

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS  
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DIVERSIDADE E MANEJO DE VIDA  
SILVESTRE  
NÍVEL MESTRADO**

**AMANDA SALDANHA BARBOSA**

**ECOLOGIA TRÓFICA EM ARROIOS DE BAIXA ORDEM DO SUL DO BRASIL:  
RELAÇÃO ENTRE CONSUMIDORES PRIMÁRIOS E SECUNDÁRIOS**

**São Leopoldo  
2015**

AMANDA SALDANHA BARBOSA

**ECOLOGIA TRÓFICA EM ARROIOS DE BAIXA ORDEM DO SUL DO  
BRASIL: RELAÇÃO ENTRE CONSUMIDORES PRIMÁRIOS E  
SECUNDÁRIOS**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biologia, pelo Programa de Pós- Graduação em Biologia da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS Área de concentração: Diversidade e Manejo de Vida Silvestre

Orientador: Prof. Dr. Uwe Horst Schulz

São Leopoldo

2015

B238eBarbosa, Amanda Saldanha

Ecologia trófica em arroios de baixa ordem do sul do Brasil:  
relação entre consumidores primários e secundários / Amanda  
Saldanha Barbosa. – 2015.

37f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos  
Sinos, Programa de Pós- Graduação em Biologia. São Leopoldo,  
RS, 2015.

Área de concentração: Diversidade e Manejo de Vida Silvestre

Orientador: Prof. Dr. Uwe Horst Schulz.

1. Rio contínuo. 2. Ictiofaunas. 3. Biomassa. 4. Bacia do Rio dos  
Sinos – Rio Grande do Sul. I. Título. II. Schulz, Uwe Horst.

CDU 574(816.5)

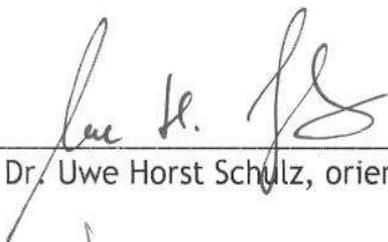
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Bibliotecária Raquel Herbcz França – CRB 10/1795)

---

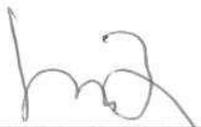
UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA  
Área de Concentração: Diversidade e Manejo de Vida Silvestre

A dissertação intitulada '**Ecologia trófica em arroios de baixa ordem do sul do Brasil: Relação entre consumidores primários e secundários**', elaborada por Amanda Saldanha Barbosa, foi julgada adequada e aprovada por todos os membros da Banca Examinadora, para obtenção do título de MESTRE EM BIOLOGIA, com área de concentração: Diversidade e Manejo de Vida Silvestre.

Membros da Banca Examinadora da Dissertação:



Prof. Dr. Uwe Horst Schulz, orientador - Universidade do Vale do Rio dos Sinos.



Profa. Dra. Rosana Mazzoni Buchas- Universidade do Estado do Rio de Janeiro.



Prof. Dr. Leonardo Maltchik Garcia- Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

*Dedico esta dissertação a todos que eu amo e que  
estiveram comigo nesta jornada.*

## **AGRADECIMENTOS**

Foram dois anos de muito trabalho e devo agradecer a todas as pessoas que de alguma forma me ajudaram. Seja fazendo campo, triando, tabulando dados, dando força nos momentos de angústia, todos que de alguma forma estiveram presentes.

Primeiramente agradeço aos meus pais que são meu exemplo de força e dedicação, que me ensinaram a nunca desistir e a sempre correr atrás dos meus sonhos por mais difíceis que eles sejam.

### **AGRADEÇO...**

Ao meu namorado Marcos Wilson, pela paciência nos momentos de loucura, por estar sempre disposto a me trazer para UNISINOS e me ajudar a limpar Jundiá bichado, mas principalmente por me fazer feliz.

As minhas sempre amigas, Juliana Allgayer, Camila Doebber e Débora Antonetti, pelas forças nos campos, nas triagens, pelo apoio emocional, enfim agradeço pela amizade, que se fortaleceu triando um peixinho aqui, fazendo um campinho ali, vocês são de mais meninas.

Aos meus estagiários oficiais e não oficiais, Marlon Ferraz, Claudia Fontana, Ana Carlotto, Kelvin Maciel e Júlia Fontana, vocês foram essenciais para o término deste trabalho, sempre dispostos a triar, coletar. Vindo em sábados, domingos e feriados faça chuva ou faça sol.

Ao meu colega Rafael Gomes de Moura, que aprendeu a fazer campo enlouquecidamente, carregou gerador, balde, fez pesca elétrica, caiu, levantou, mas sempre esteve de bom humor e disposto pra uma próxima.

Aos meus dois bons amigos que fiz no meio desta correria Raquel Freiry e Mateus Marques Pires, obrigada pelas risadas, pelos auxílios, por todos os

momentos em que estivemos juntos, aprendi muito com vocês e com certeza vocês fizeram tudo ser mais leve e divertido.

A Capes/Prosup pela concessão da bolsa de mestrado, possibilitando desenvolver este trabalho. A todos os professores que contribuíram para a formação de conhecimento em cada disciplina, aos que participaram da banca de qualificação e do seminário I pelas contribuições essenciais para finalização desta dissertação.

E o meu mais especial agradecimento para o meu orientador professor Dr. Uwe Horst Schulz pela confiança, pela compreensão de todos os momentos, pelos ensinamentos e por além de ser meu orientador ser também um amigo.

## SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO .....	7
ECOLOGIA TRÓFICA EM ARROIOS DE BAIXA ORDEM DO SUL DO BRASIL: RELAÇÃO CONSUMIDORES PRIMÁRIOS E SECUNDÁRIOS .....	8
RESUMO.....	8
1 INTRODUÇÃO .....	9
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	12
2.1 Área de estudo .....	12
2.2 Coleta de dados .....	13
2.3 Análise de dados .....	14
3 RESULTADOS .....	15
4 DISCUSSÃO .....	25
ABSTRACT .....	31
REFERÊNCIAS .....	32

## **APRESENTAÇÃO**

A presente dissertação é pré-requisito para a obtenção do título de Mestre em Biologia pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos, está organizada em um capítulo em formato de artigo científico objetivando facilitar a publicação dos resultados obtidos neste estudo. O manuscrito obedece às normas da ABNT para artigos científicos facilitando assim sua posterior publicação em uma revista científica.

O escopo do estudo foi descrever o hábito alimentar de espécies de peixes coexistentes da parte alta da bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, bem como, avaliar a transferência de energia entre macroinvertebrados e peixes, tendo como base a teoria de Rio contínuo proposta para ambientes temperados.

## **ECOLOGIA TRÓFICA EM ARROIOS DE BAIXA ORDEM DO SULDO BRASIL: RELAÇÃO ENTRE CONSUMIDORES PRIMÁRIOS E SECUNDÁRIOS**

### **RESUMO**

O conceito de rio contínuo (RCC) afirma que ocorrem alterações das características físicas e químicas ao longo do gradiente longitudinal de arroios, o que induz ao acréscimo de espécies de diferentes hábitos alimentares. Neste sentido o objetivo deste estudo é a caracterização trófica de espécies de peixes de cabeceira de arroios subtropicais e a identificação do fluxo de energia entre macroinvertebrados e peixes. Espera-se que a biomassa de peixes detritívoros aumente conforme o gradiente longitudinal, devido ao aumento da produção primária neste sentido. O estudo foi desenvolvido em 32 sítios de 1ª a 4ª ordem pertencentes a oito microbacias da Bacia do Rio dos Sinos. As coletas de ictiofauna foram realizadas utilizando pesca elétrica em uma área de 100m<sup>2</sup>. Macroinvertebrados foram coletados com amostrador Surber, para avaliar a disponibilidade de recurso e biomassa de consumidores primários. A riqueza e a diversidade da comunidade íctica foram calculadas. Foi avaliada a dieta das espécies de peixes mais abundantes e calculados os índices de importância relativa e de amplitude de nicho. Para verificar a transferência de energia entre consumidores primários e secundários foi quantificada a biomassa seca de peixes e macroinvertebrados. Os resultados demonstram que a diversidade, a riqueza e a biomassa aumentaram conforme o gradiente longitudinal que arroios de cabeceira, corroborando as previsões do RCC. Também constatou-se que a comunidade íctica é composta por duas guildas alimentares (insetívoros e detritívoros). Estes últimos, por sua vez, elevaram a biomassa íctica e estabeleceram duas vias de fluxo de energia atuando como consumidores primários e secundários.

**Palavras-chave:** Rio contínuo. Fluxo de energia. Biomassa.

## 1 INTRODUÇÃO

O conceito de rio contínuo (River Continuum Concept– RCC) proposto por Vannote et al. (1980), afirma que sistemas lóticos possuem um gradiente de variáveis ecológicas no sentido nascente foz. Ao longo deste gradiente a largura, volume de água, profundidade, temperatura e turbidez aumentam, e geralmente a oxigenação diminui. As alterações das características físicas e químicas induzem o acréscimo e substituição de espécies e alterações na composição da biocenose aquática.

Vannote et al. (1980) dividem o rio em três ecorregiões: cabeceira, médio curso e baixo curso. Em rios de 1ª a 3ª ordem (região de cabeceira), nos quais há dependência do aporte de carbono terrestre, ocorre pouca produção fotossintética (P) e a respiração (R) domina. Por sua vez, nos rios de 4ª a 6ª ordem (médio curso), existe menor dependência do aporte de carbono, ocorrendo maior produção primária ( $P/R > 1$ ). Em rios superiores a 6ª ordem (baixo curso), o acúmulo de sedimentos causa o aumento da turbidez. Neste caso a incidência de luz tende a diminuir devido ao sombreamento, sendo um fator limitante para a fotossíntese e aumentando a influência da respiração ( $P/R < 1$ ). (VANNOTE et al., 1980).

As alterações na estrutura dos arroios e na disponibilidade recursos ao longo do gradiente longitudinal exercem um papel importante na distribuição e composição da comunidade íctica. Em regiões de cabeceiras a água é mais fria e a diversidade é baixa, enquanto que nas regiões a jusante a água é mais quente e a diversidade tende a aumentar. (VANNOTE, 1980; BISTONI; HUED, 2002).

Os rios são sistemas ligados longitudinalmente, nos quais o padrão da zonação do agrupamento de espécies é organizado de acordo com o fluxo de energia. As comunidades localizadas em trechos a jusantes dependem pelo menos parcialmente dos processos montante. (VANNOTE et al., 1980).

A avaliação do fluxo energético entre consumidor e recurso é essencial para a compreensão da teia trófica de um ecossistema, sendo indispensável o conhecimento da disponibilidade de recurso alimentar e dos mecanismos de interação das espécies durante o uso destes. (SCHINDLER; LUBETKIN, 2004). O conhecimento das estratégias de alimentação, distribuição espacial

e temporal dos recursos alimentares contribuem para a interpretação das relações entre as espécies. (UIEDA; MOTTA, 2007).

Vannote et al. (1980) caracterizaram para ambientes temperados o hábito alimentar predominante das espécies de peixes de regiões de cabeceiras (1ª a 3ª ordem) como insetívoros, ocorrendo a inserção de espécies caracterizadas como piscívoras no médio curso (4ª a 6ª ordem) e de espécies caracterizadas como planctívoras no baixo curso (superior a 6ª ordem) em decorrência da natureza semi-lêntica desta região.

A análise da composição da dieta da ictiofauna reflete a escolha do alimento mais apropriado às necessidades nutricionais/energéticas dos peixes. (WOOTTON, 1990; ZAVALA-CAMIN, 1996). No entanto as diversas táticas e estratégias de forrageamento desenvolvidas possibilitam que eles utilizem diferentes tipos de recursos alimentares durante toda a sua vida tendo um amplo espectro alimentar, podendo consumir um grande número de presas. (WEATHERLEY, 1972; BRANDÃO et al., 2009).

Estudos que caracterizam a dieta de peixes de ambientes de cabeceira demonstram a predominância de macroinvertebrados dentre os alimentos ingeridos, este fato associado à alta disponibilidade deste grupo no ambiente indica que este recurso é um importante alimento para a ictiofauna. (ESTEVES; ARANHA, 1999; UIEDA; PINTO, 2011).

Em ambientes de corredeira característicos de regiões de cabeceira os macroinvertebrados bentônicos herbívoros, são abundantes e de alta densidade. (BARBEE, 2002; SILVEIRA, 2004). Estes organismos são fundamentais para os ecossistemas, uma vez que promovem à transformação e a decomposição da matéria orgânica, a ciclagem de nutrientes e a transferência de energia dos níveis tróficos inferiores para os superiores. (CALLISTO; ESTEVES, 1995; BRITO, 2010; KUHLMANN et al., 2012).

A amplitude de nicho é um parâmetro importante para a avaliação do nível de especialização na dieta de um determinado grupo de espécies. (SEGURADO et al., 2011). Espécies com nichos reduzidos são consideradas especialistas e mais suscetíveis à competição, já as espécies com nichos mais amplos são definidas como generalistas, seu amplo espectro alimentar reduz a competição e possibilita a coexistência. (GERKING, 1994; OLIVEIRA et al., 2014).

Dentro deste contexto o RCC propõem que a ictiofauna presente nas regiões de cabeceira possuem a estratégia generalista (insetívora) conforme as alterações físicas e estruturais previstas ocorre a inserção de espécies especialistas (piscívoras e planctívoras). (VANNOTE et al, 1980, ANGERMEIER; KARR, 1983; POUILLY et al., 2006).

Para regiões tropicais as cadeias alimentares das comunidades ícticas têm início pelos detritos de fundo ou pelo fitoplâncton, ocorrendo então duas grandes vias de fluxo de energia entre as espécies aquáticas. (LOWE-MCCONNEL, 1999; ABELHA et al., 2001; GRACIOLLI et al., 2003).

Além de estudos relacionados a dieta, as interações entre os organismos nos diferentes níveis tróficos de ecossistemas aquáticos podem ser avaliadas através da quantificação da biomassa produzida pelos produtores e consumidores. (BURGHERR; MEYER, 1997; RIETZLER et al., 2004; TUNDISI; TUNDISI, 2008), sendo esperado o aumento da biomassa nos trechos médio e inferior do rio devido a entrada de novos grupos tróficos no ecossistema. (VANNOTE et al, 1980).

A ictiofauna desenvolve um importante papel na ciclagem de nutrientes em muitos ecossistemas aquáticos. (VANNI, 2002). O peso seco destes indivíduos demonstra uma relação positiva com a quantidade de energia ingerida pelos mesmos, possibilitando compreender a dinâmica energética. (MEYER, 1989; CRESSA, 1999, PEDERSEN; HISLOP 2001).

Desta forma estudos que abordam a disponibilidade, partilha de recursos alimentares e transferência de energia além de auxiliarem na compreensão da organização trófica do ecossistema também contribuem para o conhecimento dos mecanismos que levam a coexistência das espécies. (GERKING, 1994; ESTEVES; ARANHA, 1999, SILVA et al., 2008).

Partindo da hipótese de que as espécies de peixes apresentam distinção quanto à dieta, partilha de recursos, amplitude de nicho e organização trófica este estudo tem como objetivo a caracterização trófica de espécies de peixes de cabeceira de arroios subtropicais e a identificação do fluxo de energia entre macroinvertebrados e peixes. Será avaliada a influência longitudinal sobre a composição e dieta das espécies amostradas, os padrões de amplitude de nicho trófico e determinada a biomassa de peixes por  $m^2$ , relacionada com a produção secundária

representada pela biomassa de macroinvertebrados. Espera-se mostrar um aumento da biomassa de peixes detritívoros, como resposta ecossistêmica ao aumento longitudinal da produção primária, conforme o conceito de rio contínuo.

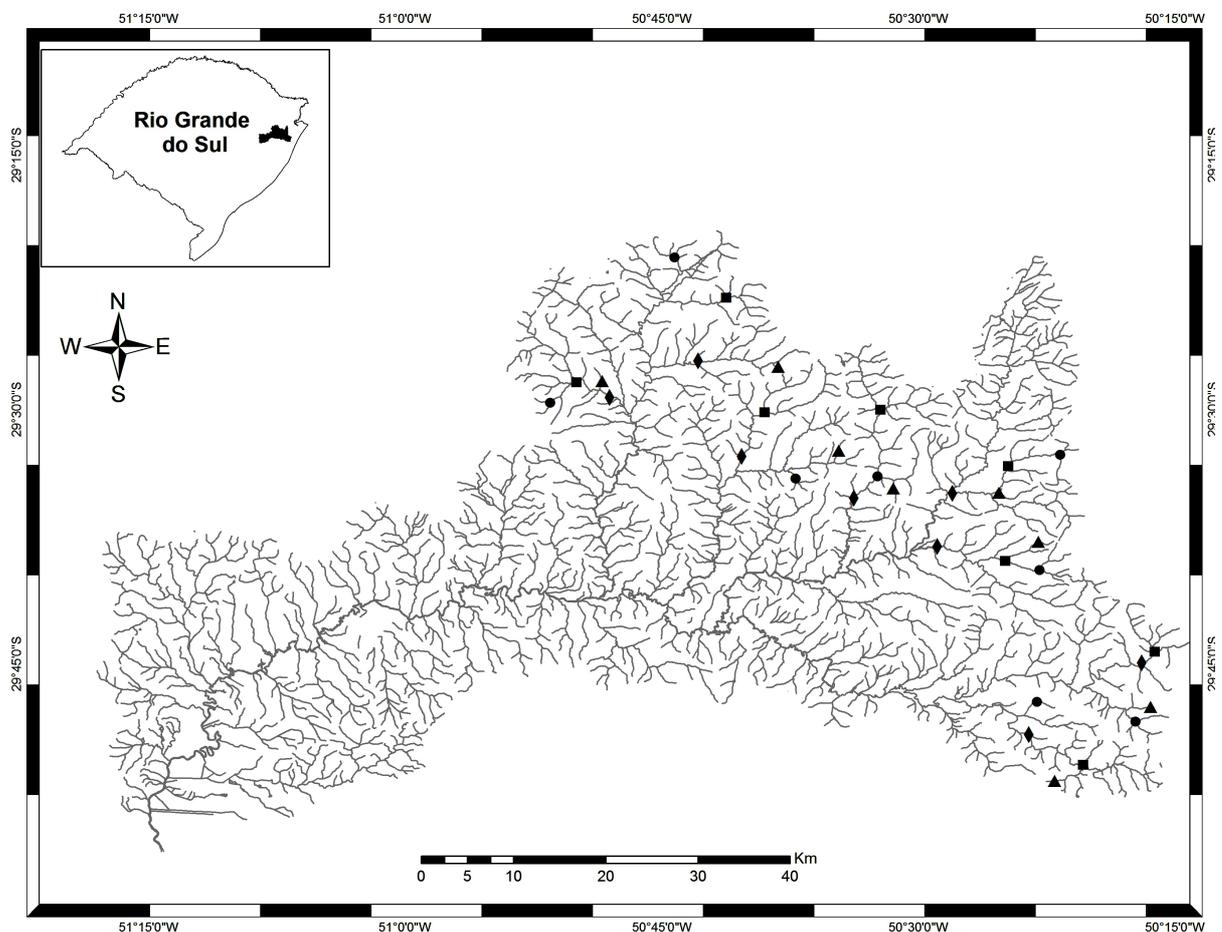
## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do Rio dos Sinos situa-se geograficamente no extremo Sul do Brasil a nordeste do Rio Grande do Sul, abrangendo uma área de 3.800 km<sup>2</sup>, e uma malha hídrica de aproximadamente 3.471 km de extensão. (SCHULZ et al., 2006). O clima predominante é o subtropical, e situa-se na região fitogeográfica de Floresta Estacional Semidecidual.

O estudo foi realizado em arroios de primeira a quarta ordem em oito microbacias, no período do verão quando a diversidade ictica tende a ser maior. Para cada microbacia foram realizadas quatro amostras abrangendo as ordens citadas, totalizando 32 pontos amostrais.

Figura 1: Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, os pontos indicados com triângulos representam os arroios de 1<sup>a</sup> ordem, os indicados com círculo os arroios de 2<sup>a</sup> ordem, os indicados por quadrado os arroios de 3<sup>a</sup> ordem e os pontos indicados com losango arroios de 4<sup>a</sup> ordem.



Fonte: Elaborado pela autora.

## 2.2 Coleta de dados

As coletas foram realizadas de dezembro de 2013, a março de 2014. Para coleta de ictiofauna foi utilizando pesca elétrica com um gerador de corrente contínua, modelo FEG 1500 (EFKO, Alemanha), a 1,5 kW. O trecho investigado foi fechado (100m<sup>2</sup>) por redes de barramento (malha 15mm entre nós adjacentes). Foi aplicado o método de remoção com três passadas consecutivas, com a finalidade de estimar a abundância total de todos os indivíduos da área. (ZIPPIN, 1958).

Após a coleta os indivíduos foram eutanasiados em eugenol (3000mg/L; LUCENA et al., 2013) e levados ao Laboratório de Ecologia de Peixes em caixas com gelo. Em laboratório foi realizada a biometria e selecionadas as espécies mais abundantes de cada ordem por microbacia para a avaliação do conteúdo estomacal (no mínimo 10 espécimes) os demais espécimes utilizados na quantificação da biomassa.

O conteúdo estomacal foi avaliado com estereoscópio Stemi 2000-C Zeiss. Os itens alimentares foram identificados no menor nível taxonômico possível (geralmente até ordem) e quantificados. O conteúdo de cada estômago foi espalhado uniformemente sobre uma placa de petri. Para cada item alimentar registrado foi calculada a área (mm<sup>2</sup>) ocupada pelo mesmo com auxílio de papel milimetrado. (HELLAWELL; ABEL, 1971).

Para a quantificação da biomassa os indivíduos foram identificados, medidos e pesados. O peso seco dos indivíduos foi quantificado pela secagem individual na estufa em 60°C, até constância de peso, no período entre 24 e 48 horas dependendo do tamanho.

A coleta de macroinvertebrados foi realizada por Doebber (2014) utilizando um coletor tipo Surber (BARBOUR et al., 1999), com 0,3m x 0,3m de área basal e malha de 250 µm. Foram realizadas quatro amostragens por ponto buscando abranger os microhabitats presentes (poços, corredeiras e margens), todas as amostras por ponto foram agrupadas. As amostras foram coletadas manualmente, revirando-se todo o substrato dentro da área amostral de 0,09 m<sup>2</sup> do Surber, com esforço amostral de um minuto, totalizando quatro minutos por ponto. (SILVEIRA et al., 2004). Os dados de riqueza, abundância e biomassa de macroinvertebrados fazem parte do TCC de Doebber (2014).

### 2.3 Análise de dados

A estrutura da comunidade de peixes por ponto de amostragem foi avaliada através da riqueza e do índice de diversidade Shannon-Wiener ( $H'$ ) no Programa Past versão 2.02. (HAMMER et al., 2009). Para verificar a diferença espacial da riqueza e diversidade, foi realizada uma ANOVA One-Way no Programa SPSS 17.

A dieta de cada espécie foi caracterizada através do Índice de Importância Relativa – IIR (PINKAS, 1971):  $IIR = (\%V + \%N) \times \%FO$ . Sendo FO = Frequência de ocorrência (porcentagem dos estômagos não vazios que contem o item); N = Abundância relativa em relação ao número total dos itens e V= volume do item alimentar.

A amplitude do nicho foi calculada pelo Índice padronizado de Levin (KREBS, 1989):  $B' = (1/n-1) [(1/S \sum p_{ij}^2) - 1]$  sendo  $p_{ij}$  = proporção da dieta do predador  $i$  que consome a categoria alimentar  $j$ ;  $n$  = número de categorias alimentares.  $B'$  possui intervalo entre 0 e 1, sendo que valores próximos a zero indicam nicho trófico mais estreito.

A avaliação do peso seco individual foi desenvolvida através de cálculos de regressões lineares simples comprando peso seco com peso úmido e peso seco com comprimento total de cada indivíduo, todos os dados foram logaritmizados a fim de padronizar os resultados.

A densidade de biomassa (“standing crop”) por  $m^2$  e ordem de drenagem foi calculada com base no método de remoção de ZIPPIN (1958) que utiliza o mínimo de três varreduras por ponto, realizada no programa Piscistat (versão 1.2).

A variação da biomassa de peixes e macroinvertebrados no gradiente longitudinal e a relação entre biomassa de peixes com produção secundária de macroinvertebrados foi avaliada utilizando ANOVA One-way no software SPSS 17.

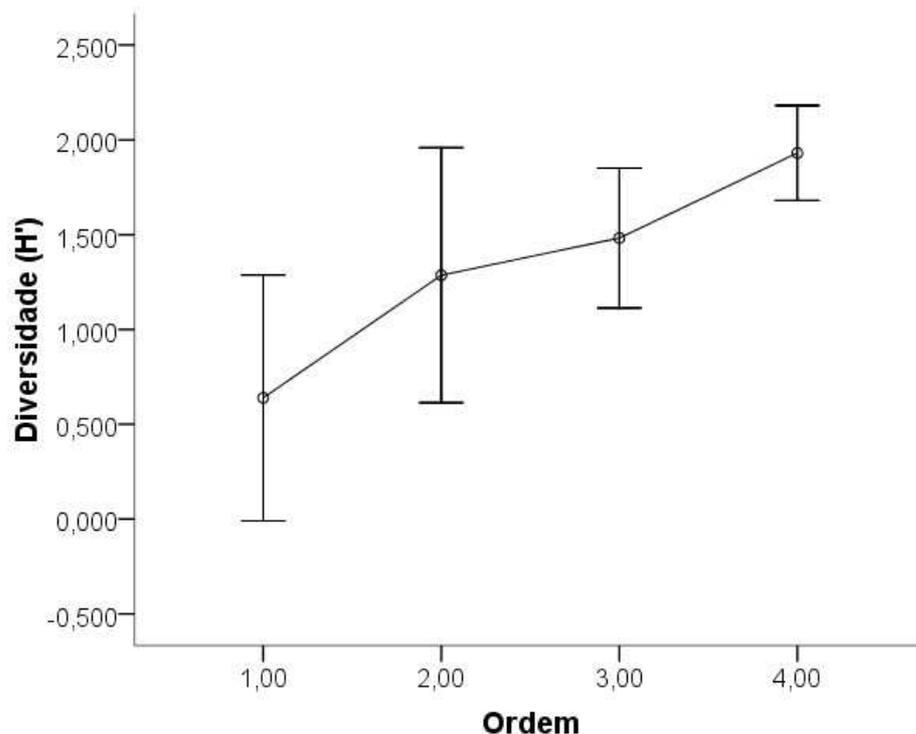
A fim de verificar o incremento de biomassa do grupo trófico de detritívoros com as ordens de drenagem realizadas uma regressão linear simples no software SPSS 17 e posteriormente calculado um NMDS no software R 3.0.1 indicando as ordens com que as espécies representantes deste grupo são relacionadas.

### 3 RESULTADOS

Foram coletados 3464 indivíduos pertencentes a 27 espécies. As mais abundantes foram: *Heptapterus mustelinus* (Valenciennes, 1835) (N=793), *Ancistrus brevipinnis* (Regan, 1904) (N=591), *Bryconamericus iheringii* (Boulenger, 1887) (N=487), *Characidium pterostictum* Gomes, 1947 (N=388), e *Rineloricaria microlepidogaster* (Regan, 1904) (N=328). Dentre as oito microbacias avaliadas a que apresentou maior riqueza (N=19) e abundância (N=711) foi a microbacia do Caraá, sendo as espécies *C. pterostictum* (N= 139) *B. iheringii* (N=117) as mais abundantes.

A avaliação da variação espacial de riqueza e diversidade indicou que há diferença entre as ordens amostradas, demonstrando que quanto maior a ordem do arroio maior é a riqueza ( $F=3,691$ ;  $p=0,023$ ) e maior é a diversidade ( $F=6,005$ ;  $p=0,003$ ) (Figura 2).

Figura 2: Diversidade ( $H'$ ) por ordem de drenagem em arroios de baixa ordem da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, RS, Brasil.



Fonte: Elaborado pela autora.

A abundância total de macroinvertebrados foi de 18059 indivíduos, distribuídos em 29 táxons. Dentre os táxons mais abundantes destaca-se

Ephemeroptera (n= 3004) representando 16,53% do total da amostragem, Trichoptera (n=2636) representando 14,60% e Gastropoda (n=1774) 9,82% do total da amostragem.

Relacionado à dieta foram analisados 1457 estômagos pertencentes a 10 espécies, foram identificados 30 táxons de presas (itens alimentares), destes obteve-se o índice de importância relativa (IIR) e amplitude de nicho (B') para cada espécie (Tabela 1).

Dentre os táxons de presas mais importantes estão, Trichoptera para *A. brevipinnis*, *C. pterostictum*, *Crenicichla punctata* Hensel, 1870, *Hemiancistrus punctulatus* Cardoso & Malabarba, 1999, *H. mustelinus*, *Rineloricaria malabarbai* Rodriguez & Reis, 2008 e *R. microlepidogaster*, Ephemeroptera para *B. iheringii* e *Trichomycterus brachykechenos* Ferrer & Malabarba, 2013 e Gastropoda para *Gymnogeophagus labiatus* (Hensel, 1870).

Os valores de amplitude de nicho calculados demonstram que *C. pterostictum*, *G. labiatus*, *H. punctulatus*, *H. mustelinus* e *R. microlepidogaster* variaram de 0,1794 á 0,229, as demais espécies apresentaram amplitude de nicho a cima de 0,4025.

Tabela 1: Espécies analisadas, número de itens ingeridos, táxon das presas mais importantes na dieta, IIR = índice de importância relativa e B' = amplitude de nicho.

<b>Espécie</b>	<b>Itens ingeridos</b>	<b>Táxon da presa</b>	<b>IIR</b>	<b>B'</b>
<i>A. brevipinnis</i>	5	Trichoptera	79,021	0,4918
<i>B. iheringii</i>	22	Ephemeroptera	598, 158	0,4025
<i>C. pterostictum</i>	14	Trichoptera	308,42	0,1894
<i>C. punctata</i>	10	Trichoptera	949,88	0,5076
<i>G. labiatus</i>	11	Gastropoda	1464,9	0,17924
<i>H. punctulatus</i>	22	Trichoptera	374,1	0,198
<i>H. mustelinus</i>	22	Trichoptera	581,27	0,18903
<i>R. malabarbai</i>	4	Trichoptera	1362,1	0,3533
<i>R. microlepidogaster</i>	10	Trichoptera	1240,9	0,2229
<i>T. brachykechenos</i>	7	Ephemeroptera	491,85	0,6283

Fonte: Elaborado pela autora.

Dentre os itens ingeridos volumetricamente mais representativos estão macroinvertebrados não passíveis de identificação (devido ao alto grau de digestão) e substrato (areia e terra). Para as espécies *A. brevipinnis*, *H. punctulatus*, *R. malabarbai*, *R. microlepidogaster* e *T. brachykechenos* o substrato foi mais representativo. Para as espécies *B. iheringii*, *C. terostictum*, *C. punctata*, *G. labiatus* e *H. mustelinus* o item mais representativo foi macroinvertebrados não identificados.

Tabela 2: Espécies analisadas, item alimentar com maior volume, V= volume total do item mm<sup>3</sup>, (%) = porcentagem total do item.

<b>Espécie</b>	<b>Item</b>	<b>V (%)</b>
<i>A. brevipinnis</i>	Substrato	33949 (86,5)
<i>B. iheringii</i>	Macros não identificados	9439 (51,5)
<i>C. pterostictum</i>	Macros não identificados	1699 (45,7)
<i>C. punctata</i>	Macros não identificados	1460 (53,65)
<i>G. labiatus</i>	Macros não identificados	1806 (43,16)
<i>H. punctulatus</i>	Substrato	8985 (89,51)
<i>H. mustelinus</i>	Macros não identificados	12136 (43,31)
<i>R. malabarbai</i>	Substrato	2300 (66,14)
<i>R. microlepidogaster</i>	Substrato	10266 (67,49)
<i>T. brachykechenos</i>	Substrato	50 (50,09)

Fonte: Elaborado pela autora.

Quanto à dieta de cada espécie no gradiente longitudinal, foram identificados como itens importantes 12 táxons. Ephemeroptera e Trichoptera foram os itens mais selecionados em diferentes ordens. A espécie *H. mustelinus* teve seis táxons dentre os mais importantes, *B. iheringii* quatro táxons, *C. pterostictum* três táxons, *C. punctata* e *G. labiatus* apenas dois táxons (Tabela 3).

Tabela 3: Táxons mais importantes na dieta das espécies avaliadas de acordo com a ordem do de drenagem. IIR= índice de importância relativa e B'= amplitude de nicho.

Espécie	Ordem	Táxon	IIR	B'
<i>H. mustelinus</i>	1	Aeglidae	503,86	0,7936
			519,98	0,5156
		Plecoptera	545,89	0,9411
	2	Ephemeroptera	801,225	0,6363
		Diptera (larva)	670,802	0,8333
			800,865	0,8333
		Trichoptera	2522,75	0,4603
		Ephemeroptera	1028,47	0,3928
		Amphipoda	835,448	0,3927
	3		973,362	0,5
		Trichoptera	153,488	0,4705
			3107,37	0,1875
		Diptera (larva)	424,099	0,4311
	4		1424,58	0,4705
		Trichoptera	3022,42	0,2941
		1791,48	0,4218	
		798,435	0,6666	
		155,805	1	
Ephemeroptera		800,06	0,6923	
<i>B. iherigii</i>	1		487,01	0,8333
			1436,52	0,7101
	3	Ephemeroptera	1433,9	0,5915
			4520,26	0,5925
		Ephemeroptera	1931,39	0,4878
			1849,28	0,2698
	4		1362,92	0,5803
		Trichoptera (adulto)	858,709	1
		Coleoptera (larva)	152,744	0,8888
			1266,32	0,647
4	Trichoptera	701,157	0,6925	
		2797,24	0,4236	
	Ephemeroptera	2486,41	0,4983	
	Lepidoptera (larva)	690,186	0,8157	
<i>C. punctata</i>	1	Ephemeroptera	2214,5	0,5063
	2	Ephemeroptera	1217,06	0,8918
	3	Ephemeroptera	2984,85	0,3512
	4	Odonata (ninfa)	1146,79	0,6574
<i>G. labiatus</i>	1	Trichoptera	1578,51	0,36578
	2	Gastropoda	4475,55	0,26014
	4	Gastropoda	1564,39	0,17904

Continua

Espécie	Ordem	Táxon	Continuação	
			IIR	B'
<i>C. pterostictum</i>	1	Trichoptera	5602,685	0,09892
	2	Trichoptera	7453,89	0,1134
		Coleoptera (adulto)	970,577	0,396
	3	Trichoptera	2086,01	0,87619
		Ephemeroptera	2909,72	0,61603
	4		4705,67	0,32
		Trichoptera	913,313	0,6
			2939,31	0,3473
		Ephemeroptera	5323,76	0,4219

Fonte: Elaborado pela autora.

As espécies *A. brevipinnis*, *H. punctulatus*, *R. microlepidogaster*, *R. malabarbai* e *T. brachykechenos*, não tiveram sua dieta descrita de acordo com a ordem devido ao grande volume de substrato encontrado nos estômagos.

Do total de indivíduos coletados 1845 distribuídos em 13 espécies foram secos. Para todas as espécies a relação peso seco/comprimento e a relação peso seco/ peso úmido foi significativa indicando que existe relação entre as variáveis (Tabela 4 e 5).

Tabela 4: Relação peso seco/peso úmido para cada espécie avaliada,  $r^2$  = coeficiente de determinação, a= interceptação da reta com o eixo vertical, b= coeficiente angular da reta e p= probabilidade de que o efeito observado tenha ocorrido por acaso.

Espécie	$r^2$	a	B	p
<i>A. brevipinnis</i>	0,93	-0,738	1,149	<0,001
<i>Astyanax henseli</i> Hensel, 1870	0,97	-0,968	1,156	<0,001
<i>B. iheringii</i>	0,99	-0,708	1,175	<0,001
<i>C. pterostictum</i>	0,89	-0,635	1,127	<0,001
<i>C. punctata</i>	0,99	-0,765	1,139	<0,001
<i>G. labiatus</i>	0,99	-0,715	1,102	<0,001
<i>H. punctulatus</i>	0,98	-0,739	1,127	<0,001
<i>H. mustelinus</i>	0,95	-0,8	1,094	<0,001
<i>Rhamdella eriarcha</i> (Eigenmann & Eigenmann, 1888)	0,94	-0,726	1,044	<0,001
<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	0,96	-0,767	1,089	<0,001
<i>R. malabarbai</i>	0,90	-0,673	1,121	<0,001
<i>R. microlepidogaster</i>	0,92	-0,72	1,075	<0,001
<i>T. brachykechenos</i>	0,94	-0,714	1,1	<0,001

Fonte: Elaborado pela autora.

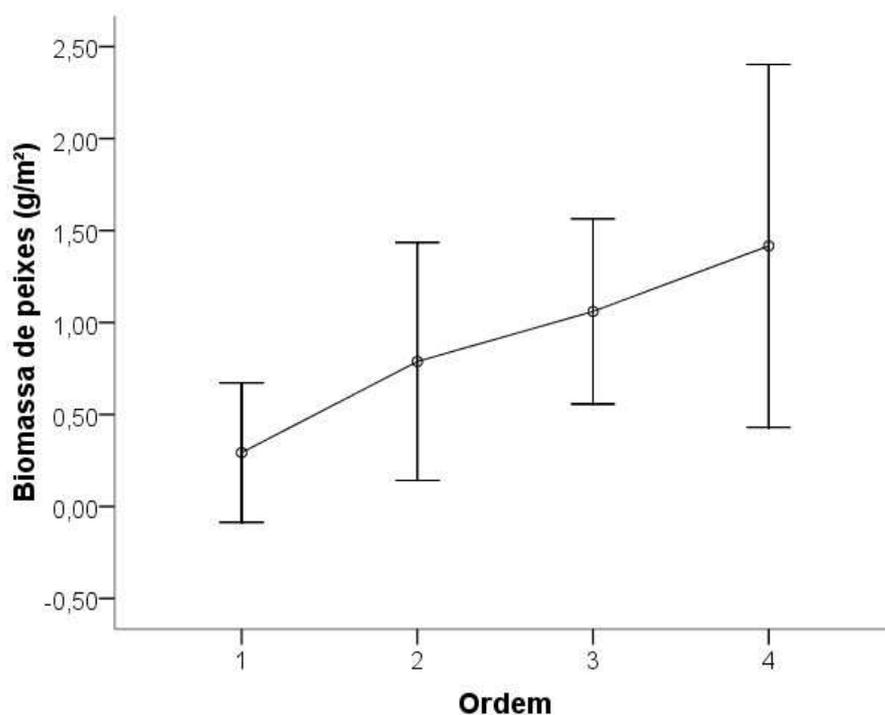
Tabela 5: Relação peso seco/comprimento para cada espécie avaliada,  $r^2$  = coeficiente de determinação, a= interceptação da reta com o eixo vertical, b= coeficiente angular da reta e p= probabilidade de que o efeito observado tenha ocorrido por acaso.

<b>Espécie</b>	<b><math>r^2</math></b>	<b>a</b>	<b>B</b>	<b>p</b>
<i>A. brevipinnis</i>	0,95	-3,027	3,641	<0,001
<i>A. henseli</i>	0,97	-3,115	3,769	<0,001
<i>B. iheringii</i>	0,97	-3,235	3,868	<0,001
<i>C. pterostictum</i>	0,89	-3,253	3,935	<0,001
<i>C. punctata</i>	0,99	-3,145	3,499	<0,001
<i>G. labiatus</i>	0,99	-2,908	3,499	<0,001
<i>H. punctulatus</i>	0,96	-2,905	3,451	<0,001
<i>H. mustelinus</i>	0,96	-3,044	3	<0,001
<i>R. eriarcha</i>	0,99	-3,174	3,359	<0,001
<i>R. quelen</i>	0,98	-3,27	3,461	<0,001
<i>R. malabarbai</i>	0,97	-3,467	3,637	<0,001
<i>R. microlepidogaster</i>	0,92	-3,221	3,298	<0,001
<i>T. brachykechenos</i>	0,93	-2,919	3,075	<0,001

Fonte: Elaborado pela autora.

Arroios de 1ª ordem tiveram uma média de 0,31g/m<sup>2</sup>, arroios de 2ª ordem de 0,90g/m<sup>2</sup>, arroios de 3ª ordem 1,06 g/m<sup>2</sup> e arroios de 4ª ordem 1,42g/m<sup>2</sup>. A relação entre a biomassa de peixes a com as ordens demonstrou uma tendência ao aumento conforme o aumento da ordem ( $F = 2,342$ ;  $p = 0,97$ ) (Figura 3), no entanto estes resultados não foram significativos.

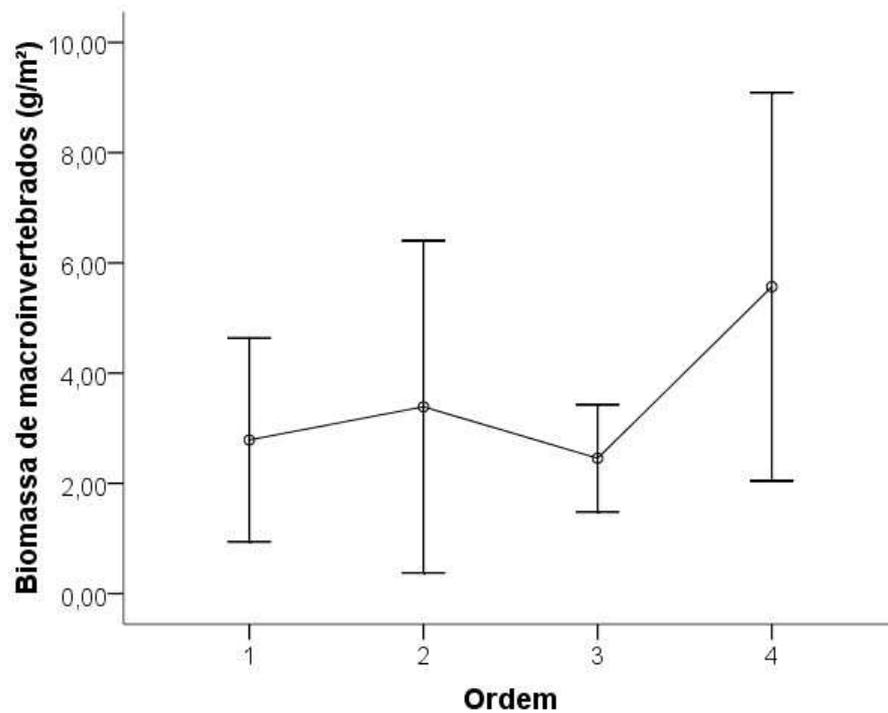
Figura 3: Relação biomassa de peixes ( $\text{g/m}^2$ ) e ordem de drenagem em arroios de baixa ordem da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, RS, Brasil.



Fonte: Elaborado pela autora.

Para os macroinvertebrados, arroios de 1ª ordem tiveram média de  $2,67\text{g/m}^2$ , arroios de 2ª ordem  $3,39\text{g/m}^2$ , arroios de 3ª ordem  $2,45\text{g/m}^2$  e arroios de 4ª ordem  $5,56\text{g/m}^2$ . Observa-se o incremento de biomassa conforme o aumento da ordem, no entanto, ocorre perda de biomassa na 3ª ordem ( $F=1,677$ ;  $p= 0,195$ ) (Figura 4).

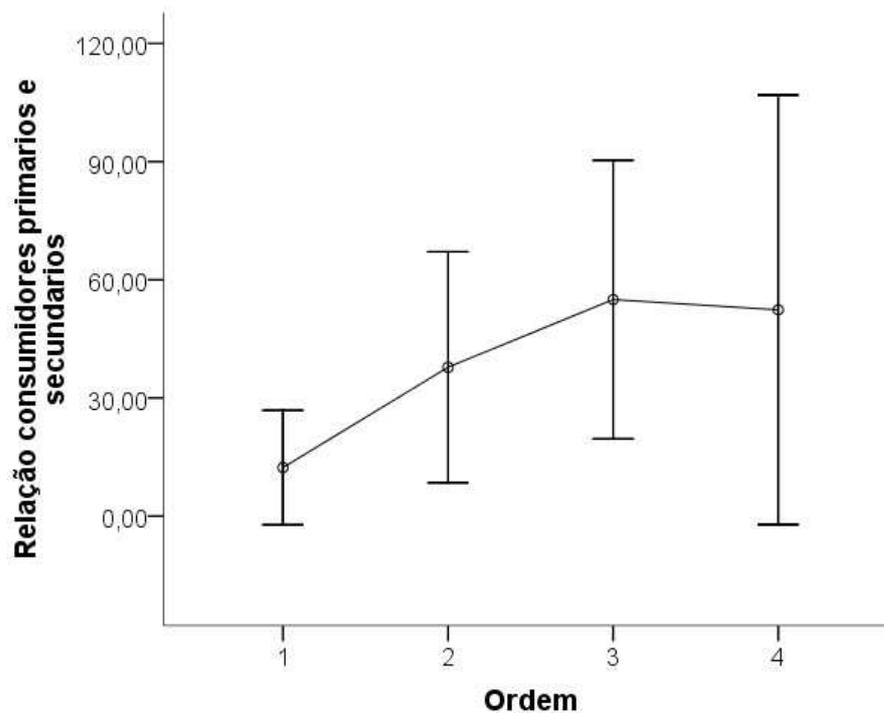
Figura 4: Relação biomassa de macroinvertebrados ( $\text{g/m}^2$ ) e ordem de drenagem em arroios de baixa ordem da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, RS, Brasil.



Fonte: Elaborado pela autora.

A relação entre a biomassa de consumidores secundários e primários demonstra que em arroios de 1ª ordem a biomassa de consumidores secundários equivale em média 12,33% da biomassa de consumidores primários, nos arroios de 2ª ordem 37,79%, nos de 3ª ordem 54,99% e nos de 4ª ordem 52,38% demonstrando o incremento na biomassa de consumidores secundários de acordo com a ordem ( $F=1,273$ ;  $p=0,304$ ) (Figura 5).

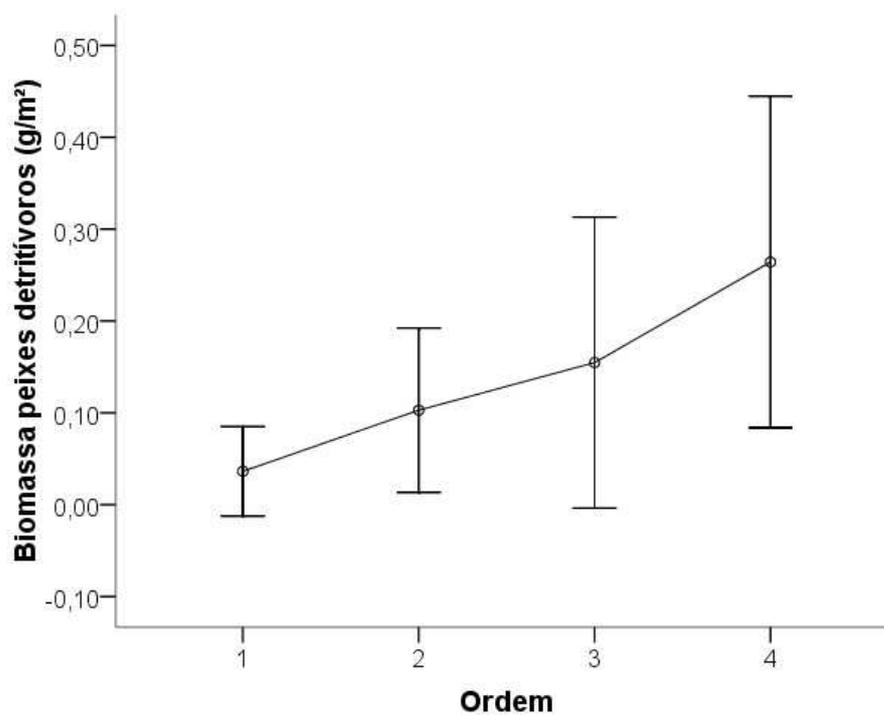
Figura 5: Relação da porcentagem de biomassa de consumidores primários e secundários ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) com ordem de drenagem em arroios de baixa ordem da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, RS, Brasil.



Fonte: Elaborado pela autora.

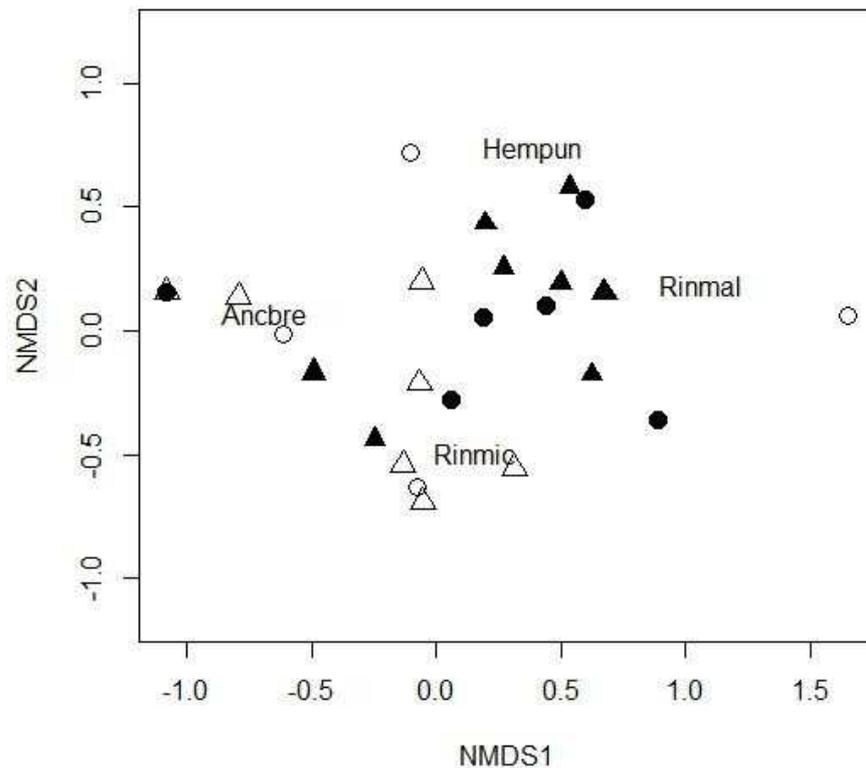
A relação entre a biomassa de peixes com maior quantidade de detrito nos estômagos e as ordens de drenagem, demonstra que conforme o aumento da ordem, maior é o incremento de biomassa deste grupo trófico ( $F=3,043$ ;  $p=0,045$ ) (Figura 6). O NMDS (Stress = 0,15) demonstra que as espécies com maior quantidade de substrato no estômago *A. brevipinnis*, *H. punctulatus*, *R. malabarbai* e *R. micropdogaster* estão mais associadas às ordens maiores. *A. brevipinnis* está associada a arroios de 1ª e 3ª ordem, *H. punctulatus* está associada a arroios de 2ª e 4ª ordem, *R. malabarbai* a arroios de 4ª ordem e *R. micropdogaster* a arroios de 3ª ordem (Figura 7).

Figura 6: Relação biomassa de peixes detritívoros ( $\text{g/m}^2$ ) com a ordem de drenagem em arroios de baixa ordem da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, RS, Brasil.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 7: Relação de espécies de peixes com maior volume de substrato nos estômagos com a ordem de drenagem em arroios de baixa ordem da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, RS, Brasil. Os círculos em branco correspondem a arroios de 1ª ordem, os em preto a arroios de 2ª ordem, os triângulos em branco arroios de 3ª ordem e os triângulos em preto arroios de 4ª ordem. Ancbre (*A. brevipinnis*), Hempun (*H. punctulatus*), Rinmal (*R. malabarbai*) e Rinmic (*R. microlepidogaster*).



Fonte: Elaborado pela autora.

#### 4 DISCUSSÃO

Os resultados descritos demonstram o aumento de riqueza e diversidade conforme as ordens dos arroios, indicando que ocorre a adição de espécies neste gradiente. Corroborando com o proposto por Vannote et al. (1980) no conceito de rio contínuo (River Continuum Concept– RCC) que descreve modificações na biocenose íctica, ocorrendo a adição de espécies de acordo com o gradiente de mudanças longitudinais.

Arroios do trecho superior possuem características distintas, são estreitos e rasos, com alta velocidade d'água, alta concentração de oxigênio dissolvido, possuem maior cobertura vegetal o que impede a entrada de luz solar reduzindo

assim a temperatura e produtividade primária. Seguindo o contínuo do rio os trechos a jusante são mais largos o que os torna mais profundos diminuindo a velocidade d'água, a concentração de oxigenação e a cobertura vegetal, o que aumenta a incidência de luz a temperatura e a produtividade primária. (VANNOTE et al., 1980).

Com relação à composição da dieta das espécies *B. iheringii*, *C. pterostictum*, *C. punctata*, *G. labiatus* e *H. mustelinus* macroinvertebrados não identificados foram o item mais representativo nos estômagos. Este padrão indica o hábito alimentar insetívoro, pois dentre os insetos consumidos constatou-se principalmente a ocorrência de larvas de Ephemeroptera e Trichoptera. As espécies *A. brevipinnis*, *H. punctulatus*, *R. malabarbai*, *R. microlepidogaster* e *T. brachykechenos* também apresentaram larvas de insetos aquáticos na composição de sua dieta, no entanto o grande volume de substrato nos estômagos os insere na guilda de detritívoros, pois ingeriram fragmentos de matéria orgânica não viva. (ZENI; CASSATI, 2014).

É esperado que na América do Sul ocorra um maior número de espécies detritívoras (especialistas) devido à grande abundância de matéria orgânica presente nos rios. (GERKING, 1994). Esteves (2008) cita que o detrito é um dos recursos basais da estrutura trófica de um ecossistema, servindo de alimento para macroinvertebrados e peixes. Embora as espécies pertencentes à guilda detritívora alimentem-se do fundo, a principal fonte de energia de carbono destes indivíduos é de origem autotrófica, proveniente de algas e outros vegetais. (ARAÚJO-LIMA et al., 1986, VAZ et al., 1999, BENEDITO-CECILIO et al., 2000).

Relacionado à abundância de macroinvertebrados, em arroios com águas limpas e bem oxigenados (característicos de baixa ordem) os táxons Ephemeroptera e Trichoptera são mais frequentes, dominando as comunidades de macroinvertebrados. (BAPTISTA et al., 2001; CALLISTO et al., 2001; GOULART; CALLISTO, 2003). O táxon Gastropoda pode ser encontrado em praticamente todos os ambientes devido ao seu potencial de adaptação, seu hábito raspador também influencia significativamente no fluxo de energia dos ecossistemas aquáticos. (ROSA et al., 2010).

Os resultados de IIR apontam que as presas mais consumidas são também as mais abundantes no ambiente. Destaca-se aqui o hábito

alimentar da espécie *C. punctata*, descrita por outros autores como piscívora (LUZ-AGOSTINHO et al., 2010) e neste estudo como insetívora, predando principalmente do táxon Trichoptera. Esta mudança de hábito alimentar reflete a fase de desenvolvimento da espécie, pois os espécimes coletados foram de tamanhos pequenos. A alteração do hábito alimentar está relacionada a limitações morfológicas e demandas energéticas diferentes para cada fase. (WOLFF et al., 2009).

As espécies insetívoras *C. pterostictum* e *G. labiatus* apresentaram amplitude de nicho limitado, indicando que apresentam o hábito alimentar mais especializado ao consumo de Trichoptera e Gastropoda respectivamente. As demais espécies possuem nicho amplo, indicando o hábito generalista quanto à preferência por presas. (SANTOS, 2005; NOVAKOWSKI et al., 2008). Segurado et al. (2011) citam que a avaliação da amplitude de nicho é um parâmetro importante para verificar o nível de especialização da dieta.

No gradiente longitudinal as espécies pertencentes à guilda insetívora, modificam o item alimentar de maior importância independente da ordem de drenagem. Este fato reflete a seleção dos alimentos de maior abundância nos diferentes ambientes. O mesmo ocorre para a amplitude de nicho, de forma que as alterações não evidenciam um padrão de aumento ou diminuição conforme o aumento das ordens. Demonstrando que esta pode ser alterada de acordo com as necessidades nutricionais e energéticas dos indivíduos. (WOOTTON, 1990; ZAVALACAMIN, 1996).

Pode-se constatar que em regiões de cabeceira do Rio dos Sinos os trechos a montante possuem maior abundância de espécies pertencentes à guilda generalista (insetívora). Com o aumento das ordens e das modificações longitudinais ocorre o aumento de espécies de guildas especialistas (detritívora). Estes resultados corroboram Vannote et al. (1980) que sugerem que em ambientes de cabeceira ocorrem espécies insetívoras (generalistas). Nos trechos a jusante há a inserção de espécies especialistas, estas que dependem do aporte de matéria orgânica oriundo dos processos a montante.

A associação da amplitude de nicho com a quantidade de itens ingeridos pelas espécies avaliadas demonstra a plasticidade trófica destes indivíduos. Possibilitando que ocorram em diferentes ordens de arroio e alimentem-se de diferentes organismos. Esta estratégia oportunista otimiza o forrageamento, sendo

essencial para a adaptação e sobrevivência de uma espécie em novos ambientes, além de permitir a coexistência reduzindo a competição. (ARAUJO – LIMA et al, 1995 ; AGOSTINHO et al., 1999; WOLFF et al., 2013).

Além do conhecimento da dieta, um dos mais importantes parâmetros no estudo das populações de peixes é a relação peso-comprimento, esta que é citada como a forma mais apropriada para estimativa do peso de uma população. Suas aplicações permitem estimar o crescimento dos indivíduos, além de ser útil como indicadora do acúmulo de gordura. (LIZAMA; AMBRÓSIO, 2003).

De acordo com Tesch (1971) o expoente  $b$  apresenta valores próximos a três, no qual o valor igual a três indica crescimento isométrico, enquanto valores diferentes indicam crescimento alométrico. Os resultados demonstraram crescimento alométrico positivo ( $b > 3$ ), com o incremento em comprimento maior que o desenvolvimento em peso. Apenas a espécie *H. mustelinus* apresentou crescimento isométrico ( $b = 3$ ), com seu peso aumentando proporcionalmente ao comprimento. Este fato está associado à inclusão de espécimes na regressão que ainda não alcançaram a fase adulta. (BASUSTA; CICEK, 2006).

O menor e maior valor de biomassa de peixes registados neste estudo foram 2,20 g/m<sup>2</sup> e 11,33 g/m<sup>2</sup>, outros autores registraram para arroios do sudeste brasileiro 2,12g/m<sup>2</sup> e 16,95g/m<sup>2</sup>. (MAZZONI; LOBÓ N-CERVIÁ, 2000). Em arroios da zona temperada do hemisfério norte Penczak (2014) registrou os valores de 1779,2g/100m<sup>2</sup> e 9251,3g/100m<sup>2</sup>. Os valores observados indicam que ambientes de regiões tropicais e subtropicais possuem menor biomassa por área do que ambientes temperados. Neste sentido as taxas de produtividade também tendem a ser menores para estas regiões. (MAZZONI, 1998).

O aumento da biomassa de peixes no gradiente longitudinal é uma tendência esperada pelo RCC que menciona o aumento das taxas de produtividade conforme o gradiente longitudinal. (VANNOTE et al., 1980). Este aumento de produtividade, juntamente com as modificações nos padrões estruturais dos arroios, possibilita a entrada de espécies de nichos diferentes no ambiente, enriquecendo assim a teia trófica e aumentando a biomassa.

(VANNOTE et al., 1980, DUMAY et al., 2004, THOMPSON; TOWNSEND, 2005). Tendo em vista que estas variações não foram significativas, torna-se necessário ampliar a quantidade de ordens de arroios estudadas, possibilitando verificar a entrada de organismos de outros grupos tróficos incrementando a biomassa.

A relação entre consumidor secundário e primário demonstrou que a biomassa de macroinvertebrados é superior a de peixes. Este padrão é abordado em estudos de transferência de energia, nos quais é esperado que a biomassa de produtores seja 90% maior que a de consumidores. (ODUM, 2001). A avaliação dos padrões de distribuição de biomassa é o mecanismo mais adequado para avaliação de transferência de energia sendo uma variável mais confiável do que a contagem de indivíduos. (PENCZAK, 2011).

Em arroios de primeira ordem pode-se constatar que a biomassa de macroinvertebrados excede a de peixes em cerca de 90%. Conforme aumentam as ordens dos arroios aumenta também a biomassa de peixes com relação à de macroinvertebrados, chegando a 50% na quarta ordem. Este fato se dá devido ao incremento da biomassa de peixes detritívoros que atuam como consumidores primários e secundários nas ordens mais baixas, nas quais ocorre maior concentração de nutrientes que proporcionam o aumento da biomassa de algas. Estas, por sua vez, são consumidas por invertebrados e peixes detritívoros. (FISHER, 1994).

Espécies de hábito detritívoro normalmente são favorecidas pelo gradiente longitudinal, devido ao aumento da produtividade primária. (WOLFF et al., 2013). Muitas espécies de hábitos bentônicos alimentam-se de algas, estas que não são passíveis de identificação nas análises de conteúdos estomacais. (WOLFF et al., 2013; BENEDITO-CECILIO et al., 2000).

O aumento da abundância e biomassa de espécies detritívoras relacionadas a terceira e quarta ordens sugere que esta seja uma área de transição entre o trecho superior e médio do rio. Nesta região os arroios não dependem tanto do material heterotrófico, ocorrendo o aumento da produtividade, que agora depende da energia de origem autotrófica oriunda de plantas e algas. (VANNOTE et al., 1980; BAPTISTA et al., 1998).

O incremento de biomassa relatado indica o desenvolvimento sucessional do ecossistema com o aumento das ordens dos arroios. É esperado para o Rio dos Sinos que ocorra espécies piscívoras e de grande porte nas regiões mais baixas.

(PETRY; SCHULZ, 2006). Com o incremento de biomassa destas espécies pode-se chegar ao máximo de biomassa para este ecossistema atingindo assim a maturidade ecossistêmica. (ODUM, 1969).

De acordo com os resultados avaliados pode-se constatar que arroios das regiões de cabeceira pertencentes à bacia hidrográfica do Rio dos Sinos corroboram o esperado pelo RCC, de maneira que a diversidade, a riqueza e a biomassa aumentam conforme o gradiente longitudinal. A inserção de espécies de hábitos especialistas a jusante, dependentes das modificações físicas e estruturais ocorridos a montante ocorrem a partir da segunda ordem, o que difere do previsto no RCC que espera a inserção de espécies especialistas no trecho médio do rio.

As guildas caracterizadas demonstram duas vias de fluxo de energia para a ictiofauna. Uma das vias é oriunda dos processos heterotróficos nos quais os insetívoros e detritívoros são os representantes dos consumidores secundários. Na segunda via a dos processos autotróficos, ocorre o consumo de algas por peixes detritívoros que assumem o papel de consumidores primários juntamente com os macroinvertebrados, o que possibilita maior absorção de energia. O padrão constatado neste estudo forma uma teia trófica com a presença de peixes no primeiro e segundo nível de consumidores.

## TROPHIC ECOLOGY OF LOW-ORDER STREAMS IN SOUTHERN BRAZIL: RELATIONSHIPS BETWEEN PRIMARY AND SECONDARY CONSUMERS

### ABSTRACT

The River Continuum Concept (RCC) suggests that changes in physico-chemical factors across the stream longitudinal gradient leads to the adding of species of different feeding habits. In this sense, the aim of the study is the trophic characterization of fish headwater species from subtropical streams and to identify energy flow between macroinvertebrate and fishes. It is expected that detritivorous fish standing crop increase across stream longitudinal gradient due to increase in primary production in the same direction. This study was carried out in 32 streams from 1<sup>st</sup> to 4<sup>th</sup> order in eight microbasins in the Sinos River basin. Ichthyofauna was sampled with electric fishing in 100m<sup>2</sup> sections. Macroinvertebrates were sampled with Surber sampler to assess resource availability and primary consumer standing crop. Richness and diversity of fish communities were also calculated. The diet of the most abundant fish species was assessed as well as relative importance and niche amplitude indexes. The results displayed that fish diversity, richness and standing crop increased across stream longitudinal gradient corroborating RCC postulates. It was also indicated that fish communities was composed by two feeding groups (insetivorous and detritivorous). The detritivorous fishes have in turn increased fish standing crop and established two directions of energy flow which act as both primary and secondary consumers.

**Keywords:** River Continuum Concept. Energy flow. Biomass.

## REFERÊNCIAS

- ABELHA, M. C. F.; AGOSTINHO, A. A.; GOULART, E. Plasticidade trófica em peixes de água doce. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 23, p. 425-434, 2001.
- AGOSTINHO, A. A. et al. Patterns of colonization in neotropical reservoirs, and prognoses on aging. **Theoretical reservoir ecology and its applications. São Carlos, International Institute of Ecology**, p. 227-266, 1999.
- ANGERMEIER, P. L.; KARR, J. R. Fish communities along environmental gradients in a system of tropical streams. In: **Evolutionary ecology of neotropical freshwater fishes**. Springer Netherlands, 1984. p. 39-58.
- ARAUJO-LIMA, C. A. R. M. et al. Energy sources for detritivorous fishes in the Amazon. **Science (Washington)**, v. 234, n. 4781, p. 1256-1257, 1986.
- ARAUJO-LIMA, C.; AGOSTINHO, A. A.; FABRÉ, N. N. Trophic aspects of fish communities in Brazilian rivers and reservoirs. **Limnology in Brasil. Rio de Janeiro: ABC/SBL 384p**, 1995.
- BAPTISTA, D. F. et al. O conceito de continuidade de rios é válido para rios de mata atlântica no sudeste do Brasil?. **Oecologia Brasiliensis**, v. 5, n. 1, p. 14, 1998.
- BAPTISTA, D. F. et al. Spatial and temporal organization of aquatic insects assemblages in the longitudinal gradient of a tropical river. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 61, n. 2, p. 295-304, 2001.
- BARBEE, N. C. Distribution patterns of two grazers, *Sicydium salvini* and *Protoptila* sp., in riffles and pools in a Pacific coast stream in Costa Rica. **Internationale Vereinigung fur Theoretische und Angewandte Limnologie Verhandlungen**, v. 28, n. 2, p. 739-743, 2002.
- BARBOUR, M. T. et al. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers. **USEPA, Washington**, 1999.
- BASUSTA, N.; CICEK, E. Length-weight relationships for some teleost fishes caught in Ataturk dam lake on southeastern Anatolia, Turkey. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 22, n. 4, p. 279-280, 2006.
- BENEDITO-CECILIO, E. et al. Carbon sources of Amazonian fisheries. **Fisheries Management and Ecology**, v. 7, n. 4, p. 305-315, 2000.
- BISTONI, M. A.; HUED, A. C. Patterns of fish species richness in rivers of the central region of Argentina. **Brazilian Journal of Biology**, v.62, n.4, p. 753-764, 2002.
- BRANDÃO, L.G.; LIMA-JUNIOR, S.E.; SUAREZ, Y.R. Feeding habits of *Bryconamericus stramineus* Eigenmann, 1908 (Characidae), in different streams of Guiraí River Sub-Basin, Mato Grosso do Sul, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 9, n. 1, p. 135-143. 2009.

- BRITO, S. L. Caracterização limnológica e produtividade secundária das principais espécies de microcrustáceos em dois braços dos reservatórios de Três Marias e Furnas, Minas Gerais, Brasil. **Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 107p**, 2010.
- BURGHERR, P.; MEYER, E. I. Regression analysis of linear body dimensions vs. dry mass in stream macroinvertebrates. **Archiv für Hydrobiologie**, v. 139, n. 1, p. 101-112, 1997.
- CALLISTO, M.; ESTEVES, F. A. Distribuição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em um ecossistema amazônico impactado por rejeito de bauxita–Lago Batata (Pará, Brasil). **Oecologia Brasiliensis**, v. 1, n. 1, p. 335-348, 1995.
- CALLISTO, M. et al. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 6, n. 1, p. 71-82, 2001.
- CRESSA, C. Dry mass estimates of some tropical aquatic insects. **Revista de biología tropical**, v. 47, n. 1-2, p. 133-141, 1999.
- DOEBBER, C. **Estimativa da abundância e da biomassa de macroinvertebrados bentônicos em arroios de baixa ordem no sul do Brasil**. 2014. 33 f. Trabalho de conclusão de curso (Ciências biológicas – Licenciatura Plena) -- Curso de Ciências Biológicas, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, 2014.
- DUMAY, O. et al. Functional groups of lagoon fish species in Languedoc Roussillon, southern France. **Journal of Fish Biology**, v. 64, n. 4, p. 970-983, 2004.
- ESTEVES, K. E.; ARANHA, J. M. R. Ecologia trófica de peixes de riachos. **Oecologia Brasiliensis**, v. 6, p. 157-182, 1999.
- ESTEVES, K. E.; LOBO, A. V. P.; FARIA, M. D. R. Trophic structure of a fish community along environmental gradients of a subtropical river (Paraitinga River, Upper Tietê River Basin, Brazil). **Hydrobiologia**, v. 598, p. 373–38, 2008.
- FISHER, S. G. Pattern, process and scale in freshwater systems: some unifying thoughts. **Aquatic ecology: scale, pattern and process**. **Blackwell Scientific, Oxford, UK**, p. 575-591, 1994.
- GERKING, S. D. **Feeding ecology of fish**. San Diego: Academic Press, 1994.
- GRACIOLLI, G.; AZEVEDO, M. A.; MELO, F. A.G. Comparative study of the diet of Glandulocaudinae and Tetragonopterinae (Ostariophysi: Characidae) in a small stream in southern Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 38, n. 2, p. 95-103, 2003.
- GOULART, M. D.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, v. 2, n. 1, p. 156-164, 2003.

HAMMER, Øyvind; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST-PALaeontological STatistics, ver. 1.89. **University of Oslo, Oslo**, 2009.

HELLAWELL, J. M.; ABEL, R. A rapid volumetric method for the analysis of the food of fishes. **Journal of Fish Biology**, v. 3, n. 1, p. 29-37, 1971.

KREBS, C. J. et al. **Ecological methodology**. Menlo Park, California: Benjamin/Cummings, 1999.

KUHLMANN, M. L. et al. Protocolo para biomonitoramento com as comunidades bentônicas de rios e reservatórios do estado de São Paulo. **CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**, 2012.

LIZAMA, M. de L. A. P.; AMBROSIO, A. M. Crescimento, recrutamento e mortalidade do pequi *Moenkhausia intermédia* (Osteichthyes, Characidae) na planície de inundação do alto rio Paraná, Brasil-DOI: 10.4025/actascibiolsci.v25i2. 2020. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 25, n. 2, p. 329-333, 2008.

LOWE-MCCONNELL, R. H. Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. In: **Coleção Base**. Edusp, 1999.

LUCENA, C. A. S. et al. O uso de óleo de cravo na eutanásia de. **Boletim Sociedade Brasileira de Ictiologia**, n. 105, 2013.

LUZ-AGOSTINHO, K.D.G. et al. **A ictiofauna do rio das Antas: distribuição e bionomia das espécies**. Maringá: Clichetec, 2010. 115 p.

MAZZONI, R. **Estrutura das comunidades e produção de peixes de um sistema fluvial costeiro de Mata Atlântica, Rio de Janeiro**. 1998. Tese (Doutorado em recursos naturais) – Curso de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 1998.

MAZZONI, R.; LOBÓN-CERVIÁ, J. Longitudinal structure, density and production rates of a neotropical stream fish assemblage: the river Ubatiba in the Serra do Mar, southeast Brazil. **Ecography**, v. 23, n. 5, p. 588-602, 2000.

MEYER, E. The relationship between body length parameters and dry mass in running water invertebrates. **Archiv für Hydrobiologie**, v. 117, n. 2, p. 191-203, 1989.

NOVAKOWSKI, G. C.; HAHN, N. S.; FUGI, R. Diet seasonality and food overlap of the fish assemblage in a pantanal pond. **Neotropical Ichthyology**, v. 6, n. 4, p. 567-576, 2008.

ODUM, E. P. The strategy of ecosystem development. **Sustainability: Sustainability**, v. 164, p. 58, 1969.

ODUM, E. P. Fundamentos de Ecologia, 929 pp. **Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa**, 2001.

- OLIVEIRA, S. C. J.; ANGELINI, R.; ISAAC., J.V. Diet and niche breadth and overlap in fish communities within the area affected by an Amazonian reservoir (Amapá, Brazil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v 86, n1, p.383-405, 2014.
- PEDERSEN, J ; HISLOP, J.R.G. Seasonal variations in the energy density of fishes in the North Sea. **Journal Fish of Biology**, v. 59, p. 380-389, 2001.
- PENCZAK, T. Fish assemblages composition in a natural, then regulated, stream: A quantitative long-term study. **Ecological Modelling**, v. 222, n. 13, p. 2103-2118, 2011.
- PENCZAK, T. Despite anthropogenic disturbance and moderate climate changes fish density and biomass fluctuated non directionally in a small stream. **Journal of Limnology**, v. 73, n. AoP, 2014.
- PETRY, A. C.; SCHULZ, U. H. Longitudinal changes and indicator species of the fish fauna in the subtropical Sinos River, Brazil. **Journal of Fish Biology**, v. 69, n. 1, p. 272-290, 2006.
- PINKAS, L.; OLIPHANT, M. S.; IVERSON, I. L. K. **Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters**. United States: State of California, Department of Fish and Game, 1971.
- POUILLY, M.; BARRERA, S.; ROSALES, C. Changes of taxonomic and trophic structure of fish assemblages along an environmental gradient in the Upper Beni watershed (Bolivia). **Journal of Fish Biology**, v. 68, n. 1, p. 137-156, 2006.
- RIETZLER, A. C. et al. Produção Secundária das Espécies do Zooplâncton do Reservatório de Salto Grande, Estado de São Paulo. **Reservatório de Salto Grande (Americana, SP): Caracterização, Impactos e Propostas de Manejo**, v. 1, p. 199-219, 2004.
- ROSA, P.P.L.; QUEROL, E.; KOENEMANN, G.J. Aspectos ecológicos de cochliopidae e lithoglyphidae (mollusca, gastropoda) do arroio felizardo, bacia do rio uruguai médio, pampa brasileiro (dados parciais). **Biodiversidade pampeana**, v.8, n.1, p.7-13, 2010.
- SANTOS, A. C. A. Ecologia alimentar do mole, *Trachelyopterus galeatus* Linnaeus, 1766 (Siluriformes, Auchenipteridae), em trechos inferiores dos rios Santo Antônio e São José (Chapada Diamantina, Bahia). **Sitientibus, Série Ciências Biológicas**, v. 5, n.2, p. 93-98, 2005.
- SCHINDLER, D. I E.; LUBETKIN, S. C. Using stable isotopes to quantify material transport in food webs. **Food Webs at the Landscape Level. The University of Chicago Press, Chicago**, p. 25-42, 2004.
- SCHULZ, U. H.; NABINGER, V.; GOMES, L. P. Relatório Final do Projeto Monalisa. **Comitê de gerenciamento da bacia do Rio dos Sinos-COMITESINOS, São Leopoldo, RS, 18p.**, 2006.

- SEGURADO, P. et al. Estimating species tolerance to human perturbation: Expert judgment versus empirical approaches. **Ecological indicators**, v. 11, n. 6, p. 1623-1635, 2011.
- SILVEIRA, M. P.; DE QUEIROZ, J. F.; BOEIRA, R. C. **Protocolo de coleta e preparação de amostras de macroinvertebrados bentônicos em riachos**. Embrapa Meio Ambiente, 2004.
- SILVA, C. C. da; FERREIRA, E. J. G.; DEUS, C. P. de. Dieta de cinco espécies de Hemiodontidae (Teleostei, Characiformes) na área de influência do reservatório de Balbina, rio Uatumã, Amazonas, Brasil. **Iheringia, Série Zoologia**, v. 98, n. 4, p. 465-68, 2008.
- TESCH, F. W. 1971. Age and growth. *In*: RICKER, W. E. ed. **Methods for assessment of fish production in fresh waters**. Oxford, Blackwell Scientific Publications. 348p.
- THOMPSON, R. M.; TOWNSEND, C. R. Energy availability, spatial heterogeneity and ecosystem size predict food-web structure in streams. **Oikos**, v. 108, n. 1, p. 137-148, 2005.
- TUNDISI, J. G; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 631 p.
- UIEDA, V. S.; MOTTA, R. L Trophic organization and food web structure of southeastern Brazilian streams: a review. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.19, n.1, p.15-30, 2007
- UIEDA, V. S.; PINTO, T. L. F. Feeding Selectivity of Ichthofauna in a Tropical Stream: Space-time Variations in Trophic Plasticity. **Community Ecology**, v. 12, n.1, p. 31-39, 2011.
- VANNI, M. J. Nutrient cycling by animals in freshwater ecosystems. **Annual Review of Ecology and Systematics**, p. 341-370, 2002.
- VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G.W.; CUMMINS, K.W.; SEDELL, J.R.; CUSHING, C.E. The river continuum concept. **Canadian Journal of Fisheries Aquatic Sciences**, v. 37, p.130-137, 1980.
- VAZ, M. M. et al. The dietary regime of detritivorous fish from the River Jacare Pepira, Brazil. **Fisheries Management and Ecology**, v. 6, n. 2, p. 121-132, 1999.
- WEATHERLEY, A. H. **Growth and ecology of fish populations**. London: Academic Press, 1972.
- WOLFF, L. L. et al. Spatial, seasonal and ontogenetic variation in the diet of *Astyanax aff. fasciatus* (Ostariophysi: Characidae) in an Atlantic Forest river, Southern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 7, n. 2, p. 257-266, 2009.

WOLFF, L.; CARNIATTO, N.; HAHN, N. S. Longitudinal use of feeding resources and distribution of fish trophic guilds in a coastal Atlantic stream, southern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 11, n. 2, p. 375-386, 2013.

WOOTTON, R.J. **Ecology of teleost fishes**. New York: Chapman & Hall, 1990.  
ZAVALA-CAMIN, L. A. Introdução aos Estudos sobre Alimentação Natural de Peixes. EDUEM, Maringá, 1996

ZENI, J. O.; CASATTI, L. The influence of habitat homogenization on the trophic structure of fish fauna in tropical streams. **Hydrobiologia**, v. 726, n. 1, p. 259-270, 2014.

ZIPPIN, C. The removal method of population estimation. **Journal of Wildlife Management**, v. 22, p. 82-90, 1958.