Keywords: Reservoirs. Rio Grande. Fish community. Flow regime. Seasonal flow.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Maringá: EDUEM, 2007. 501 p.

AGOSTINHO, A. A.; PELICICE, F. M.; GOMES, L. C. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. **Brazilian Journal of Biology**, Rio de Janeiro, v. 68, n. 4, p. 1119-1132, 2008.

ALCÁZAR, J.; PALAU, A. Establishing environmental flow regimes in a Mediterranean watershed based on a regional classification. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 388, n. 1/2, p. 41-51, June 2010.

BAIN, M. B.; FINN, J. T.; BOOKE, H. E. Streamflow regulation and fish community structure. **Ecology**, Durham, v. 69, n. 2, p. 382-392, 1988.

BUNN, S. E.; ARTHINGTON, A. H. Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. **Environmental Management**, New York, v. 30, n. 4, p. 492-507, 2002.

COLWELL, R. K. **EstimateS**: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8. Disponível em: <<http://purl.oclc.org/estimates>>. Acesso em: 1 dez. 2012.

CORTES, R. M. V. et al. Macroinvertebrate community structure in a regulated river segment with different flow conditions. **River Research and Applications**, Chichester, v. 18, n. 4, p. 367-382, July/Aug. 2002.

FREEMAN, M. C. et al. Flow and habitat effects on juvenile fish abundance in natural and altered flow regimes. **Ecological Applications**, Tempe, v. 11, n. 1, p. 179-190, 2001.

GROWNS, I. The influence of changes to river hydrology on freshwater fish in regulated rivers of the Murray-Darling basin. **Hydrobiologia**, The Hague, n. 595, p. 203-211, 2008.

HILL, M. T.; PLATTS, W. S. Ecosystem restoration: a case study in the Owens river gorge, California. **Fisheries**, Bethesda, v. 23, n. 11, p. 18-27, Nov. 1998.

HUMPHRIES, P. et al. Flow-related patterns in abundance and composition of the fish of a degraded Australian lowland river. **Freshwater Biology**, Oxford, v. 53, n. 4, p. 789-813, Apr. 2008.

KING, M. **Fisheries biology, assessment and management**. Osney Mead: FishingNews Books, 1995. 341 p.

LAMOUREUX, N. et al. Fish community changes after minimum flow increase: testing quantitative predictions in the Rhône river at Pierre-Bénite, France. **Freshwater Biology**, Oxford, v. 51, n. 9, p. 1730-1743, Sept. 2006.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical ecology**. 2nd ed. London: Developments in Environmental Modeling, 2000. 853 p.

LIMA, L. P. Z. **Caracterização multitemporal das planícies de inundação dos rios Grande e Aiuruoca através da aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e SIG**. 2010. 98 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

NAIMAN, R. J. et al. Legitimizing fluvial ecosystems as users of water: an overview. **Journal of Environmental Management**, New York, v. 30, n. 4, p. 455-467, Oct. 2002.

OBERDORFF, T. et al. Development and validation of a fish-based index for the assessment of 'river health' in France. **Freshwater Biology**, Oxford, v. 47, n. 9, p. 1720-1734, Sept. 2002.

PETTS, G. E. Instream flow science for sustainable river management. **Journal of the American Water Resources Association**, Herndon, v. 45, n. 5, p. 1071-1086, 2009.

POFF, N. L. et al. The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration. **BioScience**, Washington, v. 47, n. 11, p. 769-784, Nov. 1997.

POFF, N. L.; ZIMMERMAN, J. K. H. Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows. **Freshwater Biology**, Oxford, v. 55, n. 1, p. 194-205, Jan. 2010.

PONTON, D.; VAUCHEL, P. Immediate downstream effects of the Petit-Saut dam on young Neotropical fish in a large tributary of the Sinnamary river, French Guiana, South America. **Regulated Rivers: Research and Management**, Chichester, v. 14, n. 3, p. 227-243, May/June 1998.

RICHTER, B. D. et al. A presumptive standard for environmental flow protection. **River Research and Applications**, Chichester, v. 28, n. 8, p. 1312-1321, Oct. 2012.

SCHLOSSER, I. J. Flow regime, juvenile abundance, and the assemblage structure of stream fishes. **Ecology**, Durham, v. 66, n. 5, p. 1484-1490, 1985.

SCRUTON, D. A. et al. Seasonal response of juvenile Atlantic salmon to experimental hydropeaking power generation in Newfoundland, Canada. **North American Journal of Fisheries Management**, Bethesda, v. 25, n. 3, p. 964-974, Jan. 2005.

SHAFROTH, P. B. et al. Ecosystem effects of environmental flows: modeling and experimental floods in a dryland river. **Freshwater Biology**, Oxford, v. 55, n. 1, p. 68-85, Jan. 2010.

SMOKOROWSKI, K. E. et al. Ecosystem level assessment of environmentally based flow restrictions for maintaining ecosystem integrity: a comparison of a modified peaking versus unaltered river. **Ecohydrology**, New York, v. 4, n. 6, p. 791-806, Nov. 2011.

WELCOMME, R. L.; WINEMILLER, K. O.; COWX, I. G. Fish environmental guilds as a tool for assessment of ecological condition of rivers. **River Research and Applications**, Chichester, v. 22, n. 3, p. 377-396, Mar. 2006.

YOUNG, P. S.; CECH JUNIOR, J. J.; THOMPSON, L. C. Hydropower-related pulsed-flow impacts on the stream fishes: a brief review, conceptual model, knowledge gaps, and research needs. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, London, v. 21, n. 4, p. 713-731, Dec. 2011.

ARTIGO 3 A influência de flutuações diárias de vazão sobre a comunidade de peixes a jusante da UHE Itutinga, Rio Grande, MG

Artigo normalizado de acordo com a NBR 6022 (ABNT, 2003)

RESUMO

Este estudo foi conduzido a jusante da UHE Itutinga, bacia do rio Grande, MG, avaliando o efeito de flutuações diárias de vazão sobre a ictiofauna nas estações seca e chuvosa em 2010. Em cada estação foi simulada operação de ponta com incremento de vazão no período noturno (18 às 22 horas). Amostragens foram realizadas na calha do rio com redes de emalhar e na margem com arrasto, antes e durante as flutuações. Observou-se que a flutuação apresentou diferentes efeitos nas estações, ocasionando o aumento da maioria dos parâmetros avaliados na chuva e diminuindo na seca. Apesar das diferenças observadas entre os períodos com e sem flutuação, apenas a captura por unidade de esforço em número de indivíduos (CPUE) para todos os peixes e para os reofílicos foram significativamente diferentes. A composição de espécies, também, foi influenciada pela flutuação e as espécies reofílicas *Apareiodon affinis* e *Astyanax fasciatus* foram as mais abundantes nas duas estações. Comparado ao período de vazão fixa, amostragens em períodos com flutuação apresentou uma menor riqueza de espécies em ambas as estações. Nas amostragens com arrastos, os efeitos da flutuação foram mais evidentes nas amostragens realizadas às 22 horas, período em que as maiores vazões eram liberadas. Os resultados indicaram que as comunidades de peixes são mais sensíveis à operação em ponta (flutuação diária), durante a seca e sugerem que operações de vazões de grandes magnitudes são mais prejudiciais nesta estação.

Palavras-chave: Oscilação de vazão. CPUE. Fluxo fluvial. Reofílicos. Rio Grande. Operação de reservatórios.

1 INTRODUÇÃO

O regime hidrológico tem sido considerado como o principal atributo de um rio, desempenhando um papel crítico na manutenção da biodiversidade nativa e na integridade do ecossistema (AGOSTINHO; PELICICE; GOMES, 2008; BUNN; ARTHINGTON, 2002; POFF et al., 1997; POFF; WARD, 1989). Sua importância envolve aspectos centrais nos rios como a determinação da composição biótica e a evolução de estratégias de vida em resposta às diferentes vazões (BUNN; ARTHINGTON, 2002), a estruturação de comunidades (LAMOUREUX et al., 2006; POFF; WARD, 1989) e vários outros aspectos da ecologia de rios.

A crescente demanda pelo uso da água e os impactos decorrentes das necessidades humanas tem modificado severamente a hidrologia dos rios (WELCOMME; WINEMILLER; COWX, 2006), causando a alteração nos regimes de vazão e ameaçando a sustentabilidade dos rios e das planícies adjacentes (BUNN; ARTHINGTON, 2002). A modificação no fluxo natural afeta, dramaticamente, as espécies aquáticas e as ripárias (POFF et al., 1997). Essas modificações ou impactos são verificados de diversas maneiras que vão desde a variação na profundidade, turbidez e instabilidade das margens (GROWNS, 2008) à incapacidade de manutenção de processos naturais e funções ecológicas (POFF et al., 1997). Além disso, a perda do regime natural do fluxo acarreta a alteração na dinâmica hidrológica original, em padrões históricos de produtividade biológica, distribuição espacial e temporal da biodiversidade e, ainda, modificação nos serviços ambientais desempenhados pelos organismos

aquáticos (POFF et al., 1997; NILSSON et al., 2005). A regularização de rios por barramentos é um dos fatores mais importantes que influenciam a saúde dos ecossistemas lóticos (PONTON; VAUCHEL, 1998), visto que o represamento interfere no regime hidrológico natural, reduzindo a frequência e a magnitude de altos fluxos nos rios (POFF et al., 1997).

As modificações do fluxo dos rios têm causado inúmeros impactos nos peixes, reduzindo a diversidade natural e a abundância de muitas espécies nativas (POFF et al., 1997). Comumente são feitas associações entre os peixes e seus habitats influenciados pela variabilidade das vazões em diversas escalas espaciais (BAIN; FINN; BOOKE, 1988; BUNN; ARTHINGTON, 2002). Essas modificações afetam a diversidade e a organização funcional das comunidades de peixes em rios submetidos à regularização de vazões (BUNN; ARTHINGTON, 2002). Perda de espécies sensíveis, diminuição da riqueza de nativas e aumento de espécies não-nativas, interrupção de ciclos de vida, redução de habitats para juvenis e vários outros aspectos têm sido indicados como consequências da alteração do fluxo (POFF et al., 1997; POFF; ZIMMERMAN, 2010).

Os sistemas lóticos são naturalmente dinâmicos, com variações de altas e baixas vazões cujas oscilações exercem um papel fundamental na estruturação das comunidades (POFF; WARD, 1989). Muitos organismos têm seus ciclos de vida adaptados para tais variações naturais no regime de vazão e, também, a integridade do ecossistema lótico é dependente da manutenção dessas variações (POFF et al., 1997). Em função do seu próprio dinamismo, os sistemas lóticos respondem às alterações na vazão por diferentes maneiras, e as mudanças causadas por impactos humanos

podem ser cumulativos e, muitas vezes, irreversíveis (PETTS, 2009). O reconhecimento da importância das vazões dos rios direcionou inúmeros esforços na tentativa de promover a restauração e manutenção da integridade dos rios e das suas funções ecológicas (BUNN; ARTHINGTON, 2002; HILL; PLATTS, 1998; LAMOUREUX et al., 2006; POFF et al., 1997; SMOKOROWSKI et al., 2011). Essas ações, muitas vezes, são baseadas nos requerimentos mínimos do rio, mas tem evoluído para englobar todos os aspectos ecologicamente importantes (SMOKOROWSKI et al., 2011).

Apesar do dinamismo natural dos sistemas lóticos, atualmente, muitos rios regulados, frequentemente, passam por variações abruptas nas vazões em curto prazo. Esses picos artificiais de vazão ocorrem, diariamente, em atendimento à demanda por energia elétrica (SMOKOROWSKI et al., 2011). Flutuações produzidas, durante a geração, podem causar alterações no fluxo e na profundidade, além de aumentar a turbidez e a instabilidade nas margens (GROWNS, 2008; SCRUTON et al., 2005). Esses impactos podem afetar diretamente os peixes, mas a resposta dos mesmos a essa flutuação é pouco conhecida, principalmente, na região tropical, em que praticamente não há estudos dessa natureza. Nesse sentido, no presente trabalho objetiva-se contribuir para o entendimento das influências de tais flutuações de vazão sobre a comunidade de peixes do rio Grande.

Este estudo constituiu um trabalho pioneiro no Brasil onde, pela primeira vez, foram manejadas as vazões diárias de uma usina hidroelétrica com o objetivo de avaliar a resposta dos peixes diante dessas flutuações. Foi avaliada a influência da modificação do regime

hidrológico natural, em decorrência da operação da Usina Hidrelétrica de Itutinga sobre a comunidade de peixes a jusante deste empreendimento. Desta forma, este trabalho foi realizado com os objetivos de responder às seguintes questões: 1) Flutuações diárias de vazão provocam mudanças nas comunidades de peixes em termos de riqueza, abundância e biomassa? 2) Os efeitos das flutuações são diferentes nas estações seca e chuvosa? 3) Eventuais mudanças se processam de maneira diferente no caudal do rio e na região litorânea? Estas questões nortearam a condução deste trabalho e buscou-se avaliar a resposta das comunidades de peixes aos diferentes regimes de vazão ao longo de um ano hidrológico.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

A área de estudo está localizada no rio Grande, no município de Itutinga, Minas Gerais. Este rio é integrante da bacia do Paraná e constitui o seu principal formador, ocupando uma área de 143.000km², sendo 60,7% dessa área pertencentes ao estado de Minas Gerais (COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS; FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - CEMIG; CETEC, 2000). Nasce na Serra da Mantiqueira, a uma altitude de 1.500m, nos limites dos estados de Minas Gerais e São Paulo (CASTRO et al., 2004). O rio Grande percorre um longo trecho até desaguar no Paraná, drenando vários rios e córregos, sendo os seus principais tributários os rios Sapucaí e Pardo. Desde áreas próximas à nascente até sua confluência com o Paranaíba, o rio Grande sofre o impacto de inúmeros empreendimentos hidrelétricos (UHE Itutinga, Camargos, Funil, Furnas, Peixoto, Estreito, Jaguará, Igarapava, Volta Grande, Porto Colômbia, Marimbondo e Água Vermelha (CASTRO et al., 2004; CEMIG; CETEC, 2000).

A área de estudo compreende uma seção do rio Grande, situado a jusante da Usina Hidrelétrica (UHE) de Itutinga com, aproximadamente, 1 quilômetro de extensão. Esta seção contempla habitats com diferentes características hidráulicas, como áreas de remanso e corredeiras (Figura 1).

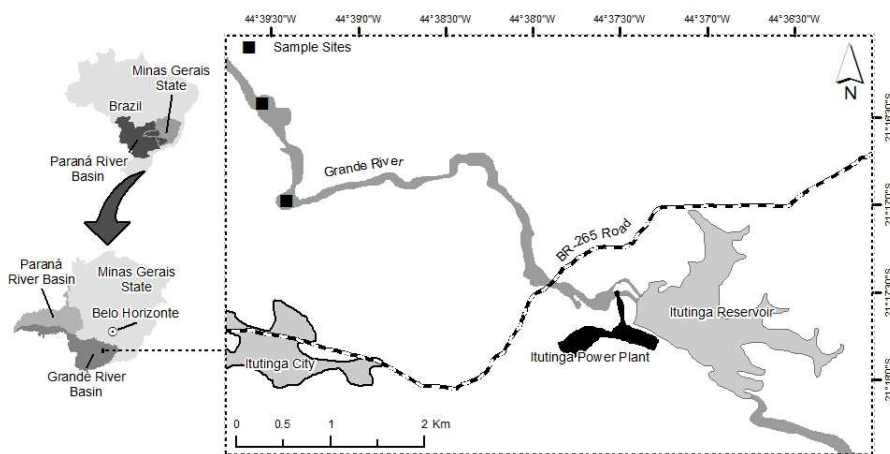


Figura 1 Localização das áreas de amostragem no rio Grande, a jusante da UHE Itutinga, MG

2.2 Valores de vazões

Nas estações seca e chuvosa, as vazões no rio Grande foram mantidas fixas, em valores médios destes períodos por 35 dias, de 380 m^3/s e 110 m^3/s para os meses de janeiro e julho de 2010, respectivamente. Após este período, ao longo de 5 dias, foram implementadas flutuações diárias no rio, com o incremento da vazão das 18 às 22 horas (Figura 2). Assim, durante quatro horas por dia, a vazão do rio passou de 380 para 480 m^3/s no mês de janeiro e de 100 para 170 m^3/s em julho de 2010.

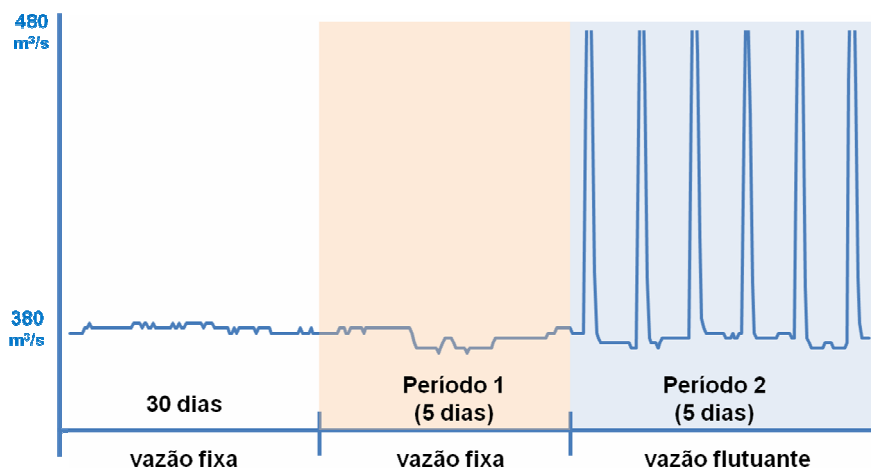


Figura 2 Representação do delineamento amostral da estação chuvosa indicando o período anterior às coletas (30 dias com vazão fixa) e os períodos 1 (vazão fixa) e 2 (flutuação) com 5 dias cada, realizado no rio Grande à jusante da UHE Itutinga

2.3 Amostragens

Em janeiro e julho de 2010, peixes foram amostrados, durante os cinco últimos dias de vazão fixa, e durante 5 dias de vazões flutuantes.

Nas amostragens foram utilizadas redes de emalhar, formadas por dois conjuntos de 11 redes (2,4, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14 e 16 mm entre nós), as quais foram vistoriadas duas vezes por dia (6 e 18h). As redes ficaram expostas durante todo o período de amostragem. Os peixes capturados foram identificados e separados por redes e por horário. Em seguida, foi realizada a biometria de cada indivíduo, sendo determinados o peso, o comprimento total (CT) e padrão (CP), o sexo e o estágio reprodutivo.

Outro artefato de pesca utilizado foi a rede de arrasto. Esta apresentava dimensões médias de 7 x 2 m e abertura de malha de 0.5 mm. Esta rede foi utilizada em uma área litorânea, durante as amostragens, sendo os arrastos realizados às 6, 14 e 22h, ao longo dos 10 dias de estudo. Cada arrasto foi constituído por uma passada de rede numa extensão de, aproximadamente, 15 metros. Os peixes capturados foram anestesiados em solução de água e eugenol e, em seguida fixados em formaldeído a 10%. Posteriormente os peixes foram triados, identificados até o menor táxon possível e conservados em álcool 70%.

A abundância e a biomassa foram estimadas, por meio das CPUE (Captura por Unidade de Esforço), com base nos dados obtidos pelas redes de espera e do arrasto, separadamente, segundo as fórmulas:

$$\text{Redes - CPUE} = N^{\circ} \text{ indivíduos (ou biomassa)} / 100\text{m}^2 \text{ rede} / 24\text{h}$$

$$\text{Arrastos - CPUE} = N^{\circ} \text{ indivíduos (ou biomassa)} / 14\text{m}^2 \text{ rede}$$

A captura por unidade de esforço consiste em um método de padronização das capturas e é amplamente utilizado em estudos e monitoramentos, e fornece uma boa estimativa da abundância dos recursos pesqueiros (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007), sendo considerado um bom índice nas análises de variações espaciais e temporais (KING, 1995). Além disso, o método permite comparações entre ambientes e períodos distintos. As análises de CPUE foram realizadas em número de indivíduos e biomassa para a ictiofauna total e para grupos de espécies. Com o objetivo de analisar a influência das vazões sobre determinados grupos de espécies que partilham um mesmo comportamento ou hábitat, foram determinadas as CPUE's (em número de indivíduos e biomassa), agrupadas por categorias funcionais. Estas

categorias foram arranjadas, de acordo com as espécies que apresentam determinadas características em comum, como aquelas que desempenham movimentos migratórios (migradores); as que ocorrem em ambientes com águas paradas ou calmas (lênticos) e, ainda, as espécies que ocorrem associadas a substratos de fundo e a ambientes correntosos (reofílicos).

A captura por unidade de esforço, para os dados de arrasto, em relação à abundância e biomassa, foi obtida pela divisão do número de indivíduos ou a biomassa desses pela área da rede, respectivamente.

2.4 Análises

Para cada período de coleta (seca e chuva) a abundância em número de indivíduos (CPUE_n) e biomassa (CPUE_b) e a riqueza de espécies foram comparadas, por meio do teste T (amostras dependentes) entre os dois regimes de vazão. Também foram comparadas a CPUE_n e a CPUE_b para diferentes grupos de espécies tais como: migradores, não migradores, lênticos e reofílicos. Para os parâmetros que não apresentaram a normalidade para Shapiro-Wilk superior a 0,05, estes foram submetidos à transformação da raiz quadrada ou do logaritmo (LEGENDRE; LEGENDRE, 2000).

A similaridade das comunidades de peixes nas situações de vazões foi avaliada, por meio de NMDS. Com o objetivo de avaliar os efeitos que a flutuação exerceu sobre as comunidades nas estações seca e chuvosa foi realizada a análise de similaridade de Bray-Curtis (ANOSIM). Posteriormente utilizou-se a similaridade de porcentagens (SIMPER) para verificar as similaridades obtidas e as contribuições

relativas de cada espécie. Todas estas análises foram realizadas, separadamente, para os dados obtidos no caudal do rio (redes de emalhar) e para a região litorânea (arrastos), separadamente. As análises foram realizadas por meio do software Primer (versão 6) e Statistica.

3 RESULTADOS

3.1 Redes de emalhar

Foram capturados 1.532 indivíduos nas amostragens realizadas com redes de emalhar durante a flutuação das vazões.

As flutuações de vazão implementadas foram capazes de alterar, significativamente, apenas dois dos parâmetros avaliados para a comunidade amostrada com redes de emalhar: a CPUEn total e CPUEn de reofílicos. Observou-se que a implementação das vazões exerceu influências distintas na comunidade de peixes nas duas estações avaliadas. Apesar de não significativos, no período úmido, houve um aumento da maioria dos parâmetros, enquanto no seco houve a diminuição destes (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 Valor médio e desvio padrão (entre parênteses) dos parâmetros avaliados para a ictiofauna no período chuvoso (janeiro) com flutuação de vazão (comparados por teste T – amostras dependentes). * Diferenças significativas

	Período Chuvoso	
	380 m ³ /s	380 m ³ /s – 480 m ³ /s
CPUEn total (p = 0,05)*	78,0 (17,4)	123,9 (35,2)
CPUEb total (p = 0,273)	6,27 (0,59)	7,71 (2,55)
Riqueza (p = 0,230)	15,2 (1,3)	14,2 (1,1)
CPUEn migradores (p = 0,121)	13,4 (3,4)	20,2 (8,1)
CPUEb migradores (p = 0,598)	2,76 (1,68)	3,45 (1,55)
CPUEn peixes de amb. lênticos (p = 0,185)	29,0 (11,1)	40,7 (10,3)
CPUEb peixes de amb. lênticos (p = 0,925)	1,77 (0,57)	1,75 (0,59)
CPUEn peixes reofílicos (p = 0,03)*	48,9 (12,3)	83,3 (27,5)
CPUEb peixes reofílicos (p = 0,687)	4,49 (1,11)	5,96 (2,17)

Tabela 2 Valor médio e desvio padrão (entre parênteses) dos parâmetros avaliados para a ictiofauna no período seco (julho) com flutuação de vazão (comparados por teste T – amostras dependentes). * Diferenças significativas

	Período Seco	
	110 m ³ /s	110 m ³ /s - 170 m ³ /s
CPUE total (p = 0,001)*	50,0 (5,1)	32,1 (1,7)
CPUEb total (p = 0,326)	1,88 (0,70)	1,29 (0,78)
Riqueza (p = 0,144)	9,8 (1,8)	7,2 (1,6)
CPUE migradores (p = 0,266)	3,5 (1,9)	2,3 (1,7)
CPUEb migradores (p = 0,968)	0,50 (0,85)	0,49 (0,61)
CPUE peixes de amb. lênticos (p = 0,232)	10,3 (3,0)	8,1 (4,5)
CPUEb peixes de amb. lênticos (p = 0,994)	0,34 (0,20)	0,34 (0,45)
CPUE peixes reofílicos (p = 0,0007)*	39,6 (6,8)	24,0 (5,0)
CPUEb peixes reofílicos (p = 0,317)	1,55 (0,78)	0,95 (0,58)

A ordenação NMDS da comunidade de peixes indicou uma evidente diferença na composição de espécies entre as estações e, para cada estação, a modificação na comunidade em função da flutuação (Figura 3). Avaliando cada estação, por meio da análise de similaridade (ANOSIM), na estação chuvosa, observou-se uma diferença significativa entre os dois períodos (vazão fixa e flutuação) ($R=0,003$ e $p=0,01$), enquanto para a estação seca estas diferenças não foram significativas.

Na estação chuvosa, a dissimilaridade média (SIMPER) entre os períodos com e sem flutuação foi de 37,33%, principalmente, em virtude de *Apareiodon affinis* e *Schizodon nasutus* que diminuíram a abundância com o início da flutuação, e *Astyanax fasciatus* que aumentou com a flutuação (Tabela 3). Na estação seca, a dissimilaridade média foi de 30,11% e as espécies que mais contribuíram para nas mudanças da comunidade entre os períodos com e sem flutuação foram *Apareiodon affinis*, *Astyanax fasciatus* e *Iheringichthys labrosus*. As duas primeiras apresentaram um aumento da abundância com a flutuação, ao passo que a

última espécie apresentou uma redução. Das três espécies predominantes na comunidade nas duas estações, duas delas estão incluídas no grupo dos peixes reofílicos, refletindo a significância desse grupo na comunidade.

Tabela 3 Composição de espécies, abundâncias médias e cumulativa percentual da ictiofauna, capturada no rio Grande, nos períodos chuvoso e seco nos período com vazão fixa (1) e com flutuação (2)

PERÍODO CHUVOSO				PERÍODO SECO			
Espécie	Abund. Méd.1	Abund. Méd.2	Cum. %	Espécie	Abund. Méd.1	Abund. Méd.2	Cum. %
<i>Apareiodon affinis</i>	14,95	25,62	14,7	<i>Apareiodon affinis</i>	57,24	58,28	19,27
<i>Astyanax fasciatus</i>	13,85	17,57	12,26	<i>Astyanax fasciatus</i>	9,07	12,83	15,74
<i>Schizodon nasutus</i>	9,84	2,70	9,57	<i>Iheringichthys labrosus</i>	7,47	3,00	10,80
<i>Cyphocharax nagelli</i>	10,44	7,75	8,82	<i>Astyanax altiparanae</i>	2,56	6,19	9,45
<i>Galeocharax knerii</i>	6,44	9,37	6,89	<i>Pimelodus maculatus</i>	6,29	4,35	5,56
<i>Leporinus octofasciatus</i>	6,95	5,91	5,99	<i>Leporinus amblyrhynchus</i>	0,86	3,79	5,46
<i>Leporinus striatus</i>	0,86	4,69	5,29	<i>Hypostomus sp1</i>	3,34	2,84	5,04
<i>Hypostomus sp1</i>	3,83	4,82	4,38	<i>Geophagus brasiliensis</i>	2,28	1,89	3,95
<i>Pimelodus maculatus</i>	9,53	10,30	4,35	<i>Prochilodus lineatus</i>	0,29	2,25	3,64
<i>Leporinus friderici</i>	3,21	2,58	3,56	<i>Galeocharax knerii</i>	1,83	1,30	3,51
<i>Hypostomus margaritifer</i>	3,04	0,73	3,49	<i>Cyphocharax nagelli</i>	2,12	0,56	3,33
<i>Astyanax altiparanae</i>	2,62	1,06	3,23	<i>Leporinus octofasciatus</i>	1,83	0,00	3,04
<i>Astyanax fasciatus</i>	2,19	0,00	2,93	<i>Hypostomus margaritifer</i>	1,18	0,95	2,75
<i>Leporinus amblyrhynchus</i>	1,94	0,00	2,60	-	-	-	-
<i>Leporinus elongatus</i>	1,99	1,96	2,41	-	-	-	-

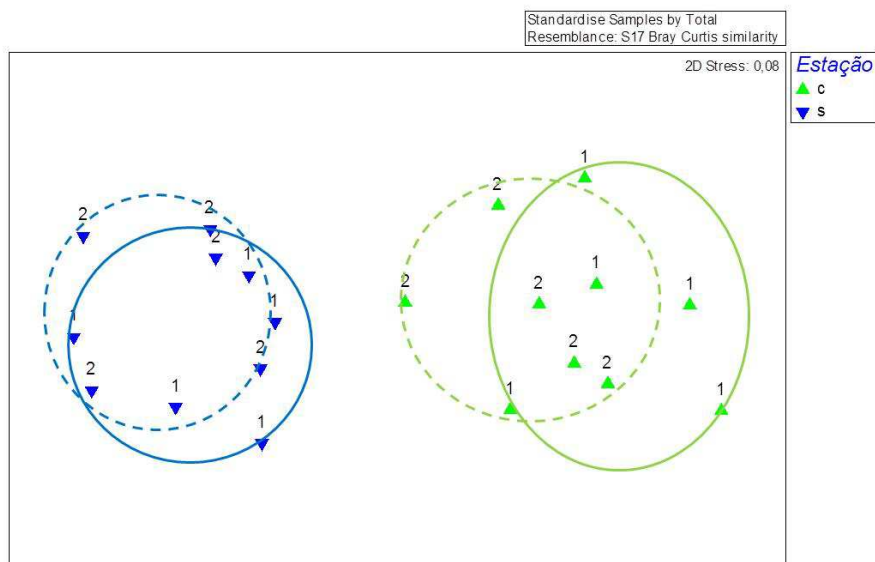


Figura 3 Ordenação de NMDS (nonmetric multidimensional scaling) baseada na similaridade (Bray-Curtis) da comunidade de peixes nas estações chuvosa e seca sob diferentes regimes de vazão. Círculos contínuos indicam vazão fixa e tracejados flutuação

3.2 Rede de Arrasto

Foram capturados 5.874 indivíduos nos arrastos. A composição de espécies é verificada no artigo 1, Tabela 1.

As capturas por unidade de esforço em número de indivíduos (CPUE_n) e biomassa (CPUE_b), para a rede de arrasto, também, apresentaram diferenças entre as estações, indicando tendências distintas entre estas. Na estação chuvosa, a CPUE_n apresentou uma significativa variação deste parâmetro durante a flutuação da vazão ($p = 0,01$) (Tabela 4). O período da noite foi o que apresentou os maiores valores, seguidos

pela manhã e tarde (Figura 4). Vale ressaltar que o período noturno corresponde ao horário em que foram implementados os picos de vazão.

A CPUEb apresentou, também, uma significativa variação deste parâmetro ao longo do dia durante a flutuação ($p = 0,01$) (Tabela 4). O período da noite foi, também, o que apresentou os maiores valores, seguidos pela manhã e tarde. A CPUEb registrada na estação chuvosa e no pico da vazão ($480 \text{ m}^3/\text{s}$) obteve valores médios superiores aos obtidos com vazão menor ($380 \text{ m}^3/\text{s}$) nos três períodos (manhã, tarde e noite) (Figura 5).

Na estação seca, a CPUEb e CPUE_n apresentaram significativa variação destes parâmetros, ao longo do dia, durante a flutuação ($p = 0,01$) (Tabela 5).

Tabela 4 Valor médio e desvio padrão (entre parênteses) da CPUE_n e CPUEb amostrada no período úmido com redes de arrasto a jusante da UHE Itutinga

Período Úmido			
CPUE	Manhã	Tarde	Noite
Nº indivíduos	6,03 (3,29) $p < 0,01$	2,46 (1,42) $p < 0,01$	8,84 (7,29) $p < 0,01$
Biomassa	1,63 (0,91) $p < 0,01$	0,29 (0,58) $p < 0,01$	2,41 (1,39) $p < 0,01$

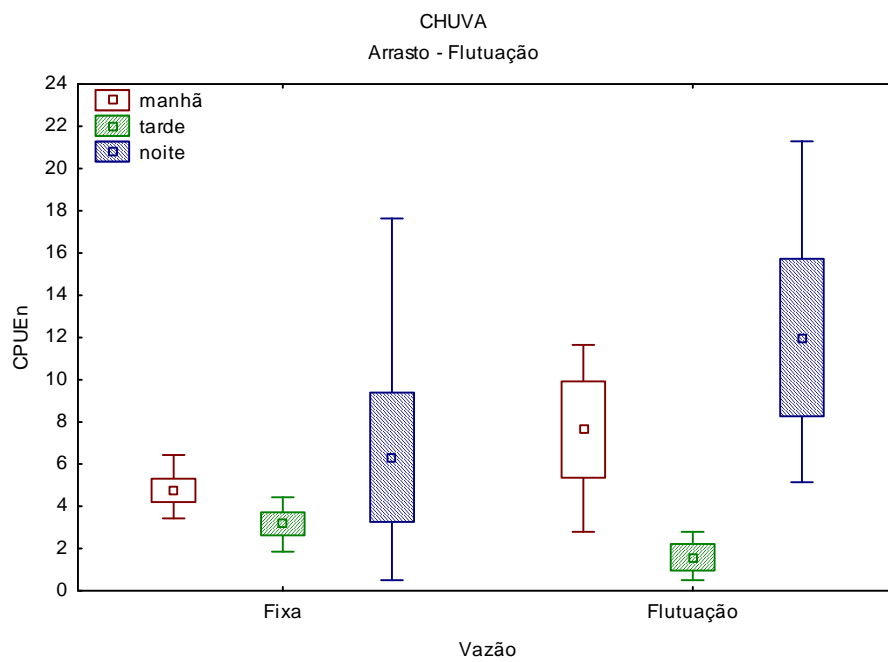


Figura 4 Captura por unidade de esforço em número de indivíduos (CPUE_n) de peixes amostrados no período chuvoso, a jusante da UHE Itutinga

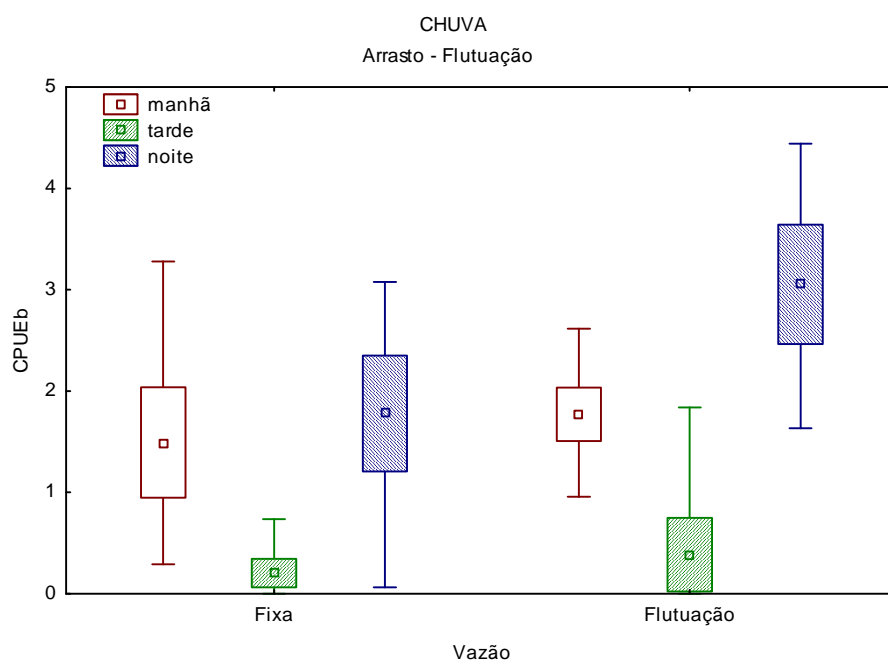


Figura 5 Captura por unidade de esforço em biomassa (CPUEb) de peixes amostrados no período chuvoso, a jusante da UHE Itutinga

Tabela 5 Valor médio e desvio padrão (entre parênteses) da CPUE_n e CPUE_b amostrada no período seco com redes de arrasto a jusante da UHE Itutinga

PERÍODO SECO			
CPUE	Manhã	Tarde	Noite
Nº indivíduos	1,38 (0,61) p < 0,01	0,13 (0,13) p < 0,01	2,17 (1,85) p < 0,01
Biomassa	0,52 (0,66) p < 0,01	0,07 (0,12) p < 0,01	1,28 (0,86) p < 0,01

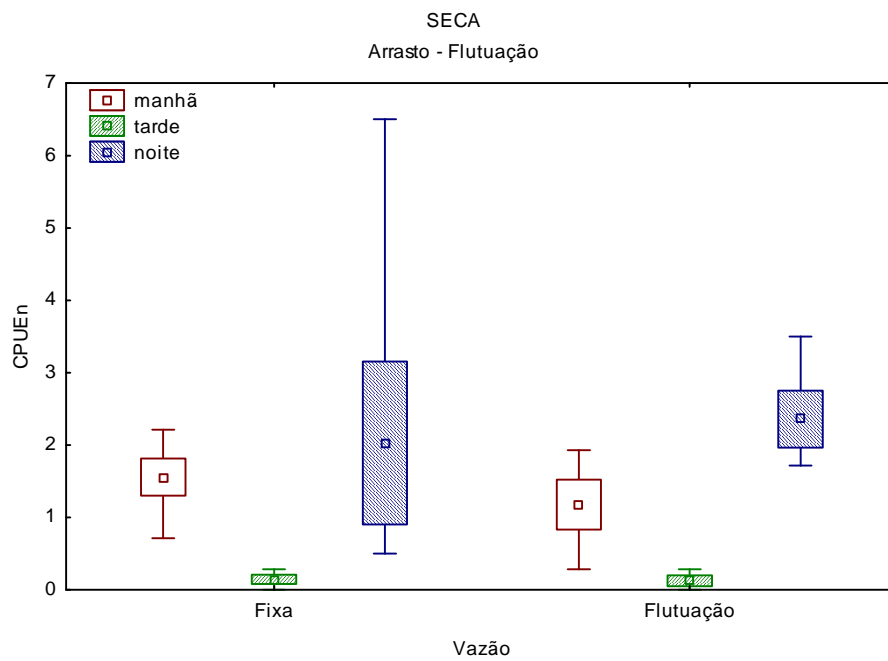


Figura 6 Captura por unidade de esforço em número de indivíduos (CPUE_n) de peixes amostrados no período seco, a jusante da UHE Itutinga

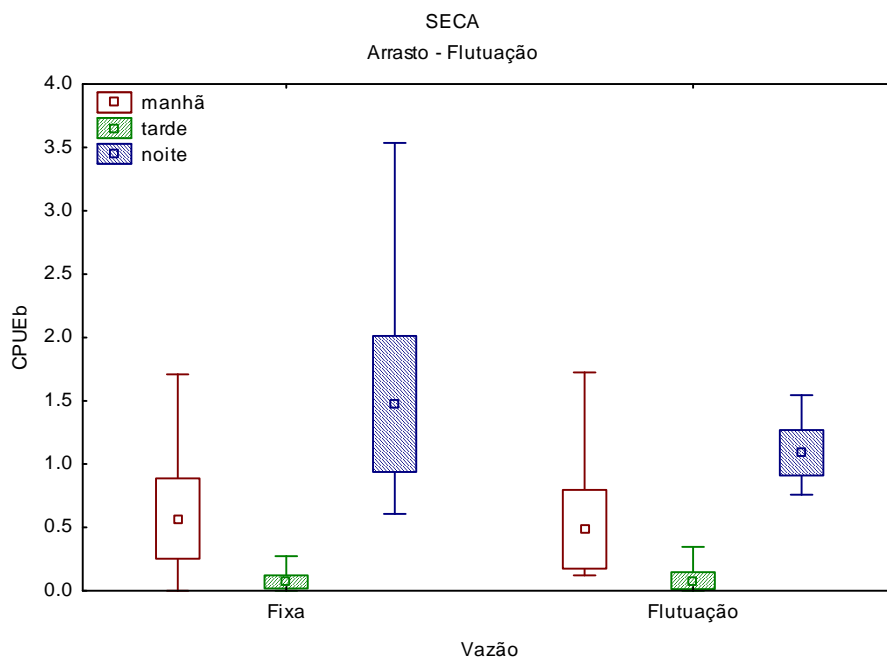


Figura 7 Captura por unidade de esforço em biomassa (CPUEb) de peixes amostrados no período seco, a jusante da UHE Itutinga

A riqueza de espécies capturadas nos arrastos apresentou diferenças entre as estações e, também, entre períodos do dia. Apesar de não significativas, as diferenças na riqueza indicaram uma influência sazonal e diária neste parâmetro. De forma geral, a riqueza foi maior na estação chuvosa e, entre os períodos do dia, o matutino e o noturno apresentaram a menor e a maior riqueza, respectivamente, em ambas as estações (Figuras 8 e 9).

Verificou-se, na estação chuvosa, que a riqueza média respondeu positivamente à flutuação nos três períodos do dia, as diferenças, porém, não foram significativas (Figura 8). Na estação seca, observou-se

semelhante situação, onde a variação da vazão de 110 para 170 m³/s elevou os valores médios da riqueza nos períodos matutino e vespertino. No entanto, a variação da vazão causou uma diminuição da riqueza no período noturno (Figura 9).

Quando comparadas às estruturas das comunidades de arrasto entre as situações estudadas, considerando-se apenas o horário das 22 horas, observou-se que as comunidades tenderam a se agrupar em função da sazonalidade e condição de vazão. A análise de similaridade indicou diferenças significativas entre os períodos de vazão fixa e flutuação tanto na chuva quanto na seca ($p=0,02$ e $p=0,04$, respectivamente, $R=0,003$). Desta forma, a flutuação das vazões exerceu uma modificação nas comunidades nas duas estações e as comunidades sob flutuações de vazão se sobrepuseram mais do que comunidades em regime natural de vazão (Figura 10). A comparação das abundâncias entre seca e chuva (Tabela 6) e entre com e sem flutuação para cada estação (Tabela 7) indicou diferenças significativas em todas as comparações (ANOSIM). Entretanto estas foram significativas apenas porque houve uma diminuição da abundância dos indivíduos (dados não padronizados pelo total). Quando padronizados, não foram observadas diferenças, mostrando que muda a abundância, mas não a estrutura. Observou-se que a dissimilaridade média entre seca e chuva foi de 60,57%. Entre os períodos com e sem flutuação, a dissimilaridade foi de 73,68%.

Tabela 6 Composição de espécies, abundâncias médias e cumulativa percentual da ictiofauna, capturada no rio Grande, nas estações de chuva (1) e seca (2), capturadas por rede de arrasto

CHUVA/SECA			
Espécies	Abund. Méd.1	Abund. Méd.2	Cum.%
<i>Piabina argentea</i>	126,80	18,80	44,04
<i>Bryconamericus stramineus</i>	133,00	42,20	87,67
<i>Knodus moenkhausii</i>	1,00	14,80	95,62

Tabela 7 Composição de espécies, abundâncias médias e cumulativa percentual da ictiofauna, capturada no rio Grande, nos períodos com e sem flutuação, com rede de arrasto

COM FLUTUAÇÃO			
Espécies	Abund. Méd.1	Abund. Méd.2	Cum.%
<i>Bryconamericus stramineus</i>	133,00	35,80	50,69
<i>Piabina argentea</i>	126,80	16,40	96,58

SEM FLUTUAÇÃO			
Espécies	Abund. Méd.1	Abund. Méd.2	Cum.%
<i>Bryconamericus stramineus</i>	42,20	16,00	49,76
<i>Piabina argentea</i>	18,80	6,40	72,89
<i>Knodus moenkhausii</i>	14,80	3,60	91,28

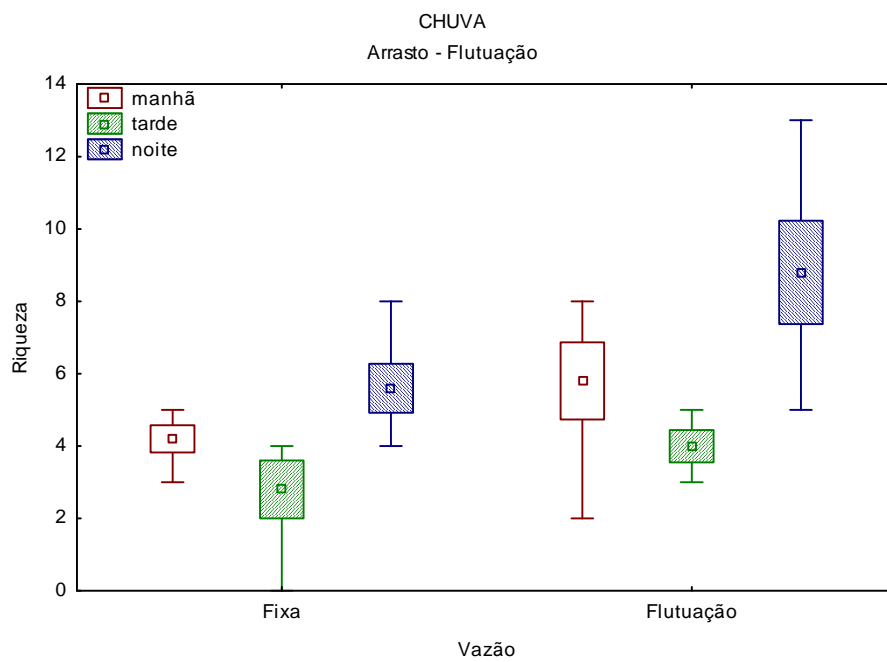


Figura 8 Riqueza de espécies de peixes amostrados no período chuvoso, a jusante da UHE Itutinga

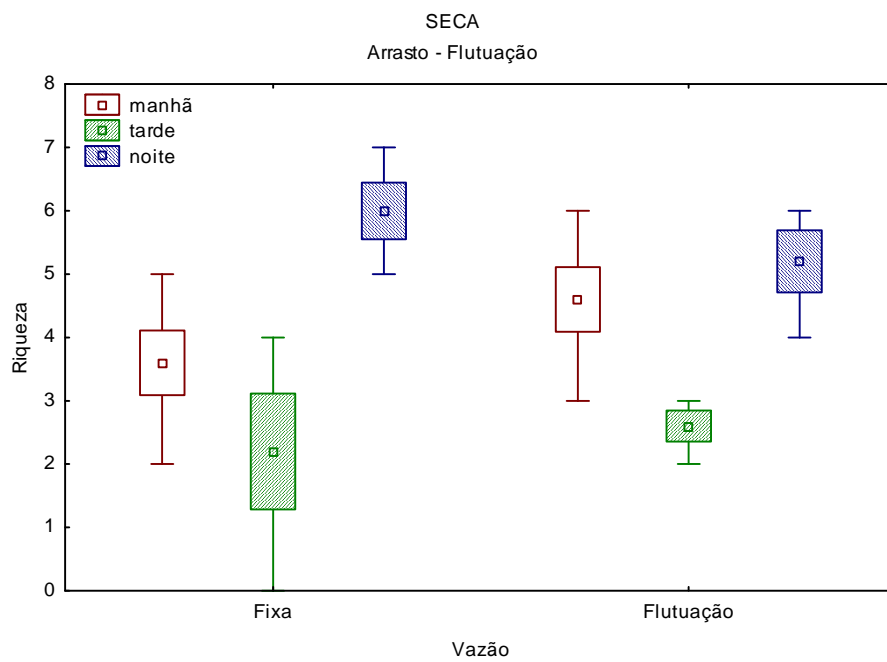


Figura 9 Riqueza de espécies de peixes amostrados no período seco, a jusante da UHE Itutinga

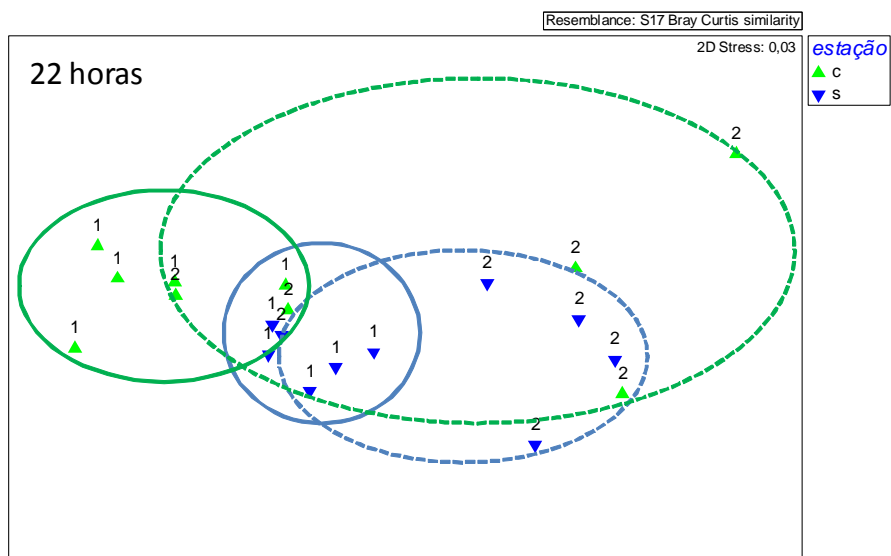


Figura 10 Ordenação de NMDS (nonmetric multidimensional scaling) baseada na similaridade (Bray-Curtis) das comunidades de peixes amostradas com rede de arrasto no período noturno (22h), nas estações seca e chuvosa, a jusante da UHE Itutinga. Linhas contínuas (1) indicam vazões fixas e pontilhadas (2) flutuação

4 DISCUSSÃO

A captura por unidade de esforço, geralmente, é utilizada como um índice de abundância de peixes (N) sendo amplamente utilizado para pesca comercial e esportiva. No entanto, este índice tem sido objeto de discussões, algumas delas muito divergentes. De acordo com Bannerot e Austin (1983), este índice apresenta um “erro implícito” podendo subestimar o número de indivíduos. Pode, também, gerar interpretações enganosas em longo prazo, em decorrência de fatores que interferem na abundância dos peixes (MAUNDER et al., 2006; MAUNDER; PUNT, 2004). Por outro lado, a CPUE constitui uma boa estimativa de abundância de recursos pesqueiros e é efetiva em análises de variações espaciais e temporais (KING, 1995). Apesar das possíveis influências de outras variáveis, a padronização da CPUE é utilizada para tentar remover o impacto destes fatores (MAUNDER; PUNT, 2004) e foi utilizada, neste estudo, também, em função da possibilidade de comparações entre diferentes sistemas hídricos.

4.1 Rede de emalhar

Dentre os parâmetros avaliados, a CPUE_{total} e CPUE_{reofílicos} foram os únicos que apresentaram diferenças significativas com a flutuação de vazão. Estes parâmetros sofreram uma considerável diminuição, durante o período com flutuação diária da vazão durante a seca, ficando evidente o impacto que a flutuação da vazão operada nesta estação exerce sobre a ictiofauna, ocasionando uma

diminuição nas capturas de todas as espécies e, sobretudo, sobre as reofílicas. Diminuição na abundância de organismos, durante flutuações de vazões, tem sido associada ao arraste dos organismos, mudanças na taxa de recrutamento e na condição nutricional de algumas espécies (CORRARINO; BRUSVEN, 1983; DEJALON et al., 1988; GORE, 1977; PERRY; PERRY, 1986). No presente estudo, estes fatores parecem estar afetando, sobretudo, as espécies reofílicas.

Na chuva, observou-se uma situação inversa à seca, cujos parâmetros aumentaram durante a flutuação. Este aumento nas chuvas pode ser justificado, em função de pulsos de vazão que, normalmente, ocorrem neste período e que devem disponibilizar recursos na planície de inundação. Parte desse aumento na CPUEn, verificado na cheia, pode ser decorrente do incremento de novos indivíduos (recrutamento), principalmente juvenis, uma vez que nesta estação grande parte das espécies estão se reproduzindo. Estudos realizados em rios da Europa encontraram semelhante situação, quando verificaram aumento na abundância, após o incremento na vazão, cuja participação de juvenis foi, essencialmente, maior que adultos (GODINHO; FERREIRA; SANTOS, 2000; LAMOUREUX et al., 2006). Apesar de esses estudos corroborarem os resultados obtidos, no presente trabalho, as classes de tamanho não foram avaliadas como resposta dos peixes à variação de vazão.

A influência de flutuação da vazão sobre a ictiofauna tem sido bem documentada (FREEMAN et al., 2001; GODINHO; FERREIRA; SANTOS, 2000; GROWNS, 2008; LAMOUREUX et al., 2006; POFF; ZIMMERMAN, 2010; THOMPSON et al., 2011) e as respostas dos

peixes apresentam-se variadas de acordo com os objetivos avaliados. Diferentes efeitos são verificados como o arraste de peixes pela variação do fluxo, principalmente juvenis (THOMPSON et al., 2011); a influência da flutuação no aumento da CPUE em peixes de menores classes de tamanho (GODINHO; FERREIRA; SANTOS, 2000) até evidentes instabilidades nas comunidades, como por exemplo, espécies de pequeno porte de habitats rasos e rápidos (BAIN; FINN; BOOKE, 1988). É esperado que alterações no fluxo impliquem em muitas consequências ecológicas com impactos negativos diretos (POFF et al., 1997; POFF; ZIMMERMAN, 2010).

A constatação dos impactos decorrentes das variações de vazão sobre os peixes nem sempre é tão evidente (PETTS, 2009), uma vez que outros fatores, também, estão associados, como a temperatura, oxigênio dissolvido, variações sazonais e espaciais e outros que dificultam a identificação de cada variável. Nesse sentido muitos modelos têm sido utilizados com objetivo de estabelecer claras relações entre as mudanças na hidrologia dos rios e a comunidade de peixes (GROWNS, 2008). Esses modelos combinam aspectos biológicos e hidráulicos para descrever as preferências dos peixes quanto aos tipos de habitats e as variáveis físicas relacionadas com a descarga (LAMOUREUX et al., 2006). Neste estudo, apesar das distintas respostas observadas em cada estação, poucas mudanças significativas foram verificadas nos parâmetros durante a flutuação. A não significância das variáveis indica que a flutuação da vazão pouco influenciou nos parâmetros biológicos avaliados ou pode, ainda, não ser perceptível por meio dos valores de vazão utilizados. Esta fraca relação verificada pode ser decorrente da estruturação da

comunidade, ao longo dos 60 anos de represamento e, ainda, pode ser consequência do próprio delineamento amostral que não possibilitou detectar tais respostas. Na utilização de modelos, visando encontrar tais relações em espécies individuais, não foram verificadas fortes correlações entre o fluxo e tais espécies (GROWNS, 2008). Mesmo não constituindo uma robusta relação entre a flutuação e a resposta da comunidade neste estudo, a variação da vazão exerceu influências na estrutura das comunidades de peixes, mudando a abundância relativa de cada espécie. Influências da variação de vazões foram investigadas quanto à movimentação diária nos peixes, em experimentos realizados na Califórnia, EUA, por Tompson et al. (2011). Esses autores indicaram que fatores como temperatura, oxigênio dissolvido e a química da água foram fracamente associados ao deslocamento dos peixes, enquanto que o fluxo foi o fator dominante durante a flutuação da vazão.

Estudos desenvolvidos na Península Ibérica, avaliando os efeitos da flutuação da vazão, indicaram um aumento significativo da CPUE, para poucas espécies, durante as maiores vazões, no entanto, em todas foi observado um aumento deste parâmetro (GODINHO; FERREIRA; SANTOS, 2000). Em projetos de revitalização e restauração por meio da implementação de fluxos nos EUA, a pesca respondeu rápida e positivamente à esta medida. Foi observado um aumento nas capturas e no número de indivíduos estimados para a população local (HILL; PLATTS, 1998). Semelhante tendência foi verificada, no presente estudo, onde a flutuação influenciou a CPUE de todos os peixes e dos reofílicos.

A CPUE_n de peixes reofílicos foi o único parâmetro cuja guilda apresentou uma relação significativa com a flutuação. Espécies pertencentes a esse agrupamento são encontradas em habitats de corredeiras e águas rápidas no canal principal. São geralmente sedentários, de pequeno porte, de corpos alongados ou lateralmente achatados que os habilita a viver nos espaços intersticiais das rochas ou no substrato. A CPUE_n destes peixes apresentou um considerável aumento, durante a flutuação na estação chuvosa, correspondendo a quase o dobro do observado para o período sem flutuação. Apesar dos requerimentos de fluxo para estas espécies serem razoavelmente conhecidas (WELCOMME; WINEMILLER; COWX, 2006), o incremento de vazão da ordem de 25% na estação chuvosa, provavelmente, os tenha deslocado de seus habitats, favorecendo as capturas nas redes. Na estação seca, foi observada a diminuição da CPUE_n durante a flutuação. O incremento de 55% da vazão na seca, provavelmente, tenha ocasionado um arraste nesses peixes. As vazões operadas, principalmente na seca, podem ter sido superiores aos seus requerimentos de fluxo, uma vez que tais peixes são sensíveis a fluxos de grande magnitude (WELCOMME; HALLS, 2005). Observou-se a dominância de *Apareiodon affinis* em ambas as estações, apesar de o entendimento sobre o comportamento da espécie nas estações não ser claro. Em locais com flutuações ambientais como o do presente estudo, as espécies são substituídas por outras (generalistas) que toleram as frequentes e grandes variações da vazão (POFF et al., 1997).

A alteração de fluxo repercutindo na ictiofauna foi compilada de vários trabalhos por Poff e Zimmerman (2010) e esses autores

constataram que os peixes apresentaram uma consistente resposta negativa para a alteração do fluxo, quando medidas em atributos como abundância, parâmetros demográficos ou diversidade das assembleias. Os parâmetros avaliados neste estudo (CPUE_n, CPUE_b e riqueza) apresentaram a mesma tendência na estação seca durante a flutuação da vazão. Foram verificados valores inferiores ao período de vazão fixa, em todos estes parâmetros, indicando que nesta estação a flutuação exerce efeitos contrários aos verificados nas chuvas.

A riqueza de espécies foi outro parâmetro avaliado para perceber os efeitos da flutuação na comunidade. Embora o período com flutuação tenha registrado menor riqueza, este parâmetro não foi significativo. A pequena variação entre os períodos não representou uma alteração sensível pela flutuação. Semelhantes resultados foram obtidos pela comparação entre períodos antes e após o incremento de vazão, onde nem riqueza nem densidade foram significativamente diferentes (LAMOUREUX et al., 2006). Conforme esses autores, a abundância relativa refletiu a predominância de um número limitado de espécies antes e após a variação da vazão. Além de *Apareiodon affinis*, as espécies *Astyanax fasciatus*, *Iheringichthys labrosus* e *Schizodon nasutus* reforçam a predominância destas em ambas as estações. Além disso, essa modificação na riqueza pode estar relacionada a diferenças nas capturas (CPUE_n), onde se verificou um aumento nas chuvas e a diminuição na seca.

A evidente distinção da comunidade de peixes, organizada em função das estações, indicou a influência de fatores temporais, simultaneamente, ao modelo de vazão operado neste estudo. Nas

estações seca e chuvosa o período de flutuação foi diferenciado em ambas, evidenciando a contribuição que cada vazão representou nas comunidades. Essas repercussões estão muito relacionadas ao valor da vazão e à época do ano, como já mostrado neste estudo. Quanto ao aumento dos valores de CPUE_n e CPUE_b no período chuvoso (apesar de significativo em apenas dois parâmetros) estes, provavelmente, tenham sido influenciados pelo recrutamento e conseqüente aumento no número de juvenis e pela maior oferta de itens alimentares presentes nesta estação, respectivamente. Na seca, a diminuição verificada nestes parâmetros (significativos apenas para alguns) pode ser decorrente da ausência de recrutamento em muitas espécies, aspecto intimamente relacionado ao ciclo de vida das mesmas e à sazonalidade. O aumento e a diminuição no número de indivíduos na chuva e seca, respectivamente, verificados neste trabalho, podem ser uma resposta já internalizada na comunidade de peixes, mediante tais variações da vazão, dado o longo tempo de operação do reservatório. Alguns estudos têm sido desenvolvidos utilizando modelos que indicam a resposta da comunidade em função da variabilidade do fluxo. Trabalhos envolvendo populações de trutas verificaram a importância de fluxos no inverno determinando no recrutamento e fluxos de verão na biomassa de adultos (CATTANÉO et al., 2002).

4.2 Rede de arrasto

A variação da flutuação verificada para a rede de arrasto apresentou semelhanças com a rede de emalhar, onde foi verificada a

mesma tendência da comunidade, em resposta a diferentes vazões – a flutuação gerou um aumento dos parâmetros durante a chuva e a diminuição destes na seca. Com amostragens feitas ao longo do dia com a rede de arrasto, foi possível verificar o efeito da flutuação nos diferentes períodos. No período noturno, cujo horário são manejadas as flutuações, foi observado o aumento da CPUEb, CPUE_n e riqueza de espécies na chuva, bem como a diminuição desses parâmetro na seca. Tal fato ressalta a influência que a flutuação exerce nas comunidades, como verificados em outros estudos (FREEMAN et al., 2001; GODINHO; FERREIRA; SANTOS, 2000; GROWNS, 2008; LAMOUREUX et al., 2006; POFF; ZIMMERMAN, 2010; PONTON; VAUCHEL, 1998; THOMPSON et al., 2011). Semelhante tendência foi verificada por estações e, na estação seca, os valores médios de CPUEb se mantiveram estáveis nos períodos da manhã e tarde e, apenas no noturno, houve uma diminuição. Apesar desta diminuição, a CPUEb não apresentou marcada diferença entre a vazão fixa (110 m³/s) e a flutuação (170 m³/s), exceto durante a noite. Os valores médios deste parâmetro foram mais elevados na estação chuvosa que na seca nos três períodos do dia.

A ictiofauna amostrada, por meio dos arrastos nas estações de seca e cheia, apresentou-se bem distinta no espaço multidimensional. Embora se trate de uma região litorânea do rio, com características físicas e hidráulicas completamente distintas da calha, observou-se uma forte influência das vazões e da sazonalidade, apesar destes fatores, ainda, estarem agindo sinergeticamente nas comunidades, assim como para os peixes amostrados com redes.

A comunidade de peixes se manifestou de forma diferente na chuva, o que pode ser um indício que operações de ponta das vazões nesta estação exercem uma maior influência sobre a ictiofauna, desencadeando aspectos típicos desse período como o recrutamento (CATTANÉO et al., 2002). Observou-se que o período de cheia e seca é espacialmente separado, indicando características distintas da comunidade de peixes durante o período sem flutuação. No entanto, durante a flutuação, esta desencadeou uma desestruturação da ictiofauna, independentemente, da estação.

A modificação observada na composição de espécies ocorreu, principalmente, em função de uma espécie de piaba, *Knodus moenkhausii*. A participação desta espécie foi muito pequena na comparação entre seca e chuva, o que pode indicar que a espécie apresenta oscilações em função de alguma variável ambiental ao longo das estações. No entanto, durante a flutuação, constatou-se que a espécie sofre o efeito da variação diária da vazão, implicando na não captura, durante este evento, reaparecendo no período sem flutuação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificou-se, considerando as vazões utilizadas no presente estudo, que a flutuação diária da vazão exerceu diferentes influências na comunidade de peixes, durante as estações, alterando alguns dos parâmetros biológicos avaliados, mas de maneira diferente nas estações chuvosa e seca. A operação em ponta teve seus efeitos mais visíveis na estação seca do que na estação chuvosa, quando estas já flutuam naturalmente. As flutuações previstas na estação chuvosa promovem acesso às planícies de inundação, com reflexo na abundância de indivíduos, bem como possibilita maior aporte de itens alimentares, o que justificam os resultados obtidos neste trabalho. Assim as flutuações de vazão manejadas nas chuvas foram menos prejudiciais à comunidade pelo fato dos peixes já terem seus ciclos de vida moldados a tais variações, a exemplo da reprodução da maioria das espécies que acontece nesta estação. Por outro lado, as barragens produzem mais flutuações na seca, já que na chuva, quando a vazão do rio é superior à capacidade de turbinamento, a barragem, em geral, opera a plena carga durante o dia, não provocando flutuações.

Observações pequenas e pontuais como esta indicam situações locais que contribuem para o estabelecimento de medidas e para a construção de um conhecimento que busque atender as diferentes demandas de um rio. No entanto, muitos estudos, ainda, são necessários para avançar neste campo e poder contar com medidas aplicáveis e eficientes, considerando os diferentes interesses e a complexidade dos sistemas hídricos.

**INFLUENCE OF DAILY FLOW FLUCTUATIONS OVER THE
FISH COMMUNITY DOWNSTREAM OF THE ITUTINGA DAM,
RIO GRANDE, MG, BRAZIL.**

ABSTRACT

This study was conducted downstream of the Itutinga dam, in the Rio Grande basin, MG, Brazil, evaluating the effect of daily flow fluctuations over the ichthyofauna in the dry and rainy seasons in 2010. In each season we simulated a Hydropeaking operation with flow increment in the night period (18 to 22 hours). Samplings were performed in the river channel with drift nets and in the margins with trawls, before and during the fluctuations. We observed that the fluctuations presented different effects in the seasons, causing the increase in most of the evaluated parameters during the rain and decreasing during the drought. Despite the differences observed between the periods with or without fluctuation, only the capture by effort unit in number of individuals (CBEUn) for all the fish and for the reophylic were significantly different. The species composition was also influenced by fluctuation, and reophylic species *Apareiodon affinis* and *Astyanax fasciatus* were the most abundant in both seasons. Compared to the fixated flow period, sampling in periods with fluctuation presented smaller species richness in both seasons. In the samplings with trawls, the fluctuation effects were more evident in the samplings performed at 22 hours, period in which the largest flows were released. The results indicate that the fish communities are more sensitive to hydropeaking operation (daily fluctuation) during the drought and suggest that the flow operations of great magnitudes are more prejudicial in this season.

Keywords: Flow oscillation. CBEU. Fluvial flow. Reophylic. Rio Grande. Reservoir operation.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Maringá: EDUEM, 2007. 501 p.

AGOSTINHO, A. A.; PELICICE, F. M.; GOMES, L. C. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. **Brazilian Journal of Biology**, Rio de Janeiro, v. 68, n. 4, p. 1119-1132, 2008.

BAIN, M. B.; FINN, J. T.; BOOKE, H. E. Streamflow regulation and fish community structure. **Ecology**, Durham, v. 69, n. 2, p. 382-392, 1988.

BANNEROT, S. P.; AUSTIN, C. B. Using frequency distributions of catch per unit effort to measure fish-stock abundance. **Transactions of the American Fisheries Society**, Bethesda, v. 112, p. 608-617, 1983.

BUNN, S. E.; ARTHINGTON, A. H. Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. **Environmental Management**, New York, v. 30, n. 4, p. 492-507, 2002.

CASTRO, R. C. M. et al. Estrutura e composição da ictiofauna de riachos da bacia do rio Grande no estado de São Paulo, sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 4, n. 1, p. 3-39, 2004.

CATTANEO, F. et al. The influence of hydrological and biotic processes on brown trout (*Salmo trutta*) populations dynamics. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, Ottawa, v. 59, n. 1, p. 12-22, Jan. 2002.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS; FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Guia ilustrado de peixes da bacia do rio Grande**. Belo Horizonte, 2000. 144 p.

CORRARINO, C. A.; BRUSVEN, M. A. The effects of reduced stream discharge on insect drift and stranding of near shore insects. **Freshwater Invertebrate Biology**, Washington, v. 2, p. 88-98, 1983.

DEJALON, D. G. et al. Effects of hydroelectric scheme on fluvial ecosystems within the Spanish Pyrenees. **Regulated Rivers**, Chichester, v. 2, p. 479-491, 1988.

FREEMAN, M. C. et al. Flow and habitat effects on juvenile fish abundance in natural and altered flow regimes. **Ecological Applications**, Tempe, v. 11, n. 1, p. 179-190, 2001.

GODINHO, F. N.; FERREIRA, M. T.; SANTOS, J. M. Variation in fish community composition along an Iberian river basin from low to high discharge: relative contributions of environmental and temporal variables. **Ecology of Freshwater Fish**, Copenhagen, v. 9, n. 1/2, p. 22-29, June 2000.

GORE, J. A. Reservoir manipulations and benthic macroinvertebrates in a prairie river. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 55, p. 113-123, 1977.

GROWNS, I. The influence of changes to river hydrology on freshwater fish in regulated rivers of the Murray-Darling basin. **Hydrobiologia**, The Hague, n. 595, p. 203-211, 2008.

HILL, M. T.; PLATTS, W. S. Ecosystem restoration: a case study in the Owens river gorge, California. **Fisheries**, Bethesda, v. 23, n. 11, p. 18-27, Nov. 1998.

KING, M. **Fisheries biology, assessment and management**. Osney Mead: Fishing News Books, 1995. 341 p.

LAMOUREUX, N. et al. Fish community changes after minimum flow increase: testing quantitative predictions in the Rhône river at Pierre-Bénite, France. **Freshwater Biology**, Oxford, v. 51, n. 9, p. 1730-1743, Sept. 2006.

LEGENBRE, P.; LEGENBRE, L. **Numerical ecology**. 2nd ed. London: Developments in Environmental Modeling, 2000. 853 p.

MAUNDER, M. N. et al. Interpreting catch per unit effort data to assess

the status of individual stocks and communities. **ICES Journal of Marine Science**, Dauplin, v. 63, n. 8, p. 1373-1385, May 2006.

MAUNDER, M. N.; PUNT, A. E. Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. **Fisheries Research**, New York, v. 70, n. 2/3, p. 141-159, Dec. 2004.

NILSSON, C. et al. Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. **Science**, New York, v. 308, n. 5720, p. 405-408, 2005.

PERRY, S. A.; PERRY, W. B. Effects of experimental flow regulation on invertebrate drift and stranding in the Flathead and Kootenai Rivers, Montana, USA. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 134, p. 171- 182, 1986.

PETTS, G. E. Instream flow science for sustainable river management. **Journal of the American Water Resources Association**, Herndon, v. 45, n. 5, p. 1071-1086, 2009.

POFF, N. L. et al. The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration. **BioScience**, Washington, v. 47, n. 11, p. 769-784, Nov. 1997.

POFF, N. L.; WARD, J. V. Implications os streamflow variability and predictability for lotic community structure: a regional analysis of streamflow patterns. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, Ottawa, v. 46, p. 1805-1818, 1989.

POFF, N. L.; ZIMMERMAN, J. K. H. Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows. **Freshwater Biology**, Oxford, v. 55, n. 1, p. 194-205, Jan. 2010.

PONTON, D.; VAUCHEL, P. Immediate downstream effects of the Petit-Saut dam on young Neotropical fish in a large tributary of the Sinnamary river, French Guiana, South America. **Regulated Rivers: Research and Management**, Chichester, v. 14, n. 3, p. 227-243, May/June 1998.

SCRUTON, D. A. et al. Seasonal response of juvenile Atlantic salmon to experimental hydropeaking power generation in Newfoundland, Canada. **North American Journal of Fisheries Management**, Bethesda, v. 25, n. 3, p. 964-974, Jan. 2005.

SMOKOROWSKI, K. E. et al. Ecosystem level assessment of environmentally based flow restrictions for maintaining ecosystem integrity: a comparison of a modified peaking versus unaltered river. **Ecohydrology**, New York, v. 4, n. 6, p. 791-806, Nov. 2011.

THOMPSON, L. C. et al. Longitudinal movement of fish in response to a single-day flow pulse. **Environmental Biology of Fishes**, Dordrecht, v. 90, n. 3, p. 253-261, Mar. 2011.

WELCOMME, R.; HALLS, A. Dependence of tropical river fisheries on flow. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE MANAGEMENT OF LARGE RIVERS FOR FISHERIES, 2., 2004, Rome. **Proceedings...** Rome: FAO, 2004. v. 2, p. 267-283.

WELCOMME, R. L.; WINEMILLER, K. O.; COWX, I. G. Fish environmental guilds as a tool for assessment of ecological condition of rivers. **River Research and Applications**, Chichester, v. 22, n. 3, p. 377-396, Mar. 2006.