

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

JOSÉ ROBERTO MARIANO

Desconexão longitudinal de habitats em riachos
neotropicais: Ictiocenose sob influência de tubulações

Toledo
2011

JOSÉ ROBERTO MARIANO

Desconexão longitudinal de habitats em riachos neotropicais: Ictiocenose sob influência de tubulações

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

Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Orientadora: Prof^a Dr^a Maristela Cavicchioli Makrakis

Toledo

2011

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

M333d	Mariano, José Roberto Desconexão longitudinal de habitats em riachos neotropicais : ictiocenose sob influência de tubulações / José Roberto Mariano. -- Toledo, PR : [s. n.], 2011. 30 f. Orientadora: Dra. Maristela Cavicchioli Makrakis Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Campus de Toledo. Centro de Engenharias e Ciências Exatas. 1 Ecologia de comunidades 2. Ictiofauna de água doce - Riachos neotropicais 3. Peixes, Assembléia de - Diversidade – Distribuição espacial 4. Peixes de água doce 5. Ictiofauna - Heterogeneidade de habitat I. Makrakis, Maristela Cavicchioli, Or. II. T. CDD 20. ed. 597.0929 639.31
-------	--

FOLHA DE APROVAÇÃO

JOSÉ ROBERTO MARIANO

Desconexão longitudinal de habitats em riachos neotropicais:
Ictiocenose sob influência de tubulações

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

COMISSÃO JULGADORA

Prof^a. Dr. Maristela Cavicchioli Makrakis
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Presidente)

Prof. Dr. Sergio Makrakis
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. João Henrique Pinheiro Dias
Companhia Energética de São Paulo - CESP

Aprovada em: 19 de agosto de 2011

Local de defesa: Auditório da Unioeste – Campus de Toledo-PR

DEDICATÓRIA

*A minha família, pelo apoio incondicional.
A minha esposa Vivien, pelo amor, apoio,
compreensão, paciência, atenção, carinho e,
principalmente pela nossa filha Luiza.*

“Nem teme, quem te adora, a própria morte”.
Joaquim Osório Duque Estrada

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter conseguido vencer mais esta etapa da vida; A Prof^a Dr^a Maristela Cavicchioli Makrakis, Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca e Orientadora, que me norteou no trabalho com muito empenho e dedicação. Como uma Mãe que acolhe o filho;

Ao Prof. Dr. Sergio Makrakis pelo conselho intelectual, que forneceu as bases teóricas da discussão sobre a ecologia de riachos interceptados por tubulações;

Em especial à Bióloga Pós-doutoranda Elaine Antoniassi Luiz Kashiwaqui, amiga de verdade, carinhosa, atenciosa, preocupada, esforçada, coerente, imparcial e dedicada, pela qual tenho eterna estima e carinho. Com quem aprendi que sempre tem uma luz no fim do túnel;

A Bióloga Elaine Fernandes Celestino, que foi uma guerreira, sempre superando os limites com esforço e honra, para a conclusão desse trabalho;

Ao técnico Ricardo pelo apoio e a Patrícia por todas as atividades realizadas;

A todos os estagiários, professores e técnicos do Grupo de Pesquisa em Tecnologia de Produção e Conservação de Recursos Pesqueiros e Hídricos - GETECH/Unioeste, que me auxiliaram em todas as atividades de campo e laboratório;

Ao Biólogo Adilson Rodrigues, pelo apoio e observações sempre bem vindas;

Aos grandes amigos, em especial, Régis, Eder, Paulo, Bruno, Marlon, Dimas, Karane, Fernando, Lucas, Luiz e a todos que sempre estiveram por perto, pelo esforço de cada um, pelo auxílio incondicional, pelos momentos felizes durante esse período;

Ao Grupo de Pesquisa em Tecnologia de Produção e Conservação de Recursos Pesqueiros e Hídricos - GETECH/Unioeste pelo apoio financeiro, estrutural e logístico;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa;

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para que todas as etapas fossem cumpridas durante este desafio.

Dissertação a ser submetida a Revista
científica Hydrobiologia.

Disponível em: <http://www.springer.com/life+sciences/ecology/journal/10750>

Sumário

1 INTRODUÇÃO	03
2 MATERIAL E MÉTODOS	06
Área de estudo	06
Coleta de dados.....	07
Análises dos dados.....	09
3 RESULTADOS	10
4 DISCUSSÃO	22
6 REFERÊNCIAS.....	24

Desconexão longitudinal de habitats em riachos neotropicais: Ictiocenose sob influência de tubulações

RESUMO

A implantação de tubulações em riachos pode causar a degradação do habitat, alterando os padrões de migração e dispersão das espécies, gerando deterioração da diversidade biológica ao longo do tempo, favorecendo a desconexão do habitat. O presente estudo teve como objetivo avaliar a influência das assembleias de peixes entre os segmentos de montante e jusante de tubulações quadrada e circular em riachos neotropicais. Especificamente pretende-se analisar a composição e a estrutura das da ictiofauna e seus possíveis padrões espaciais, bem como a ocorrência de desovas. As amostragens para a ictiofauna foram realizadas mensalmente, entre novembro de 2009 e outubro de 2010, com diversos apetrechos de pesca como rede, peneirão, caniço e tarrafa. As amostragens do ictioplâncton foram realizadas entre o outubro de 2009 e março de 2010, com uma rede de plâncton. Durante o período foram coletados 2.220 indivíduos, sendo 901 peixes nos trechos da tubulação circular e 1.310 peixes nos trechos da tubulação quadrada, pertencentes a 33 espécies. As capturas foram semelhantes nos trechos de montante e jusante na tubulação circular, enquanto que para a tubulação quadrada a abundância de peixes foi um pouco superior no trecho a montante em relação a jusante. Os Characiformes predominaram com maior número de indivíduos no trecho a montante de ambas as tubulações. Por outro lado, os Siluriformes foram abundantes no trecho a jusante da tubulação circular, com abundâncias similares entre os trechos da tubulação quadrada. A riqueza e a diversidade de espécies diferiram entre os trechos da tubulação circular (maior valor a jusante), enquanto que os valores foram similares para os trechos da tubulação quadrada. As espécies mais abundantes foram *Astyanax altiparanae*, *A. paranae*, *A. fasciatus*, *Ancistrus* sp. e *Hypostomus* sp., porém com diferenças constatadas na ocorrência das duas últimas espécies: estas foram mais abundantes a jusante da tubulação circular, e similares nos trechos da tubulação quadrada. O ictioplâncton amostrado foi pouco expressivo, com registros de 36 ovos, 05 jovens e 03 larvas especialmente no trecho de jusante das tubulações. A ictiofauna obteve padrões distintos entre as tubulações e em especial entre os trechos de montante e jusante da tubulação circular. Os dados aqui apresentados evidenciam que a tubulação circular parece exercer maior limitação ao movimento dos peixes, atuando como uma barreira para as espécies, em especial aos Siluriformes, o que reflete nas variações existentes na abundância, riqueza e diversidade das espécies. Isso indica a necessidade de maiores estudos em riachos neotropicais interceptados por tubulações, voltados às assembleias de peixes e sua movimentação. Esses estudos poderão subsidiar os setores responsáveis pela implantação dessas estruturas no sentido de propor possíveis soluções para a melhoria das condições dos habitats, adequando a engenharia a biologia das espécies.

Palavras-chave: Tubulações, Riachos, Fragmentação, Comunidade de Peixes, Cruzamentos em Estradas

Longitudinal disconnection of habitats in neotropical streams: fish assemblages under the influence of culverts

ABSTRACT

The insertion of culverts in streams may cause habitat degradation, changing patterns of migration and dispersal of species, causing deterioration of biological diversity over time, favoring the disconnection of the habitat. This study aimed to evaluate the fish assemblages between the upstream and downstream segments of box and circular culverts in neotropical streams. Specifically we intend to analyze the composition and structure of the ichthyofauna and its possible spatial patterns, as well as the occurrence of spawning. Sampling for fish fauna were carried out monthly between November 2009 and October 2010, with various fishing gear such as gillnet, sieve, rod and castnet. Samples of ichthyoplankton were conducted between October 2009 and March 2010, with plankton net. During the period 2220 individuals were collected, with 901 fish in segments of circular culvert and 1,310 fish in segments of box culvert, belonging to 33 species. Catches were similar in both upstream and downstream segments of the circular culvert, whereas in the box culvert the fish abundance was just over in the upstream segment against downstream. The Characiformes dominated with a larger number of individuals in the upstream stretch of both culverts. On the other hand, the Siluriformes were abundant in the downstream stretch of the circular culvert, with similar abundances among the sections of box culvert. The richness and diversity of species differed among the sections of circular culvert (higher value in downstream), while values were similar to portions of the box culvert. The most abundant species were *Astyanax altiparanae*, *A. paranae*, *A. fasciatus*, *Ancistrus* sp., and *Hypostomus* sp., but with differences in the occurrence of the latter two species: these were more abundant in downstream segment of the circular culvert, and similar in sections of box culvert. The ichthyoplankton sampled was very low, with records of 36 eggs, 05 juveniles and 03 larvae, especially in the downstream section of the culverts. The ichthyofauna obtained distinct patterns among the culverts and in particular between the upstream and downstream sections of circular culvert. The data presented here showed that the circular culvert seems to provoke more limitation to fish movement, acting as a barrier to the species, especially for the Siluriformes, which reflects the variations that exist in abundance, richness and diversity of species. This indicates the need for further studies in neotropical streams intercepted by culverts, aimed to assemblies of fish and their movement. Such studies may subsidize the responsible sectors for the implementation of these structures to propose possible solutions to improve the habitat conditions, adapting the engineering biology of the species.

Keywords: Culverts, Streams, Fragmentation, Fish Communities, Road Crossings

INTRODUÇÃO

Na América do Sul, a escassez de conhecimentos sobre a ictiofauna de riachos é uma consequência da elevada quantidade de espécies, de poucos taxonomistas e principalmente da complexidade nas coletas, devido à diversidade geográfica dos locais, bem como, a seletividade dos aparelhos. Essa diversidade geográfica é caracterizada por ambientes lóticos de pequeno porte, com formas lineares, fluxo d'água contínuo e unidirecional, variações de habitat e leitos instáveis (Uieda & Castro, 1999), possuindo heterogeneidade ambiental (Buhrnheim, 2002), como trechos rasos, profundos, encachoeirados, corredeiras, remansos, áreas expostas ou sombreadas, substrato arenoso ou lama (Fitzpatrick et al., 1998).

As variações de habitat e das características físicas e químicas tornam os riachos suscetíveis a mudanças, influenciando a distribuição da fauna aquática, bem como a estrutura da assembléia de peixes (Miranda & Mazzoni, 2009). Além disso, essas condições devem ser favoráveis para o desenvolvimento inicial de ovos, larvas e juvenis disponibilizando alimento e abrigo, essenciais para a preservação e manutenção das espécies (Nakatani *et al.*, 2001).

Os ecossistemas fluviais e suas áreas adjacentes apresentam estreita relação de dependência e a mínima modificação (natural ou antrópica) nos processos derivados dessa relação, pode conduzir a alterações drásticas na dinâmica biótica e abiótica (Naiman *et al.*, 2005). Essas modificações são intensificadas pelas ações antrópicas, provocadas pelo uso inadequado dos solos, remoção da vegetação ciliar, expansão industrial, aumento das cargas de materiais nos corpos que alteram as características físicas e químicas da água, bem como sua qualidade e a distribuição dos sedimentos (Callisto *et al.*, 2002; Corgosinho *et al.*, 2004; Tundisi e Tundisi, 2008). A urbanização também resulta em aumento da densidade de estradas e num aumento associado do número de riachos interceptados por estradas (Wheeler *et al.*, 2005), que conduzem a severos impactos como a destruição do habitat, ocasionados pela implantação de tubulações. Essas estruturas canalizam a água de montante e transpõe para a jusante, podem ser de forma circular e quadrada, variando seu tamanho, comprimento, declividade e quantidade, de acordo com o local (DENIT, 2004; DENIT, 2006).

Cerca de 50% das tubulações existentes possuem degrau, ou no trecho a montante ou a jusante, e dessas, 90% são encontradas em riachos de primeira e

segunda ordem, provocando a diminuição da movimentação da ictiofauna entre os trechos a montante e a jusante (Park *et al.*, 2008). Além disso, as tubulações alteram o fluxo da água e ainda podem promover a redução da área transversal e da profundidade do canal, resultando no aumento da velocidade e da turbulência da água (Mestker, 1970), onde o fluxo de água geralmente é contrário às necessidades da ictiofauna (McKinley & Webb, 1956).

Essas condições impostas por essas estruturas podem restringir a movimentação ascendente e descendente dos peixes (Zrinji e Bender, 1995), impedindo estes de alcançar importantes áreas para reprodução como pequenos riachos, canais e áreas alagáveis (Katopodis, 1993). A implantação de uma tubulação pode causar a desconexão de habitats, alterando os padrões de migração e dispersão das espécies, gerando deterioração da diversidade biológica ao longo do tempo, favorecendo a fragmentação, podendo levar a extinções de espécies (Forman & Alexander, 1998).

Nos últimos anos, vários estudos vem sendo conduzidos em riachos neotropicais visando descrever os padrões de composição e estruturação da organização das assembléias de peixes, entre os quais podemos citar alguns realizados no Brasil por Uieda (1984), Garutti (1988), Agostinho & Penczak (1995), Abes & Agostinho (2001), Pavanelli e Caramaschi (2003), Castro *et al.* (2004), Cunico *et al.*, (2006), Perez Jr. e Garavello (2007). No entanto, na região neotropical são inexistentes os estudos que avaliam a influência das tubulações na ictiofauna de riachos, existindo apenas estudos na região temperada como os realizados por McKinley e Webb (1956), Mestker (1970), Katopodis *et al.* (1978), Dane (1978), Zrinji e Bender (1995), Forman e Alexander (1998), Wheeler *et al.* (2005), Hotchkiss & Frei (2007), Foltz *et al.* (2008) e Morrison (2009).

Portanto, este estudo parte do pressuposto que as tubulações alteram as características estruturais de riachos (Mestker, 1970; Celestino *et al.*, no prelo) e que possivelmente são estruturas fragmentadoras (Forman & Alexander, 1998; Langill & Zamora, 2002; Gibson *et al.*, 2005; Park *et al.*, 2008; Benton, 2008), o que pode acarretar a quebra na continuidade de habitats e conseqüentemente o isolamento local da fauna aquática (Katopodis, 1993; Forman & Alexander, 1998), em especial os peixes. Assim, o presente estudo teve como objetivo comparar as assembléias de peixes entre os segmentos de montante e jusante de tubulações quadrada e circular

em riachos neotropicais. Especificamente pretende-se analisar a composição e a estrutura da ictiofauna e seus possíveis padrões espaciais e temporais, bem como a ocorrência de desovas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

As amostragens foram realizadas nos riachos Lopeí (23,6km de extensão e área de microbacia de 65,9km²) e Pindorama (12,2 km extensão e área da microbacia de 41,0km²), ambos os riachos de segunda ordem, afluentes do rio São Francisco Verdadeiro (área da bacia de 2219km²) (Fig. 1).

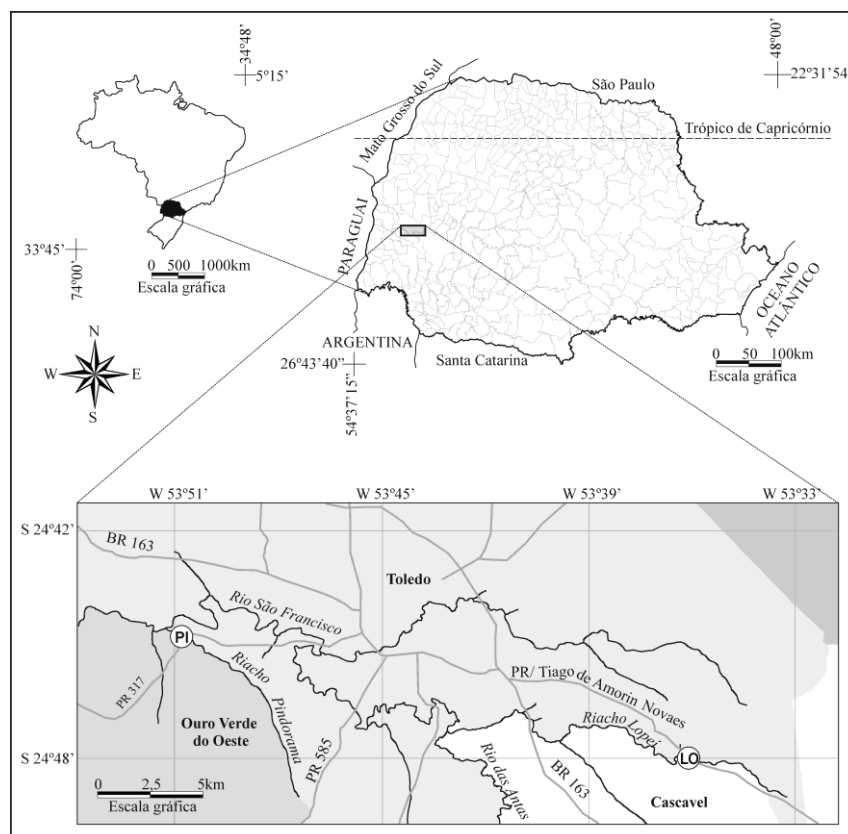


Figura 1. Mapa da área de estudo: micro bacia hidrográfica do riacho Pindorama e Lopeí. Círculos indicam local da tubulação e de coleta. PI = riacho Pindorama, tubulação quadrada e LO = riacho Lopeí, tubulação circular.

Quadro I. Características da área de estudo e das tubulações, nome dos riachos, a forma da tubulação (F); circular (C); quadrada (Q); ano de construção da rodovia (ano); área da tubulação (AT); número de tubulações (NT); área dos trechos a montante (M) e a jusante (J); comprimento da tubulação (CO); velocidade do fluxo (V); altura da coluna da água (AC); declividade (D); altura do degrau na tubulação a jusante (AD).

Riacho	Latitude	Longitude	F	Ano	AT	NT	Área (m ²)		CO	V	AC	D	AD
					m ²		M	J					
Lopeí	24°47'47,6"	53°36'17,1"	C	1995	1,17	3	908	1124	7	0,97	16	1,86	40
Pindorama	24°44'44,6"	53°50'48,5"	Q	<1979	9,30	3	1180	1386	29	1,56	9	1.09	15

A tubulação no riacho Lopeí está localizada na OT-327, próximo ao distrito de Bom Princípio (município de Toledo) (Quadro I). Já o riacho Pindorama. (Fig. 2C e D), está localizado na BR 317, entre os municípios de Toledo e Ouro Verde do Oeste/PR (Fig. 2A e B). Os segmentos amostrados foram divididos em dois trechos de 200m, um a montante e outro a jusante das tubulações, totalizando 400 metros de área amostrada para cada tubulação.

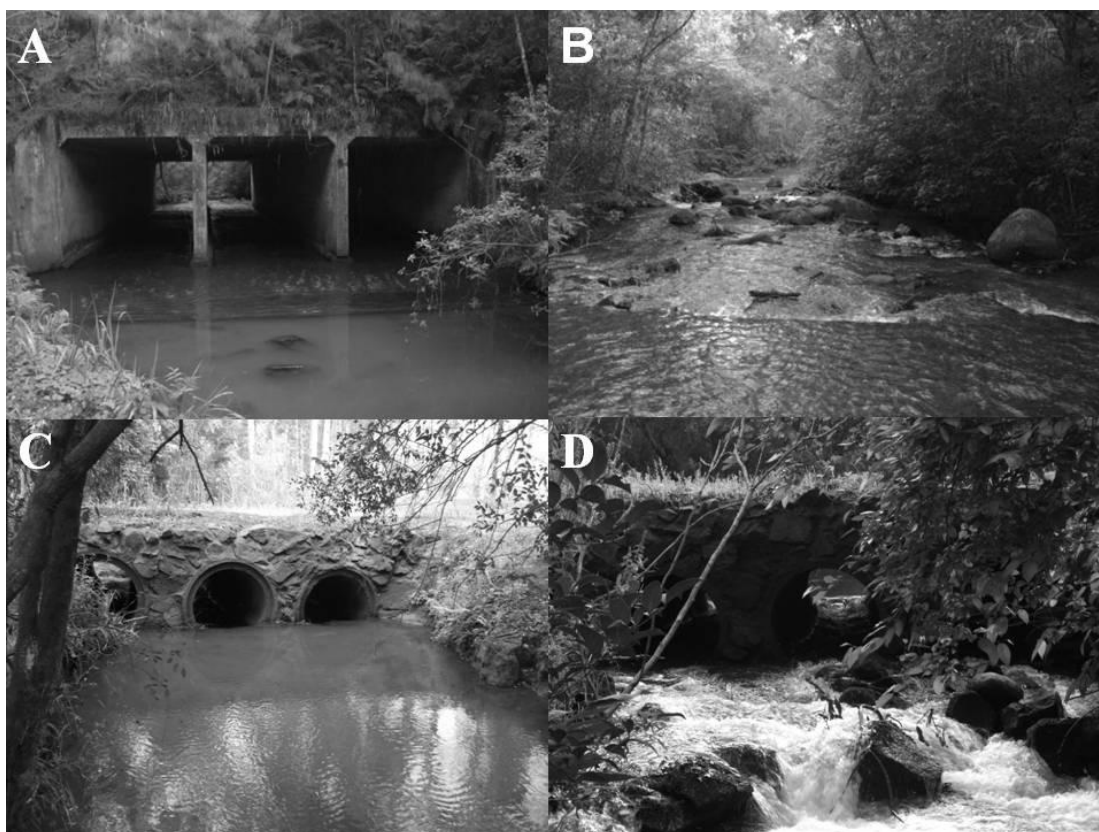


Figura 2. Segmentos amostrados no riacho Pindorama: trecho a montante (A) e a jusante (B) da tubulação quadrada, e no riacho Lopeí: trecho a montante (C) e a jusante (D) da tubulação circular.

Coleta de dados

As coletas da ictiofauna foram realizadas mensalmente, entre os meses de novembro/2009 e outubro/2010, padronizada com os mesmos aparelhos de pesca bem como os coletores, aplicando assim único padrão de esforço amostral. Os aparelhos utilizados para captura da ictiofauna foram o caniço, o peneirão, a rede de espera e a tarrafa, em função da seletividade de cada aparelho (Uieda & Castro, 1999) e para garantir amostragem em todos os ambientes, pois o riacho é estratificado com pontos de poço, corrente e corredeira (Celestino et al, no prelo). O caniço foi realizado com duas unidades, com anzol “mosquitinho” e isca viva (minhoca), com exposição de meia hora, totalizando uma hora de esforço em cada trecho, realizados às 10:00h, 15:00h e 19:00h. O peneirão foi utilizado com duas unidades, com dimensões de 1,2 x 0,80m, área de 0,96m², e malha de 0,5cm entre nós opostos, sendo aplicados 10 lances simultâneos, totalizando 20 lances em cada trecho, realizados às 07:00h e 18:00h. A amostragem com redes de espera foi realizada com dois conjuntos, um em cada trecho, com malhas 2,5, 3, 4 e 5, entre nós opostos, com área de 57,1m², instaladas às 08:00, sendo realizadas revistas regulares a cada 8 horas, expostas por 24h. O modelo de tarrafa utilizado foi a do tipo saco, com malha 1,5 cm, entre nos opostos, com área de 12m², aplicados 20 lances em cada trecho, realizados às 11:00h e 22:00h.

As coletas do ictioplâncton foram realizadas entre os meses de novembro/2009 a março/2009 (período de maior atividade reprodutiva), utilizando uma rede de plâncton cônico-cilíndrica de 0,5 mm de malha, equipada com medidor de fluxo para determinação do volume de água filtrada, do tipo estacionária, exposta durante 10 minutos, sendo realizada as coletas regulares em cada trecho ao amanhecer, às 09:00, às 13:00, às 17:00, ao anoitecer, às 21:00 e 01:00.

Após serem coletados, os peixes e o ictioplâncton foram eutanaziados com solução de benzocaína, na concentração de 250 mg/l, expostos por no mínimo 10 minutos de exposição, conforme protocolo aprovado pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal e aulas práticas da UNIOESTE (Protocolo n^o4109) e as normas para experimentação com animais (American Veterinary Medical Association, AVMA, 2007). Posteriormente, os peixes foram acondicionados em sacos plásticos com descrição detalhada da data, local, apetrecho e hora da coleta, fixados em formalina 10% e transportados ao laboratório do Grupo de Pesquisa em

Tecnologia de Produção e Conservação de Recursos Pesqueiros e Hídricos - GETECH / Unioeste-Toledo/PR onde foram identificados segundo Britski *et al.* (1999) e Graça & Pavanelli (2007). Os dados de comprimento total, comprimento padrão e biomassa foram obtidos e os espécimes *voucher* foram depositados na Coleção do Museu de Ictiologia do Nupélia, Universidade Estadual de Maringá/PR, UEM.

A área de amostragem foi calculada utilizando a distância e a média de largura de cada trecho. Para a obtenção da largura média, os mesmos foram divididos em parcelas de 10m. Ao longo de cada parcela foram retiradas três medidas, para calcular a largura média da mesma. O trecho a montante da tubulação circular possui uma área de 908m² e a jusante de 1124 m², enquanto que no trecho a montante da tubulação quadrada a área correspondeu a 1180 m² e a jusante de 1386,6 m².

Análises dos dados

A composição de espécies, família e ordens, para cada trecho amostrado nas diferentes tubulações nos riachos estudados foram exploradas e apresentadas graficamente e em tabela. A Constância de Captura (C) (Dajoz, 1978) foi utilizada para determinar quais as espécies constantes numa escala temporal, $C = n/N * 100$, onde: n = número de coletas onde a espécie foi capturada e N = número total de coletas realizadas nos trechos amostrados, classificadas de acordo com Dajoz (1978) em: constante, $C > 50\%$; acessória, $25\% > C > 50\%$; e acidental, $C < 25\%$.

Para analisar a composição, a densidade relativa e a dominância (Magurran, 1988; Winemiller, 1996) da assembléia de peixes por trecho (montante e jusante) e meses de amostragem, foi construída uma matriz (em número e biomassa de indivíduos) de dados. Essa mesma matriz de dados biológicos foi usada para avaliar atributos de comunidades, como a abundância, riqueza de espécies (Magurran, 1988), a diversidade específica e a equitabilidade por trecho e formato das tubulações (fatores). A ANOVA (bifatorial) foi aplicada para testar diferenças desses fatores.

O padrão de persistência temporal foi avaliado através da freqüência de ocorrência das espécies nas capturas (y), plotadas com o logaritmo da média da abundância (x) (Winemiller, 1996). A agregação temporal foi avaliada através de

regressões lineares entre o logaritmo da abundância média (x) e o logaritmo da variância (y) (Taylor, 1961; Maurer, 1994).

Para a estrutura da ictiocenose foi usada a matriz das capturas, em valores absolutos (densidade por área amostrada), transformada em raiz quadrada para evitar que a presença das espécies muito abundantes provocasse a distorção dos resultados (Winemiller, 1996). Em seguida, essa matriz de dados das assembleias de peixes foi dimensionalizada pela análise de correspondência (AC) (Gauch, 1986; Ludwig & Reynolds, 1988). E para testar as tendências encontradas, foi aplicado o teste não-paramétrico *Kruskal Wallis* similar a ANOVA (unifatorial) sobre o eixo 1 da AC.

A normalidade e homogeneidade foram testadas pelos dados dos atributos de comunidade e dos eixos gerados pela AC. Para estas análises, foi utilizado o programa Statistica versão 7.0. O nível de significância adotado foi $p < 0,05$.

RESULTADOS

Durante o período de estudo foram coletados 2220 indivíduos; sendo que na tubulação circular foram capturados 901 espécimes (412 no trecho a montante e 489 a jusante), na quadrada foram 1319 (721 no trecho a montante e 598 a jusante). Esses indivíduos pertencem a cinco ordens e distribuídos em 11 famílias (Tab. I). Um total de 33 espécies foi amostrado, destas 27 ocorreram no riacho com tubulação circular (18 no trecho a montante 22 a jusante), enquanto que no riacho com tubulação quadrada foram constatadas 25 espécies (20 no trecho a montante e 19 a jusante).

As ordens Characiformes e Siluriformes foram as mais ricas em famílias capturadas com 36,4% cada (Fig. 3A) em relação às outras com 9,1%. Entre os diferentes trechos das tubulações, os Characiformes foram mais frequentes no trecho a montante em ambas as tubulações (Fig. 3B). Diferenças acentuadas foram constatadas para os Siluriformes entre os trechos da tubulação circular, com maiores capturas no trecho a jusante. Contudo, as capturas foram similares para essa ordem entre os trechos da tubulação quadrada (Fig. 3B).

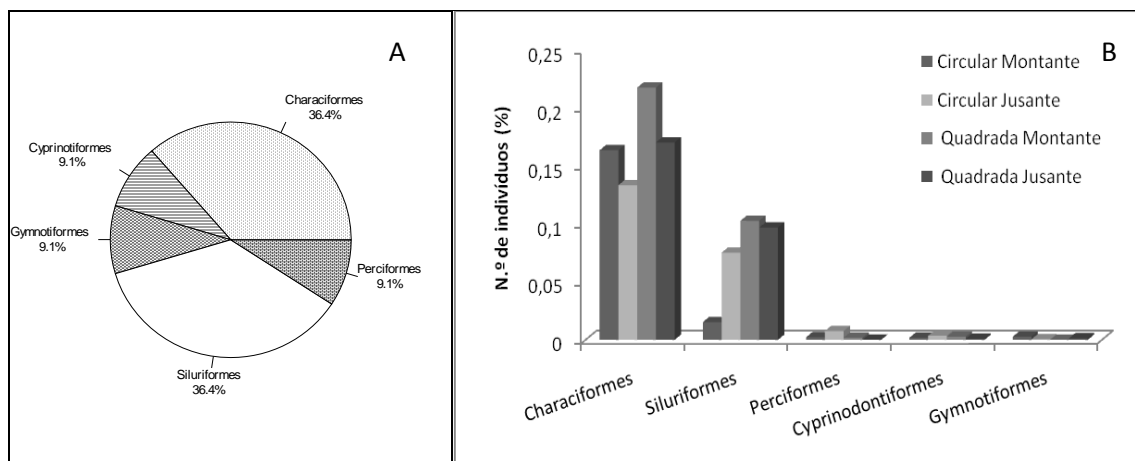


Figura 3. Frequência relativa do número de indivíduos em relação às ordens (A) e frequência relativa do número de indivíduos em relação às ordens e aos trechos amostrados das tubulações (B).

As famílias mais comuns foram Loricariidae e Characidae com 11 e 07 espécies, respectivamente (Fig. 4A). A mesma tendência foi constatada para essas famílias (Fig. 4B) quanto aos trechos das tubulações observada para Characiformes e Siluriformes mencionados anteriormente.

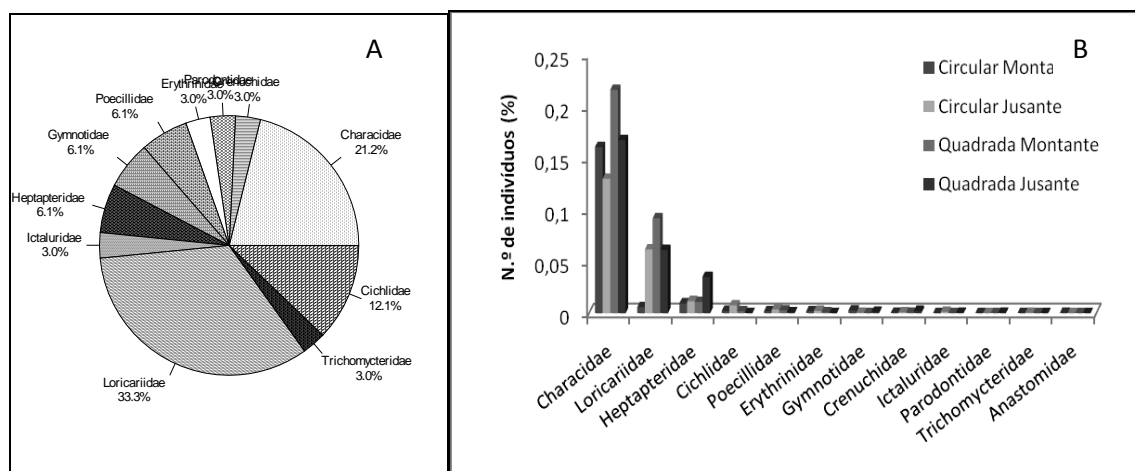


Figura 4. Frequência relativa do número de indivíduos em relação às famílias e aos trechos amostrados das tubulações (A) e frequência relativa do número espécies em relação as Famílias (B).

Dentre as espécies capturadas, 66% são de pequeno porte (menores que 10 cm de comprimento padrão), em que a amplitude de tamanho foi no mínimo de 2,2 cm ao máximo de 20,0 cm de comprimento padrão. Oito espécies foram comuns nos trechos amostrados dos riachos interceptados por tubulações, outras cinco foram exclusivas do riacho com tubulação quadrada e oito foram exclusivas na tubulação circular.

Os resultados do índice de constância a montante da tubulação circular (riacho Lopeí), indicaram baixo número de espécies constantes (11%), 1%

acessória, 23% acidentais e 52% ausentes. Para o trecho a jusante, 17% foram constantes, 1% acessória, 38% acidentais e 32% ausentes. Em relação à tubulação quadrada (riacho Pindorama), no trecho a montante 26% das espécies foram constantes, 11% acessórias, 17% acidentais e 41% ausentes. Para o trecho a jusante, 23% das espécies foram constantes, 1% acessória, 14% acidentais e 50% ausentes (Tabela I).

Com relação às estratégias de vida das espécies, somente uma espécie migradora de longa distância foi capturada (*Leporinus elongatus*), no trecho a montante da tubulação circular, as demais se dividiram em sedentárias sem cuidado parental (16), sedentárias com cuidado parental (14) e sedentárias com fecundação interna (2) (Tabela I). As introduzidas foram representadas por *O. niloticus* e *T. rendalli*.

Tabela I. Espécies de peixes coletados nos segmentos dos riachos Lopeí (Tubulação Circular Montante – CM, Circular Jusante - CJ) e Pindorama (Tubulação Quadrada Montante - QM, Quadrada Jusante - QJ). ER- Estratégia de vida- (SSC- sedentária sem cuidado parental, MIG- migrador, SFII-Sedentária com fecundação interna SCC- Sedentária com cuidado parental). Tamanho médio das espécies de peixes (Ls). Classificação da constância em escalas de cores: cinza escuro (constante), cinza (acessória), cinza claro (acidental) e branca (ausente).

Superclasse Osteichthyes	Classe Actinopterygii	Infraclasse Teleostei	códigos	ER	LS	Ocorrência				Constância			
						Circular		Quadrada		Circular		Quadrada	
						CM	CJ	QM	QJ	CM	CJ	QM	QJ
Characiformes													
Characidae													
<i>Astyanax altiparanae</i>	Astyanal	SSC	6.9	+	+	+	+	■					
<i>Astyanax fasciatus</i>	Astyanfa	SSC	6.6	+	+	+	+						
<i>Astyanax paranae</i>	Astyanpa	SSC	7.1	+	+	+	+						
<i>Bryconamericus</i> sp.	Bryconsp	SSC	4.1								■		
<i>Leporinus elongatus</i>	Leporiel	MIG	6.7	+				■					
<i>Moenkhausia</i> aff. <i>sanctaefilomenae</i>	Moenkhsa	SSC	2.3	+		+		■		■			
<i>Serrapinnus notomelas</i>	Serrapno	SSC	3.2		+		+		■				
Crenuchidae													
<i>Characidium</i> aff. <i>zebra</i>	Characze	SSC	3.7	+	+	+	+	■					
Parodontidae													
<i>Apareiodon affinis</i>	Apareiaf	SSC	10.5								■		
Erythrinidae													
<i>Hoplias</i> aff. <i>malabaricus</i>	Hoplisp3	SCC	18.1	+	+	+	+		■	■			
Cyprinotiformes													
Poeciliidae													
<i>Phalloceros harpagos</i>	Phalloha	SFII	2.2	+	+	+	+	■	■	■	■		
<i>Poecilia reticulata</i>	Poecilre	SFII	2.9		+		+		■	■	■		
Gymnotiformes													
Gymnotidae													
<i>Gymnotus paraguensis</i>	Gymnotpa	SSC	10.4	+		+		■			■		
<i>Gymnotus sylvius</i>	Gymnotsy	SSC	20	+	+	+	+		■		■		
Siluriformes													
Heptapteridae													
<i>Heptapterus mustelinus</i>	Heptapmu	SSC	12.7		+		+			■	■		
<i>Rhamdia quelen</i>	Rhamdiqu	SSC	17.1	+	+	+	+	■					
Ictaluridae													
<i>Ictalurus punctatus</i>	Ictalupu	SCC	14.1		+		+			■			
Loricariidae													
<i>Ancistrus</i> sp. A.	AncisspA	SCC	5.6	+				■					
<i>Ancistrus</i> sp.	Ancistsp	SCC	4.8	+	+	+	+	■	■				
<i>Hisonotus</i> sp.	Hisonosp	SCC	3.1	+	+	+	+	■	■				
<i>Hypostomus albopunctatus</i>	Hypostal	SCC	9.3							■	■		
<i>Hypostomus ancistroides</i>	Hypostan	SCC	11.6	+	+	+	+	■	■	■			

Continua...

Infraclasse Teleostei	códigos	LS	Ocorrência				Constância						
			CM	CJ	QM	QJ	CM	CJ	QM	QJ			
<i>Hypostomus cf. strigaticeps</i>	Hypostst	SCC	10.6										
<i>Hypostomus regani</i>	Hypostre	SCC	6.5	+	+	+	+						
<i>Hypostomus sp.</i>	Hypostsp	SCC	14.6		+		+						
<i>Hypostomus sp.A</i>	HypospA	SCC	7.4		+		+						
<i>Loricaria sp.</i>	Loricasp	SCC	4.2		+		+						
<i>Neoplecostomus sp.</i>	Neoplesp	SCC	5.9		+		+						
Trichomycteridae													
<i>Trichomycterus sp.</i>	Trichosp	SSC	4		+		+						
Perciformes													
Cichlidae													
<i>Cichlasoma paranaense</i>	Cichlapa	SSC	6.6		+		+						
<i>Crenicichla britskii</i>	Crenicbr	SCC	13										
<i>Oreochromis niloticus</i>	Oreochni	SSC	9.8	+	+	+	+						
<i>Tilapia rendalli</i>	Tilapire	SSC	4.2	+		+							

A avaliação do comprimento padrão médio entre os trechos das diferentes tubulações demonstrou que indivíduos maiores foram capturados para os dois trechos (montante e jusante) na tubulação circular (Fig. 5), entretanto essa diferença não foi significativa entre os mesmos, bem como entre os trechos da tubulação quadrada.

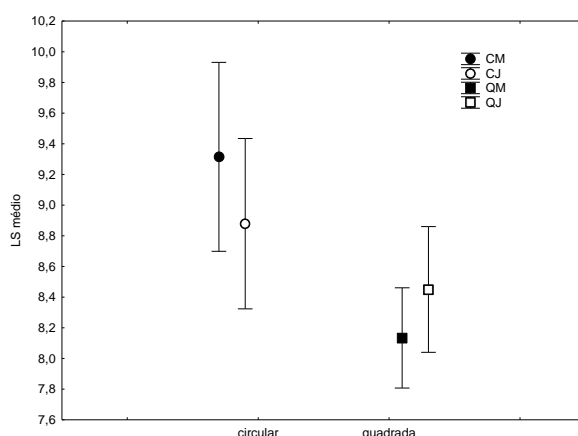


Figura 5. Estrutura em tamanho em relação aos trechos das diferentes das tubulações. Tubulação Circular Montante – CM, Circular Jusante – CJ; e Tubulação Quadrada Montante - QM, Quadrada Jusante - QJ).

As espécies mais abundantes numericamente e em biomassa em ambos os trechos da tubulação circular foram *A. fasciatus*, *A. paranae*, *A. altiparanae* e *R. quelen*, enquanto que a jusante dessa tubulação *Ancistrus sp.* também foi

abundante juntamente com *Astyanax* e o *R. quelen* (Fig. 6). Para os trechos da tubulação quadrada, os elevados valores de números de indivíduos e biomassa foram um pouco distintos em relação aos da tubulação quadrada, considerando que tanto a montante como a jusante foram abundantes *Ancistrus* sp. e *Hypostomus* sp., além dos lambaris, incluindo *H. mustelinus* a jusante.

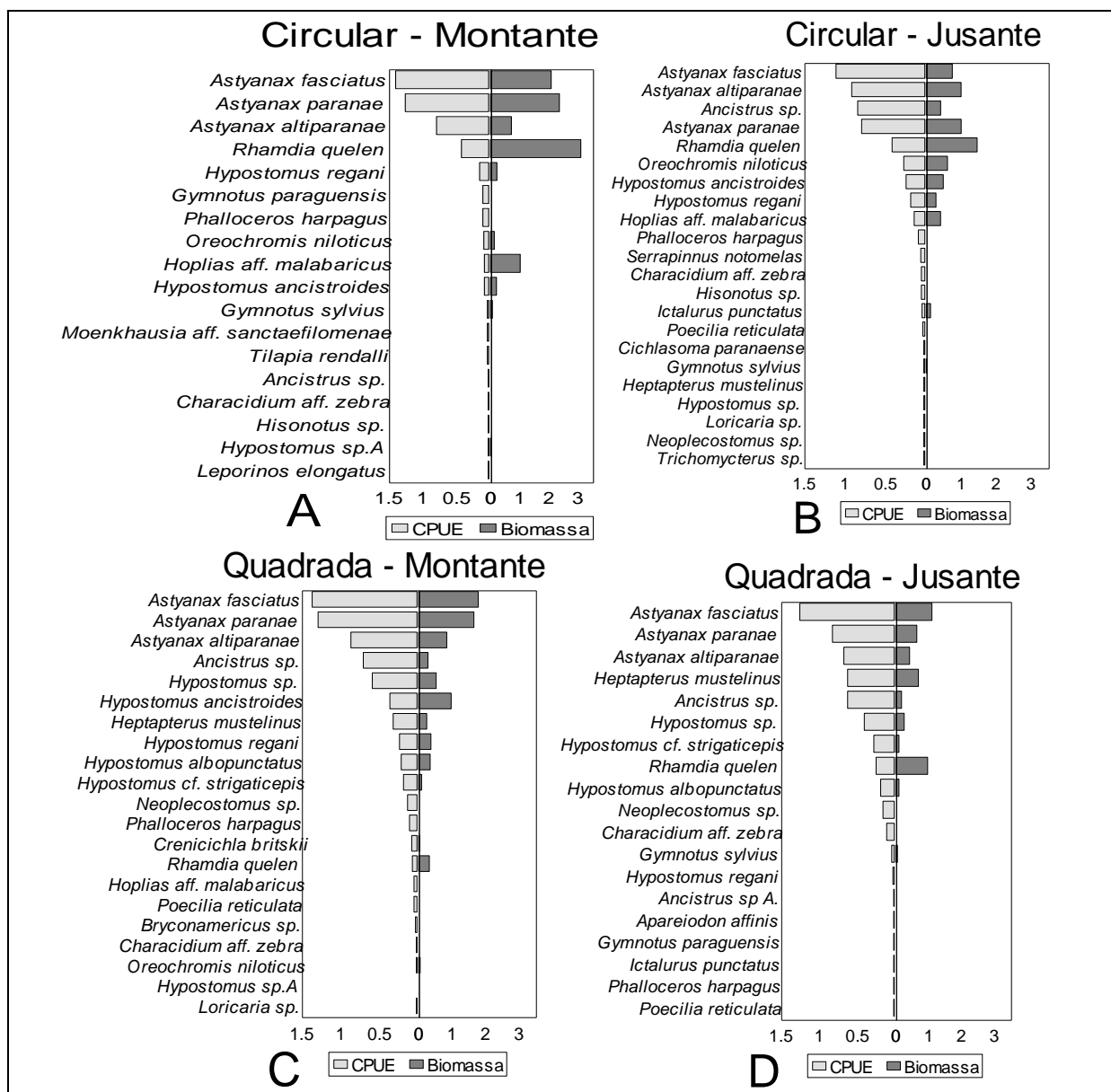


Figura 6. Densidade (raiz quadrada) numérica de indivíduos e da biomassa em relação aos trechos das tubulações (A - Circular Montante, B – Circular Jusante, C – Quadrada Montante e D – Quadrada Jusante).

A riqueza de espécies foi maior para o riacho de tubulação quadrada (Fig. 7A), o que foi evidenciado pela interação significativa da ANOVA bifatorial ($F=4.9551$; $p=0.031$), porém não diferiu entre os trechos de montante e jusante dessa tubulação.

Já na tubulação circular, a riqueza foi maior a jusante. A interação (ANOVA bifatorial) entre forma da tubulação e trechos ($F=3,0497$; $p=0,087$) para equitabilidade não foi significativa (Fig. 7B). Porém, é possível observar que a tubulação quadrada apresentou capturas das espécies mais equitativas. O índice de diversidade de Shannon apresentado graficamente acompanhou o mesmo padrão evidenciado pela riqueza de espécies (Fig. 7C).

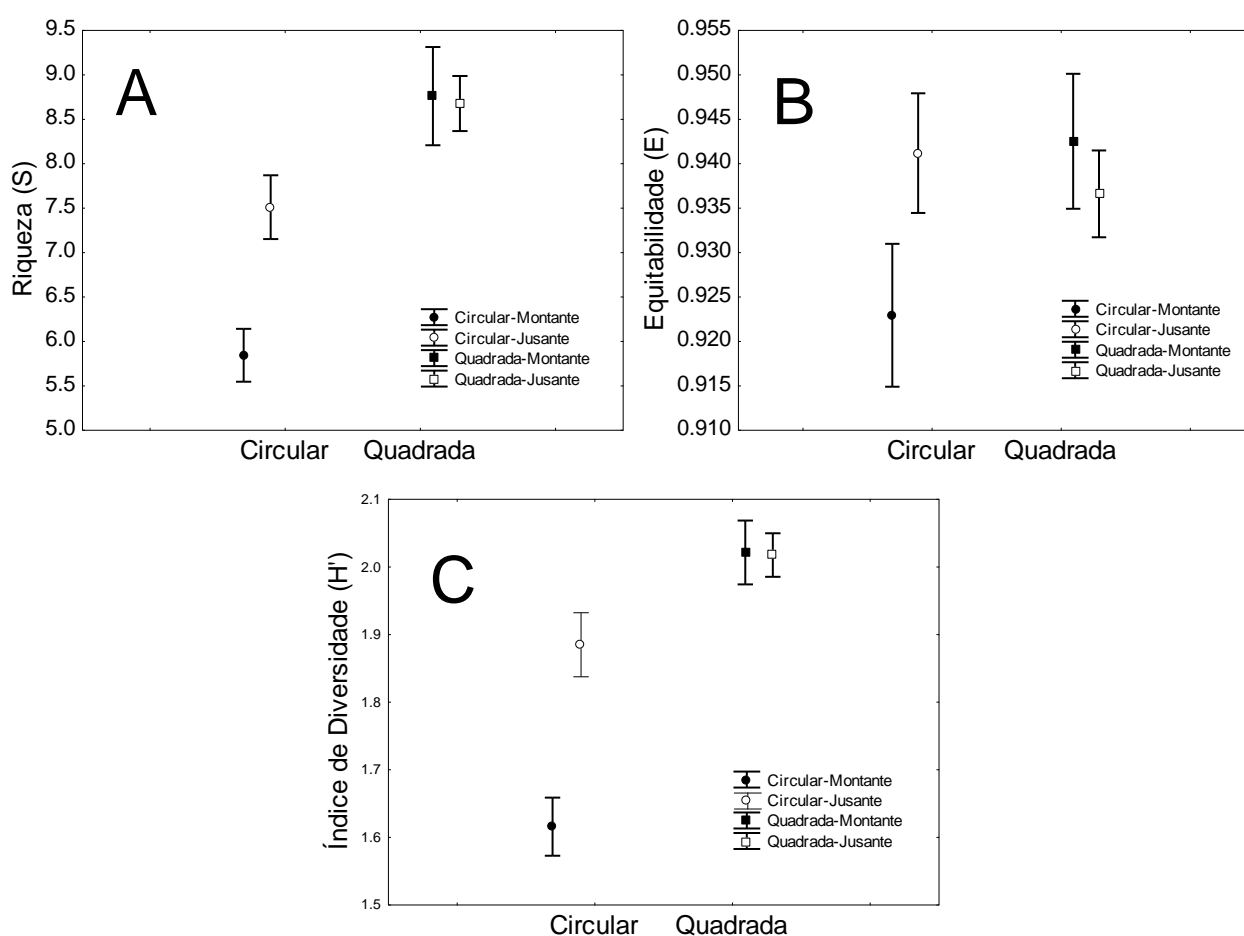


Figura 7. Média \pm EP da riqueza, equitabilidade e índice de diversidade entre os trechos amostrados das diferentes tubulações.

A interação da ANOVA bifatorial ($F=10.230$; $p=0.002$) entre os fatores avaliados (tubulações e trechos) foi significativa, indicando os maiores valores para o riacho com tubulação quadrada e a maior discrepância entre os trechos está no riacho com tubulação circular (Fig. 7A, B e C).

A análise de Correspondência (AC) feita sobre os dados de composição, distribuição e abundância (Fig. 8A e B) foi graficamente representada pelos eixos 1 de 2. Esses foram escolhidos de acordo com os seus autovalores, sendo que o eixo

1 apresentou autovalor de 0,20. Já o eixo 2 o autovalor apresentado foi considerado baixo (0,17), sendo que somente o eixo 1 foi retido para fins de análise estatística e interpretação, como recomendado por Matthews, (1998) (abaixo de 0,20, as respostas aos gradientes passaram a ser lineares). A *KW* aplicada sobre esse eixo demonstrou dissimilaridade espacial entre formato das tubulações ($H= 35.27$; $p<0.0001$) e os trechos de montante e jusante das tubulações. Os riachos com diferentes formas de tubulações foram claramente separados em relação ao eixo 1. Isso pode ser decorrente da especificidade das assembléias de peixes neles capturadas, em especial as que são raras (Fig. 8A e B).

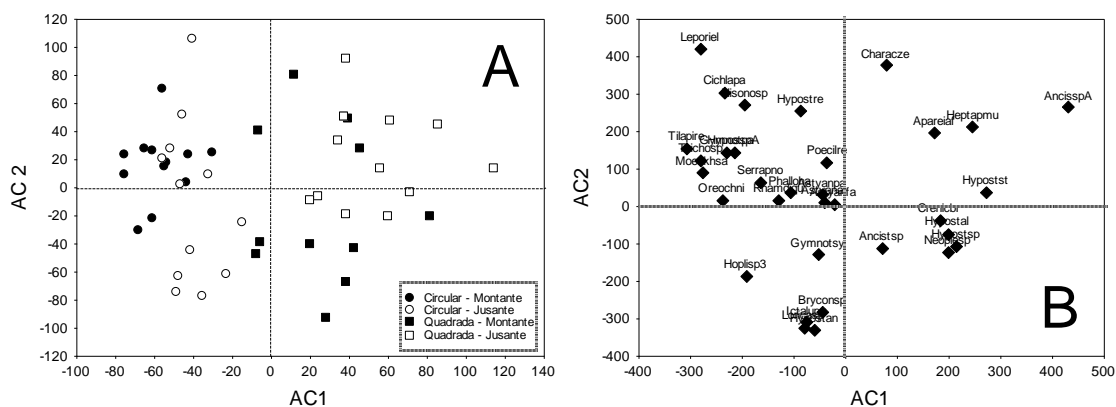


Figura 8. Resultado da AC (análise de correspondência) entre os trechos amostrados das diferentes tubulações (A) e a distribuição das espécies (B).

O padrão temporal de captura das assembléias de peixes obteve maiores valores no para o riacho de tubulação quadrada e entre os meses de dezembro a abril, principalmente no trecho a montante desta tubulação (Fig. 9A e B).

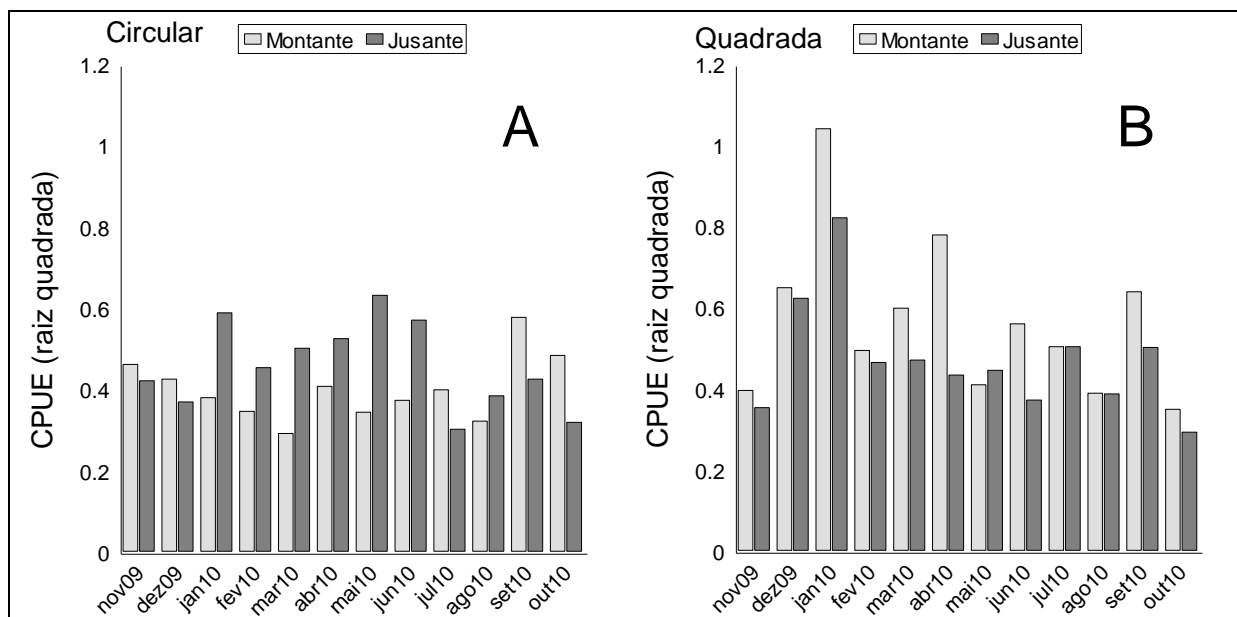


Figura 9. Padrão temporal de densidade das assembléias de peixes entre os trechos amostrados nas diferentes tubulações (A – Tubulação Circular e B – Tubulação Quadrada).

A análise de persistência demonstrou que as espécies dominantes em abundância (*A. fasciatus*, *A. paranae* e *A. altiparanae*) também foram constantes nas em todas as amostras no período de coleta, apresentando maior persistência em todos os trechos das tubulações (Fig. 10A, B, C e D).

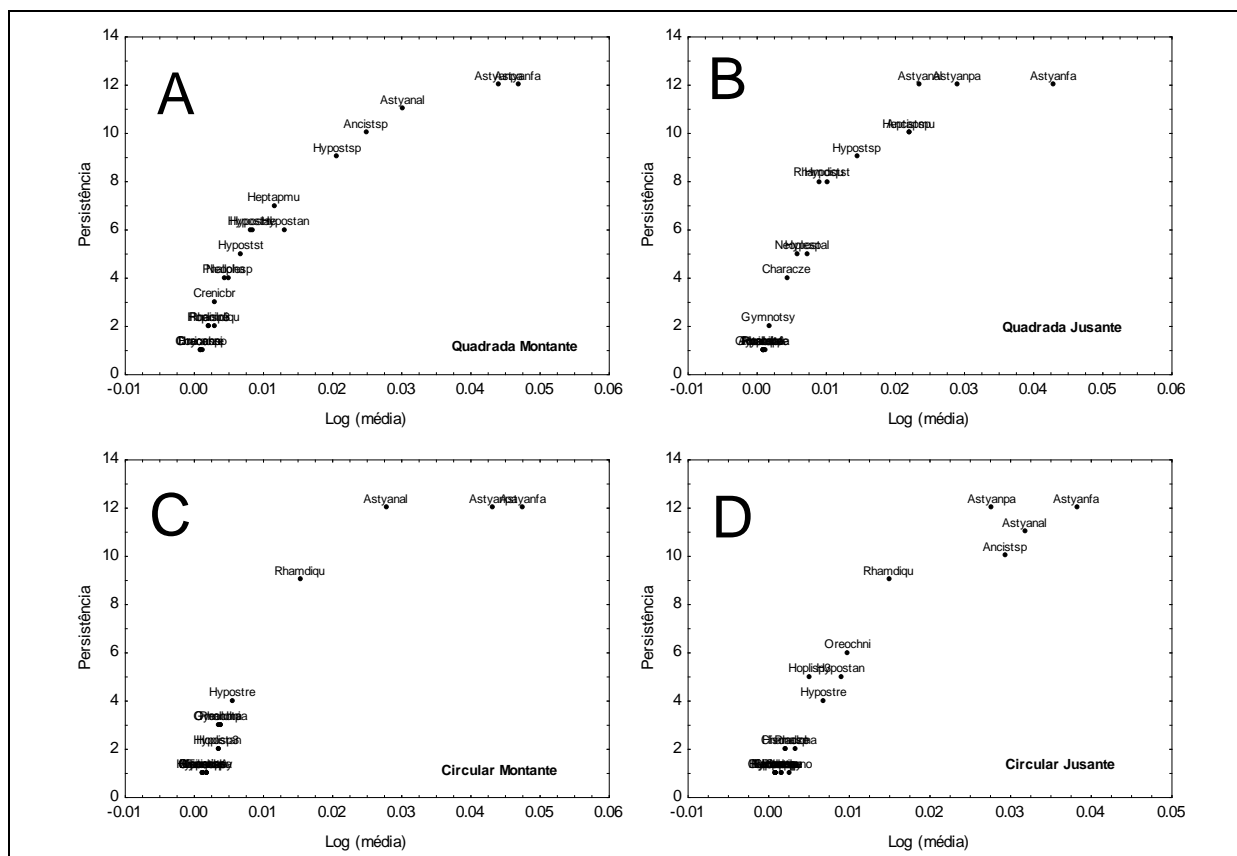


Figura 10. Persistência temporal da ictiofauna entre os trechos amostrados e ao formato das tubulações (A, B - Tubulação Quadrada, C, D – Tubulação Circular).

Cabe ressaltar, que as espécies pouco abundantes numericamente também foram as mais raras (menos persistentes).

O padrão geral de agregação das comunidades de peixes, nos riachos com diferentes de tubulações não diferiu do aleatório e pode ser caracterizado como distribuído dispersamente (Fig.11A, B, C e D). Apesar das espécies terem sido capturadas em muitas coletas (ver persistência), elas ocorreram em baixa abundância em alguns meses (padrão aleatório).

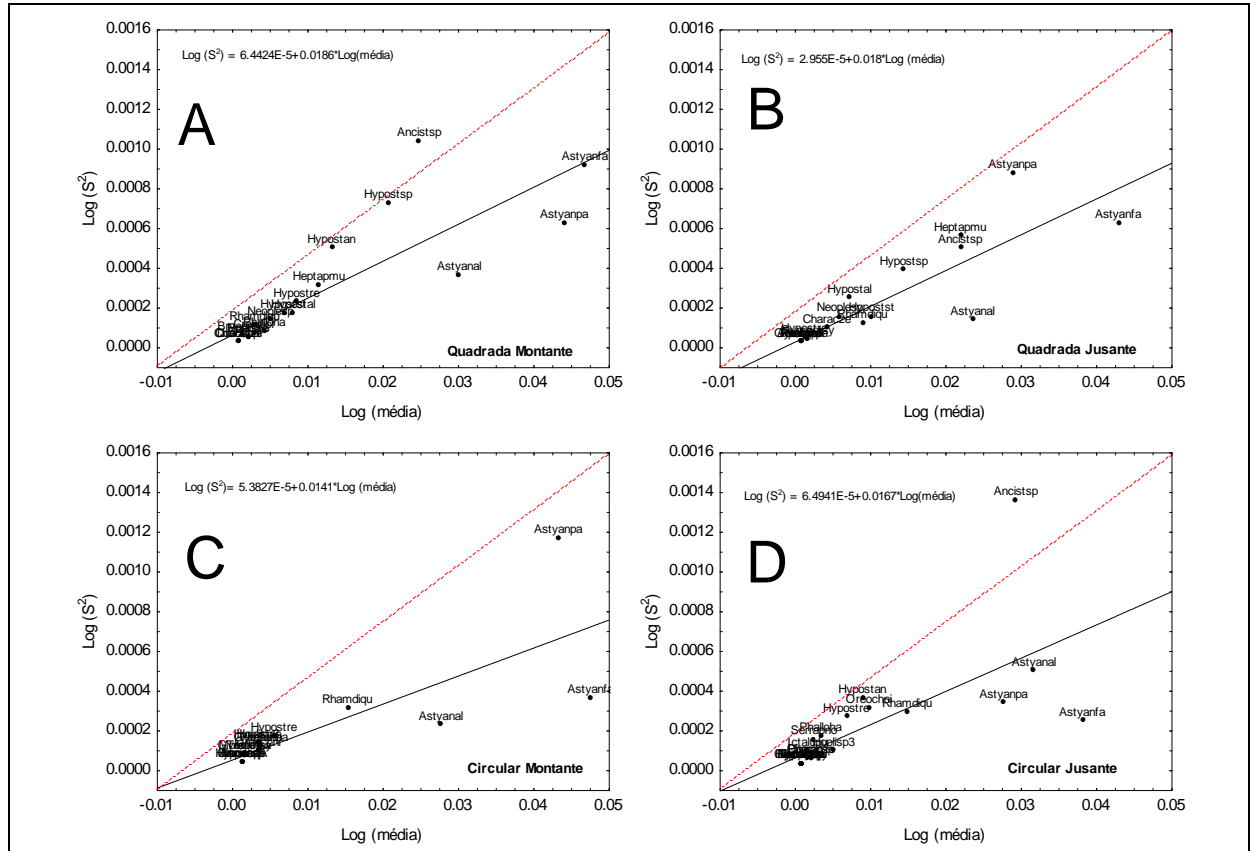


Figura 11. Agregação temporal da ictiofauna entre os trechos amostrados nas diferentes tubulações (A, B - Tubulação Quadrada, C, D – Tubulação Circular).

DISCUSSÃO

Os efeitos das tubulações em riachos ao nível de população-comunidades de peixes podem ser difíceis de serem detectados, devido à abundância e riqueza serem altamente heterogêneas espacialmente e temporalmente (Nislow et al., 2011). A abundância evidenciada neste estudo, com maior captura no trecho a montante da tubulação quadrada, ao contrário constatado para a tubulação circular que apresentou menores valores e, principalmente no trecho a montante, pode estar relacionado às condições impostas pela tubulação que restringe a ocupação de habitats e a movimentação dos peixes. Segundo Benton et al. (2008), as tubulações são vistas como impedimentos em potencial a conectividade e dificilmente cumprem a função de passagem de peixes com raras exceções, o que pode afetar a ocorrência e abundância relativa a montante das tubulações.

O predomínio de Characiformes, especialmente Characidae, nos trechos a montante de ambas as tubulações indica que esses peixes possam apresentar maior mobilidade entre os trechos dessas estruturas. Porém, para Siluriformes, principalmente Loricaridae, a tubulação circular parece limitar a ocupação dos habitats, já que as maiores capturas ocorreram a jusante desta tubulação. Por outro lado, os valores semelhantes observados entre os trechos da tubulação quadrada para esse grupo de peixes, mostra que possivelmente esses não encontrem barreiras a sua movimentação nesta tubulação. Benton et al. (2008) comentam que as tubulações quadrada e tubular reduzem significativamente a frequência de movimento entre os trechos a montante e a jusante, provavelmente relacionado a diferenças na profundidade da água e velocidade da água.

A limitação dos Siluriformes em relação aos Characiformes mencionada anteriormente pode estar associada a capacidade natatória das espécies. De acordo com Hoffman & Dunham (2007), a habilidade dos peixes de passar pela tubulação tem influência de fatores comportamentais e fisiológicos de cada espécie, e as condições físicas impostas pela tubulação. Estudos realizados com *Pimelodus maculatus* (Siluriformes) mostraram que a espécie atinge velocidades menores (Santos et al., 2006) do que espécies da ordem Characiformes, tanto espécies consideradas migradoras, *Leporinus reinhardti* (Anostomidade) (Santos et al., 2007) quanto espécies de pequeno porte, como *Bryconamericus stramineus* (Characidae) (Castro et al., 2010). Essas características podem oferecer aos Characiformes maior

possibilidade de transpor obstáculos como fluxos de água elevados, geralmente encontrados em tubulações. Já os Siluriformes podem encontrar dificuldades nesses obstáculos, pois sua capacidade natatória é inferior. Neste contexto, podemos explicar a abundância de Characiformes semelhante entre as tubulações e os trechos, em contrapartida a baixa abundância de Siluriformes no trecho a montante da tubulação circular.

Essa tendência é evidenciada quando analisamos a abundância e constância das espécies. As espécies mais abundantes e constantes foram *Astyanax altiparanae*, *A. paranae*, *A. fasciatus*, *Ancistrus* sp. e *Hypostomus* sp., porém com diferenças constatadas na ocorrência das duas últimas espécies: estas predominaram a jusante da tubulação circular, e foram similares nos trechos da tubulação quadrada. Assim, as consequências das tubulações para as assembleias de peixes podem variar, dependendo da espécie, relacionadas às características das tubulações, as quais podem tornar as tubulações intransitáveis a determinadas peixes.

Os riachos que possuem tubulações com maior declive aumentam a velocidade da água e a possibilidade de formarem degraus na saída da tubulação (Poplar-Jeffers, 2005), possuindo grandes chances de provocar a desconexão de comunidades de peixes. Segundo os autores, os problemas mais comuns encontrados nas tubulações foram a profundidade da coluna de água na entrada e na saída inferior a 0,15m e a falta de continuidade de substrato ao longo da tubulação. Além disso, Benton et al. (2008) comentam que tubulações mal desenhadas podem resultar em mudanças significativas diretas na morfologia do riacho nos trechos a montante. Segundo BRITISH COLUMBIA MINISTRY OF TRANSPORTATION AND HIGHWAYS (2000), é fundamental alinhar a tubulação com o canal de fluxo existente para minimizar as alterações na direção do fluxo da água e ainda podem ser colocados poços em sua entrada e ou saída da tubulação e ou chicanas dentro da tubulação, facilitando a passagem de peixes. A velocidade deve respeitar os limites de cada espécie (Cahoon et al., 2007), não ultrapassando 55 centímetro/s (Gardner, 2006). Também deve ser observada a rugosidade da tubulação e modernização de chicanas (Hoffman & Dunham, 2007).

A perda da complexidade estrutural naturais do substrato e do fluxo da água são outros efeitos colaterais da presença de interceptações em riachos, substituindo

o substrato e o fluxo natural pela uniformidade da tubulação, que altera o habitat dos peixes e modifica a capacidade hidráulica do canal, geralmente para corredeira (Dane, 1978). As tubulações quadrada e circular parecem exercer influência distinta na estruturação dos habitats de montante e jusante neste estudo. As espécies mais abundantes *A. fasciatus*, *A. paranae* e *A. altiparanae* preferem habitats como poços e remansos (Langeani et al, 2005), presentes nos quatro trechos amostrados, já *Heptapterus mustelinus* prefere habitat rasos (Becker, 2002), sombreados, com corredeiras e fundo rochoso (Dala-Corte et al., 2009) característica marcante do trecho a jusante da tubulação quadrada, onde a abundância dessa foi superior a 3 vezes. Segundo Tundisi & Tundisi (2008), as alterações das características naturais do habitat podem alterar a distribuição de algumas espécies, alterações que podem ser causadas por tubulações (Forman & Alexander, 1998).

Diferenças na riqueza de espécies entre os trechos estão correlacionadas ao comprimento da tubulação e ao fluxo da água (Poplar-Jeffers, 2005). Neste estudo, mesmo a tubulação circular apresentando menor comprimento e velocidade que a quadrada, essa parece causar mais impactos a assembleia de peixes, onde constatamos maiores valores de riqueza e diversidade a jusante dessa tubulação em relação ao de montante, sendo similares entre os trechos da tubulação quadrada. Nislow et al. (2011) constataram que em tubulações consideradas intransitáveis aos peixes nos Estados Unidos, a riqueza e a abundância de espécies foi menor no trecho a montante, enquanto que em tubulações transitáveis essas foram similares entre os trechos. Porém, Pluym (2006) verificou que a riqueza de espécies em fluxos controlados de água não variou com o tipo de estrutura de passagem de água. Wellman et al. (2000), no Estado do Tennessee (EUA), também verificaram que a diversidade, a abundância e a riqueza não demonstraram diferenças entre os trechos a montante e a jusante, e nem entre tubulações e locais de livre passagem.

As diferenças na composição das assembleias de peixes entre os trechos a montante a jusante das tubulações, em especial da circular, indicam que esta possa estar influenciando a distribuição da ictiofauna e alterando sua composição (Newbrey et al., 2001). Mesmo esses riachos pertencentes a mesma bacia, estes possuem espécies características exclusivas e raras, como *Hypostomus* sp. A, *Leporinus elongatus* (provavelmente escape de piscicultura), *Moenkhausia sanctaefilomenae*, *Tilapia rendalli* na tubulação circular no trecho a montante,

Cichlasoma paranaense, *Serrapinnus notomelas* *Trichomycterus* sp. A jusante, *Bryconamericus* sp., *Crenicichla britskii* na tubulação quadrada no trecho a montante *Ancistrus* sp. A e *Apareiodon affinis* a jusante também, que pode ter influenciado a dispersão das espécies, tanto entre as tubulações quanto entre os trechos. Nos riachos das bacias do rio Columbia e Willamette, América do Norte, 42% dos riachos estão inacessíveis para Salmonídeos devido a alterações ambientais (Sheer & Steel, 2006). Já no Brasil, nos riachos São Pedro e Caracu que não possuem barreiras com o rio Paraná existe uma maior riqueza de espécies em relação a riachos que possuem barreiras, inclusive de várias espécies migradoras (Pavanelli & Caramaschi, 2003; Suárez & Petreire-Jr., 2006).

A presença das espécies introduzidas neste estudo, *Poecilia reticulata* (Araújo & Tejerina-Garro, 2007), *Oreochromis niloticus* (Delariva & Agostinho, 1999) e *Ictalurus punctatus* (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO, 2006), podem ter origem da atividade de aquarismo ou de pisciculturas, evidenciadas por Agostinho et al. (2007). O impacto das espécies introduzidas sobre as nativas é uma das maiores ameaças a biodiversidade (Gozlan et al., 2010), pois competem por recursos e pelo ambiente (Vieira & Shibatta, 2007), o que pode modificar as cadeias alimentares e as biocenoses (Tundisi & Tundisi, 2008).

As tubulações usadas extensivamente para passagens de água e drenagem fluvial nas travessias de pequenos riachos (Kapitzke, 2010), são problemas potenciais para passagem de peixes e animais selvagens (Ruediger, 2001), onde geralmente o fluxo de água é contrário às necessidades da ictiofauna (McKinley & Webb, 1956), provocando alteração do fluxo de água, de passagem dos peixes, degradação de habitat, uma redução global da riqueza de espécies e diversidade e perda de locais de desova dos peixes (Pluym, 2006). As baixíssimas capturas de ovos e larvas de peixes nesse estudo podem ser resultantes principalmente pelo fato dos riachos serem difíceis de serem amostrados quanto a esse aspecto, pois os mesmos possuem diversidade de habitat, e além disso, a maioria das espécies é sedentária, provavelmente tenham ovos pequenos, demersais e aderentes, o que dificulta ainda mais as amostragens, necessitando testar outras metodologias que possam ser mais adequadas aos riachos.

Os dados aqui apresentados evidenciam que a tubulação circular parece exercer maior limitação ao movimento dos peixes, em especial aos Siluriformes, o

que reflete as variações existentes na abundância, riqueza e diversidade das espécies. Diferenças na abundância local e riqueza de espécies podem servir como indicadores se as tubulações são barreiras para o movimento dos peixes e auxilia a determinar se melhorias nessas estruturas pode restaurar a conectividade para as populações e comunidades de peixes em riachos (Nislow et al., 2011). A conectividade longitudinal em riachos é essencial para a manutenção de ambientes saudáveis, indicando a necessidade de maiores estudos em riachos neotropicais interceptados por tubulações, voltados às assembleias de peixes e sua movimentação. Esses estudos poderão subsidiar os setores responsáveis pela implantação dessas estruturas no sentido de propor possíveis soluções para a melhoria das condições dos habitats, adequando a engenharia a biologia das espécies.

REFERÊNCIAS

- Abes, S. S., & A. A. Agostinho, 2001. Spatial patterns in fish distributions and structure of the ichthyocenosis in the Água Nanci stream, upper Paraná river basin, Brazil. *Hydrobiologia*, 445: 217-227.
- Agostinho, A. A., & T. Penczak, 1995. Populations and production of fish in two small tributaries of the Paraná river, Paraná, Brazil. *Hydrobiology* 312: 153-166.
- Agostinho, A. A., L. C. Gomes & F. M. Pelicice, 2007. *Ecologia e Manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil*. Maringá, EDUEM 501pp.
- American Veterinary Medical Association (AVMA) 2007. Guidelines on Euthanasia. Disponível em <www.avma.org/resources/euthanasia.pdf>. Acesso em 19 set. 2009.
- Araújo, N. B., & F. L. Tejerina-Garro, 2007. Composição e diversidade da ictiofauna em riachos do Cerrado, bacia do ribeirão Ouvidor, alto rio Paraná, Goiás, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 24(4): 981-990.
- Becker, F. G., 2002. Distribuição e abundância de peixes e suas relações com características de habitat local, bacia de drenagem, e posição espacial em riachos de Mata Atlântica (bacia do rio Maquiná, RS, Brasil). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Tese de doutorado 190pp.
- Benton, P. D, W. E. Ensign & B.J. Freeman, 2008. The effect of road crossings on fish movement in small Etowah basin streams. *Southeastern Naturalist* 7(2):301–310.
- British Columbia Ministry of Transportation and Highways, 2000 Culverts and Fish Passage, Environmental Management Section, Engineering Branch, 1664-2-4.
- Britski, H. A., K. Z. S. Silimon & B. S. Lopes, 1999. *Peixes do Pantanal: Manual de Identificação*, Embrapa, SPI, Embrapa, CPAP, Corumbá, 184pp.
- Buhrnheim, C. M., 2002. Heterogeneidade de habitat: rasos e fundos em assembléias de peixes de igarapés de terra firme na Amazônia Central, *Revista Brasileira de Zoologia*, 19(3): 889-905.
- Callisto, M., W. Ferreira, P. Moreno, M.D.C. Goulart & M. Petrucio, 2002. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitat em atividades de ensino e pesquisa, *Acta Limnologica Brasiliensia* 13: 91-98.
- Cahoon, J. E., T. McMahon, A. Solcz, M. Blank & O. Stein, 2007. Fish Passage in Montana culvert: Phase II- Passage goals, FHWA,MT,07,010,8181, Final Report.
- Castro, R. M. C., L. Casatti, H. F., Santos, A. L. A., Melo, L. S. F Martins, K. M. Ferreira, F. Z. Gibran, R. C. Benine, M. Carvalho, A. C. Ribeiro, T. X. Abreu, F. A. Bockmann, G. Z. P. Pelição, R. Stopiglia & F. Langeani, 2004. Estrutura e composição da ictiofauna de riachos da bacia do Rio Grande, no Estado de São Paulo, Sudeste do Brasil. *Biota Neotropica* 4: 1.

Castro, M. A., H. A. Santos, F. A. C. Sampaio & P. S. Pompeu, 2010. Swimming performance of the small characin *Bryconamericus stramineus* (Characiformes: Characidae). *Zoologia* 27(6): 939-944.

Celestino, E. F., E. A. L. Kashiwaqui, J. R. Mariano, S. Makrakis & M. C. Makrakis, no prelo. Métodos e análise de dados: esta seção se destina aos capítulos que visem apresentar propostas metodológicas nas diferentes temáticas relacionadas à Ecologia de Estradas. Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Road Ecology.

Corgosinho, P. H. C., L. S. F. Calixto, P. L. Fernandes, L. M. Gagliardi & V. L. P. Balsamão, 2004. Diversidade de habitats e padrões de diversidade e abundância dos bentos ao longo de um afluente do reservatório de Três Marias, MG, Arquivos do Instituto Biológico, 71(2): 227-232.

Cunico, A. M., A. A. Agostinho & J. D. Latini, 2006. Influência da urbanização sobre as assembléias de peixes em três córregos de Maringá, Paraná. *Revista Brasileira de Zoologia* 23(4): 1101-1110.

Dala-Corte, R. B., I. FRANZ & M. P. Barros, 2009. A survey of the ichthyofauna at Floresta Nacional de Canela, in the upper region of Rio Caí basin, Rio Grande do Sul, Brazil. *Biota Neotropica* 9(2): 221-229.

Dajos, R., 1978. *Ecologia Geral*. Rio de Janeiro, Editora Vozes 472pp.

Dane, B. G., 1978. Culvert guidelines: recommendations for the design and installation of culverts in British Columbia to avoid conflict with anadromous fish. Tech. Rep. 811. Department of Fisheries and Environment, Fisheries and Marine Service, Vancouver, BC, 57 pp.

Delariva, R. L., & A. A. Agostinho, 1999. Introdução de espécies: uma síntese comentada. Maringá, PR, *Acta Scientiarum. Biological Sciences* 21(2): 255-262.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), 2004. Drenagem, Bueiros celulares de concreto, especificação de serviço. Rio de Janeiro, Norma, Rio de Janeiro. Diretoria de Planejamento e Pesquisa, Instituto de Pesquisas Rodoviárias, DNIT 025-2004-ES, 8pp.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), 2006. Drenagem, Bueiros tubulares de concreto, especificação de serviço. Rio de Janeiro, Norma, Rio de Janeiro. Diretoria de Planejamento e Pesquisa, Instituto de Pesquisas Rodoviárias, DNIT 023-2006-ES, 8pp.

Fitzpatrick, F. A., I. R. Waite, P. J. D'Arconte, E. M. R. Meador, M. A. Maupin & M. E. Gurtz, 1998. Revised Methods for Characterizing Stream Habitat in the National Water-Quality Assessment Program, Water Resources Investigations Report 98: 4052.

Foltz, R. B., Y.A. Yanosek & T. M. Brown, 2008. Sediment concentration and turbidity changes during culverts removals. *Journal of Environmental Management* 87(3): 329-340.

Food and Agriculture Organization of the United Nations, F.A.O., 2006. The State of World Fisheries and Aquaculture. Rome/IT Fisheries and Aquaculture Department. 162pp.

Forman, R. T. T. & L. E. Alexander, 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29: 207-231.

Gardner, A. N., 2006. Fish Passage through Road Culverts. (Under the direction of Dr. Greg Jennings), Faculty of North Carolina State University, Biological and agricultural engineering.

Garutti, V., 1988. Distribuição longitudinal da ictiofauna em um córrego da região noroeste do Estado de São Paulo, bacia do rio Paraná, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Biologia* 48(4): 747-759.

Gauch, H. G. Jr., 1986. *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1982 (reprinted 1986). (Cambridge studies in ecology, 1) .298pp.

Gibson, R. J., R. L. Haedrich & C. M. Wernerheim. 2005. Loss of fish habitat as a consequence of inappropriately constructed stream crossings. *Fisheries* 30(1): 10-17.

Gozlan, R. E., J. R. Britton, I. Cowx & G.H. Copp, 2010 Current knowledge on non-native freshwater fish introductions. *Journal of Fish Biology* 76: 751–786.

Graça, W. J. & C. S. Pavanelli, 2007. Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes, Maringá, Eduem, 241pp.

Hoffman, R., & J. Dunham, 2007. Fish movement ecology in high gradient headwater streams: its relevance to fish passage restoration through stream culvert barriers. U.S. Geologic Survey, OFR 2007-1140, 1-37.

Hotchkiss, R. S. & C. M. Frei, 2007. Design for Fish Passage At Roadway Stream Crossings: Synthesis Report. U.S Department of Transportation, Federal Highway Administration, Office of Highway Infrastructure and Research. FHWA-HIM-07-033.

Kapitzke, R., 2010. Culvert Fishway Planning and Design Guidelines, School of Engineering and Physical Sciences, James Cook University, Townsville, Australia.

Katopodis, C., P. R. Robinson & B. G. Sutherland. 1978. A study of model and prototype culvert baffling for fish passage. *Can. Fish. Mar. Serv. Tech. Report* 828: 78pp.

Katopodis, C., 1993. Fish passage at culvert highway crossings. *Highways and the Environment*, Charlottetown, 26pp.

Langeani, F., L. Casatti & H. S. Gameiro, 2005. Riffle and pool fish communities in a large stream of southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology* 3(2): 305-311.

Langill, D. A., & P. J. Zamora. 2002. An audit of small culvert installations in Nova Scotia: habitat loss and habitat fragmentation. *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences* 2422.

- Ludwing, J. A., & J.F. Reynolds, 1988. *Statistical ecology: a primer on methods and computing*, New York, John Wiley & Sons.
- Magurran, A. E., 1988. *Ecological diversity and its measurement*. London, Croom Helm. 179pp.
- Mathews, W.J., 1998. *Patterns in freshwater fish ecology*, Chapman & Hall, New York, 756pp.
- Maurer, B. A., 1994. *Geographical population analysis: tools for the analysis of biodiversity*. Blackwell Scientific Publications, Boston.
- McKinley, W. R. & R. D. Webb, 1956. A proposed corrections of migratory fish problems at box culverts. *Fish. Res. Papers* 1(4): 33-45.
- Metsker, H. E., 1970. Fish versus culverts, some considerations for resource managers. USDA, Forest Service Technical Report. ETR-7700-5. Ogden, UT, 19pp.
- Miranda, J. C. & R. Mazzoni, 2009. Structure and temporal persistence of a fish community in three streams from the Upper Tocantins River, GO. *Biota Neotropica* 9(1): 71-78.
- Morrinson, R. R., R. H. Hotckiss,, M. Stone, D. Thurman & A.R. Horner-Devine, 2009. Turbulence characteristics of flow in spiral corrugated culvert fitted with baffles and implications for fish passage, Portland, US. *Ecological Engineering* OR 07204-1134, 35: 381-392.
- Naiman , R.J., H. Decamp & M. E. McClain, 2005. *Riparia: Ecology, Conservation and Management of Streamside Communities*. Elsevier/Academic Press, San Diego.
- Nakatanil, K., A., A. Agostinho, G. Baumgartner, A. Bialezki, P. V. SANCHES, M. C. Makrakis & C. S. Pavanelli, 2001. *Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação*. EDUEM. Maringá. 378 pp.
- Newbrey, M. G., M. A. Bozek & C. E. Edwardds, 2001. Effects of stream barriers as impediments to warmwater fish movement with an emphasis on culverts and siltation: an annotated bibliography. Grand Rapids, MX, Final report to USDA Forest Service 52p.
- Nislow, K. H., M. Hudy, B. Letcher & E. P. Smith, 2011. Variation in local abundance and species richness of stream fishes in relation to dispersal barriers: implications for management and conservation. *Freshwater Biology* doi: 10.1111/j.1365-2427.2011.02634.x
- Park D.,S. Michael, E. Bayne & G. Scrimgeour, 2008. Landscape-level stream fragmentation caused by hanging culverts along roads in Alberta's boreal forest. *Can. J. For. Res.* 38: 566–575.
- Pavanelli, C. S. & E. P. Caramaschi, 2003. Temporal and spatial distribution of the ichthyofauna in two streams of the upper Rio Paraná Basin. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 46: 271-280.

Perez, Jr., O. R., & J. C. Garavelo, 2007. Ictiofauna do Ribeirão do Pântano, afluente do Rio Mogi-Guaçu, Bacia do Alto Rio Paraná, São Paulo, Brasil. *Iheringia, Zoology* 97(3): 328-335.

Pluym, J. L. V., 2006. Impact of Bridges and Culverts on Stream Fish Movement and Community Structure. (Under the direction of David B. Eggleston), Marine, Earth, and Atmospheric Sciences, Thesis.

Poplar-Jeffers., I., 2005. Culvert Inventory and Effects on Fish Assemblages in a Central Appalachian Watershed. Davis College of Agriculture, Forestry, and Consumer Sciences at West Virginia University, Morgantown, West Virginia. 153pp

Ruediger., B. W., 2001. High, wide, and handsome: Designing more effective wildlife and fish crossings for roads and highways. Ecology Program Leader for Highways and Roads, USDA Forest Service - Washington Office, 200 E. Broadway, P.O. Box 7669, Missoula, MT 59807.

Santos, H. A., P. S. Pompeu & C. B. Martinez, 2006. Determinação de capacidade natatória de peixes visando a otimização dos mecanismos de transposição de peixes em usinas hidrelétricas. Comitê Brasileiro de barragens, V Simpósio Brasileiro Sobre Pequenas e Médias Centrais Hidrelétricas, T18 – A06

Santos, H. A., P. S. Pompeu & C. B. Martinez, 2007. Swimming performance of the migratory Neotropical fish *Leporinus reinhardti* (Characiformes: Anostomidae). *Neotropical Ichthyology* 5(2):139-146.

Sheer, M. B., & A. Steel, 2006. Lost Watersheds: Barriers, Aquatic Habitat Connectivity, and Salmon Persistence in the Willamette and Lower Columbia River Basins. *Transactions of the American Fisheries Society*.v.135, n.6, p.1654-1669, 2006.

Statsoft, Inc., 1999. Statistica versão 7.0 Statistics for Windows (Computer program manual). StatSoft, Inc, Tulsa-OK.

Súarez, Y. R., & M. Petrere Jr., 2006. Gradientes de diversidade nas comunidades de peixes da bacia do rio Iguatemi, Estado do Mato Grosso do Sul. Porto Alegre. *Iheringia. Série Zoologia* 96(2): 197-204.

Taylor, L. R. , 1961. Aggregation, variance and the mean. *London, Nature* 189: 732-735.

Tundisi, J. G. & T. Tundisi, 2008. *Limnologia*, São Paulo: Oficina de Textos, 632

Uieda, V. S., 1984. Ocorrência e distribuição dos peixes em um riacho de água doce. *Brazilian Journal of Biology* 44(2): 75-84.

Uieda, V. S. & R. M. C. Castro, 1999. Coleta e fixação de peixes de riachos. In: Caramaschi, E. P., R. Mazzone & P. R. Peres-Neto (eds), *Ecologia de peixes de riachos. Oecologia Brasiliensis* 6: 1-22.

Vieira, D. B., & O. A. Shibatta, 2007. Peixes como indicadores da qualidade ambiental do ribeirão Esperança, Município de Londrina, Paraná, Brasil. *Biota Neotropica* 7(1): 57-65.

Wellman, J.C., D.L. Combs & S.B. Cook, 2000. Long term impacts of bridge and culvert construction on replacement of fish communities and sediment Characteristics of Streams. *Journal of Freshwater Ecology* 15(3):317-328.

Winemiller, K. O., 1996. Dynamic diversity in fish assemblages of tropical rivers. In: Cody M. L., & J. A. Smallwood (Eds), *Long Term Studies of Vertebrate Communities*. Academic Press Inc, San Diego, 99-134.

Wheeler, A. P., P. L. Angermeier & A. E. Rosenberger, 2005. Impacts of new highways and subsequent landscape urbanization on stream habitat and biota. *Reviews in Fisheries Science* 13: 141-164.

Zrinji, Z., & M. Bender, 1995. Experimental Risk Evaluation for Baffled Culvert Fishway Design. Winnipeg, MB. University of Manitoba, Department of Civil and Geological Engineering, Water Resources Research.