

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

**ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE INVERTEBRADOS  
AQUÁTICOS EM ARROZAIIS DO RIO GRANDE DO SUL**

Cristina Stenert

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de doutor em ciências, área de concentração em Ecologia e Recursos Naturais.

São Carlos, 2009

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

S825ec

Stenert, Cristina.

Estrutura da comunidade de invertebrados aquáticos em  
arrozais do Rio Grande do Sul / Cristina Stenert. -- São  
Carlos : UFSCar, 2009.  
205 f.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos,  
2009.

1. Macroinvertebrados bentônicos. 2. Arroz - plantio. 3.  
Diversidade biológica. 4. Manejo de ecossistemas. 5.  
Conservação da natureza. 6. Dormência. I. Título.

CDD: 574.522 (20<sup>a</sup>)

**Cristina Stencrt**

**ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE INVERTEBRADOS AQUÁTICOS EM  
ARROZAIIS DO 'RIOGRANDE DO SUL**

Tese apresentada à Universidade Federal de São Carlos, conio parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências.

**Aprovada** em 17 de fevereiro de 2009

**BANCA EXAMINADORA**

Presidente



Profa. Dra. Odete Rocha  
(Orientadora)

1º Examinador




Profa. Dra. Susana Trivinho Strixino  
PPGERN/UFSCar

2º Examinador



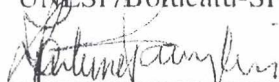
Prof. Dr. Marcel Okainoto Tanaka  
PPGERN/UFSCar

3º Examinador

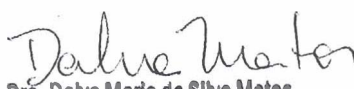


Prof. Dr. Raoul Henry  
UNESP/Botucatu-SP

4º Examinador



Prof. Dr. Paulo Augusto Z. Pamplin  
UNIFAL/Poços de Caldas-MG



Profa. Dra. Dalva Maria da Silva Matos  
Coordenadora  
PPGERN/UFSCar

*Ao amor da minha vida, Leonardo*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a minha orientadora professora Dra. Odete Rocha, por todo apoio e confiança creditados a mim. Sou muito grata à professora Odete por ter me acolhido para dentro de seu universo profissional de muita seriedade e dedicação devotadas à construção do conhecimento científico.

Agradeço muito ao meu professor, co-orientador e amigo Dr. Leonardo Maltchik, ao qual meu crescimento profissional e também pessoal está diretamente relacionado. Muito obrigada por nortear e compreender meus pensamentos e idéias, por me incentivar e dar oportunidade de desenvolver conjuntamente pesquisas nas quais me sinto parte dessa complexa teia da vida.

Agradeço a minha família, pai, mãe, e irmãs, meu núcleo, minha origem, por todo apoio, por todo amor, e por estarem sempre, sempre do meu lado, acreditando e apostando no caminho que escolhi profissionalmente.

Agradeço a Ms. Ana Silvia Rolon, pela amizade sincera ao longo de todos esses anos de trabalho conjunto, demonstrada nas saídas de campo pelas áreas úmidas do Rio Grande do Sul e pelos arrozais e nas várias conversas pessoais e profissionais. Muito obrigada Aninha, de coração, por ter me estendido a mão sempre que precisei.

Agradeço aos meus colegas e amigos Roberta Cozer Bacca, Iberê Farina Machado, Carolina Mostardeiro, Ângela Peter, Edison Martins dos Santos e Cristina Baptista, que compartilharam desse projeto de alguma forma, dedicando muita energia nas nossas saídas de campo pelos arrozais, nas infinitas triagens em nosso laboratório e nas conversas sempre sinceras, que me certificaram que a união realmente faz a força.

Agradeço a todo pessoal do Laboratório de Ecologia e Conservação de Ecossistemas Aquáticos da Unisinos, o nosso tão querido “L.E.C.E.A.”, pelo carinho e amizade, e pelo caminho trilhado juntos.

Agradeço ao colega e amigo Alan Panatta, pela amizade, sinceridade e por ter me ajudado sempre, seja nas identificações das larvas de Chironomidae coletadas em meu projeto de tese, seja durante todo o período anterior que conviveu conosco no laboratório. Querido Alan, essa tese teve sua participação e mando boas energias e meu profundo agradecimento a ti.

Agradeço também à Ms. Suzana Maria Fagundes de Freitas, do Laboratório de Invertebrados Bentônicos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela grande ajuda na identificação das larvas de Chironomidae e dos ostracodes.

Agradeço a todos os especialistas que auxiliaram na identificação dos diferentes grupos taxonômicos de macroinvertebrados: Dra. Mercedes Marchese pela identificação da Classe Oligochaeta, Dra. Georgina Bond Backup, pela identificação da família Hyalellidae, Dra. Alaíde Aparecida Fonseca Gessner, pela identificação da Ordem Coleoptera, Dr. Wagner E. P. Avelar, pela identificação da família Sphaeriidae, bióloga Emanuela Cristina de Freitas, pela identificação dos microcrustáceos (Copepoda e Cladocera), Ms. Márcia Spies e Ms. Ana Emília Siegloch, pela identificação dos Trichoptera e Ephemeroptera, Ms. Luiz Onofre Irineu de Souza, pela identificação das náíades de Odonata e a Ms. Carolina C. Mostardeiro, pela identificação das esponjas de água doce.

Agradeço às colegas Ana Lucia Suriani, Roberta S. França e Emanuela Cristina de Freitas, pelo carinho e hospitalidade que sempre demonstraram a mim.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos, por todo apoio estrutural para a concretização deste projeto.

Agradeço à Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, por todo o apoio logístico para realização desse trabalho.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Brasil (CNPq), pelo financiamento do projeto de pesquisa (471844/2004-7) e pela concessão de bolsa de doutorado (140288/2006-6),

Agradeço a Deus, por me dar energia e força espiritual para a realização desta importante etapa da minha vida.



## **APRESENTAÇÃO**

A presente tese está construída de forma a facilitar a publicação dos resultados obtidos neste estudo. Primeiramente, apresenta-se uma introdução geral com três principais tópicos: ecologia de áreas úmidas, ecologia de arrozais e ecologia de macroinvertebrados aquáticos, destacando aspectos conceituais e ecológicos relevantes destes ecossistemas, e as principais características desta comunidade biológica. Posteriormente, foram descritos os objetivos e as hipóteses dessa tese, e a metodologia geral explicando como esses objetivos foram alcançados. O item referente aos resultados foi redigido na forma de quatro artigos científicos para facilitar a publicação em revistas científicas especializadas após a banca examinadora apresentar suas correções e sugestões. Neste sentido, da forma em que a tese está estruturada, faz-se necessário salientar que muitas informações referentes à área de estudo e metodologia repetir-se-ão no transcorrer dos quatro artigos. As conclusões gerais e as considerações finais do presente estudo estão fundamentadas nos resultados encontrados e discutidos nos artigos científicos.

## SUMÁRIO

<b>Resumo</b> .....	1
<b>Abstract</b> .....	2
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	3
Ecologia de áreas úmidas .....	3
Ecologia de arrozais .....	8
Ecologia de macroinvertebrados aquáticos .....	20
<b>2. OBJETIVOS E HIPÓTESES</b> .....	45
<b>3. METODOLOGIA GERAL</b> .....	48
<b>4. RESULTADOS</b> .....	63
<b>4.1. Diversidade de invertebrados em arrozais e canais de irrigação na Planície Costeira do Rio Grande do Sul</b> .....	63
Introdução .....	66
Material e Métodos .....	69
Resultados .....	73
Discussão .....	77
<b>4.2. Efeitos de diferentes práticas de manejo na conservação de macroinvertebrados em lavouras de arroz irrigado no Sul do Brasil</b> .....	100
Introdução .....	103
Material e Métodos .....	106
Resultados .....	111
Discussão .....	114
<b>4.3. O papel dos bancos de ovos e estruturas anabióticas na permanência de invertebrados aquáticos em arrozais no Rio Grande do Sul</b> .....	137

Introdução .....	140
Material e Métodos .....	143
Resultados .....	147
Discussão .....	150
<b>4.4. Dinâmica de macroinvertebrados aquáticos em canais de irrigação de lavouras de arroz na Planície Costeira do Rio Grande do Sul .....</b>	<b>167</b>
Introdução .....	170
Material e Métodos .....	173
Resultados .....	177
Discussão .....	181
<b>5. CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>202</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>205</b>

## RESUMO

As áreas úmidas são ecossistemas prioritários para a conservação em vista de sua grande diversidade biológica e produtividade, além de suas inúmeras funções e valores. No Sul do Brasil, dados conservativos apontam que aproximadamente 90% das áreas úmidas originais já foram destruídas principalmente devido à expansão agrícola, especialmente de lavouras de arroz irrigado. Por outro lado, o arroz é o cereal mais importante cultivado em países em desenvolvimento, sendo o principal alimento para mais da metade da população mundial. Além disso, uma alta diversidade de espécies de plantas e animais tem sido encontrada nessas áreas agrícolas. O objetivo geral deste estudo foi avaliar a estrutura e a diversidade de macroinvertebrados em lavouras de arroz e em canais de irrigação nas diferentes fases hidrológicas do ciclo de cultivo em uma importante região orizícola do Rio Grande do Sul, visando a conservação da biota nestes agroecossistemas. Foram realizadas seis coletas ao longo de um ciclo de cultivo (junho de 2005 a junho de 2006) em seis lavouras de arroz e quatro canais de irrigação na Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Foram obtidas amostras quantitativas de macroinvertebrados utilizando o amostrador do tipo core inserido nos 10 cm superficiais do sedimento, e amostras qualitativas, utilizando uma rede de mão. Os principais resultados obtidos foram: as amostragens resultaram em um total de 26.579 indivíduos distribuídos em 119 táxons de invertebrados coletados nas lavouras de arroz e canais de irrigação; a manutenção de lavouras de arroz com água e sem água no período de resteva favorece o estabelecimento de um maior número de táxons de macroinvertebrados dentro da paisagem agrícola; as lavouras de arroz irrigado são capazes de armazenar e manter viáveis os bancos de ovos e outras estruturas de resistência de invertebrados aquáticos ao longo de seu ciclo de cultivo; e os canais de irrigação funcionam também como habitats para a comunidade de macroinvertebrados aquáticos, auxiliando na manutenção da biodiversidade aquática nessas áreas agrícolas. Esses resultados podem ser utilizados em planos de manejo que busquem conciliar a produção agrícola com a conservação da biodiversidade no Rio Grande do Sul.

**Palavras-chave:** biodiversidade, macroinvertebrados bentônicos, cultivo de arroz, manejo de agroecossistemas, conservação de áreas úmidas.

## **ABSTRACT**

Wetlands are priority ecosystems for conservation due to their vast biological diversity and productivity, besides their many functions and value. In southern Brazil conservative data show that about 90% of the original wetlands are already destroyed due to agricultural expansion, mainly the irrigated rice fields. On the other hand, rice is the most important cereal grown in developing countries, being the main food source for more than half of the world population. Also, a high diversity of plants and animals has been found in these agricultural areas. The main goal of this study was to assess the structure and diversity of macroinvertebrates in rice fields and irrigation canals over the different hydrological phases of the cultivation cycle in an important rice cultivation area in Rio Grande do Sul to preserve the biota in these agroecosystems. Six collections were carried out along a cultivation cycle (June 2005 – June 2006) in six rice fields and four irrigation canals in the Coastal Plain of Rio Grande do Sul. Quantitative samples of macroinvertebrates were obtained with a corer inserted 10 cm deep into the sediment, and also qualitative samples with a kick net. The main results obtained were: a total of 26,579 individuals assigned into 119 invertebrate taxa were collected in rice fields and irrigation canals; the maintenance of the dry fields and the flooded fields in the fallow phase favors the setting of a greater amount of macroinvertebrate taxa in the agricultural landscape; the irrigated rice fields can store and keep egg banks and other resistance structures of aquatic invertebrates viable along their cultivation cycle, and the irrigation canals work as habitats for the aquatic invertebrate community, thus assisting to keep the aquatic diversity in these agricultural areas. These results can be used in management plans which aim at reconciling agricultural production and biodiversity conservation in Rio Grande do Sul.

**Key-words:** biodiversity, benthic macroinvertebrates, rice cultivating, agroecosystem management, wetland conservation.

# 1. INTRODUÇÃO GERAL

## **Ecologia de áreas úmidas**

### *Definição, classificação e funções*

As áreas úmidas foram internacionalmente definidas pela Convenção de Ramsar em 1971 como sendo: “extensões de brejos, pântanos e turfeiras, ou superfícies cobertas de água, sejam de origem natural ou artificial, permanentes ou temporárias, estancadas ou correntes, doces, salobras ou salgadas, incluídas as extensões de água marinha cuja profundidade na maré baixa não exceda os seis metros”. Nos Estados Unidos, as definições de “áreas úmidas” propostas pelo “Fish and Wildlife Service” e pelo “National Research Council” reconheceram o regime hidrológico, a vegetação aquática e os solos hidromórficos como os principais indicadores ambientais utilizados na identificação das áreas úmidas. Além disso, a definição proposta pelo “National Research Council” considera diversos grupos de animais, além da vegetação aquática, como sendo indicadores desses ecossistemas (National Research Council, 1995). A diversidade de ambientes que caracterizam as “áreas úmidas” (rios, lagoas, turfeiras, mangues, corais, banhados, etc.) e a multiplicidade de termos atribuídos a um mesmo tipo de ecossistema (brejo, alagado, charco, banhado) evidenciam a necessidade de se estabelecer um sistema de classificação para as áreas úmidas.

A classificação das áreas úmidas é fundamental para a realização de inventários, implantação de programas de conservação e elaboração de ações de manejo para esses ecossistemas e sua biota (Tiner, 1999). O processo de classificação, basicamente, consiste em agrupar, através de critérios específicos, as áreas úmidas em categorias similares. A

vegetação aquática, as características hidrológicas e os tipos de solo têm sido os principais critérios utilizados para agrupar as áreas úmidas em categorias similares (Tiner, 1999). Vários países elaboraram classificações para suas áreas úmidas, tais como, Estados Unidos (Brinson, 1993), Canadá (Zoltai et al., 1975; Tarnocai, 1980), Austrália (Paimans et al., 1985; Semeniuk, 1987), Índia (Gopal & Sah, 1995) e China (Lu, 1995). Uma classificação de caráter internacional proposta pela Convenção de Ramsar (1990) teve como objetivo estabelecer um sistema de classificação que contemplasse os diferentes tipos de áreas úmidas do mundo, incluindo sistemas artificiais, tais como as lavouras de arroz irrigado. No Brasil, as classificações adotadas necessitam de critérios ecológicos que diferenciem as inúmeras classes de áreas úmidas, evitando a utilização de terminologias regionais. Maltchik et al. (2004) propuseram um sistema de classificação hierárquica para as áreas úmidas do Rio Grande do Sul baseado na comunidade de plantas aquáticas a fim de suprir a extrema carência de definições relacionadas à classificação de áreas úmidas no Brasil.

As áreas úmidas são importantes ecossistemas para proteção da biodiversidade, pois apresentam grande riqueza de espécies, incluindo aves, mamíferos, répteis, anfíbios, peixes e invertebrados, além de diversas espécies de plantas aquáticas (Getzner, 2002). Além disso, são fontes de recursos naturais para a humanidade e estão entre os ecossistemas mais produtivos e de maior importância ecológica do planeta (Barbier et al., 1997; Mitsch & Gosselink, 2000). A alta produtividade das áreas úmidas proporciona o estabelecimento de uma rica biota, exclusiva destes ecossistemas (Gibbs, 2000). Além de sua grande diversidade biológica e produtividade, as áreas úmidas possuem inúmeras funções e valores reconhecidos internacionalmente, tais como, armazenamento e purificação da água, controle de inundações, recarga e descarga de aquíferos, agricultura, energia, pesquisa e recreação (Ramsar Convention on Wetlands, 2009). Nesse sentido, as

áreas úmidas são ecossistemas prioritários para a conservação (Davis et al., 1996; Smart, 1996).

### *Inventário, perda e conservação das áreas úmidas no mundo*

Os inventários de áreas úmidas determinam o número preciso e as classes de áreas úmidas existentes em uma determinada região, bem como a localização, extensão, distribuição e as características ecológicas, econômicas e culturais desses ecossistemas. No entanto, pouco se conhece sobre a extensão global e o estado de conservação das áreas úmidas. As informações geradas em inventários de ampla escala espacial ainda permanecem dispersas, dificultando a sua atualização (Hughes, 1995; Scott & Jones, 1995; Finlayson & Davidson, 1999). A carência de dados e a dificuldade de acesso às informações disponíveis são os principais fatores que inviabilizam estimar com segurança a extensão global ou regional das áreas úmidas. Inicialmente estimava-se que existiam entre 5,3 a 9,7 milhões de km<sup>2</sup> de áreas úmidas, mas análises mais recentes mostraram que existem no mínimo 12,8 milhões de km<sup>2</sup> (Finlayson et al., 1999; Spiers, 2001). A discrepância entre os valores estimados pode ser atribuída a muitos fatores, tais como diferenças na definição de áreas úmidas, nos propósitos dos inventários, metodologia usada para reunir e interpretar os dados, escala das análises e dificuldade no acesso aos dados já existentes (Finlayson & Davidson, 1999). Deste total, cerca de mais da metade das áreas úmidas (56%) encontra-se nas regiões tropicais e subtropicais (Mitsch & Gosselink, 2000).

Dugan (1993) estimou que cerca de 50% das áreas úmidas originais da Terra foram perdidas. A Nova Zelândia e muitos países da Europa perderam mais de 90% de suas áreas úmidas originais (Dugan, 1993). Exemplos de países que perderam mais de 50% de suas áreas úmidas são os Estados Unidos (53%) (Dahl, 1990), o Canadá (65 – 80%) (National



Wetlands Working Group, 1988), a Austrália (> 50%) (Australian Nature Conservation Agency, 1996) e a China (60%) (Lu, 1995). Com mais de 70% da população mundial vivendo em regiões costeiras, as áreas úmidas existentes nestas regiões vêm sendo destruídas devido ao desenvolvimento urbano, à poluição e a outras atividades humanas. Sob o ponto de vista da conservação, as áreas úmidas encontram-se ainda entre os ecossistemas mais degradados e vulneráveis do planeta (Amezaga et al., 2002). Entretanto, instituições governamentais e científicas foram responsáveis pela crescente valorização destes ecossistemas em nível mundial. Esta mudança ocorreu devido a uma melhor compreensão não apenas de sua importância biológica, mas também de suas funções sociais, econômicas e culturais (De Groot, 1992).

A “Convenção sobre as Áreas Úmidas de Importância Internacional especialmente como Hábitat de Aves Aquáticas” foi um dos primeiros tratados de caráter intergovernamental global sobre a conservação e o uso racional dos recursos naturais e provavelmente um dos mais importantes, principalmente para os ecossistemas aquáticos naturais. Esta convenção foi realizada em 1971 na cidade iraniana de Ramsar (Frazier, 1996; Davis et al., 1996; Barbier et al., 1997). Uma das motivações originais para o estabelecimento da Convenção de Ramsar foi a preocupação que surgiu no início da década de 1960 em relação ao declínio das populações de aves aquáticas e de seus habitats, juntamente com um reconhecimento do valor das áreas úmidas para todas as formas de vida (Davis et al., 1996). O principal propósito dessa convenção foi o de fomentar a conservação e o uso sustentável das áreas úmidas por meio de ações nacionais e cooperação internacional, para atingir o desenvolvimento sustentável no mundo (Davis et al., 1996).

O Brasil ratificou a Convenção de Ramsar em 24 de setembro de 1993, tendo sido promulgada pelo Decreto nº 1.905 de 16 de maio de 1996. A Secretaria de Biodiversidade

e Florestas do Ministério do Meio Ambiente atua como autoridade administrativa desta Convenção no Brasil e tem como compromisso, junto ao Comitê Nacional de Zonas Úmidas, coordenar, nacionalmente, a sua implementação. Até 2008 foram instituídos oito sítios no Brasil que integram a “Lista de Áreas Úmidas de Importância Internacional” (Artigo 2.1 da Convenção de Ramsar). Em ordem cronológica de designação, são eles (Ministério do Meio Ambiente, 2009):

- 1) Parque Nacional da Lagoa do Peixe (RS), instituído em 24/05/1993, com área de 34.400 ha;
- 2) Parque Nacional do Pantanal Mato-grossense (MT), instituído em 24/05/1993, com área de 135.000 ha;
- 3) Parque Nacional do Araguaia – Ilha do Bananal (TO), instituído em 04/10/1993, com área de 562.312 ha;
- 4) Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (AM), instituída em 04/10/1993, com área de 1.124.000 ha;
- 5) Área de Proteção Ambiental das Reentrâncias Maranhenses (MA), instituída em 30/11/1993, com área de 2.680.911 ha;
- 6) Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense (MA), instituída em 29/02/2000, com área de 1.775.036 ha;
- 7) Parque Estadual Marinho do Parcel Manuel Luiz (MA), instituído em 29/02/2000, com área de 34.556 ha;
- 8) Reserva Particular do Patrimônio Natural SESC Pantanal (MT), instituída em 06/12/2002, com área de 87.871 ha.

No Rio Grande do Sul, muitas unidades de conservação protegem áreas úmidas relevantes, podendo-se destacar: Parque Estadual do Itapuã, Parque Estadual do Camaquã, Parque Estadual do Tainhas, Reserva Biológica do Mato Grande, Reserva Biológica do

Banhado São Donato, Área de Proteção Ambiental do Delta do Jacuí, Estação Ecológica do Taim, Reserva Ecológica do Banhado Grande/Banhado do Chico Lomã, e Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos (Widholzer et al., 1987; Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul, 2009). Embora muitas áreas úmidas no Rio Grande do Sul estejam sob proteção legal dentro de unidades de conservação, estima-se que 90% destes ecossistemas foram destruídos no estado, principalmente devido à expansão agrícola e urbanização.

## **Ecologia de arrozais**

### *Histórico do cultivo do arroz e tipos de ambientes cultivados com o arroz no mundo*

As lavouras de arroz irrigado eram, em sua grande maioria, áreas úmidas naturais que foram modificadas para produção de grãos. Nesse sentido, a orizicultura constitui atualmente uma das principais atividades humanas responsáveis pelo desaparecimento das áreas úmidas naturais. Por outro lado, a produção de arroz constitui a mais antiga forma de agricultura intensiva desenvolvida pelo homem (Fernando, 1977), sendo a principal fonte de cereais para mais da metade da população mundial, principalmente de países em desenvolvimento (Juliano, 1993; Roger, 1996; FAO, 1999). Sabe-se que pelo menos duas espécies de arroz foram domesticadas pelo homem desde tempos pré-históricos: a espécie asiática *Oryza sativa* e a espécie africana *Oryza glaberrima* (Heckman, 2005). A espécie asiática *Oryza sativa*, amplamente distribuída ao redor de todo o mundo foi domesticada inicialmente na região da Indochina, sendo cultivada independentemente na China, Índia e Indonésia, e originando conseqüentemente três variedades do arroz asiático: 1) *Oryza sativa sinica*; 2) *Oryza sativa indica*; e 3) *Oryza sativa javanica*, respectivamente (Juliano,

1993). Evidências históricas indicam que as variedades tropical (*indica*) e temperada (*sinica*) do arroz asiático têm sido cultivadas em regiões da China há pelo menos 7.000 anos (Chang, 1985). A espécie *Oryza glaberrima* foi domesticada na África e tem sido cultivada há 5.500 anos (Chang, 1976).

Os ambientes onde o arroz é cultivado variam marcadamente dentro e entre diferentes países. O Instituto Internacional de Pesquisas do Arroz (“International Rice Research Institute - IRRI”) identificou quatro categorias de ambientes cultivados com o arroz no mundo de acordo com a necessidade de água, drenagem, temperatura, tipo de solo e topografia:

- 1) “Irrigated rice ecosystem”: Lavouras de arroz irrigadas em que existe a necessidade de água durante todo o período de crescimento do arroz, com profundidade da coluna d’água mantida entre 5 e 10 cm. Aproximadamente 55% da área cultivada com arroz são de lavouras irrigadas, que contribuem com 75% da produção mundial;
- 2) “Rainfed lowland rice ecosystem”: Lavouras localizadas em topografia plana ou ligeiramente inclinada que dependem da água da chuva para o crescimento do arroz; o suprimento de água é descontínuo e a profundidade da coluna d’água não é controlada, podendo variar de 1 a 50 cm. Cerca de 25% da área cultivada com arroz no mundo caracterizam esse tipo de lavoura, contribuindo com 17% da produção mundial;
- 3) “Upland rice ecosystem”: Lavouras localizadas em terreno com inclinação acentuada, o que lhes confere a característica de não acumularem água na superfície do solo. Aproximadamente 12% da área cultivada com arroz no mundo são lavouras que apresentam essas características; e

- 4) “Flood-prone rice ecosystem”: Lavouras propensas a inundações naturais devido à localização ser próxima de zonas costeiras e estuários (flutuações de marés) ou por estarem localizadas em planícies, podendo ficar inundadas em profundidades de até 3 m. Cerca de 8% da área cultivada com arroz no mundo são de lavouras influenciadas por inundações naturais.

*Distribuição geográfica das lavouras de arroz e a produção e o consumo do cereal no mundo*

As lavouras de arroz estão distribuídas atualmente em 100 países ao longo de todos os continentes, exceto Antártida, e desde o nível do mar até altitudes de 3.000 m (Juliano, 1993; Pathak & Khan, 1994). De acordo com dados da “Food and Agriculture Organization of the United Nations”, a produção mundial de arroz no ano de 2007 foi de mais de 650 milhões de toneladas, em uma área de aproximadamente 156 milhões de hectares e com uma produtividade média de 4,15 toneladas por hectare (FAOSTAT, 2008). A Ásia destaca-se por ser o maior produtor e consumidor de arroz do mundo, responsável por 90% da produção mundial total, sendo a China e a Índia os dois países que mais produzem arroz, correspondendo a aproximadamente 50% da produção mundial (FAOSTAT, 2008; CGIAR, 2008). A América do Sul está classificada como a segunda maior produtora e a terceira maior consumidora de arroz do mundo. O arroz tem grande parte da sua produção consumida localmente, pois os maiores produtores são também os maiores consumidores do cereal, como é o caso da China, Índia e Indonésia (Azambuja et al., 2004). A média de consumo mundial de arroz per capita/ano é de 85 kg, sendo que o maior consumo de arroz per capita/ano é de 125,6 kg na Ásia e o menor consumo é de 6,6 kg de arroz per capita/ano na Europa (Azambuja et al., 2004).

O arroz é uma das mais importantes culturas anuais produzidas no Brasil, representando 15% a 20% do total de grãos colhidos no país. Em vista disso, o Brasil é atualmente o nono produtor mundial de arroz, produzindo cerca de 11 milhões de toneladas (IBGE, 2008). Segundo o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a produção de arroz referente à safra de 2008 teve um aumento de 8,5% em relação à safra do ano anterior. No Brasil, o arroz é cultivado através de dois sistemas: de várzea (irrigado) e de terras altas (sequeiro) (Azambuja et al., 2004). A região que se destaca na produção de arroz de terras altas é a Região Centro-Oeste (43%), seguida das Regiões Nordeste (25,3%) e Norte (21,8%). A produtividade média brasileira alcançada por este sistema de cultivo é de aproximadamente 2 toneladas por hectare. Entretanto, com a introdução de novas variedades de arroz de sequeiro adaptadas ao Brasil Central, como por exemplo, o arroz do tipo longo fino (agulhinha), a produtividade média pode atingir 4 toneladas por hectare. O sistema de cultivo de arroz em várzea (irrigado), tradicionalmente praticado na Região Sul do Brasil, contribui com 68% da produção nacional. A produtividade média do sistema irrigado atinge, no Brasil, 5,6 toneladas por hectare (Azambuja et al., 2004).

O Rio Grande do Sul contribui com aproximadamente 77% do arroz cultivado pelo sistema irrigado no Brasil, seguido dos Estados de Santa Catarina (12,8%) e Tocantins (2,5%). A lavoura de arroz irrigado é a principal cultura no Rio Grande do Sul, participando com 40% da produção gaúcha de grãos e sua safra compara-se à safra média de países como Austrália, Japão e EUA (Azambuja et al., 2004). Tradicionalmente cultivado no Estado, o arroz irrigado ocupou na safra de 2005/2006, mais de 1 milhão de hectares de área plantada, com uma produção total de 6,8 milhões de toneladas e com um rendimento médio de 6,6 toneladas por hectare (IRGA, 2006). Segundo a classificação utilizada pelo Instituto Riograndense do Arroz (IRGA), o Rio Grande do Sul está dividido

em seis regiões orizícolas: 1) Litoral Sul; 2) Planície Costeira externa à Laguna dos Patos; 3) Planície Costeira interna à Laguna dos Patos; 4) Depressão Central; 5) Fronteira Oeste e; 6) Campanha. Destas, a região que apresenta maior área de cultivo e produção de arroz irrigado é a Fronteira Oeste (28,7% da área total do Estado e 32,7% da produção), seguida da Campanha (17,2% da área e 17,6% da produção) e Depressão Central (15,9% da área e 16,3% da produção) (Azambuja et al., 2004). As regiões orizícolas correspondentes à Planície Costeira externa e interna à Laguna dos Patos compreenderam na safra 2005/2006 uma área cultivada equivalente a 254.953 hectares (24,7% da área total cultivada no RS) (IRGA, 2006).

#### *Estrutura física e sistemas de cultivo de arroz irrigado*

A estrutura da lavoura orizícola é definida pelos canais, drenos e estradas internas de transportes que determinam os módulos de produção, comumente denominados de quarteirões. O sistema de irrigação consiste basicamente na existência de um simples canal na parte mais alta do terreno e de um dreno na parte mais baixa (Parfitt et al., 2004). No Rio Grande do Sul, o processo de sistematização das lavouras de arroz irrigado, no qual a superfície do terreno é transformada em planos sem declive denominados de “cota zero”, oferece vários benefícios à lavoura orizícola, entre os quais se podem destacar: o menor consumo de água e a maior eficiência no uso de máquinas e na aplicação de insumos (Parfitt et al., 2004). Além disso, a sistematização favorece a introdução de outras culturas, como o milho, a soja e o sorgo, em função da melhoria das condições de drenagem e da possibilidade de se irrigar com maior facilidade (Parfitt et al., 2004). O controle de plantas daninhas e de insetos considerados pragas da cultura do arroz, como a pulga-do-arroz (*Chaetocnema* sp.), a lagarta-da-folha (*Spodoptera frugiperda*), o cascudo-preto

(*Euethiola humilis*) e a bicheira-da-raiz (*Oryzophagus oryzae*), torna-se mais eficiente quando as lavouras de arroz são sistematizadas.

As lavouras de arroz irrigado são cultivadas sob diferentes sistemas, sendo que os principais são: convencional, plantio direto, cultivo mínimo, pré-germinado, orgânico e biodinâmico. No sistema convencional ou tradicional de cultivo do arroz irrigado, o processo de preparo do solo baseia-se em intensa mecanização (Dernadin, 1992). O sistema convencional envolve os preparos primário e secundário do solo, em que é realizada a incorporação de herbicidas para eliminação de plantas daninhas e restos de culturas, além de atividades relacionadas ao nivelamento do terreno e destorroamento do solo. Posteriormente ocorre a semeadura do arroz e a irrigação 20 a 35 dias após a emergência das plântulas (Verneti & Gomes, 2004). O sistema de cultivo convencional é utilizado em aproximadamente 41,4% da área plantada com arroz irrigado no Rio Grande do Sul.

Os sistemas de plantio direto e cultivo mínimo são sistemas conservacionistas de manejo do solo e surgiram em função da degradação crescente dos solos cultivados em regiões tropicais e subtropicais (Gomes et al., 2004). Nesses sistemas, a semeadura do arroz ocorre com um mínimo de movimentação do solo e sob a resteva de uma cultura anterior, pastagem ou flora de sucessão, dessecadas com herbicida de ação total (Gomes et al., 2004). O sistema de plantio direto inclui ainda a combinação de outras práticas agrícolas, como a rotação de culturas. A implementação dos sistemas de cultivo mínimo e plantio direto nas lavouras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul ocorreu inicialmente como uma alternativa para minimizar o problema da constante infestação das lavouras pelo arroz-vermelho, ocupando atualmente 47,5% da área total cultivada com arroz irrigado no estado.



O sistema pré-germinado de cultivo do arroz é adotado em 90% da área cultivada na Europa, em 30% da área nos Estados Unidos e em 20% da área cultivada com arroz irrigado no Brasil. O Estado de Santa Catarina apresenta 98% de sua área cultivada através do sistema pré-germinado (Petrini et al., 2004). Nesse sistema as sementes são previamente germinadas e lançadas em quadros nivelados e totalmente inundados. No Rio Grande do Sul, o sistema de cultivo com sementes pré-germinadas caracteriza 11,1% da área total cultivada com o arroz irrigado, e vem sendo intensificado em toda a região arroseira do estado, atingindo mais de 90 municípios produtores em uma área total superior a 102.000 ha (Petrini et al., 2004).

Os sistemas de produção orgânica e biodinâmica de arroz irrigado devem ser realizados sem o uso de agrotóxicos e fertilizantes sintéticos, e devem incluir a rotação de culturas e o uso de esterco animal e restos vegetais como fertilizantes (Mattos, 2007). Além disso, a utilização de preparados biodinâmicos que são, em sua maioria, plantas medicinais submetidas a processos especiais de fermentação, é fundamental na produção biodinâmica. A oferta de produtos saudáveis, o cuidado com a terra (meio ambiente) e a oportunidade de desenvolvimento humano a todos os envolvidos com o trabalho de produção são os principais requisitos para o arroz irrigado ser enquadrado dentro das categorias orgânica e biodinâmica (Altieri, 1989; Steiner, 2000). No Rio Grande do Sul existem alguns exemplos do cultivo bem sucedido de arroz irrigado biodinâmico, como no município de Sentinela do Sul, onde o proprietário obtém uma produtividade média de 7 t/ha, sem qualquer aporte de nutrientes externos.

## *O cultivo de arroz irrigado e os conflitos com a conservação ambiental*

A agricultura, através da irrigação, é a atividade que mais consome água em nível mundial. Essa atividade utiliza cerca de 70% da água derivada de rios, lagos e mananciais subterrâneos, enquanto a indústria consome 23% e o abastecimento humano, 7% (Gomes et al., 2004). A cultura do arroz irrigado, por submersão do solo, necessita de 1.900 a 5.000 litros de água para produzir 1 kg de grãos, estando entre as culturas mais exigentes em termos de recursos hídricos (Gomes et al., 2004). Além dos efeitos benéficos diretos da saturação do solo para a cultura do arroz, a manutenção de uma lâmina de água sobre a superfície do solo exerce uma função termorreguladora. Essa função termorreguladora da lâmina de inundação é essencial em dias que apresentem temperaturas abaixo de 15°C, principalmente durante a fase reprodutiva da cultura, evitando a redução na fertilidade (Zaffaroni & Tavares, 2009).

A irrigação das lavouras de arroz no Rio Grande do Sul é realizada através do sistema de submersão do solo, sendo que a água utilizada é captada, principalmente, de rios, açudes, lagoas e barragens (fontes de suprimento) (Gomes et al., 2004). O processo de captação e condução da água em 43% das propriedades cultivadas com o arroz irrigado no estado é feito por gravidade. Nas demais propriedades, a captação é feita com a utilização de conjuntos motor-bomba, alimentados com diesel (56%) ou energia elétrica (44%), sendo a condução posterior da água feita por gravidade, através de canais (Gomes et al., 2004).

Fatores como a variedade cultivada, o relevo, o tipo de solo, o clima, e a forma de manejo da água, afetam a quantidade de água necessária para a irrigação do arroz, que pode chegar a 17.000 m<sup>3</sup>/ha. Do total de água utilizada em 1 hectare para produção de arroz, 40 a 50% são usados na evapotranspiração do cultivo sendo que os restantes 50 a

60% retornam ao ciclo hidrológico através da percolação e fluxo sub-superficial ou através da água de drenagem. Uma quantidade considerável de água volta ao ciclo hidrológico levando resíduos de pesticidas aos ecossistemas aquáticos, os quais ainda não têm sido avaliados em relação ao impacto, a longo prazo, no meio ambiente (Zaffaroni & Tavares, 2009).

No Rio Grande do Sul, em condições adequadas de solo, relevo e manejo de água a eficiência da irrigação por submersão pode atingir valores em torno de 60%. Entretanto, considerando que a vazão unitária média adotada pelos agricultores fica em torno de 2,0 L/s/ha, verifica-se que a eficiência da irrigação atinge 40 a 45%. Em condições desfavoráveis de solo e relevo, com manejo incorreto, a eficiência de irrigação pode ficar abaixo de 30%. Isto implica em um consumo de água que é o dobro do que poderia ser alcançado em condições favoráveis, com atendimento às recomendações técnicas para a cultura. Além disso, o custo médio da irrigação nas últimas safras correspondeu a quase 15% do custo total de produção, sendo um dos fatores que mais contribuiu para onerá-lo (Gomes et al., 2004).

A estimativa de uso da água pela cultura de arroz no Rio Grande do Sul é de 15,5 bilhões de metros cúbicos (Zaffaroni & Tavares, 2009). Em vista dessa grande quantidade de água utilizada pela atividade de orizicultura no estado, a outorga do uso da água é um dos instrumentos que podem ser aplicados ao longo da implantação de sistemas de gerenciamento de recursos hídricos. A função da outorga é de ratear a água disponível entre as demandas existentes ou potenciais, de forma que os melhores resultados sejam gerados para a sociedade. A exigência de outorga para todos os usos da água que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água de um corpo hídrico está prevista no Brasil desde o “Código das Águas” (Decreto N° 24.643 de 1934), sendo confirmada pela “Lei das Águas” em 1997 (Política Nacional de Recursos Hídricos Lei Federal 9.433).

O arroz, como qualquer outra monocultura agrícola, está sujeito a inúmeros fatores ambientais que influenciam, direta ou indiretamente, no rendimento, qualidade e custo de produção. Dentre esses fatores, as plantas daninhas podem comprometer o crescimento, desenvolvimento e produtividade do arroz (Andres & Machado, 2004). Além das plantas consideradas infestantes nas lavouras de arroz, a ação de insetos também é um dos principais fatores que afetam a rentabilidade da orizicultura irrigada, por impedir o melhor aproveitamento do potencial produtivo das cultivares (Martins et al., 2004). Infelizmente, o manejo de pragas e doenças, de um modo geral, tem sido focado atualmente mais no aspecto econômico do que no ambiental (Barrigossi et al., 2004). Os agrotóxicos são biocidas raramente seletivos, atingindo tanto organismos considerados praga quanto aqueles que não são alvo de controle na lavoura (Conway & Pretty, 1991). No Brasil, o total de ingredientes ativos de agrotóxicos comercializados para uso no cultivo do arroz irrigado passou de 4.597 t, em 1997, para 3.146 t, em 2002, correspondente a uma redução de 31,6%. Desse total, 93,2% correspondeu à venda de herbicidas, 3,8% de fungicidas e 3% de inseticidas (Barrigossi et al., 2004).

A mitigação ou prevenção dos impactos negativos decorrentes da aplicação de agroquímicos em lavouras de arroz irrigado podem ocorrer através de melhores práticas de manejo que otimizem a quantidade de fertilizantes e pesticidas necessária para a cultura do arroz (Mattos, 2004). O método de aplicação do pesticida, a época de aplicação e o controle da irrigação são fatores que devem ser considerados quando os pesticidas apresentam características potenciais para perdas nas águas superficiais ou subterrâneas (Mattos, 2004). O impacto ambiental causada pela aplicação de agrotóxicos na fauna e flora silvestres de ecossistemas naturais próximos às lavouras ainda não é muito conhecido. Entretanto, alguns estudos têm demonstrado que herbicidas, tais como o glifosato, são extremamente tóxicos para bactérias e fungos, apresentando ainda, efeitos

adversos em alguns invertebrados do solo e peixes (Amarante et al., 2002). Além disso, a utilização excessiva de pesticidas pode repercutir negativamente na comunidade de invertebrados considerados benéficos para as lavouras de arroz (Simpson & Roger, 1995).

#### *Aspectos ecológicos das lavouras de arroz irrigado*

Durante o período de cultivo do arroz irrigado são utilizadas muitas práticas agrícolas relacionadas ao preparo do solo, aplicação de agroquímicos, irrigação e estabelecimento da cultura, além de perturbações naturais relacionadas a chuvas e inundações (Bambaradeniya & Amerasinghe, 2003). Essas perturbações, antrópicas e naturais, resultam em uma condição de instabilidade extrema em uma escala de tempo curta durante o ciclo de cultivo, mas relativamente estável em uma escala temporal longa (Watanabe & Roger, 1985). Embora a lavoura de arroz seja uma monocultura, um único ciclo de cultivo abrange três fases importantes: 1) aquática; 2) semi-aquática; e 3) terrestre (Fernando, 1995). Durante um ciclo de cultivo, a planta do arroz passa por diferentes estágios fenológicos, os quais podem ser combinados em três fases de crescimento: fase vegetativa (germinação da semente até o início da diferenciação da panícula), fase reprodutiva (início da diferenciação da panícula até a floração) e fase de maturação (início da maturação até a maturação total dos grãos). A fase aquática do ciclo de cultivo representa os estágios vegetativo e reprodutivo da planta do arroz, enquanto as fases semi-aquática e terrestre correspondem aos estágios de maturação do grão e à colheita do arroz (Bambaradeniya & Amerasinghe, 2003).

As lavouras de arroz irrigado têm algumas peculiaridades que as tornam interessantes para estudos ecológicos, uma vez que possuem limites físicos e ecológicos bem definidos, as dimensões são manejáveis em uma escala humana, apresentam muitas

variações físicas em um curto espaço de tempo e interações significativas entre componentes biológicos e abióticos (Forés & Comín, 1992). Nesse sentido, embora sejam sistemas espacialmente homogêneos, a ecologia dos arrozais é determinada por mudanças físicas, químicas e biológicas extremamente rápidas em uma escala temporal (Bambaradeniya & Amerasinghe, 2003).

As principais características ambientais das lavouras de arroz são determinadas pelas periódicas inundações, pela presença da planta do arroz, e pelas práticas agrícolas. O regime hidrológico tem sido apontado como o principal fator ambiental em áreas úmidas naturais e também em lavouras de arroz irrigado (Gosselink & Turner, 1978; Bambaradeniya & Amerasinghe, 2003). A origem e a regularidade do suprimento de água são dois atributos fundamentais do regime hidrológico que afetam diretamente os parâmetros abióticos e biológicos em lavouras de arroz irrigado. A origem da água influencia sua constituição química e a composição da biota aquática, e a duração e regularidade influenciam as variações temporais na profundidade da coluna d'água, química da água, fertilidade do solo bem como a composição das comunidades biológicas (Bambaradeniya & Amerasinghe, 2003).

A conversão das áreas úmidas naturais em arrozais tornou estes sistemas refúgios estratégicos para muitas espécies de aves, plantas aquáticas, invertebrados, anfíbios e peixes em todo o mundo (Fernando et al., 1979; Miller et al., 1989; Burhanuddin, 1992; Brouder & Hill, 1995; Elphick & Oring, 1998, 2003; Czech & Parsons, 2002; Bambaradeniya & Amerasinghe, 2003). Vários estudos realizados por Fernando et al. (1979) e Fernando (1993, 1995, 1996) indicaram que as lavouras de arroz irrigado juntamente com os ecossistemas aquáticos e terrestres contíguos às plantações constituem um mosaico ambiental de ecótonos que varia rapidamente na paisagem, proporcionando o estabelecimento de uma alta diversidade biológica.

A ocorrência de determinados grupos de organismos, tanto da flora quanto da fauna, apresenta padrões relacionados com as diferentes fases hidrológicas e de crescimento da planta do arroz ao longo do ciclo de cultivo (período com água e sem água) e com o período pós-cultivo (Forés & Comín, 1992; Bambaradeniya & Amerasinghe, 2003). A alta diversidade biológica verificada em inúmeros arrozais é mantida pela rápida colonização, bem como pelas rápidas taxas de reprodução e crescimento dos organismos encontrados nesses sistemas (Fernando, 1995, 1996). Esses organismos colonizam os arrozais por meio de estruturas de resistência mantidas no solo, pelo ar e pela água via irrigação (Fernando, 1993). Em geral os organismos que habitam as lavouras de arroz irrigado caracterizam uma biota oportunista, e altamente resiliente, pois muitas espécies que compõem as comunidades biológicas são capazes de reagir através de suas características fisiológicas e/ou comportamentais às mudanças temporais drásticas que ocorrem nesses sistemas, recuperando-se rapidamente após os diferentes tipos de perturbações às quais as lavouras de arroz são submetidas (Bambaradeniya, 2000).

## **Ecologia de macroinvertebrados aquáticos**

### *Definição e funções dos macroinvertebrados em ecossistemas aquáticos*

Os macroinvertebrados aquáticos são representados por vários grupos taxonômicos, que incluem os platelmintos, anelídeos, moluscos, crustáceos, aracnídeos e insetos, sendo este último, o mais diversificado e abundante. São retidos em malha com abertura que varia de 200 a 500 micrômetros. Podem habitar o sedimento, a coluna d'água, as raízes de plantas aquáticas, pedras, galhos e folhas em ecossistemas aquáticos de água doce, salobra ou marinha durante todo ou parte do seu ciclo de vida (Esteves, 1998; APHA, 1989). A

comunidade de macroinvertebrados é um importante componente em ecossistemas aquáticos continentais, sendo fundamental para a dinâmica de nutrientes, para a transformação da matéria e para o fluxo de energia (Callisto & Esteves, 1995). Entre as diferentes funções desempenhadas pelos macroinvertebrados, podemos citar (Esteves, 1998; Boulton & Jenkins, 1998; Richter, 2000):

- os macroinvertebrados filtram, fragmentam e raspam o alimento no sedimento, na vegetação ou na coluna d'água, assimilando e convertendo microorganismos e tecido vegetal em biomassa disponível para outros organismos aquáticos;

- fragmentam as partículas de matéria orgânica suspensas na água, auxiliando o processo de decomposição;

- são responsáveis pelo biorrevolvimento, processo pelo qual o sedimento é remexido pelos macroinvertebrados bentônicos, liberando nutrientes para a coluna d'água, e assim, acelerando a ciclagem de nutrientes;

- apresentam um importante papel na dinâmica trófica dos ecossistemas aquáticos, constituindo o elo entre os produtores e diversos consumidores.

- podem ser utilizados como bioindicadores da qualidade da água, já que alguns grupos respondem de forma diferente ao grau de contaminação dos ecossistemas aquáticos. Por exemplo, muitas espécies de Ephemeroptera e Trichoptera tendem a desaparecer à medida que os ecossistemas ficam poluídos. Entretanto, representantes das classes Oligochaeta e Hirudinea são mais resistentes à poluição.

Um importante enfoque tem sido dado à comunidade de macroinvertebrados, em seu papel como bioindicadores da qualidade de água. A maioria dos estudos foi realizada em ecossistemas aquáticos lóticos, na avaliação da poluição química e alteração física de rios em vários países no mundo todo (Sandin & Johnson, 2000; Hall et al., 2000; Bis et al.,



2000; Timm et al., 2001; Rogers et al., 2002), inclusive no Brasil (Callisto et al., 1998, 2001; Cota et al., 2002; Goulart & Callisto, 2003).

De acordo com a natureza do alimento e seu modo de captura (relacionado ao tipo de aparelho bucal), os macroinvertebrados podem ser classificados em diferentes grupos tróficos funcionais (Cummins, 1973; Allan, 1995; Merritt & Cummins, 1996; Callisto et al., 2001; Callisto & Gonçalves, 2002):

1) coletores (alimentam-se de matéria orgânica dissolvida na água ou no substrato): de acordo com o seu mecanismo de alimentação podem ser detritívoros, filtradores, coletores e catadores; as famílias Baetidae e Caenidae (Ephemeroptera) são exemplos deste grupo trófico funcional;

2) raspadores (alimentam-se de material preso ao substrato, como o perifiton, que é formado por algas aderidas a um substrato): podem ser raspadores de superfície mineral ou orgânica, como por exemplo, os organismos pertencentes às espécies das famílias Ampullaridae e Planorbidae (Gastropoda);

3) fragmentadores (alimentam-se de matéria orgânica particulada, grossa, formada por fragmentos vegetais maiores, como folhas): podem ser herbívoros, detritívoros ou minadores; algumas espécies das famílias Tipulidae (Diptera) e Calamoceratidae (Trichoptera) são exemplos de macroinvertebrados fragmentadores;

4) predadores (alimentam-se de organismos vivos): engolem as presas inteiras ou aos pedaços; os hemípteros, as náíades de todas as famílias de Odonata, as espécies das famílias Gyrinidae (Coleoptera) e Tabanidae (Diptera) são alguns exemplos de predadores; e,

5) parasitas (alimentam-se de organismos vivos): vivem interna ou externamente no corpo de outros organismos vivos; os hirudíneos são exemplos de organismos ectoparasitas.

Algumas famílias de macroinvertebrados podem ter representantes de diferentes grupos tróficos, como é o caso das larvas da família Chironomidae (Diptera), que apresentam ampla variedade de guildas alimentares, podendo ser coletores, raspadores, fragmentadores e predadores, consumindo uma ampla variedade de recursos (algas, detritos, macrófitas, animais, etc) (Trivinho-Strixino & Strixino, 1995; Roque et al., 2003).

#### *Estrutura de macroinvertebrados em áreas úmidas naturais e lavouras de arroz irrigado*

Os macroinvertebrados aquáticos têm sido tradicionalmente estudados na descrição de aspectos estruturais e funcionais de ecossistemas aquáticos lóticos (Cummins, 1974; Vannote et al., 1980; Cummins et al., 1984; Ward et al., 1986). Apenas com a recente preocupação em torno da perda dramática das áreas úmidas e de suas funções, juntamente com uma maior compreensão da importância ecológica dos macroinvertebrados e de seu papel como bioindicadores da qualidade dos ecossistemas aquáticos, os estudos sobre esta comunidade em áreas úmidas vêm aumentando no mundo todo.

A comunidade de macroinvertebrados constitui um componente biológico fundamental em áreas úmidas, participando ativamente de processos ecológicos responsáveis pelo funcionamento desses ecossistemas, e constituindo a principal fonte de alimento para inúmeras espécies de peixes, anfíbios, aves e outros animais (Batzer & Wissinger, 1996; Wissinger, 1999). A estrutura da comunidade de macroinvertebrados em áreas úmidas tem sido relacionada com vários fatores ambientais, tais como, a área e a diversidade de habitats do ecossistema (Heino, 2000; Oertli et al., 2002; Batzer et al., 2004; Hall et al., 2004; Studinski & Grubbs, 2007), hidroperíodo (Williams, 1996; Tarr et al., 2005; Whiles & Goldowitz, 2005), altitude (Oertli et al., 2002; Jacobsen, 2004), química da água (Heino, 2000; Batzer et al., 2004), e profundidade e temperatura da água

(Zimmer et al., 2000; Hall et al., 2004; Tarr et al., 2005; Studinski & Grubbs, 2007). Esses estudos estão principalmente concentrados em países do Hemisfério Norte e Austrália. Na região Neotropical são poucos os estudos sobre a estrutura da comunidade de macroinvertebrados em relação às características físicas e químicas das áreas úmidas.

No sul do Brasil, Stenert et al. (2004) analisaram a diversidade e estrutura da comunidade de macroinvertebrados em 146 áreas úmidas, e observaram um total de 84 famílias distribuídas em quatro filos (Arthropoda, Mollusca, Annelida e Platyhelminthes) e 11 classes. Além disso, esse estudo identificou o tamanho da área úmida e o hidroperíodo como sendo os fatores ambientais que mais influenciaram a riqueza e composição de macroinvertebrados nesses ecossistemas (Stenert & Maltchik, 2007). Stenert et al. (2008) também avaliaram a importância da diversidade de habitats para a comunidade de macroinvertebrados e constataram que a riqueza de macroinvertebrados em áreas úmidas da Planície Costeira do Rio Grande do Sul estava diretamente relacionada a essa variável ambiental.

A rápida degradação das áreas úmidas no mundo todo pode constituir ameaça à persistência de muitas espécies de macroinvertebrados que dependem desses ecossistemas para completar seu ciclo de vida. Embora a expansão de lavouras de arroz irrigado seja responsável, em parte, pelo desaparecimento ou fragmentação desses ecossistemas, muitas espécies de invertebrados, principalmente pertencentes aos grupos de crustáceos, insetos, moluscos e anelídeos, têm se estabelecido em lavouras cultivadas com o arroz, no sistema irrigado, em diversos países do mundo, principalmente do continente asiático (Heckman, 1979; Lim, 1980). Esses organismos colonizam os arrozais através de estruturas de resistência mantidas no solo, pelo ar e pela água necessária para a irrigação através do intercâmbio existente entre as áreas úmidas naturais adjacentes e as lavouras de arroz (Fernando et al., 1993).

Alguns macroinvertebrados são extremamente importantes para a fertilidade do solo das lavouras de arroz, já que contribuem significativamente para a ciclagem de nutrientes, além de também atuarem como inimigos naturais de espécies consideradas pragas do arroz (Roger et al., 1987; Pingali & Roger, 1995; Lavelle et al., 1997). Em um levantamento realizado em diversos arrozais no Sri Lanka, verificou-se uma alta diversidade de macroinvertebrados, vertebrados, plantas aquáticas e fungos, sendo que os macroinvertebrados representaram 68% do número total de espécies encontrado (Bambaradeniya et al., 2004). Heckman (1979) realizou um levantamento da diversidade de invertebrados em uma lavoura de arroz na Tailândia ao longo de um ciclo de cultivo, encontrando um total de 183 espécies. Neste sentido, esta comunidade constitui um importante componente na manutenção da diversidade biológica destes agroecossistemas. Em relação aos principais grupos de macroinvertebrados estudados em lavouras de arroz irrigado no mundo podem-se destacar os insetos aquáticos, moluscos e oligoquetas.

### *Insetos aquáticos*

A maioria das informações disponíveis sobre os insetos presentes em arrozais refere-se a insetos considerados pragas do arroz (Roger, 1996). Por outro lado, Bambaradeniya (2000) registrou um total de 179 espécies de invertebrados aquáticos em uma lavoura de arroz no Sri Lanka, onde metade das espécies era de artrópodes, principalmente insetos (65 espécies). Alguns insetos predadores que contribuem para a ciclagem de nutrientes e o controle de pragas incluem espécies das ordens Odonata, Coleoptera e Homoptera, especialmente os heterópteros (Yano et al., 1981, 1983; Roger, 1996; Ghahari et al., 2008). As larvas de insetos predominantes em lavouras de arroz são principalmente pertencentes a espécies de Chironomidae e Culicidae (Simpson et al.,

1994). Nesse sentido, os dípteros estão entre os insetos aquáticos mais amplamente estudados nesses agroecossistemas. Lacey & Lacey (1990) realizaram uma extensa revisão de espécies de mosquitos em arrozais, destacando aspectos de sua ecologia, importância médica e controle biológico, e apresentando uma lista de 137 espécies presentes em lavouras de arroz em todo o mundo. É de extrema importância fomentar práticas de manejo em lavouras de arroz irrigado que favoreçam a conservação de insetos predadores, competidores ou parasitas, no sentido dos mesmos atuarem como agentes do controle biológico natural de espécies consideradas pragas ou vetores de doenças (Mather & That, 1984; Roger, 1996).

### *Moluscos*

Gastrópodes aquáticos são bastante comuns em lavouras de arroz irrigado onde os mesmos podem estabelecer grandes populações, especialmente no início do ciclo de cultivo quando as lavouras recebem um aporte maior de matéria orgânica (Roger et al., 1991; Roger, 1996). Experimentos realizados demonstraram que entre diferentes tipos de solos os gastrópodes optaram pelo solo de arrozais (Kurihara & Kadowaki, 1988). Entretanto, poucos estudos enfocando os moluscos têm sido realizados em lavouras de arroz, embora esse grupo seja um importante componente da comunidade aquática desses sistemas (Bambaradeniya & Amerasinghe, 2003). Alguns estudos, como os de Simpson et al. (1994) e Naylor (1996) têm documentado a dinâmica de moluscos bentônicos em lavouras de arroz irrigado asiáticas. Além disso, algumas espécies de gastrópodes pertencentes aos gêneros *Oncomelania*, *Bilinus*, *Biomphalaria* e *Limnea*, são hospedeiros intermediários de espécies de nematódeos e trematódeos parasitas que infectam o homem (Simpson & Roger, 1995). *Pomacea canaliculata* é considerada uma das mais sérias

pragas do arroz, pois é uma espécie herbívora que pode devastar as plantações, causando perdas de mais de 40% na produção (PDA & FAO, 1989).

### *Oligoquetas*

Oligoquetas, especialmente da família Tubificidae, são importantes componentes da fauna bentônica de arrozais (Roger, 1996; Bambaradeniya & Amerasinghe, 2003). Dentre as funções e efeitos que a comunidade de oligoquetas aquáticos exerce em lavouras de arroz irrigado, podem-se destacar: 1) participação na mineralização da matéria orgânica (Grant & Seegers, 1985a, b); 2) estratificação biológica do solo (Kurihara & Kikuchi, 1980; Robbins, 1986); 3) redução na abundância de plantas consideradas infestantes (Kikuchi et al., 1975; Kurihara, 1989); 4) auxílio na transferência de nutrientes na interface entre solo e água (Kurihara & Kikuchi, 1980); 5) aumento do pH do solo (Kikuchi et al., 1977), entre outros. Uma correlação positiva foi encontrada entre a densidade populacional de diferentes espécies de oligoquetas e o carbono orgânico total do solo e quantidade de nitrogênio aplicado como fertilizante (Simpson et al., 1993a, b). A incorporação de matéria orgânica tem mostrado um efeito positivo nas populações de tubificídeos observados em lavouras de arroz irrigado nas Filipinas (IRRI, 1990) e no Japão (Kikuchi et al., 1975). Já a relação positiva entre a densidade de oligoquetas e a quantidade de fertilizantes aplicados nas lavouras tem sido associada a um aumento da produção primária, o que pode levar indiretamente a uma maior oferta de alimento para esses organismos (Simpson et al., 1993a).

Estudos sobre a ecologia da comunidade de macroinvertebrados aquáticos têm sido tradicionalmente realizados em ecossistemas aquáticos naturais, tais como, rios, planícies de inundação e lagoas. Em lavouras de arroz irrigado, alguns estudos inventariaram a

diversidade de organismos pertencentes a essa comunidade biológica (Heckman, 1979; Roger, 1996; Bambaradeniya & Amerasinghe, 2003). Entretanto, estudos ecológicos que relacionem a diversidade dos macroinvertebrados bentônicos e suas variações na riqueza, densidade e composição, com os diferentes tipos de manejo e com fatores abióticos em sistemas produtivos orizícolas são escassos. Essas informações são necessárias para identificar a melhor prática de manejo que deveria ser utilizada na produção de arroz irrigado convencional no Rio Grande do Sul, no sentido de auxiliar a conservação da rica biota existente nas áreas úmidas naturais que ainda restam no estado, bem como, daqueles organismos que também utilizam esses agroecossistemas como hábitat.

### **Referências Bibliográficas**

- ALLAN, JD., 1995. *Stream ecology. Structure and function of running waters*. London: Chapman & Hall. 388 p.
- ALTIERI, MA., 1989. *Agroecologia: as bases científicas da agricultura alternativa*. Rio de Janeiro: PTA/FASE. 240 p.
- AMARANTE Jr., OP., SANTOS, TCR., BRITO, NM. & RIBEIRO, ML., 2002. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. *Quim. Nova*, vol. 25, p. 589-593.
- AMEZAGA, JM., SANTAMARÍA, L. & GREEN AJ., 2002. Biotic wetland connectivity - supporting a new approach for wetland policy. *Acta Oecol.*, vol. 23, no. 3, p. 213-222.
- ANDRES, A. & MACHADO, SLO., 2004. Plantas daninhas em arroz irrigado. In: GOMES, AS. & MAGALHÃES, JAM. (Eds.). *Arroz irrigado no Sul do Brasil*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.
- APHA, 1989. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 17 ed. Washington: American Public Health Association.

- AUSTRALIAN NATURE CONSERVATION AGENCY, 1996. *Wetlands are important*. Canberra: National Wetlands Program, ANCA.
- AZAMBUJA, IHV., VERNETTI, JFJ. & MAGALHÃES, JAM., 2004. Aspectos socioeconômicos da produção do arroz. In: GOMES, AS. & MAGALHÃES, JAM. (Eds.). *Arroz irrigado no Sul do Brasil*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.
- BAMBARADENIYA, CNB., 2000. *Ecology and biodiversity in an irrigated rice field ecosystem in Sri Lanka*. Ph.D. Thesis, Sri Lanka: University of Peradeniya, Sri Lanka, 525 p.
- BAMBARADENIYA, CNB. & AMERASINGHE, FP., 2003. *Biodiversity associated with the rice field agro-ecosystem in Asian countries: a brief review*. Sri Lanka: Working Paper 63. International Water Management Institute (IWMI). 24 p.
- BAMBARADENIYA, CNB., EDIRISINGHE, JP., DE SILVA, DN., GUNATILLEKE, CVS., RANAWANA, KB. & WIJEKOON, S., 2004. Biodiversity associated with an irrigated rice agroecosystem in Sri Lanka. *Biodivers. Conserv.*, vol. 13, no. 9, p. 1715–1753.
- BARBIER, EB., ACREMAN, MC. & KNOWLER, D., 1997. *Economic valuation of wetlands: a guide for policy makers and planners*. Gland: Ramsar Convention Bureau.
- BARRIGOSI, JAF., LANNA, AC. & FERREIRA, E., 2004. *Agrotóxicos no cultivo do arroz no Brasil: análise do consumo e medidas para reduzir o impacto ambiental negativo (Circular Técnica 67)*. Brasília: Embrapa. 8 p.
- BATZER, DP. & WISSINGER, SA., 1996. Ecology of insect communities in nontidal wetlands. *Annu. Rev. Entomol.*, vol. 41, p. 75-100.
- BATZER, DP., PALIK, BJ. & BUECH, R., 2004. Relationships between environmental characteristics and macroinvertebrate communities in seasonal woodland ponds of Minnesota. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, vol. 23, no. 1, p. 50-68.



- BIS, B., ZDANOWICZ, A. & ZALEWSKI, M., 2000. Effects of catchment properties on hydrochemistry, habitat complexity and invertebrate community structure in a lowland river. *Hydrobiologia*, vol. 422, p. 369-387.
- BOULTON, AJ. & JENKINS, KM., 1998. Flood regimes and invertebrate communities in floodplain wetlands. In: WILLIAMS, WD. (Ed.). *Wetlands in a Dry Land: Understanding for Management*. Canberra: Biodiversity Group.
- BRINSON, MM., 1993. *A hidrogeomorphic classification for wetlands*. Vicksburg: Wetlands Research Program Tech. Rep. U.S. Army Engineer Waterways.
- BROUDER, SM., & HILL, JE., 1995. Winter flooding of ricelands provides waterfowl habitat. *Calif. Agric.*, vol. 49, p. 1-58.
- BURHANUDDIN MN., 1992. Use and management of riverine wetlands and rice fields in Peninsula Malasya. In: ISOZAKI, H., ANDO, M. & NATORI, Y. (Eds). *Towards wise use of Asian Wetlands*. Proceedings of Asian Wetland Symposium.
- CALLISTO, M. & ESTEVES, FA., 1995. Distribuição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em um lago amazônico impactado por rejeito de bauxita, Lago Batata (Pará, Brasil). *Oecol. Bras.*, vol. 1, p. 281-291.
- CALLISTO, M. & ESTEVES, FA., 1998. Categorização funcional dos macroinvertebrados bentônicos em quatro ecossistemas lóticos sob influência das atividades de uma mineração de bauxita na Amazônia Central (Brasil). *Oecol. Bras.*, vol. 5, no. 1, p. 223-234.
- CALLISTO, M. & GONÇALVES Jr., JF., 2002. A vida nas águas das montanhas. *Ciênc. Hoje*, vol. 31, p. 68-71.
- CALLISTO, M., ESTEVES, F., GONCALVES, J. & FONSECA, J., 1998. Benthic macroinvertebrates as indicators of ecological fragility of small rivers (igarapés) in a bauxite mining region of Brazilian Amazonia. *Amazoniana*, vol. 15, no. 1, p. 1-9.

- CALLISTO, M., MORENO, P. & BARBOSA, FAR., 2001. Habitat diversity and benthic functional trophic groups at Serra do Cipó, Southeast Brazil. *Rev. Brasil. Biol.*, vol. 61, no. 2, p. 259-266.
- CGIAR, 2008. *Consultative Group on International Agricultural Research*. Available online at <http://www.cgiar.org/impact/research/rice.html>
- CHANG, TT., 1976. The origin, evolution, cultivation, dissemination and diversification of Asian and African rices. *Euphytica*, vol. 25, p. 425 – 441.
- CHANG, TT., 1985. Crop history and genetic conservation – a case study. *Iowa J. Res.*, vol. 59, p. 425 – 455.
- CONWAY, GR. & PRETTY, JN., 1991. *Unwelcome harvest: Agriculture and pollution*. London: Earthscan Publications.
- COTA, LR., GOULART, MDC., MORENO, P. & CALLISTO, M., 2002. Rapid assessment of river water quality using an adapted BMWP index: a practical tool to evaluate ecosystem health. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, vol. 28, no. 4, p. 1713 – 1716.
- CUMMINS, KW., 1973. Trophic relations of aquatic insects. *Annu. Rev. Entomol.*, vol. 18, p. 183-206.
- CUMMINS, KW., 1974. Structure and function of stream ecosystems. *BioScience*, vol. 24, p. 631-641.
- CUMMINS, KW., MINSHALL, GW., SEDELL, JR., CUSHING, CE. & PETERSEN, RC., 1984. Stream ecosystem theory. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, vol. 22, p. 1818-1827.
- CZECH, HA. & PARSONS, KC., 2002. Agricultural wetlands and waterbirds: a review. *Waterbirds*, vol. 25, Special publication, p. 56-65.

- DAHL, TE., 1990. *Wetlands losses in the United States, 1780s to 1980s*. Washington: U.S. Department of interior, Fish and Wildlife Service.
- DAVIS, TJ., BLASCO, D., & CARBONELL, M., 1996. *Manual de la Convencion de Ramsar. Una guia a la Convencion sobre los humedales de importancia internacional*. Gland: Oficina de la Convención de Ramsar.
- DE GROOT, RS., 1992. *Functions of nature: evaluation of nature in environmental planning, management and decision making*. Wolters Noordhoff.
- DERNADIN, J., 1992. Solo: constituição e degradação. In: MARCANTONIO, G. (Ed.). *Solos e irrigação*. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, FEDERACITE.
- DUGAN, P., 1993. *Wetlands in Danger: A World Conservation Atlas*. New York: Oxford University Press.
- ELPHICK, CS. & ORING, LW., 1998. Winter management of Californian rice fields for waterbirds. *J. Appl. Ecol.*, vol. 35, no. 1, p. 95-108.
- ELPHICK, CS. & ORING, LW., 2003. Conservation implications of flooding rice fields on winter for waterbirds. *Agr. Ecosyst. Environ.*, vol. 94, no. 1, p. 17-29.
- ESTEVES, FA., 1998. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência.
- FAO, 1999. *The state of food insecurity in the world*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 35 p.
- FAO Stat, 2008. *FAO Statistical Databases*. Available online at <http://apps.fao.org>
- FERNANDO, CH., 1977. Investigations on the aquatic fauna of tropical rice fields with special reference to southeast Asia. *Geo. Eco. Trop.*, vol. 3, p. 169–188.
- FERNANDO, CH., 1993. Rice field ecology and fish culture – an overview. *Hydrobiologia*, vol. 259, p. 91–113.

- FERNANDO, CH., 1995. Rice fields are aquatic, semi-aquatic, terrestrial and agricultural: a complex and questionable limnology. In: TIMOTIUS, KH. & GOLTENBOTH, F. (Eds). *Tropical Limnology*, vol. 1, p. 121–148.
- FERNANDO, CH., 1996. Ecology of rice fields and its bearing on fisheries and fish culture. In: DE SILVA, SS. (Ed). *Perspectives in Asian Fisheries*. Manila: Asian Fisheries Society.
- FERNANDO, CH., FURTADO, JI. & LIM, RP., 1979. Aquatic fauna of the world's rice fields. *Wallaceana Supplement Kuala Lumpur*, vol. 2, p. 1-105.
- FINLAYSON, CM. & DAVIDSON, NC., 1999. Global review of wetland resources and priorities for inventory: summary report. In: FINLAYSON, M. & SPIERS, AG. (Eds). *Global Review of Wetland Resources and Priorities for Inventory*. Supervising Scientist Report.
- FINLAYSON, CM., DAVIDSON, NC., SPIERS, AG. & STEVENSON, NJ., 1999. Global wetland inventory: Status and priorities. *Mar. Freshw. Res.*, vol. 50, no. 8, p. 717-727.
- FORÉS, E. & COMÍN, FA., 1992. Ricefields, a limnological perspective. *Limnetica*, vol. 10, p. 101-109.
- FRAZIER, S., 1996. *Directory of wetlands of international importance – an update*. Birsbane: Sixth meeting of the conference of the contracting parties to the Ramsar Convention.
- GETZNER, M., 2002. Investigating public decisions about protecting wetlands. *J. Environ. Manage.*, vol. 64, no. 3, p. 237-246.
- GIBBS, JP., 2000. Wetland loss and biodiversity conservation. *Conserv. Biol.*, vol. 14, no. 1, p. 314-317.

- GOMES, AS., PAULETTO, EA., VERNETTI, Jr., FJ. & SOUSA, RO., 2004. Plantio direto e cultivo mínimo em arroz irrigado. In: GOMES, AS. & MAGALHÃES, JAM. (Eds.). *Arroz irrigado no Sul do Brasil*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.
- GOPAL, B. & SAH, M., 1995. Inventory and classification of wetlands in India. *Vegetatio*, vol. 118, no. 1, p. 39-48.
- GOSSELINK, JG. & TURNER, RE., 1978. The role of hydrology in freshwater wetland ecosystems. In: GOOD, RE., WHIGHAM, DF. & SIMPSON, RL. (Eds.). *Freshwater wetlands*. UK: Academic Press.
- GOULART, M. & CALLISTO, M. 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Rev. FAPAM*, vol. 2, no. 2, p. 153-164.
- GRANT, IF. & SEEGER, R., 1985a. Tubificid role in soil mineralization and recovery of algal nitrogen by lowland rice. *Soil Biol. Biochem.*, vol. 17, no. 4, p. 559-563.
- GRANT, IF. & SEEGER, R., 1985b. Movement of straw and alga facilitated by tubificids (*Oligochaeta*) in lowland rice soil. *Soil Biol. Biochem.*, vol. 17, no. 5, p. 729-730.
- GUAHARI, H., CHÉROT, F., OSTOVAN, H. & SAKENIN, H., 2008. Heteroptera from rice fields and surrounding grasslands of Northern Iran (Insecta), with special emphasis on predator species. *J. Ent. Res. Soc.*, vol. 10, no. 1, p. 13-25.
- HALL, RK., WOLINSKY, GA. & HUSBY, P., 2000. Status of aquatic bioassessment in US EPA region. *IX Environ. Monit. Assess.*, vol. 64, no. 1, p. 17-30.
- HALL, DL., WILLIG, MR., MOORHEAD, DL., SITES, RW., FISH, EB. & MOLLHAGEN, TR., 2004. Aquatic macroinvertebrate diversity of playa wetlands: the role of landscape and island biogeographic characteristics. *Wetlands*, vol. 24, p. 77-91.
- HECKMAN, CW., 1979. Rice field ecology in North East Thailand. *Monogr. Biol.*, vol. 34, p. 1-228.

- HECKMAN, CW., 2005. The evolution from marsh to rice field. In: FERNANDO, CH., GÖLTENBOTH, F. & MARGRAF, J. (Eds.). *Aquatic ecology of rice fields: a global perspective*. Canada: Volumes Publishing.
- HEINO, J., 2000. Lentic macroinvertebrate assemblage structure along gradients in spatial heterogeneity, habitat size and water chemistry. *Hydrobiologia*, vol. 418, p. 229-242.
- HUGHES, JMR., 1995. The current status of European wetland inventories and classifications. *Vegetatio*, vol. 118, no. 1, p. 17-28
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2008. *Levantamento Sistemático da Produção Agrícola*. Disponível na internet: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm> [acessado em dezembro de 2008]
- INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ (IRGA), 2006. *Arroz irrigado: safra 2005/2006 - produção municipal*. Porto Alegre: Seção de Política Setorial – DCI.
- INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (IRRI), 1990. *Annual report for 1989*. Philippines: P.O. Box 933.
- JACOBSEN, D., 2004. Contrasting patterns in local and zonal family richness of stream invertebrates along an Andean altitudinal gradient. *Freshwater Biol.*, vol. 49, p. 1293-1305.
- JULIANO, BO., 1993. *Rice in human nutrition*. Philippines: Food and Agriculture Organization (FAO) and International Rice Research Institute (IRRI).
- KIKUCHI, E., FURASAKA, C. & KURIHARA, Y., 1975. Surveys of the fauna and flora in the water and soil of paddy fields. *Reports of the Institute for Agricultural Research of Tohoku University*, vol. 26, p. 25-35.

- KIKUCHI, E., FURASAKA, C. & KURIHARA, Y., 1977. Effects of tubificids (*Branchiura sowerbi* and *Limnodrilus socialis*) on the nature of a submerged soil ecosystem. *Jpn. J. Ecol.*, vol. 27, p. 163- 170.
- KURIHARA Y., 1989. Ecology of some rice fields in Japan as exemplified by some benthic fauna, with notes on management. *Int. Rev. Ges. Hydrobio.*, vol. 74, p. 507–548.
- KURIHARA, Y. & KIKUCHI, E., 1980. Analysis of interactions among biotic and abiotic factors in ricefields, with special reference to the role of tubificids in the ricefield ecosystem. In: FURTADO, JI. (Ed.). *Tropical Ecology and Development*. Malaysia: Proceedings International Society Tropical Ecology.
- KURIHARA, Y. & KADOWAKI, KI., 1988. Effect of different ecological conditions on the mud snail (*Cipangopaludina japonica*) in submerged paddy soil. *Biol. Fert. Soils.*, vol. 6, no. 4, p. 292- 297.
- LACEY, LA. & LACEY, CM., 1990. The medical importance of rice land mosquitoes and their control using alternatives to chemical insecticides. *J. Am. Mosq. Control Assoc.*, vol., no. 2, p. 1-93
- LAVELLE, P., BIGNELL, D., LEPAGE, M., WOLTERS, V., INESON, P., HEAL, OW. & DHILLION, S., 1997. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *Eur. J. Soil Biol.*, vol. 33, p. 159-193.
- LIM, RP., 1980. Population changes of some aquatic invertebrates in ricefields. In: *Tropical Ecology and Development*. Proceedings of the 5th International Symposium of Tropical Ecology. Malaysia: International Society of Tropical Ecology.
- LU, J., 1995. Ecological significance and classification of Chinese wetlands. *Vegetatio*, vol. 118, no. 1, p. 49-56.

- MALTCHIK, L., ROLON, AS., GUADAGNIN, DL. & STENERT, C., 2004. Wetlands of Rio Grande do Sul, Brazil: a classification with emphasis on plant communities. *Acta Limnol. Brasil.*, vol. 16, no. 2, p. 137-151
- MARTINS, JFS., GRÜTZMACHER, AD. & CUNHA, US., 2004. Descrição e manejo integrado de insetos-praga em arroz irrigado. In: GOMES, AS. & MAGALHÃES, JAM. (Eds.). *Arroz irrigado no Sul do Brasil*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.
- MATHER, TH. & THAT, TT., 1984. *Environmental Management for Vector Control in Ricefields*. Rome: FAO Irrigation and Drainage Papers No. 41.1 Food and Agriculture Organization.
- MATTOS, MLT., 2004. A cultura do arroz irrigado e o meio ambiente. In: GOMES, AS. & MAGALHÃES, JAM. (Eds.). *Arroz irrigado no Sul do Brasil*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.
- MATTOS, MLT., 2007. *Carbono e nitrogênio da biomassa e atividade microbiana em um solo cultivado com arroz irrigado orgânico e manejado com diferentes adubos verdes*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 18 p.
- MERRITT, RW. & CUMMINS, KW., 1996. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. 3 ed. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company.
- MILLER, MR., SHARP, DE., GILMER, DS. & MULVANEY, WR., 1989. Rice available to waterfowl in harvested fields in the Sacramento Valley, California. *Calif. Fish Game*, vol. 75, p. 113-123.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2009. *Áreas Protegidas no Brasil: Sítios Ramsar*. Disponível na internet: <http://www.mma.gov.br/port/sbf/dap/index.cfm> [acessado em janeiro de 2009]
- MITSCH, WJ. & GOSSELINK, JG., 2000. *Wetlands*. New York: John Wiley & Sons.



- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1995. *Wetlands: characteristics and boundaries*. Washington: National Academy.
- NATIONAL WETLANDS WORKING GROUP, 1988. *Wetlands of Canada*. Montreal, Quebec: Ecological Land Classification Series 24, Environmental Canada, Ottawa, Ontario, and Polyscience Publications.
- NAYLOR, R., 1996. Invasion in agriculture: Assessing the cost of the Golden Apple Snail in Asia. *Ambio*, vol. 25, no. 7, p. 443-448.
- OERTLI, B., JOEY, DA., CASTELLA, E., JUGE, R., CAMBIN, D. & LACHAVANNE, JB., 2002. Does size matter? The relationship between pond area and biodiversity. *Biol. Conserv.*, vol. 104, p. 59-70.
- PAIJMANS, K., GALLOWAY, RW., FAITH, DP., FLEMING, PM., HAANTJENS, HA., HEYLIGERS, PC., KALMA, JD. & LOFFLER, E., 1985. *Aspects of Australian wetlands*. Melbourne: CSIRO.
- PARFITT, JMB., SILVA, CAS. & PETRINI, JA., 2004. Estruturação e sistematização da lavoura de arroz irrigado. In: GOMES, AS. & MAGALHÃES, JAM. (Eds.). *Arroz irrigado no Sul do Brasil*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.
- PATHAK, MD. & KHAN, ZR., 1994. *Insect Pests of Rice*. Manila: International Rice Research Institute. 89 p.
- PDA – FAO (Philippine Department of Agriculture and Food and Agriculture Organization), 1989. *Integrated golden “kuhol” management*. Booklet produced by FAO intercountry program for integrated pest control in rice in South and Southeast Asia.
- PETRINI, JA., FRANCO, DF., SOUZA, PR., BACHA, RE. & TRONCHONI, JG., 2004. Sistema de cultivo de arroz pré-germinado e transplante de mudas. In: GOMES, AS. &

- MAGALHÃES, JAM. (Eds.). *Arroz irrigado no Sul do Brasil*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.
- PINGALI, PL. & ROGER, PA., 1995. *Impact of pesticides on farmer health and rice environment*. Philippines: Kluwer Academic Publisher and International Rice Research Institute (IRRI).
- RAMSAR CONVENTION ON WETLANDS, 2009. *The Ramsar Convention on Wetlands*. Disponível na internet: <http://www.ramsar.org/> [acessado em janeiro de 2009].
- RICHTER, KO., 2000. Macroinvertebrate distribution, abundance, and habitat use. In: AZOUS, AL. & HORNER, RR. (Eds.). *Wetlands and urbanization. Implications for the future*. Washington: Lewis Publishers.
- ROBBINS, JA., 1986. A model for particle selective transport of tracers in sediments with conveyor-belt deposit feeders. *J. Geophys. Res.*, vol. 91, p. 8542-8558.
- ROGER, PA., 1996. *Biology and management of floodwater ecosystem in ricefields*. Philippines: International Rice Research Institute. 250 p.
- ROGER, PA., GRANT, IF., REDDY, PM. & WATANABE, I., 1987. The photosynthetic biomass in wetland ricefields and its effect on nitrogen dynamics. In: *Efficiency of Nitrogen Fertilizers for Rice*. Manila: International Rice Research Institute.
- ROGER, PA., HEONG, KL. & TENG, PS., 1991. Biodiversity and sustainability of wetland rice production: role and potential of microorganisms and invertebrates. In: HAWKSWORTH, DL. (Ed.). *The Biodiversity of Microorganisms and Invertebrates: Its Role in Sustainable Agriculture*. Wallingford: CAB International.
- ROGERS, CE., BRABANDER, DJ. & BARBOUR, MT., 2002. Use of physical, chemical, and biological indices to assess impacts of contaminants and physical habitat alteration in urban streams. *Environ. Toxicol. Chem.*, vol. 21, no. 6, p. 1156-1167.

- ROQUE, FO., PEPINELLI, M., FRAGOSO, EN., FERREIRA, WA., BARILLARI, PR., YOSHINAGA, MY., STRIXINO, G., TRIVINHO-STRIXINO, S., VERANI, NF. & LIMA, MIS., 2003. Ecologia de macroinvertebrados, peixes e vegetação ripária de um córrego de primeira ordem em região de Cerrado do Estado de São Paulo (São Carlos, SP). In: HENRY, R. (Ed.). *Ecótonos nas Interfaces dos Ecossistemas Aquáticos*. São Carlos: Rima Editora.
- SANDIN, L. & JOHNSON, RK., 2000. The statistical power of selected indicator metrics using macroinvertebrates for assessing acidification and eutrophication of running waters  
*Hydrobiologia*, vol. 422, p. 233-243.
- SCOTT, DA. & JONES TA., 1995. Classification and Inventory of Wetlands: A Global Overview. *Vegetatio*, vol. 118, no. 1, p. 3-16.
- SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2009. *Biodiversidade: Unidades de Conservação*. Disponível na internet: <http://www.sema.rs.gov.br/sema/html/bioconh.htm>
- SEMENIUK, CA., 1987. Wetlands of Darling System – a geomorphologic approach to habitat classification. *J. R. Soc. West. Aust.*, vol. 69, p. 95-112.
- SIMPSON, IC., ROGER, PA., OFICIAL, R. & GRANT, IF., 1993a. Impacts of agricultural practices on aquatic oligochaete populations in rice fields. *Biol. Fertil. Soils*. vol, 16, no. 1, p. 27-33.
- SIMPSON, IC., ROGER, PA., OFICIAL, R. & GRANT, IF., 1993b. Density and composition of aquatic oligochaete populations in different farmers`rice fields. *Biol. Fertil. Soils*. vol, 16, no. 1, p. 34-40.

- SIMPSON, I., ROGER, PA., OFICIAL, B. & GRANT, IF., 1994. Effects of fertilizer and pesticide management on floodwater ecology of a wetland ricefield. II. Dynamics of microcrustaceans and dipteran larvae. *Biol. Fert. Soils*, vol. 17, p. 138-146.
- SIMPSON, IC. & ROGER, PA., 1995 The impact of pesticides on non-target aquatic invertebrates in wetland rice fields: A review. In: PINGALI, PA. & ROGER, PA. *Impact of pesticides on farmer health and rice environment*. Philippines: International Rice Research Institute (IRRI).
- SMART, M., 1996. The Ramsar Convention: Its role in conservation and wise use of wetland biodiversity. In: HAILS, AJ. (Ed.). *Wetlands, Biodiversity and the Ramsar Convention. The role of the Convention on Wetlands in the conservation and wise use of biodiversity*. Gland: Ramsar Convention Bureau.
- SPIERS, AG., 2001. Wetland inventory: Overview at a global scale. In: FINLAYSON CM., DAVIDSON, NC. & STEVENSON, NJ. (Eds.). *Wetland inventory, assessment and monitoring: Practical techniques and identification of major issues*. Supervising Scientist Report 161.
- STEINER, R., 2000. *Fundamentos da agricultura biodinâmica: vida nova para a terra*. São Paulo: Antroposófica. 232 p.
- STENERT, C. & MALTCHIK, L., 2007. Influence of area, altitude and hydroperiod on macroinvertebrate communities in southern Brazil wetlands. *Mar. Freshw. Res.*, vol. 58, no. 11, p. 993-1001.
- STENERT, C., BACCA, RC., MOSTARDEIRO, CC. & MALTCHIK L., 2008. Environmental predictors of macroinvertebrate communities in coastal wetlands of southern Brazil. *Mar. Freshw. Res.*, vol. 59, no. 6, p. 540-548.

- STENERT, C., SANTOS, EM. & MALTCHIK, L. 2004. Levantamento da diversidade de macroinvertebrados em áreas úmidas do Rio Grande do Sul (Brasil). *Acta Biol. Leopold.*, vol. 26, no. 2, p. 225-240.
- STUDINSKI, JM. & GRUBBS, SA., 2007. Environmental factors affecting the distribution of aquatic invertebrates in temporary ponds in Mammoth Cave National Park, Kentucky, USA. *Hydrobiologia*, vol. 575, p. 211-220.
- TARNOCAI, C., 1980. Canadian wetland registry. In: RUBEC, CDA. & POLLETT, FC. (Eds.). *Workshop on Canadian Wetlands*. Ottawa: Lands directorate, Environment Canada.
- TARR, TL., BABER, MJ. & BABBITT, KJ., 2005. Macroinvertebrate community structure across a wetland hydroperiod gradient in southern New Hampshire, USA. *Wetl. Ecol. Manage.*, vol. 13, p. 321-334.
- TIMM, H., IVASK, M. & MOLS, T., 2001. Response of macroinvertebrates and water quality to long-term decrease in organic pollution in some Estonian streams during 1990-1998. *Hydrobiologia*, vol. 464, no. 1-3, p. 153-164.
- TINER, RW., 1999. *Wetland indicators*. New York: Lewis Publishers.
- TRIVINHO-STRIXINO, S. & STRIXINO, G., 1995. *Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo – Guia de identificação e diagnose dos gêneros*. PPG-ERN/UFSCAR, São Carlos.
- VANNOTE, RL., MINSHALL, GW., CUMMINS, KW., SEDELL, JR. & CUSHING, CE., 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, vol. 37, no. 1, p. 130-137.

- VERNETTI, Jr., FJ. & GOMES, AS., 2004. Sistema convencional de arroz irrigado. In: GOMES, AS. & MAGALHÃES, JAM. (Eds.). *Arroz irrigado no Sul do Brasil*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.
- WARD, JV., ZIMMERMANN, HJ. & CLINE, LD., 1986. Lotic zoobenthos of the Colorado system. In: DAVIES, BR. & WALKER, KF. (Eds.). *The ecology of river systems*. Dordrecht: Dr. W. Junk Publ.
- WATANABE, I. & ROGER PA., 1985. Ecology of flooded rice fields. In: *Wetland Soils: Characterization, Classification and utilization*. Philippines: International Rice Research Institute (IRRI).
- WHILES, MR. & GOLDOWITZ, BS., 2005. Macroinvertebrate communities in Central Platte River wetlands: patterns across a hydrological gradient. *Wetlands*, vol. 25, p. 462-472.
- WIDHOLZER, FL., SILVA, GC. & MARIGO, LC., 1987. *Banhados*. Rio de Janeiro: AC&M.
- WILLIAMS, DD., 1996. Environmental constraints in temporary freshwater and their consequences for the insect fauna. *J. N. Am. Benth. Soc.*, vol. 15, no. 4, p. 634-650.
- WISSINGER, SA., 1999. Ecology of wetland invertebrates. In: BATZER, DP., RADER, RB. & WISSINGER, SA. (Eds.). *Invertebrates in Freshwater Wetlands of North America: Ecology and Management*. New York: John Wiley and Sons.
- YANO, K., CHU, YI. & SATO, M., 1983. Faunal and biological studies on the insects of paddy fields in Asia. XI Records on aquatic Coleoptera from paddy water in the world. *Chin. J. Entomol.*, vol. 3, p. 15-31.
- YANO, K., MIYAMOTO, S. & GABRIEL, B.P., 1981. Faunal and biological studies on the insect of paddy fields in Asia: IV aquatic and semi-aquatic Heteroptera from the Philippines. *ESAKIA*, vol. 16, p. 5-32.

- ZAFFARONI, E. & TAVARES, VE., 2009. O licenciamento ambiental dos produtores de arroz irrigado no Rio Grande do Sul, Brasil. Disponível na internet: <http://ambiental.net/agroverde/LicenciaAmbientalArroz.htm> [acessado em janeiro de 2009].
- ZIMMER, KD., HANSON, MA. & BUTLER, MG., 2000. Factors influencing invertebrate communities in prairie wetlands: a multivariate approach. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, vol. 57, p. 76-85.
- ZOLTAI, SC., POLLETT, FC., JEGLUM, JK. & ADAMS, GD., 1975. Developing a wetland classification in Canada. In: BERNIER, B. & WINGET, CH. (Eds.). *4<sup>th</sup> N. Am. Forest Soils Conf.* Canada: Laval University Press.

## 2. OBJETIVOS E HIPÓTESES

### **Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a estrutura da comunidade de invertebrados aquáticos em lavouras de arroz irrigado e em canais de irrigação nas diferentes fases hidrológicas do ciclo de cultivo em uma importante região orizícola do Rio Grande do Sul, visando a conservação da biota nestes agroecossistemas.

### **Objetivos específicos**

- 1) Realizar um inventário da diversidade de invertebrados aquáticos em lavouras de arroz e em canais de irrigação na Planície Costeira do Rio Grande do Sul;
- 2) Analisar a dinâmica da comunidade de macroinvertebrados, avaliada através das variações na riqueza, densidade e composição, ao longo das diferentes fases hidrológicas do ciclo de cultivo nas lavouras de arroz e nos canais de irrigação;
- 3) Avaliar a relação entre as variáveis físicas (temperatura e profundidade da água) e químicas (nitrato, fósforo reativo solúvel e condutividade da água e percentual de matéria orgânica do sedimento) com a riqueza, densidade e composição de macroinvertebrados nas lavouras de arroz e canais de irrigação ao longo do ciclo de cultivo estudado;
- 4) Verificar se a riqueza, densidade e composição de macroinvertebrados variam entre as lavouras de arroz irrigado submetidas às diferentes práticas de manejo no período de resteva (lavouras que permanecem com água e lavouras drenadas) na Planície Costeira do Rio Grande do Sul; e,



- 5) Analisar o potencial de recuperação de invertebrados aquáticos oriundos de bancos de ovos e/ou outras estruturas anabióticas, avaliado a partir de sua riqueza, densidade e composição, em sedimentos secos de lavouras de arroz na Planície Costeira do Rio Grande do Sul, relacionando as respostas da comunidade com o histórico de inundação (irrigação) das lavouras.

## **Hipóteses**

Com base nos objetivos descritos acima, as seguintes hipóteses são formuladas nesse estudo:

- 1) A diversidade de macroinvertebrados é menor em lavouras de arroz irrigado e canais de irrigação em relação às áreas úmidas naturais na Planície Costeira do Rio Grande do Sul;
- 2) A riqueza e a densidade de macroinvertebrados são maiores no período de não-cultivo (resteva e pós-colheita) do que no período de cultivo do arroz (preparo e crescimento do arroz) nas lavouras de arroz e canais de irrigação;
- 3) A riqueza e a densidade de macroinvertebrados são maiores em lavouras de arroz alagadas do que naquelas drenadas no período de resteva;
- 4) As variáveis químicas e físicas da água e do sedimento estão relacionadas às variações na riqueza, densidade e composição de macroinvertebrados nas lavouras de arroz e canais de irrigação;
- 5) As lavouras drenadas há mais tempo apresentam menor riqueza e densidade de invertebrados oriundos de bancos de ovos e/ou outras estruturas anabióticas do que as lavouras drenadas há menos tempo; e

- 6) As lavouras de arroz e os canais de irrigação apresentam uma composição de macroinvertebrados similar ao longo do ciclo de cultivo estudado devido à proximidade e conectividade existente entre esses dois sistemas.

### 3. METODOLOGIA GERAL

#### Área de Estudo

O estado do Rio Grande do Sul está localizado na região Sul do Brasil com uma área de 282.184 km<sup>2</sup> (Figura 1). A Planície Costeira estende-se por 640 km à margem do Oceano Atlântico, com área correspondente a 10,6% da área total do Estado, sendo sua principal característica hidrológica a ausência de grandes rios e a presença de várias lagoas distribuídas em toda sua extensão. A Planície Costeira é uma das regiões do Rio Grande do Sul com a maior concentração de áreas úmidas e também é uma importante região produtora de arroz no Estado (Maltchik, 2003; Azambuja et al., 2004). O clima do Rio Grande do Sul é subtropical úmido, e a temperatura média varia de 14,6°C no inverno a 22,2°C no verão, com uma temperatura média anual de 17,5°C. A precipitação anual varia de 1.150 a 1.450 mm, com uma média anual de 1.250 mm. A topografia plana e a baixa altitude (inferior a 20 m acima do nível do mar) da Planície Costeira fazem com que as condições climáticas relacionadas à precipitação e temperatura sejam bastante similares nessa região (Rambo, 2000).

O estudo foi realizado no município de Mostardas (Planície Costeira do Rio Grande do Sul, 30°54'46,9" Sul, 50°48'46,2" Oeste), que ocupa atualmente a oitava posição entre as cidades produtoras de arroz irrigado no Rio Grande do Sul, com 33.397 ha de área de plantio (Instituto Rio Grandense do Arroz, 2007). Nesse estudo, foram selecionadas duas propriedades rurais que utilizavam o sistema de cultivo mínimo do arroz, o qual se caracteriza por ser um sistema agrícola conservacionista de manejo do solo (Figura 1). Nesse tipo de sistema de cultivo, os efeitos da erosão são reduzidos, pois a semeadura do arroz ocorre com um mínimo de movimentação do solo e sob a resteva de uma cultura

anterior, pastagem ou flora de sucessão, dessecadas com herbicida (Gomes et al., 2004). O cultivar de arroz utilizado nessas propriedades no ciclo de cultivo estudado foi o IRGA 417, cujas plantas possuem altura média de 79 cm, ciclo médio de 115 dias da emergência à maturação e uma produtividade média é de 7.500 kg de grãos com casca por hectare (Terres et al., 1998). Foram desenvolvidos dois tipos de estudo nessas propriedades rurais, descritos a seguir:

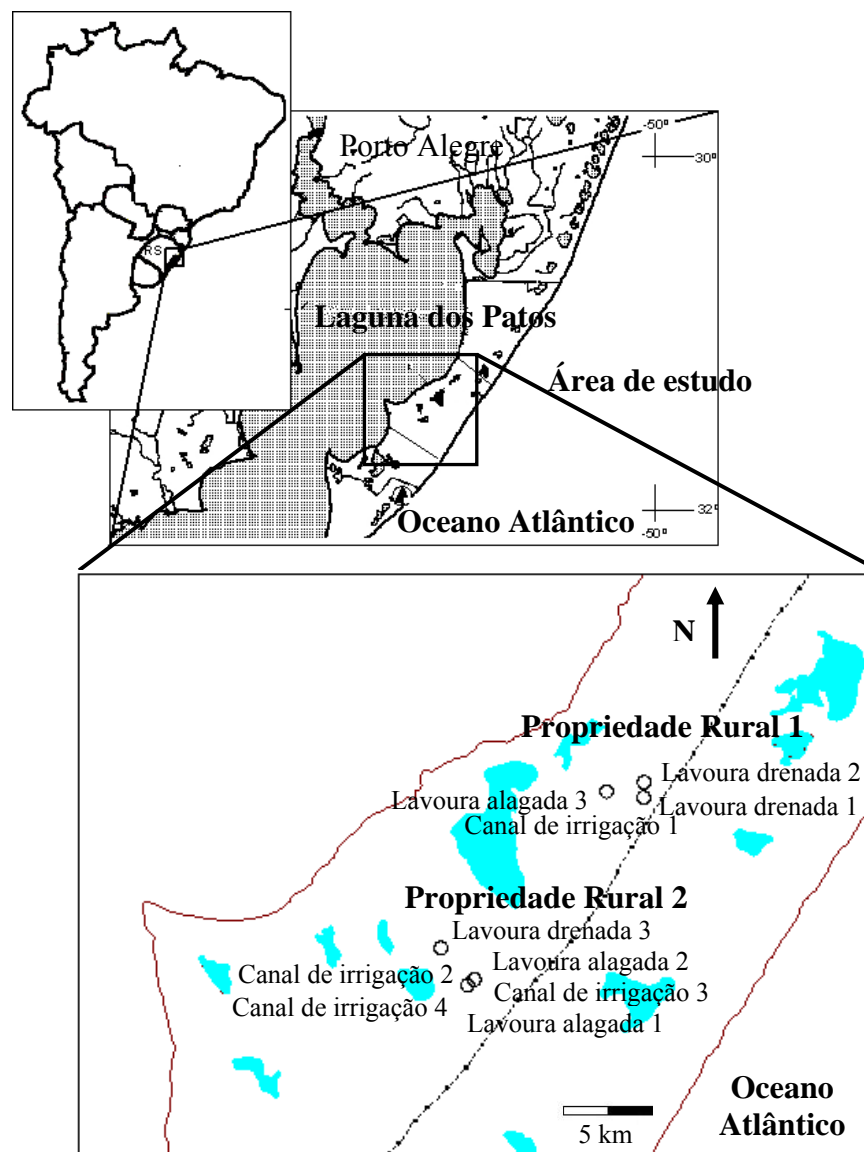


Figura 1. Área de estudo, destacando as lavouras de arroz e os canais de irrigação estudados em duas propriedades rurais na Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

## 1) Estudo realizado ao longo de um ciclo de cultivo do arroz

O presente estudo foi realizado em seis lavouras de arroz irrigado e quatro canais de irrigação ao longo de um ciclo de cultivo. As seis lavouras foram aleatoriamente sorteadas de um total de 20 lavouras (10 lavouras que permaneciam com água durante a resteva e 10 lavouras que eram drenadas para uso como área de pastagem durante esse período). De cada um dos tratamentos (lavouras que permaneciam com água e lavouras drenadas), três lavouras foram sorteadas (Figuras 2 e 3). Além disso, quatro canais de irrigação adjacentes às lavouras estudadas foram selecionados nas duas propriedades rurais (Figura 4). No período de resteva (entressafra), os canais de irrigação permaneceram com água acumulada devido principalmente à topografia plana e à maior precipitação pluvial nesse período do ano (inverno).



Figura 2. Vista geral da lavoura de arroz que permanece com água no período de resteva, em um ciclo de cultivo de junho de 2005 a junho de 2006, na Planície Costeira do Rio Grande do Sul.



Figura 3. Lavoura de arroz que permanece sem água no período de resteva, em um ciclo de cultivo de junho de 2005 a junho de 2006, na Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

Nas lavouras foram feitas aplicações do herbicida glifosato na dosagem de 4L/ha no preparo do solo e de 2L/ha na fase inicial do crescimento da plântula de arroz (Figura 5). As lavouras foram fertilizadas com uréia (200 kg/ha) antes da irrigação e logo após a emergência das plântulas de arroz. A área de cada lavoura era de aproximadamente 1 ha, e a água captada pelos canais de irrigação durante o período de crescimento do arroz era oriunda da Laguna dos Patos. A largura dos canais de irrigação estudados era de aproximadamente 2 metros e o comprimento (distância) de cada um dos canais entre a Laguna dos Patos e as lavouras estudadas era de aproximadamente 9 km (Figura 6).



Figura 4. Vista geral dos canais de irrigação de lavouras de arroz estudados na Planície Costeira do Rio Grande do Sul ao longo de um ciclo de cultivo (2005-2006).





Figura 5. Aplicação de herbicida na fase inicial do crescimento da plântula de arroz nas lavouras estudadas ao longo de um ciclo de cultivo (junho de 2005 a junho de 2006) na Planície Costeira do Rio Grande do Sul.



Figura 6. Vista de um dos canais de irrigação estudados evidenciando a largura e a distância dos canais entre a Laguna dos Patos e as lavouras de arroz na Planície Costeira do Rio Grande do Sul, no ciclo de cultivo de junho de 2005 a junho de 2006.

### *Amostragem de macroinvertebrados*

Foram realizadas seis coletas durante um ciclo de cultivo do arroz irrigado nas seis lavouras e quatro canais (junho de 2005 a junho de 2006), compreendendo dois períodos distintos: cultivado e não cultivado. Em cada lavoura e canal de irrigação foram realizadas duas coletas anteriores ao preparo do solo (junho e setembro de 2005), correspondendo à fase de entressafra ou resteva (Figura 7); uma coleta no preparo do solo (novembro de 2005) (Figuras 8 e 9); duas coletas durante a irrigação das lavouras de arroz (Figura 10), nas quais os canais de irrigação estavam conectados às lavouras (crescimento inicial do arroz - janeiro de 2006, e crescimento final - março de 2006); e uma coleta na fase de pós-colheita das lavouras de arroz (Figura 11), em que os canais não apresentavam mais a conexão com as lavouras (junho de 2006). Enquanto o período cultivado correspondeu às coletas de preparo do solo e crescimento (inicial e final) do arroz, o período não cultivado foi representado pelas coletas de resteva (anterior ao preparo do solo e pós-colheita).



Figura 7. Fase de entressafra ou resteva nas lavouras de arroz estudadas na Planície Costeira do Rio Grande do Sul no ciclo de cultivo de junho de 2005 a junho de 2006.





Figura 8. Fase de preparo do solo nas lavouras de arroz estudadas na Planície Costeira do Rio Grande do Sul no ciclo de cultivo de junho de 2005 a junho de 2006.



Figura 9. Maquinário utilizado na fase de preparo do solo nas lavouras de arroz estudadas na Planície Costeira do Rio Grande do Sul no ciclo de cultivo de junho de 2005 a junho de 2006.



Figuras 10 e 11. Fases de crescimento do arroz irrigado e pós-colheita na Planície Costeira do Rio Grande do Sul no ciclo de cultivo de junho de 2005 a junho de 2006.

Em cada coleta, seis amostras quantitativas de macroinvertebrados foram obtidas aleatoriamente em cada lavoura e canal de irrigação, utilizando-se um core de 7,5 cm de diâmetro, que foi inserido até 10 cm de profundidade no sedimento (Figura 12). Adicionalmente foi obtida uma amostra qualitativa em cada área estudada. Esta amostra foi obtida utilizando-se uma rede de mão com armação circular de 30 cm de diâmetro, de malha de 200  $\mu\text{m}$  de diâmetro, consistindo da varredura do sedimento e da coluna d'água nas lavouras de arroz e canais de irrigação (Figura 13). Em cada localidade coletou-se um volume



de aproximadamente 3,5 litros, buscando-se uma padronização do esforço de coleta em termos de área amostrada. As amostras foram fixadas *in situ* com formaldeído a 10% e levadas ao laboratório. No laboratório, as amostras foram lavadas com o auxílio de peneiras com malhas de 1 mm, 0,5 mm e 0,2 mm de diâmetro. Os macroinvertebrados foram triados e identificados quando possível, até o nível de espécie, com auxílio de estereomicroscópio e microscópio, e acondicionados em tubetes de vidro com álcool a 80%. A identificação foi realizada através de bibliografias especializadas (Lopretto & Tell, 1995; Merritt & Cummins, 1996; Fernández & Dominguez, 2001) e recorrendo-se ao auxílio de especialistas em diferentes grupos taxonômicos. As amostras foram depositadas no Laboratório de Ecologia e Conservação de Ecossistemas Aquáticos da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.



Figuras 12 e 13. Métodos de coleta quantitativa (core) e qualitativa (rede) de macroinvertebrados nas lavouras de arroz e canais de irrigação na Planície Costeira do Rio Grande do Sul ao longo do ciclo de cultivo de junho de 2005 a junho de 2006.

## **2) Experimento realizado em laboratório para avaliar a diversidade e a viabilidade dos bancos de ovos e de outras estruturas dormentes de invertebrados aquáticos**

O presente estudo foi realizado em uma das propriedades rurais mencionadas anteriormente, localizada no município de Mostardas (Planície Costeira do Rio Grande do Sul, 30°54'46,9" Sul, 50°48'46,2" Oeste). A propriedade rural incluía tanto lavouras de arroz irrigado recentemente alagadas e cultivadas (colheita realizada há 20 dias – Figura 14) como lavouras secas (em descanso) há um ano (Figura 15) e dois anos (Figura 16). Foram aleatoriamente selecionadas três lavouras de arroz correspondentes a cada um dos três períodos históricos sem inundação (20 dias, um ano e dois anos), totalizando nove lavouras de arroz amostradas. A área de cada uma das lavouras estudadas era de aproximadamente 1 ha.



Figura 14. Vista geral de uma lavoura de arroz irrigado recentemente alagada e cultivada (colheita realizada há 20 dias) na Planície Costeira do Rio Grande do Sul.





Figura 15. Vista geral de uma lavoura de arroz irrigado seca há um ano na Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

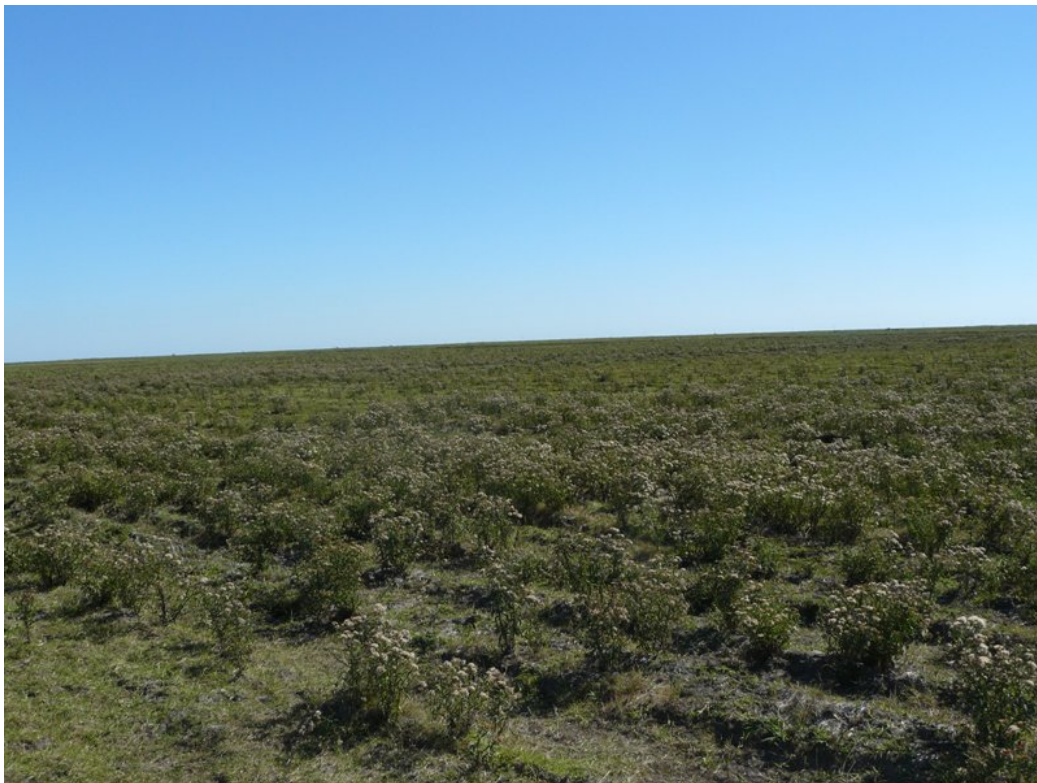


Figura 16. Vista geral de uma lavoura de arroz irrigado seca há dois anos na Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

### *Amostragem do sedimento seco e métodos para o experimento em laboratório*

Um total de 12 amostras de sedimento seco foi coletado aleatoriamente através de um core (7,5 cm de diâmetro) inserido até a profundidade de 10 cm distribuídos ao longo da área de cada lavoura de arroz estudada, no dia 10 de abril de 2008 (Figura 17).



Figura 17. Coleta de sedimento seco das lavouras de arroz estudadas e secas há 20 dias, um ano e dois anos na Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

O volume de sedimento seco amostrado, por lavoura de arroz, foi de aproximadamente  $5.300 \text{ cm}^3$ , sendo este material acondicionado em sacos plásticos de 20 litros. No laboratório o sedimento seco de cada lavoura foi peneirado para a remoção de raízes e folhas (peneira com malha de 1 mm de diâmetro) e homogeneizado. Posteriormente, o sedimento seco de cada uma das nove lavouras estudadas foi dividido em duas bandejas plásticas (32 X 15 cm e altura de 10,5 cm), equivalendo a uma área de  $960 \text{ cm}^2$ . O sedimento adicionado em cada bandeja correspondeu a aproximadamente 3 cm de profundidade. As 18 bandejas foram hidratadas com água destilada até 2 cm acima da superfície do sedimento e o nível de água foi mantido constante ao longo do experimento (Figura 18). As bandejas foram cobertas com uma tela e mantidas sob temperatura de  $25^\circ\text{C}$

$\pm 2^{\circ}\text{C}$ , fotoperíodo constante (12h claro e 12h escuro) e concentração de oxigênio dissolvido acima de 6,5 mg/L (Figuras 19 e 20). As variáveis potencial hidrogeniônico (pH), temperatura, condutividade, salinidade e oxigênio dissolvido da água foram monitoradas ao longo de todo o experimento, por meio de uma sonda multi-parâmetro (HORIBA, modelo U-10).



Figura 18. Nível de água mantido constante nas bandejas ao longo do experimento realizado em laboratório.



Figura 19. Distribuição das bandejas plásticas em ambiente com temperatura, fotoperíodo e oxigênio dissolvido controlados.



### *Amostragem de invertebrados*

O experimento de hidratação do sedimento seco das lavouras de arroz estudadas foi realizado de 16 de junho a 13 de agosto de 2008. Os invertebrados foram amostrados no dia anterior à hidratação do sedimento seco (dia 0 – 16/junho), e 1, 3, 7, 10, 14, 21, 30, 36, 45, 51 e 58 dias após a hidratação do sedimento das lavouras estudadas através de uma pequena rede de formato quadrado (5 X 5 cm) e malha de 100 $\mu$ m de diâmetro (Figura 20). Foram realizadas três varreduras de 32 cm (uma varredura = 32 X 5 cm) para amostrar toda a área da bandeja (32 X 15 cm). O material amostrado foi acondicionado em potes plásticos (200 mL) com álcool a 80%. As amostras foram lavadas com o auxílio de uma peneira com malha de 100 $\mu$ m de diâmetro, e os invertebrados foram triados e identificados quando possível, até o nível de espécie, com auxílio de estereomicroscópio e microscópio. A identificação foi realizada por meio de literatura especializada e recorrendo-se ao auxílio de especialistas. As amostras foram depositadas no Laboratório de Ecologia e Conservação de Ecossistemas Aquáticos da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.



Figura 20. Amostragem de invertebrados por meio de uma rede nas bandejas contendo o sedimento hidratado.



## Referências Bibliográficas

- AZAMBUJA, IHV., VERNETTI, JFJ. & MAGALHÃES, JAM., 2004. Aspectos socioeconômicos da produção do arroz. In: GOMES, AS. & MAGALHÃES, JAM. (Eds.). *Arroz irrigado no Sul do Brasil*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.
- FERNÁNDEZ, HR. & DOMINGUEZ, E., 2001. *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos*. Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán.
- GOMES, AS., PAULETTO, EA., VERNETTI, Jr., FJ. & SOUSA, RO., 2004. Plantio direto e cultivo mínimo em arroz irrigado. In: GOMES, AS. & MAGALHÃES, JAM. (Eds.). *Arroz irrigado no Sul do Brasil*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.
- INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ (IRGA), 2007. *Arroz irrigado: safra 2006/2007 - produção municipal*. Porto Alegre: Seção de Política Setorial – DCI.
- LOPRETTO, EC. & TELL, G., 1995. *Ecosistemas de aguas continentales: metodologías para su estudio*. La Plata: Ediciones Sur.
- MALTCHIK, L., 2003. Three new wetlands inventories in Brazil. *Interciencia*, vol. 28, no. 7, p. 421-423.
- MERRITT, RW. & CUMMINS, KW., 1996. *An introduction to the aquatic insects of North America*. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company.
- RAMBO, B., 2000. *A Fisionomia do Rio Grande do Sul: Ensaio de Monografia Natural*. São Leopoldo: Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). 456 p.
- TERRES, AL., GALLI, J., FAGUNDES, PRR., MACHADO, MO., MAGALHÃES, Jr., AM., MARTINS, JF., NUNES, CDM., FRANCO, DF. & AZAMBUJA, IHV., 1998. *Arroz Irrigado no Rio Grande do Sul: generalidades e cultivares*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 58 p.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. DIVERSIDADE DE INVERTEBRADOS EM ARROZAIIS E CANAIS DE IRRIGAÇÃO NA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL**

CRISTINA STENERT<sup>1,2</sup>, LEONARDO MALTCHIK<sup>1</sup>, ODETE ROCHA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Ecologia e Conservação de Ecossistemas Aquáticos, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, UNISINOS, Av. Unisinos, 950, CEP 93.022-000, São Leopoldo, RS, Brasil;

<sup>2</sup>Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, Via Washington Luiz, km 235, CEP 13.560-905, São Carlos, SP, Brasil.

## **Resumo**

As lavouras de arroz irrigado são sistemas cultivados há milênios, e uma alta diversidade de espécies de invertebrados tem sido associada com essas áreas agrícolas. Estudos sobre a estrutura e a diversidade de invertebrados aquáticos em arrozais são escassos no Sul do Brasil. Nesse sentido, o objetivo geral desse estudo foi realizar um inventário da diversidade de invertebrados aquáticos em lavouras de arroz e canais de irrigação em uma importante região orizícola do Rio Grande do Sul, visando a conservação da biota nesses agroecossistemas. Foram realizadas seis coletas ao longo de um ciclo de cultivo (junho de 2005 a junho de 2006) em seis lavouras de arroz e quatro canais de irrigação na Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Um total de 26.579 indivíduos em 119 táxons de invertebrados distribuídos em sete Filos foi coletado durante o ciclo de cultivo estudado nas lavouras de arroz e canais de irrigação. Os artrópodes foram os invertebrados com o maior número de táxons amostrados. Os coletores, predadores e generalistas foram os grupos tróficos funcionais que predominaram dentre os invertebrados registrados neste estudo. As famílias Naididae, Chironomidae, Spongillidae, Libellulidae e Tubificidae foram as que apresentaram o maior número de gêneros ou espécies. A composição de invertebrados foi diferente entre lavouras de arroz e canais de irrigação ao longo do ciclo de cultivo estudado. Além disso, alguns táxons foram mais freqüentes no período de cultivo do arroz, enquanto outros estiveram mais associados ao período não cultivado. As lavouras de arroz e canais de irrigação são sistemas colonizados por uma variedade de invertebrados aquáticos e terrestres, apresentando uma alta diversidade biológica dificilmente encontrada em outras áreas agrícolas.

**Palavras-chave:** áreas úmidas artificiais, artrópodes, biodiversidade, estrutura da comunidade, grupos tróficos funcionais.

## **Abstract**

Irrigated rice fields have been cultivated for thousands of years, and a high invertebrate species diversity has been associated with these agricultural areas. Investigations on the structure and diversity of aquatic invertebrates in rice fields are scarce in the south of Brazil. Thus, the main goal of this study was to conduct an inventory of the aquatic invertebrate diversity in rice fields and irrigation canals in an important rice cultivation area in Rio Grande do Sul to preserve the biota in these agroecosystems. Six collections were carried out along a cultivation cycle (June 2005 – June 2006) in six rice fields and four irrigation canals in the Coastal Plain of Rio Grande do Sul. A total of 26,579 individuals in 119 invertebrate taxa distributed among seven Filos were collected over the cultivation cycle investigated in rice fields and irrigation canals. The arthropods were the invertebrates which showed the greatest amount of sampled taxa. Collectors, predators, and omnivores were the prevalent functional feeding groups in this study. The Naididae, Chironomidae, Spongillidae, Libellulidae, and Tubificidae families were those which showed the highest number of genera and species. The invertebrate composition was different between rice fields and irrigation canals over the rice cultivation cycle. Besides, some were more frequent over the rice cultivation period whereas other ones were more associated with the non-cultivation period. Rice fields and irrigation canals are systems colonized by a variety of aquatic and terrestrial invertebrates, and they present a high biologic diversity which can be hardly found in other cultivation areas.

**Key-words:** man-made wetlands, arthropods, biodiversity, community structure, functional feeding groups.

## **Introdução**

Até o final dos anos 80, o principal enfoque da biologia da conservação esteve concentrado nos ecossistemas naturais, incluindo principalmente aqueles protegidos sob a forma de unidades de conservação, os quais correspondem a somente 11,5% da superfície terrestre do planeta (Rodrigues et al., 2004; Bambaradeniya et al., 2004). Entretanto, a partir de 1990, foi dada uma maior importância sob o ponto de vista da conservação às áreas manejadas pelo homem, tais como, áreas agrícolas, sistemas florestais e assentamentos humanos, uma vez que esses sistemas caracterizam 75% da superfície terrestre do mundo (Western & Pearl, 1989; McNeely, 1995). Nesse sentido, muitas espécies vegetais e animais coexistem entre sistemas naturais e manejados pelo homem.

Entretanto, a agricultura moderna ou convencional consiste na simplificação da estrutura natural do ambiente ao longo de grandes áreas, substituindo a diversidade natural por um pequeno número de espécies de plantas cultivadas, e animais domesticados (Altieri, 1999). Na agricultura convencional mundial, não mais do que 70 espécies de plantas são cultivadas em aproximadamente 1.440 milhões de hectares, contrastando com a diversidade de espécies de plantas encontradas em apenas um hectare de floresta tropical, que pode chegar a mais de 100 espécies (Perry, 1994). Inúmeras pesquisas têm alertado repetidamente para a extrema vulnerabilidade das monoculturas devido a essa uniformidade genética. A simplificação da biodiversidade que ocorre nesse tipo de agricultura faz com que sejam necessárias constantes intervenções humanas, enquanto que em ecossistemas naturais, a regulação funcional interna do sistema ocorre através de interações biológicas decorrentes dos processos naturais relacionados ao fluxo de energia e ciclagem de nutrientes e que envolvem uma grande diversidade de organismos (Swift &

Anderson, 1993). Aumentar a biodiversidade funcional em agroecossistemas é a estratégia ecológica-chave para trazer sustentabilidade ao cultivo (Altieri, 1999; Thrupp, 2000).

Dentre os diferentes tipos de agroecossistemas existentes no mundo, as lavouras de arroz irrigado são sistemas cultivados há milênios, e uma alta diversidade de espécies de invertebrados, vertebrados e plantas tem sido associada com essas áreas agrícolas (Heckman, 1979; Elphick & Oring, 2003; Bambaradeniya et al., 2004). A comunidade de invertebrados é extremamente importante para a fertilidade do solo de lavouras de arroz irrigado, além de ser representada por predadores e parasitóides fundamentais para o controle natural de espécies de insetos consideradas pragas dessa cultura (Roger et al., 1991). A alta diversidade de invertebrados verificada em lavouras de arroz pode estar atrelada às variações físicas, químicas e biológicas que ocorrem ao longo de um ciclo de cultivo, favorecendo o estabelecimento de um grupo diversificado de invertebrados aquáticos na fase aquática do ciclo e principalmente de artrópodes terrestres na fase sem água (Fernando, 1993; Bambaradeniya et al., 2004).

Um dos primeiros inventários da fauna de invertebrados aquáticos em lavouras de arroz irrigado foi o de Meijen (1940), que registrou cerca de 185 espécies, pertencentes a quatro filos, no Uzbequistão. Heckman (1979) realizou um amplo inventário de invertebrados aquáticos em lavouras de arroz irrigado na Tailândia, onde encontrou 183 espécies em um único ciclo de cultivo. Bambaradeniya e colaboradores (2004) registraram um total de 494 espécies de invertebrados aquáticos e terrestres em uma lavoura de arroz irrigado localizada no Sri Lanka ao longo de cinco ciclos de cultivo consecutivos, sendo que 69% das espécies eram artrópodes terrestres, principalmente insetos e aracnídeos. Além disso, do total de espécies de invertebrados encontrados, 15 eram novos registros para o Sri Lanka, e 200 espécies eram consideradas inimigas naturais de insetos considerados praga do arroz (Bambaradeniya et al., 2004). Entretanto, poucos estudos

obtiveram uma diversidade tão alta de invertebrados aquáticos como a encontrada nos trabalhos de Heckman (1979) e Bambaradenyia et al. (2004). Em outros estudos, como os de Lim (1980), na Malásia, IRRI (1985), nas Filipinas, Roger et al. (1987), na Índia, e Takahashi et al. (1982), na Califórnia, a diversidade máxima de invertebrados aquáticos em lavouras de arroz irrigado não ultrapassou 39 espécies. Wilson et al. (2008) demonstraram que lavouras de arroz cultivadas sob um sistema convencional, com a utilização de defensivos químicos, apresentaram uma menor diversidade de macroinvertebrados aquáticos do que lavouras cultivadas organicamente. A diminuição na diversidade de espécies em lavouras de arroz irrigado, para a fauna em geral, tem sido atribuída à intensa mecanização do sistema produtivo, à utilização de agroquímicos e ao desaparecimento de ecossistemas naturais adjacentes às lavouras, os quais constituem reservas permanentes de biodiversidade (Fernando et al., 1979).

No Sul do Brasil, mais especificamente no Rio Grande do Sul, dados conservativos apontam que aproximadamente 90% das áreas úmidas originais já foram destruídas. O fato do Rio Grande do Sul concentrar a maior área de arroz irrigado cultivada no país foi uma das principais causas da fragmentação e destruição das áreas úmidas naturais neste estado. Por outro lado, o papel das lavouras de arroz e canais de irrigação como habitats para a vida silvestre não é ainda conhecido no Rio Grande do Sul. Considerando a escassez de informações sobre a estrutura e a diversidade de macroinvertebrados aquáticos nos sistemas produtivos orizícolas no Sul do Brasil e da significativa perda de áreas úmidas naturais nessa região, o objetivo geral desse estudo foi realizar um inventário da diversidade de macroinvertebrados aquáticos em lavouras de arroz e canais de irrigação em uma importante região orizícola do Rio Grande do Sul, a Planície Costeira.

## **Material e Métodos**

### *Área de estudo*

O estado do Rio Grande do Sul está localizado na região Sul do Brasil com uma área de 282.184 km<sup>2</sup> (Figura 1). A Planície Costeira estende-se por 640 km à margem do Oceano Atlântico, com área correspondente a 10,6% da área total do Estado, sendo sua principal característica hidrológica a ausência de grandes rios e a presença de várias lagoas distribuídas em toda sua extensão. A Planície Costeira é uma das regiões do Rio Grande do Sul com a maior concentração de áreas úmidas e também é uma importante região produtora de arroz no Estado (Maltchik, 2003; Azambuja et al., 2004). O clima do Rio Grande do Sul é subtropical úmido, e a temperatura média varia de 14,6°C no inverno a 22,2°C no verão, com uma temperatura média anual de 17,5°C. A precipitação anual varia de 1.150 a 1.450 mm, com uma média anual de 1.250 mm (Tagliani, 1995). A topografia plana e a baixa altitude (inferior a 20 m acima do nível do mar) da Planície Costeira fazem com que as condições climáticas relacionadas à precipitação e temperatura sejam bastante similares nessa região (Rambo, 2000).

O presente estudo foi realizado no município de Mostardas (Planície Costeira do Rio Grande do Sul, 30°54'46,9" Sul, 50°48'46,2" Oeste), que ocupa atualmente a oitava posição entre as cidades produtoras de arroz irrigado no Rio Grande do Sul, com 33.397 ha de área de plantio (Instituto Rio Grandense do Arroz, 2007). Nesse estudo, foram selecionadas duas propriedades rurais no município de Mostardas que utilizaram o mesmo sistema de cultivo do arroz irrigado (cultivo mínimo) (Figura 1). O estudo foi realizado em seis lavouras de arroz irrigado e quatro canais de irrigação ao longo de um ciclo de cultivo. As seis lavouras foram aleatoriamente sorteadas de um total de 20 lavouras (10 lavouras



que permaneciam com água durante a resteva e 10 lavouras que eram drenadas para uso como área de pastagem durante esse período). De cada um dos tratamentos (lavouras mantidas com água e lavouras drenadas), três lavouras foram sorteadas (Figura 1). Além disso, quatro canais de irrigação adjacentes às lavouras estudadas foram selecionados nas duas propriedades rurais. No período de resteva (entressafra), os canais de irrigação permaneceram com água acumulada devido principalmente à topografia plana e à maior precipitação pluvial nesse período do ano (inverno). Nas lavouras foram feitas aplicações do herbicida glifosato na dosagem de 4L/ha no preparo do solo e de 2L/ha na fase inicial do crescimento da plântula de arroz. As lavouras foram fertilizadas com uréia (200 kg/ha) antes da irrigação e logo após a emergência das plântulas de arroz. A área de cada uma das lavouras estudadas era de aproximadamente 1 ha, e a água captada pelos canais de irrigação durante o período de crescimento do arroz era oriunda da Laguna dos Patos. A largura dos canais de irrigação estudados era de aproximadamente 2 metros e o comprimento (distância) de cada um dos canais entre a Laguna dos Patos e as lavouras estudadas era de aproximadamente 9 km.

#### *Amostragem de macroinvertebrados*

Foram realizadas seis coletas durante um ciclo de cultivo do arroz irrigado nas seis lavouras e quatro canais (junho de 2005 a junho de 2006), compreendendo dois períodos distintos: cultivado e não cultivado. Em cada lavoura e canal de irrigação foram realizadas duas coletas anteriores ao preparo do solo (junho e setembro de 2005), correspondendo à fase de entressafra ou resteva; uma coleta no preparo do solo (novembro de 2005); duas coletas durante a irrigação das lavouras de arroz, nas quais os canais de irrigação estavam conectados às lavouras (crescimento inicial do arroz - janeiro de 2006, e crescimento final

- março de 2006); e uma coleta na fase de pós-colheita das lavouras de arroz, em que os canais não apresentavam mais a conexão com as lavouras (junho de 2006). Enquanto o período cultivado correspondeu às coletas de preparo do solo e crescimento (inicial e final) do arroz, o período não cultivado foi representado pelas coletas de resteva (anterior ao preparo do solo e pós-colheita).

Em cada coleta, seis amostras quantitativas de macroinvertebrados foram obtidas aleatoriamente em cada lavoura e canal de irrigação, utilizando-se um core de 7,5 cm de diâmetro, que foi inserido até 10 cm de profundidade no sedimento. Adicionalmente foi obtida uma amostra qualitativa em cada área estudada. Esta amostra foi obtida utilizando-se uma rede de mão com armação circular de 30 cm de diâmetro, de malha de 200 µm de diâmetro, consistindo da varredura do sedimento e da coluna d'água nas lavouras de arroz e canais de irrigação. Em cada localidade coletou-se um volume de aproximadamente 3,5 litros, buscando-se uma padronização do esforço de coleta em termos de área amostrada. As amostras foram fixadas *in situ* com formaldeído a 10% e levadas ao laboratório. No laboratório, as amostras foram lavadas com o auxílio de peneiras com malhas de 1 mm, 0,5 mm e 0,2 mm de diâmetro. Os macroinvertebrados foram triados e identificados quando possível, até o nível de espécie, com auxílio de estereomicroscópio e microscópio, e acondicionados em tubetes de vidro com álcool a 80%. A identificação foi realizada utilizando-se bibliografias especializadas (Brinkhurst & Marchese, 1989; Lopretto & Tell, 1995; Merritt & Cummins, 1996; Fernández & Dominguez, 2001) e recorrendo-se ao auxílio de especialistas em diferentes grupos taxonômicos. As amostras foram depositadas no Laboratório de Ecologia e Conservação de Ecossistemas Aquáticos da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

## *Análise de dados*

Segundo a classificação de grupos funcionais de alimentação de Merritt & Cummins (1996), os táxons de macroinvertebrados foram agrupados em seis grupos tróficos funcionais: predadores (P), coletores (C), fragmentadores (F), raspadores (R), perfuradores herbívoros (PH), e parasitas (PA). Os táxons pertencentes a mais de um grupo trófico funcional foram classificados como generalistas (G). Os critérios para a divisão da comunidade de macroinvertebrados em grupos tróficos funcionais são baseados na associação entre um conjunto de adaptações alimentares dos organismos e as categorias de recursos básicos disponíveis. A classificação em grupos tróficos funcionais distingue os táxons de macroinvertebrados dentro dos ecossistemas aquáticos de acordo com as diferentes adaptações morfológicas e comportamentais utilizadas para se alimentarem (Merritt & Cummins, 1996).

A variação da composição de macroinvertebrados ao longo das diferentes fases do ciclo de cultivo do arroz nas lavouras e canais de irrigação foi verificada através de Análise de Correspondência Destendenciada (“Detrended Correspondence Analysis – DCA”, Hill & Gauch, 1980), do Pacote Estatístico PC-ORD Version 4.2 (McCune & Mefford, 1999). Foram realizadas duas análises de correspondência destendenciada: 1) As lavouras de arroz e os canais de irrigação foram categorizados visando evidenciar diferenças na composição de macroinvertebrados entre esses dois sistemas ao longo do ciclo de cultivo estudado; e 2) As coletas foram categorizadas em período cultivado (preparo do solo e crescimento inicial e final do arroz) e não cultivado (resteva anterior ao preparo do solo e pós-colheita) para analisar variações na sucessão temporal da composição de macroinvertebrados nas áreas estudadas. Na primeira análise, a presença/ausência dos diferentes táxons de macroinvertebrados nas seis lavouras de arroz foi agrupada para cada uma das coletas, e o

mesmo foi feito em relação aos canais de irrigação, totalizando 12 pontos (seis pontos relacionados às lavouras em cada uma das coletas e seis pontos relacionados aos canais de irrigação em cada coleta). Na segunda análise, a presença/ausência dos diferentes táxons de macroinvertebrados foi analisada em cada coleta do ciclo de cultivo, totalizando 6 pontos (três pontos referentes às coletas do período cultivado e três pontos no período não cultivado). Os táxons de macroinvertebrados considerados nas duas análises foram aqueles que ocorreram em três ou mais pontos. Posteriormente, foi realizado o procedimento de permutação multi-resposta (“Multi-Response Permutation Procedure – MRPP”), do Pacote Estatístico PC-ORD Version 4.2 (McCune & Mefford, 1999) para verificar se as variações na composição entre lavouras e canais e entre período cultivado e não cultivado eram significativas.

## **Resultados**

Um total de 26.579 indivíduos em 69 táxons superiores (famílias ou ordens) de macroinvertebrados e 5 táxons de microinvertebrados (microcrustáceos e Nematoda) foi coletado durante o ciclo de cultivo estudado nas lavouras de arroz e canais de irrigação (Tabela 1). Considerando o menor nível de identificação taxonômica em que foi possível identificá-los, foram registrados 119 táxons de invertebrados (Tabela 1). Os coletores (50 táxons), os predadores (28 táxons) e os generalistas (20 táxons) foram os grupos tróficos funcionais que predominaram dentre os macroinvertebrados registrados neste estudo, representando 82,3% do total de táxons de invertebrados coletados (Tabela 1, Figura 2). Os fragmentadores (10 táxons), os raspadores (5 táxons), os perfuradores herbívoros (4 táxons) e os parasitas (2 táxons), corresponderam a 17,7% do total de táxons de

invertebrados amostrados nas lavouras de arroz e canais de irrigação, ao longo do ciclo de cultivo (Tabela 1, Figura 2).

Dentre os artrópodes, os insetos estiveram representados por 5.037 indivíduos em 49 famílias, *Hyalella* predominou entre os crustáceos, totalizando 4.252 indivíduos, e os ácaros (terrestres e aquáticos) foram representados por 1.169 indivíduos. Dentre os insetos, dos 2.268 dípteros, a família Chironomidae representou 83,2%, seguida das famílias Culicidae, Ceratopogonidae e Ephydriidae, que juntas totalizaram 14,1% do total de indivíduos dessa ordem. Das 14 famílias de Coleoptera, 10 apresentaram uma abundância inferior a 10 indivíduos no sedimento das lavouras e canais de irrigação, ao longo do período estudado. Os coleópteros da família Hydrophilidae, especialmente *Berosus*, e da família Dytiscidae, corresponderam a 41% e 26,2% do total de indivíduos dessa ordem de insetos. Os organismos das famílias Corixidae e Belostomatidae predominaram entre os heterópteros, e as náíades de Coenagrionidae foram as mais abundantes dentro da ordem Odonata. Os efemerópteros totalizaram 784 indivíduos pertencentes aos gêneros *Caenis* (que correspondeu a 85% desse total), *Callibaetis* e *Campsurus*. Os tricópteros foram pouco representativos no estudo, com um total de 55 indivíduos.

A Classe Oligochaeta correspondeu a 30,2% do total de indivíduos amostrados durante o estudo distribuídos em apenas quatro famílias e uma ordem (Megadrili). Em relação à Classe Hirudinea, as famílias Glossiphoniidae e Hirudinidae totalizaram 3.029 indivíduos, sendo que 95% desse total pertenciam à família Glossiphoniidae. Os briozoários caracterizaram um outro grupo de macroinvertebrados que foi bastante representativo nas lavouras e canais de irrigação, sendo coletados 1.378 estatoblastos da família Plumatellidae. Dentre os moluscos, os gastrópodes estiveram representados por 1.420 indivíduos distribuídos em quatro famílias e os bivalves da família Sphaeriidae totalizaram 845 indivíduos. Sete espécies de esponjas de água doce (família Spongillidae)

somaram mais 971 indivíduos à comunidade de macroinvertebrados durante o ciclo de cultivo do arroz irrigado.

As famílias de macroinvertebrados que apresentaram o maior número de gêneros ou espécies foram Naididae (14 espécies), Chironomidae (dez gêneros), Spongillidae (sete espécies), Libellulidae (cinco gêneros) e Tubificidae (cinco gêneros e/ou espécies) (Tabela 1). Algumas famílias coletadas foram representadas por um ou dois gêneros ou espécies (Tabela 1). Os tubificídeos mais abundantes foram *Bothrioneurum*, *Aulodrilus pigueti* e *Limnodrilus hoffmeisteri*, representando 96,5% dos indivíduos dessa família. *Aulodrilus limnobius* correspondeu ao restante dos tubificídeos amostrados. Dentre os naidídeos, 62,2% dos indivíduos pertenciam às espécies de *Dero* (*Dero*): *D. (D.) botrytis*, *D. (D.) obtusa*, *D. (D.) nivea*, *D. (D.) digitata*, *D. (D.) multibranchiata*, *D. (D.) sawayai* e *D. (D.) evelinae*. As espécies *Dero* (*Aulophorus*) *vagus* e *Dero* (*Aulophorus*) *furcatus* corresponderam a apenas 5,5% dos naidídeos coletados. As espécies *Pristina americana*, *Pristina leidyi*, *Slavina sawayai*, *Slavina evelinae* e o gênero *Allonais* totalizaram 32,3% dos indivíduos dessa família.

Além dos macroinvertebrados estritamente aquáticos ou semi-aquáticos, alguns táxons terrestres ou com predominância de espécies terrestres também foram encontrados nas lavouras de arroz e canais de irrigação ao longo de todo o período estudado, tais como, coleópteros das famílias Curculionidae, Chrysomelidae, Staphylinidae, Scarabaeidae, Elateridae, Coccinellidae e Carabidae; heterópteros das famílias Aradidae e Pyrrhocoridae; homópteros das famílias Cicadellidae, Aphididae, Cercopidae e Delphacidae; representantes das ordens Orthoptera e Hymenoptera (*Solenopsis*), aranhas, ácaros oribatídeos e oligoquetas megadrilos e da família Enchytraeidae (Tabela 1). Na amostragem de macroinvertebrados aquáticos também foram amostrados diversos

representantes da meiofauna, como por exemplo, microcrustáceos (Cladocera, Copepoda e Ostracoda), e nematódeos (Tabela 1).

Os dois primeiros eixos da análise de ordenação explicaram 34,9% (24% pelo eixo 1 e 10,9% pelo eixo 2) da variação da composição de macroinvertebrados nas lavouras de arroz e canais de irrigação ao longo do ciclo de cultivo estudado. O primeiro eixo da análise demonstrou que a composição de macroinvertebrados variou entre as lavouras de arroz e os canais de irrigação ao longo do período estudado (Figura 3a). Essa variação foi validada estatisticamente pelo procedimento de permutação multi-resposta ( $A = 0,067$ ;  $p = 0,0005$ ). Além disso, a variação da composição de macroinvertebrados entre as coletas do ciclo de cultivo foi maior nas lavouras do que nos canais (Figura 3a). Enquanto que vários táxons da Classe Oligochaeta, da ordem Coleoptera e duas espécies de Porifera foram mais presentes nas lavouras de arroz, Noteridae, Coenagrionidae, Hydrobiidae, *Pisidium*, *Girardia tigrina* e Hirudinidae estiveram mais associados aos canais de irrigação ao longo do ciclo de cultivo estudado (Figura 3a). Tanto nas lavouras de arroz quanto nos canais de irrigação foram encontrados 98 táxons de invertebrados (Tabela 1). Um total de 21 táxons foi encontrado exclusivamente nas lavouras de arroz e, igualmente, 21 táxons foram coletados somente nos canais de irrigação. As lavouras de arroz e canais de irrigação compartilharam 77 táxons de invertebrados ao longo do período estudado (Tabela 1).

Em relação à variação da composição de macroinvertebrados ao longo das seis coletas que caracterizaram o período cultivado e o período não cultivado (resteva), os dois primeiros eixos da análise de ordenação explicaram 44% (33,9% pelo eixo 1 e 10,1% pelo eixo 2) da variação na composição da comunidade. Embora essa variação não tenha sido significativa ( $A = 0,018$ ;  $p = 0,194$ ), o eixo 1 da análise de “DCA” separa gradativamente as coletas do período cultivado e não cultivado, além de destacar uma maior similaridade na composição de macroinvertebrados entre a primeira e a última coleta (junho de 2005 e

junho de 2006) (Figura 3b). Organismos pertencentes a algumas famílias de Diptera (Tipulidae, Tabanidae, Ephydriidae e Culicidae) e espécies de Porifera foram mais freqüentes no período não cultivado. Enquanto os oligoquetas tubificídeos estiveram presentes ao longo de todo o ciclo de cultivo, os naidídeos e diversos outros táxons (*Girardia tigrina*, *Caenis*, Notonectidae, Leptoceridae e Sphaeriidae) ocorreram mais frequentemente no período cultivado (Figura 3b).

## **Discussão**

Um total de 119 táxons de invertebrados foi encontrado nas lavouras de arroz e canais de irrigação estudados ao longo de um ciclo de cultivo no Rio Grande do Sul. Heckman (1979) realizou um estudo em uma única lavoura de arroz cultivada sob um sistema tradicional na Tailândia ao longo de um ano, encontrando um total de 183 espécies de invertebrados aquáticos representados por 5 Filos (Arthropoda, Mollusca, Annelida, Nematoda e Platyhelminthes). Bambaradeniya (2000) registrou um total de 179 espécies de invertebrados aquáticos em uma lavoura de arroz no Sri Lanka. Similar aos resultados de Heckman (1979) e Bambaradeniya (2000), as lavouras de arroz e canais de irrigação estudados também tiveram uma maior diversidade de artrópodes. O número de táxons foi inferior quando comparado aos inventários realizados na Tailândia e Sri Lanka provavelmente pelo nível de identificação taxonômica em que foi possível identificá-los, pois em nosso estudo alguns indivíduos não foram identificados em nível genérico ou específico.

Por outro lado, tem se observado um decréscimo no número de espécies de invertebrados aquáticos encontrados em arrozais da Malásia, das Filipinas, da Índia e dos Estados Unidos (Califórnia) (Lim, 1980; Takahashi et al., 1982; IRRI, 1985; Roger et al.,



1985). A diversidade de táxons de invertebrados aquáticos encontrada no presente estudo foi alta quando comparada com os estudos realizados por Lim (1980), em arrozais na Malásia (39 táxons), por Roger et al. (1985) e IRRI (1985), em lavouras de arroz na Índia e nas Filipinas (26 espécies) e por Takahashi et al. (1982), em arrozais da Califórnia (21 táxons). Essa baixa diversidade de invertebrados verificada nessas lavouras de arroz foi atribuída, em parte, à aplicação de pesticidas e intensificação do cultivo. Lim (1980) verificou um decréscimo na diversidade de invertebrados aquáticos logo após a aplicação de pesticidas, porém, um aumento na densidade de populações de Ostracoda, que se tornaram dominantes devido ao rápido recrutamento. Da mesma forma, nos estudos realizados na Índia e nas Filipinas, a diversidade de invertebrados aquáticos foi inversamente proporcional à dominância populacional de algumas espécies. Wilson et al. (2008) demonstraram que lavouras de arroz cultivadas sem defensivos químicos apresentaram uma maior diversidade de macroinvertebrados aquáticos em comparação àquelas cultivadas convencionalmente com a utilização de pesticidas na Austrália. Embora as propriedades rurais estudadas sejam extensas monoculturas de arroz e utilizem herbicidas e maquinário, a alta diversidade de invertebrados aquáticos constatada também pode estar relacionada à proximidade e conexão entre as lavouras e canais de irrigação com as áreas úmidas naturais adjacentes. As áreas úmidas naturais são consideradas como as principais fontes para o recrutamento das espécies da fauna aquática em lavouras de arroz (Martin, 2005). Pelo fato de existir uma fase seca nas lavouras de arroz irrigado, muitas espécies que recolonizam esses sistemas na fase aquática são advindas principalmente de áreas úmidas naturais próximas às áreas agrícolas (Fernando et al., 1980).

Um outro aspecto interessante relacionado à dinâmica e diversidade de invertebrados em lavouras de arroz e canais de irrigação é a sucessão na composição de táxons que ocorre ao longo das diferentes fases do ciclo de cultivo. Essa sucessão ocorre à

medida que as lavouras passam da fase terrestre à aquática e, ao longo da fase aquática, da ausência de vegetação até o crescimento do arroz e de outras espécies vegetais, influenciando significativamente o estabelecimento de determinadas espécies (Heckman, 1979; Fernando et al., 1979). Por exemplo, em um estudo realizado por Simpson et al. (1994) nas Filipinas, a composição de invertebrados aquáticos variou ao longo do ciclo de cultivo do arroz, sendo as populações de larvas de Chironomidae e Culicidae rapidamente sucedidas pelos microcrustáceos (Ostracoda, Copepoda e Cladocera). O prévio desenvolvimento de quironomídeos e culicídeos seguido rapidamente dos microcrustáceos foi decorrente principalmente do aparecimento do fitoplâncton conseqüente da aplicação de fertilizantes. No presente estudo, algumas famílias de dípteros (Tipulidae, Tabanidae, Ephydriidae e Culicidae) e espécies de Porifera foram mais freqüentes no período não cultivado. Por outro lado, os naidídeos e diversos outros táxons (*Girardia tigrina*, *Caenis*, Notonectidae, Leptoceridae e Sphaeriidae) ocorreram mais frequentemente no período cultivado, que compreendeu o preparo do solo e as fases de crescimento do arroz. Além disso, observou-se uma mudança mais acentuada na composição de macroinvertebrados ao longo do ciclo de cultivo estudado nas lavouras de arroz do que nos canais de irrigação, provavelmente em decorrência das variações relacionadas às flutuações hidrológicas serem mais extremas nas lavouras do que nos canais de irrigação.

Os coletores, predadores e generalistas foram os grupos tróficos funcionais que predominaram dentre os invertebrados coletados nas lavouras e canais de irrigação estudados. Os mesmos grupos tróficos funcionais de invertebrados aquáticos predominantes nas áreas orizícolas estudadas também foram os mais representativos em áreas úmidas naturais localizadas na mesma região (Stenert et al., 2004). Entretanto, embora possa existir uma similaridade nas funções desempenhadas pelos invertebrados nas cadeias alimentares de áreas úmidas naturais e arrozais, a diversidade da comunidade de

macroinvertebrados aquáticos é maior em áreas úmidas naturais. Stenert et al. (2004) e Stenert et al. (2008) registraram um total de 75 famílias de macroinvertebrados aquáticos em áreas úmidas naturais na Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Por outro lado, muitas famílias presentes nas áreas úmidas naturais também foram encontradas nas lavouras de arroz e canais de irrigação, demonstrando que esses sistemas agrícolas proporcionam um hábitat para uma variedade de invertebrados aquáticos e terrestres, e que dentro de uma perspectiva agrícola, apresentam uma diversidade biológica dificilmente encontrada em outras áreas de cultivo, especialmente de culturas terrestres (Martin, 2005).

### **Referências Bibliográficas**

- ALTIERI, MA., 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agr. Ecosyst. Environ.*, vol. 74, no. 1-3, p. 19-31.
- AZAMBUJA, IHV., VERNETTI, JFJ. & MAGALHÃES, JAM., 2004. Aspectos socioeconômicos da produção do arroz. In: GOMES, AS. & MAGALHÃES, JAM. (Eds.). *Arroz irrigado no Sul do Brasil*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.
- BAMBARADENIYA, CNB., 2000. *Ecology and biodiversity in an irrigated rice field ecosystem in Sri Lanka*. Ph.D. Thesis, Sri Lanka: University of Peradeniya, 525 p.
- BAMBARADENIYA, CNB., EDIRISINGHE, JP., DE SILVA, DN., GUNATILLEKE, CVS., RANAWANA, KB. & WIJEKOON, S., 2004. Biodiversity associated with an irrigated rice agroecosystem in Sri Lanka. *Biodivers. Conserv.*, vol. 13, no. 9, p. 1715–1753.
- BRINKHURST, RO. & MARCHESE, M.R., 1989. *Guía para la identificación de oligoquetos acuaticos continentales de Sud y Centro America*. San Tomé: J. Macia.

- ELPHICK, CS. & ORING, LW., 2003. Conservation implications of flooding rice fields on winter for waterbirds. *Agr. Ecosyst. Environ.*, vol. 94, no. 1, p. 17-29.
- FERNÁNDEZ, HR. & DOMINGUEZ, E., 2001. *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos*. Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán.
- FERNANDO, CH., 1993. Rice field ecology and fish culture – an overview. *Hydrobiologia*, vol. 259, p. 91–113.
- FERNANDO, CH., FURTADO, JI. & LIM, RP., 1979. Aquatic fauna of the world's rice fields. *Wallaceana Supplement Kuala Lumpur*, vol. 2, p. 1-105.
- FERNANDO, CH., FURTADO, JI. & LIM, RP., 1980. The ecology of ricefields with special reference to aquatic fauna. In: FURTADO, JI. (Ed.). *Tropical Ecology and Development*. Kuala Lumpur: Proceedings of the International Society of Tropical Ecology.
- HECKMAN, CW., 1979. Rice field ecology in northeastern Thailand. *Monogr. Biol.*, vol. 34, p. 1-228.
- HILL, MO. & GAUCH, HG., 1980. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. *Plant Ecol.*, vol, 42, no. 1-3, p. 47-58.
- INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ (IRGA), 2007. *Arroz irrigado: safra 2006/2007 - produção municipal*. Porto Alegre: Seção de Política Setorial – DCI.
- INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (IRRI), 1985. *Annual report for 1984*. Manila: IRRI.
- LIM, RP., 1980. Population changes of some aquatic invertebrates in ricefields. In: *Tropical Ecology and Development*. Proceedings of the 5th International Symposium of Tropical Ecology. Kuala Lumpur: International Society of Tropical Ecology.
- LOPRETTO, EC. & TELL, G., 1995. *Ecosistemas de aguas continentales: metodologías para su estudio*. La Plata: Ediciones Sur.

- MALTCHIK, L., 2003. Three new wetlands inventories in Brazil. *Interciencia*, vol. 28, no. 7, p. 421-423.
- MARTIN, K., 2005. Aquatic faunal communities in the Ifugao rice terraces (Philippines): A case study. In: FERNANDO, CH., GÖLTENBOTH, F. & MARGRAF, J. (Eds.) *Aquatic ecology of rice fields: a global perspective*. Canada: Volumes Publishing.
- MCCUNE, B. & MEFFORD, MJ., 1999. *PC-ORD - Multivariate Analysis of Ecological Data*. Oregon: MjM Software Design.
- MCNEELY, JA., 1995. How traditional agro-ecosystems can contribute to conserving biodiversity. In: HALLADAY, P. & GILMOUR, DA. (Eds). *Conserving Biodiversity Outside Protected Areas. The Role of Traditional Agro-ecosystems*. Gland: IUCN.
- MEIJEN, VA., 1940. *Fish Culture in Rice Fields*. Food Industry Publishers, Moscow, 96 p. (Russian). Engl. Trans., Fernando C.H. (Ed.), 1993. SUNY, Geneseo, New York, 111 p.
- MERRITT, RW. & CUMMINS, KW., 1996. *An introduction to the aquatic insects of North America*. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company.
- PERRY, DA., 1994. *Forest Ecosystems*. Baltimore: Johns Hopkins University Press. 649 p.
- RAMBO, B., 2000. *A Fisionomia do Rio Grande do Sul: Ensaio de Monografia Natural*. São Leopoldo: Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). 456 p.
- RODRIGUES, ASL., ANDELMAN, SJ., BAKARR, MI., BOITANI, L., BROOKS, TM., COWLING, RM., FISHPOOL, LDC., FONSECA, GAB., GASTON, KJ., HOFFMANN, M., LONG, JS., MARQUET, PA., PILGRIM, JD., PRESSEY, RL., SCHIPPER, J., SECHREST, W., STUART, SN., UNDERHILL, LG., WALLER, RW., WATTS, MEJ. & YAN, X., 2004. Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. *Nature*, vol. 428, no. 8 April, p. 640-643.

- ROGER, PA., GRANT, IF. & REDDY, PM., 1985. *Blue-green algae in India: A trip report*. Los Baños, Philippines: IRRI.
- ROGER, PA., GRANT, IF., REDDY, PM. & WATANABE, I., 1987. The photosynthetic biomass in wetland ricefields and its effect on nitrogen dynamics. In: *Efficiency of Nitrogen Fertilizers for Rice*. Manila: International Rice Research Institute.
- ROGER, PA., HEONG, KL. & TENG, PS., 1991. Biodiversity and sustainability of wetland rice production: role and potential of microorganisms and invertebrates. In: HAWKSWORTH, DL. (Ed.). *The Biodiversity of Microorganisms and Invertebrates: Its Role in Sustainable Agriculture*. Wallingford: CAB International.
- SIMPSON, I., ROGER, PA., OFICIAL, B. & GRANT, IF., 1994. Effects of fertilizer and pesticide management on floodwater ecology of a wetland ricefield. II. Dynamics of microcrustaceans and dipteran larvae. *Biol. Fertility Soils*, vol. 17, no. 2, p.138-146.
- STENERT, C., SANTOS, EM. & MALTCHIK, L., 2004. Levantamento da diversidade de macroinvertebrados em áreas úmidas do Rio Grande do Sul (Brasil). *Acta Biologica Leopoldensia*, vol. 26, no. 2, p. 225-240.
- STENERT, C., BACCA, RC., MOSTARDEIRO, CC. & MALTCHIK L., 2008. Environmental predictors of macroinvertebrate communities in coastal wetlands of southern Brazil. *Mar. Freshw. Res.*, vol. 59, no. 6, p. 540–548.
- SWIFT, MJ. & ANDERSON, JM., 1993. Biodiversity and ecosystem function in agroecosystems. In: SCHULTZE, E. & MOONEY, HA. (Eds.). *Biodiversity and Ecosystem Function*. New York: Springer.
- TAGLIANI, PRA., 1995. *Estratégia de Planificação Ambiental para o Sistema Ecológico da Restinga da Lagoa dos Patos - Planície Costeira do Rio Grande do Sul*. PhD Thesis, São Carlos: Universidade Federal de São Carlos.

- TAKAHASHI, RM., MIURA, T. & WILDER, WH., 1982. A comparison between the area sampler and the two other sampling devices for aquatic fauna in ricefields. *Mosquito News*, vol. 42, p. 211-216.
- THRUPP, LA., 2000. Linking agricultural biodiversity and food security: the valuable role of agrobiodiversity for sustainable agriculture. *International Affairs*, vol. 76, no. 2, p. 265-281.
- WESTERN, D. & PEARL, MC., 1989. *Conservation for the Twenty-first Century*. New York: Oxford University Press
- WILSON, AL., WATTS, RJ. & STEVENS, MM., 2008. Effects of different management regimes on aquatic macroinvertebrate diversity in Australian rice fields. *Ecol. Res.*, vol. 23, p. 565-572.

Tabela 1. Lista dos táxons de invertebrados, classificados em grupos tróficos funcionais, registrados nas lavouras de arroz e canais de irrigação ao longo de dois períodos relacionados ao cultivo do arroz irrigado (junho de 2005 a junho de 2006), na Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

	Classe	Ordens	Famílias/Gêneros/Espécies	Lavouras	Canais	Período cultivado	Período não-cultivado
	Insecta						
Phylum Arthropoda Subphylum Uniramia		Diptera	Chironomidae	X	X	X	X
			<i>Chironomus</i> (C)	X	X	X	X
			<i>Parachironomus</i> (C)	X	X	X	X
			<i>Goeldichironomus</i> cf. <i>serratus</i> (C)	X	X	X	X
			<i>Cryptochironomus</i> (C)		X	X	
			<i>Tanytarsus</i> (C)	X	X	X	X
			<i>Tanypus</i> cf. <i>punctipennis</i> (P)	X	X	X	X
			<i>Ablabesmyia</i> gr. <i>annulata</i> (P)	X	X	X	X
			<i>Polypedilum</i> (C)	X	X		X
			<i>Monopelopia</i> (P)		X	X	
			<i>Larsia</i> (P)		X		X
			Ceratopogonidae (P)	X	X	X	X
		Ephydriidae (G)	X	X	X	X	



	Classe	Ordens	Famílias/Gêneros/Espécies	Lavouras	Canais	Período cultivado	Período não-cultivado	
Phylum Arthropoda Subphylum Uniramia	Insecta		Tabanidae (P)	X	X	X	X	
			Tipulidae (G)	X	X	X	X	
			Dolichopodidae (P)	X			X	
			Stratiomyidae (C)	X	X	X	X	
			Thaumaleidae (R)	X		X		
			Culicidae (G)	X	X	X	X	
			Coleoptera					
				<i>Berosus</i> (P)	X	X	X	X
				Outros Hydrophilidae (G)	X	X	X	X
				Dytiscidae (P)	X	X	X	X
				Noteridae (G)	X	X	X	X
				<i>Halipus</i> (G)	X		X	X
				<i>Hydrochus</i> (F)		X	X	
		Scirtidae (G)	X		X			
		Dryopidae (G)	X			X		

	Classe	Ordens	Famílias/Gêneros/Espécies	Lavouras	Canais	Período cultivado	Período não-cultivado	
Phylum Arthropoda Subphylum Uniramia	Insecta		Curculionidae (F)	X	X	X	X	
			Chrysomelidae (F)	X	X		X	
			Staphylinidae (P)	X	X	X	X	
			Scarabaeidae (C)	X		X	X	
			Coccinellidae (G)	X		X		
			Carabidae (G)		X	X		
			Elateridae (F)		X		X	
			Heteroptera	Belostomatidae (P)	X	X	X	X
				Corixidae (G)	X	X	X	X
				Notonectidae (P)	X	X	X	X
				Pleidae (P)		X	X	X
				Veliidae (P)	X	X	X	
				Mesoveliidae (P)	X	X	X	
				Nepidae (P)	X		X	

	Classe	Ordens	Famílias/Gêneros/Espécies	Lavouras	Canais	Período cultivado	Período não-cultivado	
Phyllum Arthropoda Subphyllum Uniramia	Insecta		Aradidae (C)		X	X		
				Pyrocoridae (F)		X	X	X
			Odonata	Libellulidae (P)	X	X	X	X
				<i>Tramea</i> (P)		X		X
				<i>Micrathyria</i> (P)		X	X	
				<i>Planiplax</i> (P)		X		X
				<i>Erythrodiplax</i> (P)	X	X	X	X
				<i>Orthemis</i> (P)	X		X	
				Coenagrionidae (P)	X	X	X	X
				<i>Oxyagrion</i> (P)	X	X	X	X
				<i>Telebasis</i> (P)		X		X
				Aeshnidae/ <i>Rhionaeschna</i> (P)		X	X	
			Ephemeroptera	<i>Callibaetis</i> (C)	X	X	X	X
				<i>Caenis</i> (C)	X	X	X	X

	Classe	Ordens	Famílias/Gêneros/Espécies	Lavouras	Canais	Período cultivado	Período não-cultivado
Phylum Arthropoda Subphylum Uniramia	Insecta		<i>Campsurus</i> (C)	X	X	X	X
		Trichoptera	<i>Oecetis</i> (P)	X	X	X	
			<i>Nectopsyche</i> (F)		X	X	
			<i>Oxyethira</i> (G)	X	X	X	X
		Hymenoptera	<i>Solenopsis</i> (F)	X	X	X	X
		Lepidoptera (F)		X	X	X	X
		Homoptera (PH)	Cicadellidae	X	X	X	X
			Aphididae	X		X	X
			Cercopidae	X	X	X	X
			Delphacidae	X	X	X	
		Orthoptera (F)		X	X	X	X
	Entognatha	Collembola	Etmobryidae (C)	X	X	X	X

	Classe	Ordens	Famílias/Gêneros/Espécies	Lavouras	Canais	Período cultivado	Período não-cultivado
Phylum Arthropoda Subphylum Crustacea	Malacostraca						
		Isopoda (F)			X		X
		Amphipoda	<i>Hyalella (C)</i>	X	X	X	X
	Branchiopoda						
		Conchostraca (C)		X			X
		Cladocera (C)		X	X	X	X
		Copepoda (G)		X	X	X	X
		Ostracoda (G)		X	X	X	X
		Podocopida	<i>Cypridopsis vidua</i>	X	X		X
			<i>Eucypris obtusata</i>	X	X	X	X
			<i>Chlamidotheca incisa</i>	X	X	X	X
			<i>Stenocypris major</i>	X			X
			<i>Strandesia bicuspis</i>	X			X
		<i>Cytheridella illosvayi</i>		X	X	X	

	Classe	Ordens	Famílias/Gêneros/Espécies	Lavouras	Canais	Período cultivado	Período não-cultivado
Phylum Arthropoda Subphylum Chelicerata	Arachnida						
		Acariformes					
			Hydracarina (P)	X	X	X	X
			Oribatidae (C)	X	X	X	X
		Aranae (P)		X	X	X	X
Phylum Mollusca	Gastropoda						
		Mesogastropoda	Ampullaridae (R)	X	X	X	X
			Hydrobiidae (R)	X	X	X	X
		Basommatophora	Planorbidae (R)	X	X	X	X
			Physidae (R)	X	X	X	X
		Bivalvia					
		Eulamellibranchia	Sphaeriidae (C)	X	X	X	X
		<i>Pisidium</i>	X	X	X	X	
		<i>Eupera</i>		X	X		

	Classe	Ordens	Famílias/Gêneros/Espécies	Lavouras	Canais	Período cultivado	Período não-cultivado
Phylum Annelida	Oligochaeta (C)						
		Megadrili		X		X	X
		Microdrili	Tubificidae	X	X	X	X
			<i>Limnodrilus</i>	X	X	X	X
			<i>Bothrioneurum</i>	X	X	X	X
			<i>Spirosperma</i>		X		X
			<i>Aulodrilus limnobius</i>	X			X
			<i>Aulodrilus pigueti</i>	X	X	X	X
			Naididae	X	X	X	X
			<i>Dero (Dero) botrytis</i>	X	X	X	X
			<i>Dero (Dero) obtusa</i>	X	X	X	X
			<i>Dero (Dero) nivea</i>	X	X	X	X
			<i>Dero (Dero) digitata</i>	X	X	X	X
		<i>Dero (Dero) multibranchiata</i>	X			X	

	Classe	Ordens	Famílias/Gêneros/Espécies	Lavouras	Canais	Período cultivado	Período não-cultivado	
Phylum Annelida	Oligochaeta		<i>Dero (Dero) sawayai</i>	X	X	X		
			<i>Dero (Dero) evelinae</i>		X		X	
			<i>Dero (Aulophorus) vagus</i>	X		X		
			<i>Dero (Aulophorus) furcatus</i>	X	X		X	
			<i>Pristina americana</i>	X	X	X	X	
			<i>Pristina leidyi</i>	X	X		X	
			<i>Slavina sawayai</i>	X		X		
			<i>Slavina evelinae</i>		X	X	X	
			<i>Allonais chelata</i>	X	X	X		
			Opistocystidae					
			<i>Opistocysta funiculus</i>	X	X			X
			Enchytraeidae	X		X		X
			Aphanoneura					
			<i>Aeolosoma (C)</i>	X	X		X	



	Classe	Ordens	Famílias/Gêneros/Espécies	Lavouras	Canais	Período cultivado	Período não-cultivado
Phyllum Annelida	Hirudinea						
		Rhynchobdellida	Glossiphoniidae (PA)	X	X	X	X
		Gnathobdellida	Hirudinidae (PA)	X	X	X	X
Phyllum Platyhelminthes	Turbellaria						
		Tricladida	<i>Girardia tigrina</i> (P)	X	X	X	X
Phyllum Bryozoa	Phylactolaemata						
		Plumatellida	Plumatellidae (C)	X	X	X	X
Phyllum Porifera	Demospongiae						
		Haplosclerida (C)	<i>Corvoheteromeyenia australis</i>	X	X	X	X
			<i>Heteromeyenia insignis</i>	X	X	X	X
		<i>Heteromeyenia cristalina</i>	X	X	X	X	

	Classe	Ordens	Famílias/Gêneros/Espécies	Lavouras	Canais	Período cultivado	Período não-cultivado
Phyllum Porifera	Demospongiae		<i>Ephydatia facunda</i>	X	X	X	X
			<i>Racekiela sheilae</i>	X			X
			<i>Radiospongilla amazonensis</i>	X	X	X	X
			<i>Trochospongilla paulula</i>		X	X	X
Phyllum Nematoda			(G)				
				X	X	X	X

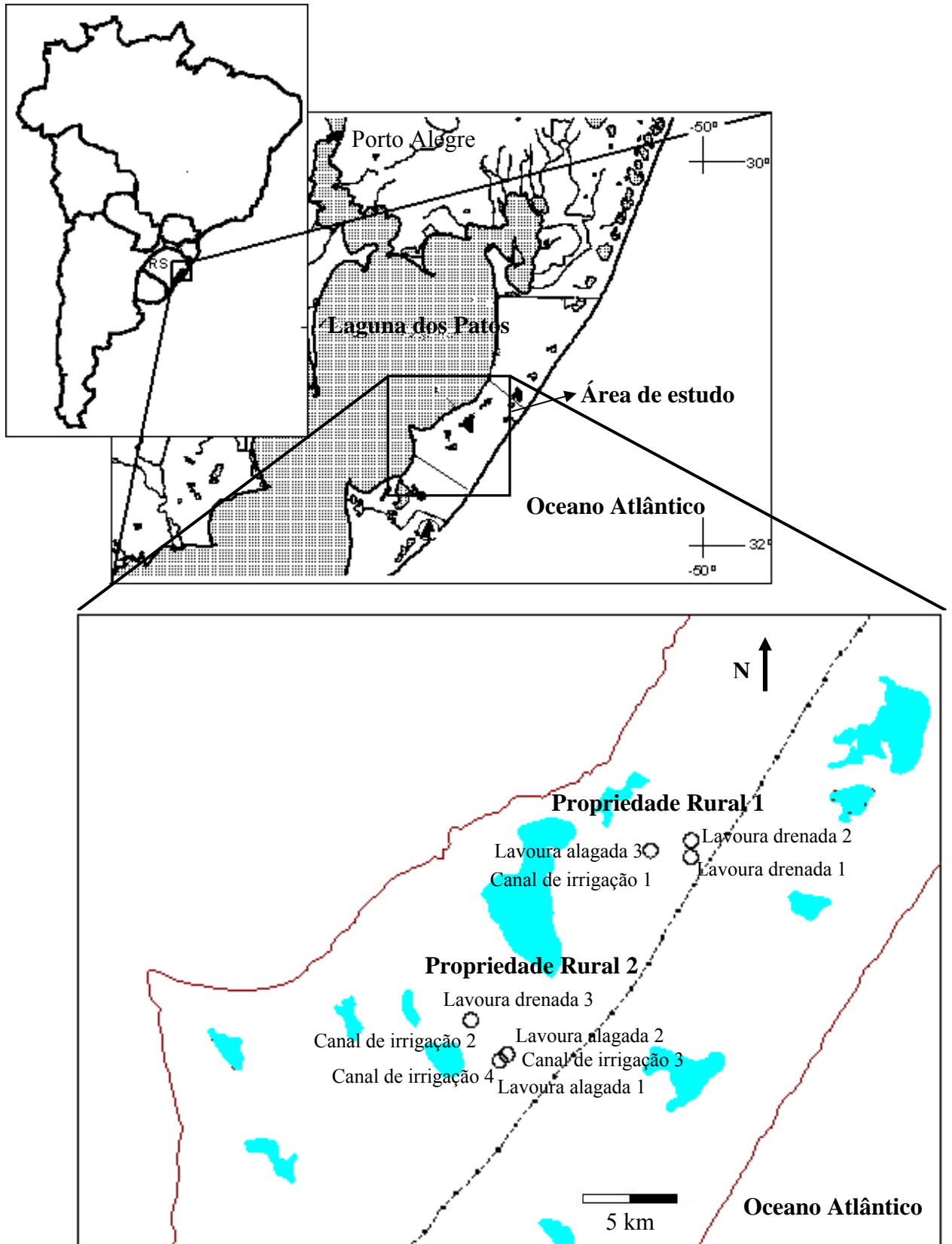
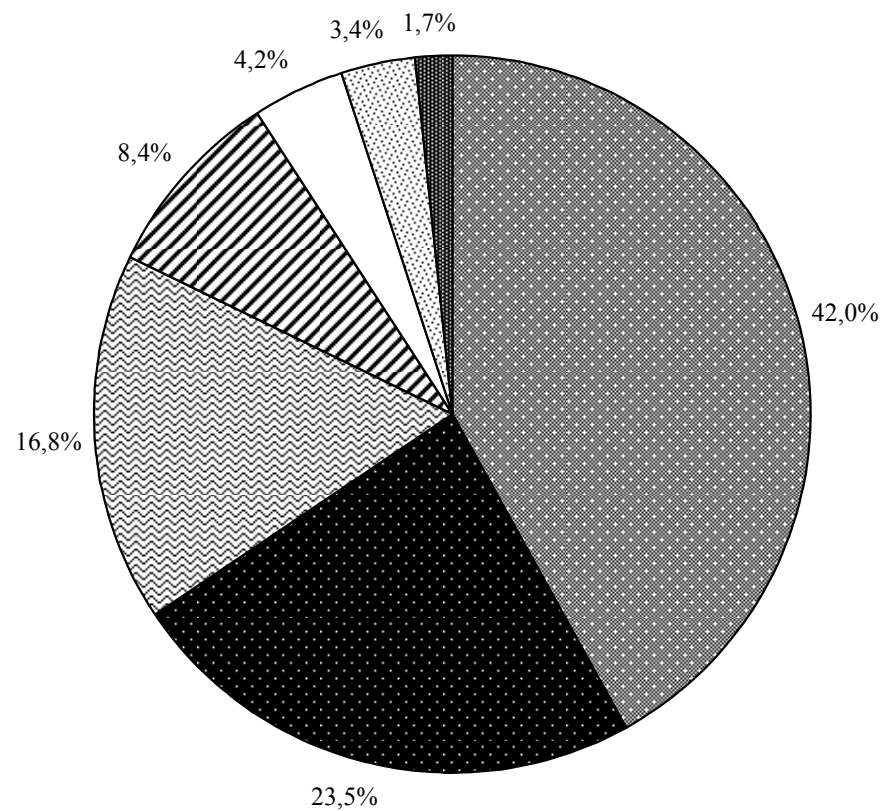


Figura 1. Área de estudo, destacando as lavouras de arroz e os canais de irrigação estudados em duas propriedades rurais na Planície Costeira do Rio Grande do Sul no ciclo de cultivo 2005-2006.



Coletores
  Predadores
  Generalistas
  Fragmentadores
  Raspadores
  Perfuradores herbívoros
  Parasitas

Figura 2. Porcentagem de organismos pertencentes aos grupos tróficos funcionais de invertebrados, encontrados nas lavouras de arroz e nos canais de irrigação estudados na Planície Costeira do Rio Grande do Sul, no período de junho de 2005 a junho de 2006.

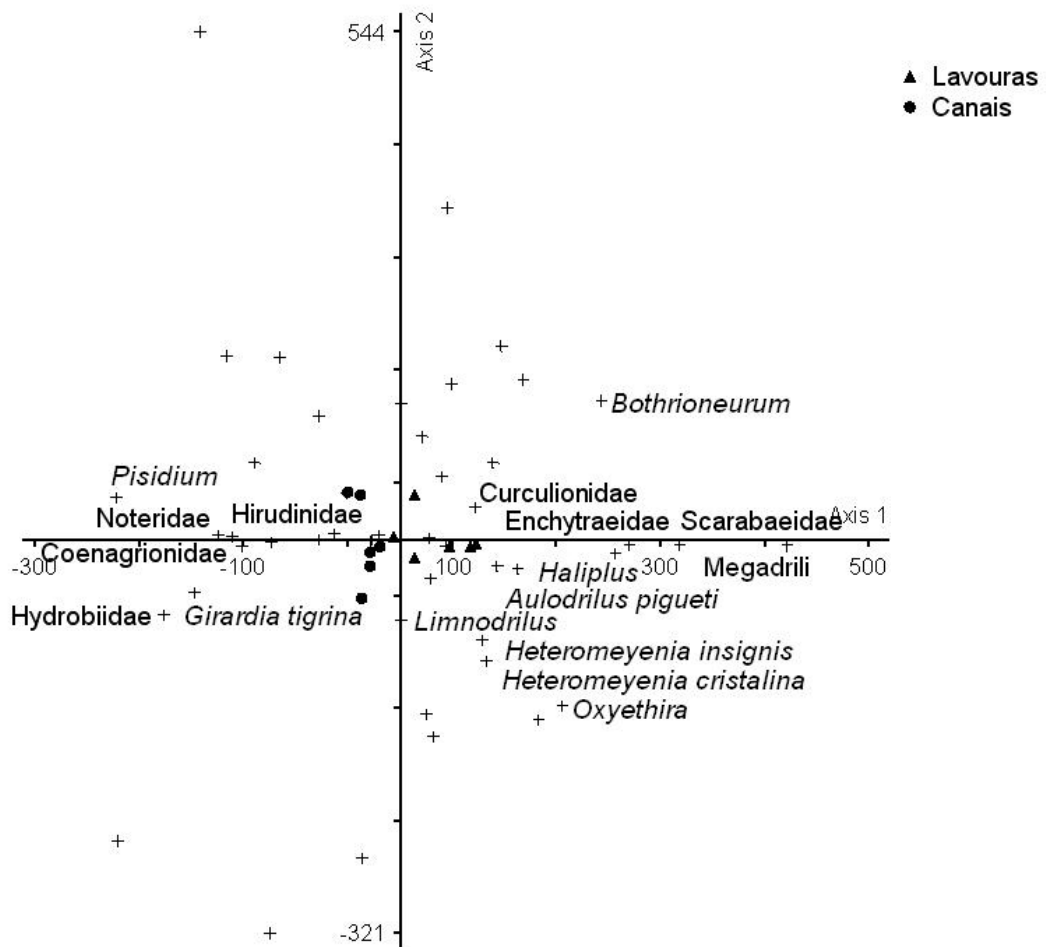


Figura 3a. Diagrama da análise de ordenação gerada pela DCA: ordenação dos táxons de macroinvertebrados em relação às lavouras de arroz e canais de irrigação na Planície Costeira do Rio Grande do Sul nas diferentes fases do ciclo de cultivo estudado (2005-2006).

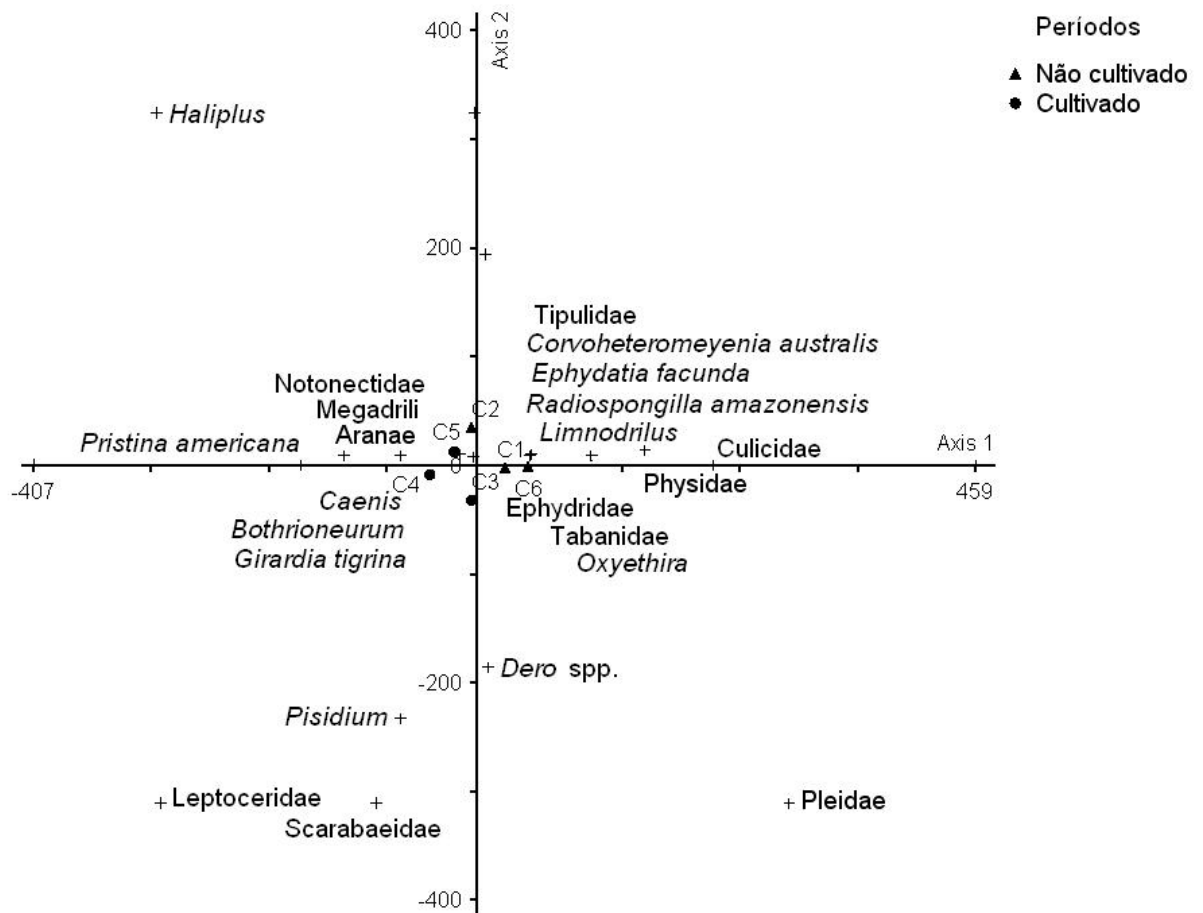


Figura 3b. Diagrama da análise de ordenação gerada pela DCA: ordenação dos táxons de macroinvertebrados em relação às diferentes fases do ciclo de cultivo (2005-2006) categorizadas em período cultivado e período não cultivado nas áreas estudadas na Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

## **4.2. EFEITOS DE DIFERENTES PRÁTICAS DE MANEJO NA CONSERVAÇÃO DE MACROINVERTEBRADOS EM LAVOURAS DE ARROZ IRRIGADO NO SUL DO BRASIL**

CRISTINA STENERT<sup>1,2</sup>, LEONARDO MALTCHIK<sup>1</sup>, ODETE ROCHA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Ecologia e Conservação de Ecossistemas Aquáticos, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, UNISINOS, Av. Unisinos, 950, CEP 93.022-000, São Leopoldo, RS, Brasil;

<sup>2</sup>Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, Via Washington Luiz, km 235, CEP 13.560-905, São Carlos, SP, Brasil.

## **Resumo**

Dados conservativos apontam que aproximadamente 90% das áreas úmidas originais do Rio Grande do Sul já foram destruídas no último século devido principalmente à expansão agrícola, especialmente de plantações de arroz irrigado. Nesse sentido, conhecer o papel dos arrozais como refúgio da diversidade de macroinvertebrados é importante para estratégias de conservação. Os principais objetivos desse estudo foram conhecer a diversidade de macroinvertebrados em lavouras de arroz irrigado no Sul do Brasil ao longo das diferentes fases hidrológicas do ciclo de cultivo, e verificar os efeitos de diferentes práticas de manejo na comunidade de macroinvertebrados nesses agroecossistemas. Foram realizadas seis coletas ao longo de um ciclo de cultivo (junho de 2005 a junho de 2006) em seis lavouras de arroz irrigado (três lavouras que permaneciam com água e três lavouras que eram drenadas durante a resteva) na Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Um total de 6.425 indivíduos distribuídos em 71 táxons de macroinvertebrados foi coletado durante o período estudado. A riqueza e a densidade variaram ao longo do ciclo de cultivo estudado, e foram maiores na primeira coleta da fase de resteva do que nas coletas de preparo do solo e crescimento do arroz. Embora a riqueza e densidade de macroinvertebrados tenham sido similares entre as lavouras alagadas e drenadas, a composição variou, principalmente nas fases de resteva e de crescimento do arroz. Em termos de conservação, a manutenção das lavouras com água e sem água no período de resteva auxiliaria a conservação da diversidade de macroinvertebrados, permitindo o estabelecimento de um maior número de táxons dentro da paisagem agrícola, principalmente em regiões onde grande parte das áreas úmidas naturais já foi destruída.

**Palavras-chave:** refúgio de diversidade, área úmida agrícola, manejo, arrozal, cultivo, região Neotropical.



## **Abstract**

Conservative data indicate that approximately 90% of the wetlands in southern Brazil disappeared in the last century due to agricultural expansion, especially rice plantations. In this sense, knowing the significance of rice fields as macroinvertebrate diversity refugia is important for conservation strategies. The main goals of this study were to know the macroinvertebrate diversity in irrigated rice fields over the different hydrological phases of the cultivation cycle, and to check the effects of different management practices on the macroinvertebrate community in rice fields in southern Brazil. Six macroinvertebrate collections were carried out from June 2005 to June 2006 in six rice fields (three dry fields and three flooded fields in the fallow phase). A total of 6,425 individuals distributed among 71 macroinvertebrate taxons were collected during the study period. The richness and density varied along the rice cultivation cycle, and they were higher in the first collection of the fallow phase than in the tillage and rice growing phases. Although the macroinvertebrate richness and density were similar between the dry fields and the flooded fields, the composition was different mainly in the fallow and rice growing phases. In terms of conservation, the maintenance of the dry fields and the flooded fields in the fallow phase would help the macroinvertebrate diversity conservation by providing the setting up of a greater number of taxons within the agricultural landscape, mainly in regions where a great portion of the natural wetlands has been already destroyed.

**Key words:** diversity refugia, agricultural wetland, winter management, paddy field, rice cultivation, Neotropical region.

## **Introdução**

As áreas úmidas são ecossistemas prioritários para a conservação em vista de sua grande diversidade biológica e produtividade, além de suas inúmeras funções e valores (Davis et al., 1996; Mitsch & Gosselink, 2000). Entretanto, aproximadamente 50% desses ecossistemas no mundo já desapareceram no último século (Shine & Klemm, 1999; Finlayson et al., 1999). Nova Zelândia e muitos países da Europa perderam mais de 90% de suas áreas úmidas originais (Dugan, 1993). Exemplos de países que perderam mais de 50% de suas áreas úmidas são Estados Unidos (Dahl, 1990), Canadá (National Wetlands Working Group, 1988), Austrália (Australian Nature Conservation Agency, 1996) e China (Lu, 1995). Na América do Sul, a perda de áreas úmidas está estimada em torno de 6% (Finlayson et al., 1999).

A expansão agrícola e o desenvolvimento urbano são as principais atividades humanas responsáveis pelo declínio das áreas úmidas naturais ao longo de todo o mundo (Czech & Parsons, 2002). O conflito existente entre a expansão da agricultura e a conservação da vida silvestre tem se tornado crítico em escala global (Lemly et al., 2000). Por exemplo, no Vale Central da Califórnia mais de um milhão de áreas úmidas foram drenadas para uso agrícola (Frayser et al., 1989). As áreas úmidas da Austrália têm sido destruídas principalmente devido à drenagem para pastagem, plantação de cana de açúcar e desvios de cursos de água para construção de reservatórios (Lemly et al., 2000). O Mar Aral localizado na Ásia Central é outro exemplo de como muitas áreas úmidas têm sido drasticamente afetadas pela agricultura (Micklin, 1988).

O arroz é o cereal mais importante cultivado em países em desenvolvimento, sendo que mais da metade da população mundial depende desse cereal (Juliano, 1993; Roger, 1996). Em 2007, aproximadamente 156 milhões de hectares de terra foram plantados com

o arroz no mundo, e a Ásia representa 89% de toda essa área cultivada (FAOSTAT, 2008; CGIAR, 2008). As lavouras de arroz irrigado têm sido apontadas como refúgios estratégicos para muitas espécies de aves, plantas aquáticas, invertebrados, anfíbios e peixes (Fernando et al., 1979; Miller et al., 1989; Brouder & Hill, 1995; Elphick & Oring, 1998, 2003; Czech & Parsons, 2002; Bambaradeniya & Amerasinghe, 2003). O estabelecimento de uma rica biota, tanto da flora quanto da fauna, em lavouras de arroz irrigado é atribuído ao mosaico ambiental formado pelas lavouras e os ecossistemas aquáticos e terrestres contíguos às plantações (Fernando et al., 1979, 1993; Fernando, 1995, 1996).

Nesse sentido, o desenvolvimento de novos conceitos e práticas de manejo que conciliem a sustentabilidade da orizicultura e a conservação das espécies requererá um maior conhecimento sobre a ecologia desse complexo agro-ecossistema. Por exemplo, uma prática que vem sendo realizada pelos produtores de arroz no Estado da Califórnia é alagar as lavouras no período pós-colheita para acelerar a decomposição da palha. Esse manejo tem trazido benefícios para a conservação da biodiversidade, recriando importantes habitats para as comunidades de aves aquáticas (Brouder & Hill, 1995; Elphick & Oring, 2003) e adequando as lavouras de arroz em agro-ecossistemas capazes de contribuir para a conservação da biodiversidade. Essa iniciativa é fundamental para as políticas dirigidas à conservação da biodiversidade já que as Unidades de Conservação correspondem a 11,5% da superfície terrestre do planeta (Rodrigues et al., 2004).

Uma das principais características hidrológicas da América do Sul é a existência de extensas áreas úmidas (Neiff, 2001), sendo que aproximadamente 50% desses ecossistemas estão em território brasileiro (Naranjo, 1995). No Rio Grande do Sul, aproximadamente 72% dessas áreas úmidas têm tamanho inferior a 1 km<sup>2</sup> (Maltchik, 2003). Esse padrão é uma consequência da acentuada fragmentação que vem ocorrendo nas áreas úmidas devido

à expansão agrícola, especialmente de plantações de arroz irrigado, já que o Rio Grande do Sul é o maior produtor desse cereal no Brasil (Gomes & Magalhães, 2004). Dados conservativos apontam que aproximadamente 90% das áreas úmidas originais do Rio Grande do Sul já foram destruídas (Maltchik, 2003). Rolon & Maltchik (2006), Rolon et al. (2008), Stenert & Maltchik (2007), Stenert et al. (2008), Machado & Maltchik (2007), e Guadagnin & Maltchik (2007) analisaram padrões de biodiversidade em áreas úmidas fragmentadas no Sul do Brasil. Entretanto, o papel dos arrozais como refúgio da biodiversidade das áreas úmidas da região Neotropical é desconhecido. Essas informações são extremamente importantes para direcionar políticas para a conservação da biodiversidade no Rio Grande do Sul, já que as áreas protegidas correspondem a menos de 1% da área total do Estado, e estão longe de atingir as metas propostas pelo Ministério do Meio Ambiente Brasileiro (Brasil, 2006).

A comunidade de macroinvertebrados constitui um componente biológico fundamental em áreas úmidas, participando ativamente de processos ecológicos responsáveis pelo funcionamento desses ecossistemas, e constituindo a principal fonte de alimento para inúmeras espécies de peixes, anfíbios, aves e outros animais (Batzer & Wissinger, 1996; Wissinger, 1999). A rápida degradação das áreas úmidas no Rio Grande do Sul pode estar ameaçando muitas espécies de macroinvertebrados que dependem desses ecossistemas para completar seu ciclo de vida. As lavouras de arroz irrigado são sistemas que apresentam uma alta diversidade de espécies de invertebrados representadas principalmente por crustáceos, insetos, moluscos e anelídeos (Heckman, 1979; Lim, 1980). Esses organismos colonizam os arrozais através de estruturas de resistência mantidas no solo, pelo ar e pela água necessária para a irrigação através do intercâmbio existente entre as áreas úmidas naturais adjacentes e as lavouras de arroz (Fernando et al., 1993). Alguns macroinvertebrados são extremamente importantes para a fertilidade do

solo das lavouras de arroz, já que contribuem significativamente para a ciclagem de nutrientes, além de também atuarem como inimigos naturais de espécies consideradas pragas do arroz (Roger et al., 1987; Pingali & Roger, 1995; Lavelle et al., 1997). Entretanto, a importância das lavouras de arroz irrigado para a conservação da comunidade de macroinvertebrados e os impactos ecológicos que essa comunidade exerce sobre as lavouras de arroz irrigado no Rio Grande do Sul são desconhecidos.

Nesse sentido, os objetivos desse estudo foram: 1) conhecer a riqueza, densidade e composição de macroinvertebrados em lavouras de arroz irrigado no Sul do Brasil; 2) comparar a riqueza, densidade e composição de macroinvertebrados entre as diferentes fases hidrológicas do ciclo de cultivo do arroz; 3) analisar a influência das variáveis físicas (temperatura e profundidade da água) e químicas (nitrato, fósforo reativo solúvel e condutividade da água e percentual de matéria orgânica do sedimento) na riqueza e densidade de macroinvertebrados ao longo de um ciclo de cultivo; e 4) verificar se diferentes práticas de manejo no período de resteva (lavouras que permaneciam com água e lavouras drenadas) favorecem o estabelecimento de uma maior diversidade de macroinvertebrados em lavouras de arroz irrigado no Sul do Brasil.

## **Material e Métodos**

### *Área de estudo*

O estado do Rio Grande do Sul está localizado na região Sul do Brasil com uma área de 282.184 km<sup>2</sup> (Figura 1). A Planície Costeira estende-se por 640 km à margem do Oceano Atlântico, com área correspondente a 10,6% da área total do Estado, sendo sua principal característica hidrológica a ausência de grandes rios e presença de várias lagoas

distribuídas em toda sua extensão. A Planície Costeira é uma das regiões do Rio Grande do Sul com a maior concentração de áreas úmidas e também é uma importante região produtora de arroz no Estado (Maltchik, 2003; Azambuja et al., 2004). O clima do Rio Grande do Sul é subtropical úmido, e a temperatura média varia de 14,6°C no inverno a 22,2°C no verão, com uma temperatura média anual de 17,5°C. A precipitação anual varia de 1150 a 1450 mm, com uma média anual de 1250 mm (Tagliani, 1995). A topografia plana e a baixa altitude (inferior a 20 m acima do nível do mar) da Planície Costeira fazem com que as condições climáticas relacionadas à precipitação e temperatura sejam bastante similares nessa região (Rambo, 2000).

O estudo foi realizado no município de Mostardas (Planície Costeira do Rio Grande do Sul, 30°54'46,9" Sul, 50°48'46,2" Oeste), que ocupa atualmente a oitava posição entre as cidades produtoras de arroz irrigado no Rio Grande do Sul, com 33.397 ha de área de plantio (Instituto Rio Grandense do Arroz, 2007). Nesse estudo, foram selecionadas duas propriedades rurais no município de Mostardas que incluíram áreas de cultivo de arroz irrigado tanto drenadas quanto mantidas com água no período de resteva (Figura 1). O sistema de cultivo utilizado nas lavouras estudadas é o de cultivo mínimo, o qual se caracteriza por ser um sistema agrícola conservacionista de manejo do solo. Nesse tipo de sistema de cultivo, os efeitos da erosão são reduzidos, pois a semeadura do arroz ocorre com um mínimo de movimentação do solo e sob a resteva de uma cultura anterior, pastagem ou flora de sucessão, dessecadas com herbicida (Gomes et al., 2004). Nas lavouras estudadas foram feitas aplicações do herbicida glifosato na dosagem de 4L/ha no preparo do solo e 2L/ha na fase inicial do crescimento da plântula de arroz. As lavouras foram fertilizadas com uréia (200 kg/ha) antes da irrigação e logo após a emergência das plântulas de arroz.

Um total de 20 lavouras de arroz foi selecionado nas propriedades rurais (10 lavouras que permaneciam com água durante a resteva e 10 lavouras que eram drenadas para uso como área de pastagem durante esse período). De cada um dos tratamentos (lavouras mantidas com água e lavouras drenadas), três lavouras foram aleatoriamente selecionadas (Figura 1). A área de cada uma das lavouras estudadas era de aproximadamente 1 ha, e a água necessária para o cultivo do arroz irrigado nas lavouras foi captada da Lagoa dos Patos.

#### *Variáveis abióticas*

Foram realizadas seis coletas durante um ciclo de cultivo do arroz irrigado nas seis lavouras selecionadas aleatoriamente (junho de 2005 a junho de 2006), compreendendo as principais fases do ciclo de cultivo do arroz no Rio Grande do Sul (Tabela 1). Em cada lavoura, foram realizadas duas coletas na fase de resteva anterior ao preparo do solo (junho e setembro de 2005), uma coleta no preparo do solo (novembro de 2005), duas coletas na fase de crescimento do arroz (início - janeiro de 2006 e final - março de 2006), e uma coleta na fase de resteva pós-colheita (junho de 2006).

Ao longo de todo o ciclo de cultivo estudado, a temperatura da água foi medida *in situ* através de um termômetro com precisão de 0,1°C, a profundidade da água foi medida com auxílio de um tubo de PVC graduado em centímetros, e uma amostra de sedimento foi coletada para análise granulométrica e percentual de matéria orgânica de cada uma das lavouras estudadas. A análise granulométrica do sedimento foi realizada conforme Suguio (1973), e após a secagem do sedimento (60°C por 24h), o percentual de matéria orgânica foi determinado através de calcinação (550°C por 5h em uma mufla). O sedimento das lavouras de arroz irrigado foi classificado em duas categorias granulométricas: 1) arenoso

(partículas minerais maiores que 0,05 mm correspondem a mais de 50%), e 2) argiloso (partículas minerais finas menores que 0,05 mm correspondem a mais de 50%). Uma amostra de água foi coletada em cada lavoura de arroz ao longo do período estudado através de garrafas de polietileno (500 mL), pré-lavadas com água destilada e, posteriormente, armazenadas em recipientes escuros, permanecendo congeladas no laboratório até o seu processamento. A análise das amostras de água no laboratório não excedeu quatro dias após a coleta no campo. As concentrações de nitrato ( $\text{mg/L}^{-1} \text{NO}_3\text{-N}$ ), fósforo reativo solúvel ( $\text{mg/L}^{-1} \text{PO}_4\text{-P}$ ) e condutividade da água ( $\mu\text{S/cm}^{-1}$ ) foram quantificadas conforme metodologia convencional internacional (APHA, 1989).

#### *Amostragem de macroinvertebrados*

Em cada coleta, seis amostras de macroinvertebrados foram obtidas aleatoriamente nas lavouras de arroz através de um core (7,5 cm de diâmetro), que foi inserido até 10 cm de profundidade no sedimento. As amostras foram acondicionadas em vidros (500 mL), fixadas *in situ* com formaldeído a 10% e levadas ao laboratório. No laboratório, as amostras foram lavadas com o auxílio de peneiras com malhas de 1 mm, 0,5 mm e 0,2 mm de diâmetro. Os macroinvertebrados foram triados e identificados quando possível, até o nível de espécie, com auxílio de estereomicroscópio e microscópio, e acondicionados em tubetes de vidro com álcool a 80%. A identificação foi realizada através de bibliografias especializadas (Brinkhurst & Marchese, 1989; Lopretto & Tell, 1995; Merritt & Cummins, 1996; Fernández & Dominguez, 2001) e recorrendo-se ao auxílio de especialistas. As amostras foram depositadas no Laboratório de Ecologia e Conservação de Ecossistemas Aquáticos da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.



## *Análise de dados*

A riqueza e a densidade de macroinvertebrados corresponderam ao número total de táxons (considerando o menor nível taxonômico) e indivíduos por m<sup>2</sup> coletados nas lavouras de arroz estudadas, respectivamente. As variáveis ambientais foram log-transformadas ( $\log_{10}(x+1)$ ) e a densidade de macroinvertebrados foi transformada em raiz quadrada para atender as premissas de normalidade e homogeneidade de variâncias. As relações entre as variáveis físico-químicas das lavouras de arroz foram analisadas através de correlações de Pearson. As variações da riqueza e densidade de macroinvertebrados ao longo do ciclo de cultivo e entre as práticas de manejo adotadas (lavouras que permaneceram com água e lavouras drenadas na fase de resteva) foram analisadas através de ANOVA de Medidas Repetidas. A influência das variáveis físicas (temperatura e profundidade da água) e químicas (nitrito, fósforo reativo solúvel e condutividade da água e percentual de matéria orgânica do sedimento) na riqueza e densidade de macroinvertebrados ao longo do ciclo de cultivo do arroz foi analisada através de regressões lineares. Para a análise foi utilizada a média dos valores das variáveis físico-químicas das seis lavouras de arroz estudadas em cada uma das coletas.

A variação da composição de macroinvertebrados ao longo das diferentes fases do ciclo de cultivo do arroz foi verificada através de Análise de Correspondência Destendenciada (“Detrended Correspondence Analysis – DCA”, Hill & Gauch, 1980), do Pacote Estatístico PC-ORD Version 4.2 (McCune & Mefford, 1999). As lavouras de arroz alagadas e drenadas na fase de resteva foram analisadas separadamente visando evidenciar possíveis diferenças na sucessão temporal da composição de macroinvertebrados. A densidade de macroinvertebrados nas três lavouras alagadas foi agrupada para cada uma das coletas, e o mesmo foi feito em relação às lavouras drenadas, totalizando 12 pontos

(seis pontos relacionados às lavouras alagadas em cada uma das coletas e seis pontos relacionados às lavouras drenadas em cada coleta). Os táxons de macroinvertebrados considerados na análise foram aqueles que ocorreram em mais de três pontos e que estiveram representados por mais de quatro indivíduos.

## **Resultados**

Os valores das médias das variáveis químicas (nitrato, fósforo reativo solúvel e condutividade da água e percentual de matéria orgânica do sedimento) e físicas (temperatura e profundidade da água) nas lavouras ao longo do ciclo de cultivo estão apresentados na Tabela 2. Quanto à granulometria, o sedimento de todas as lavouras de arroz estudadas foi classificado como arenoso. Os percentuais de matéria orgânica do sedimento das lavouras estudadas foram inferiores a 20% em todas as coletas do ciclo de cultivo. A profundidade da coluna d'água se manteve inferior a 1 m ao longo do período estudado e as temperaturas mínima e máxima da água nas lavouras foram de 11,5°C no inverno e 28,9°C no verão, respectivamente. O percentual de matéria orgânica do sedimento esteve positivamente correlacionado com a concentração de nitrato da água ( $r = 0,901$ ,  $p = 0,037$ ), e negativamente correlacionado com a temperatura da água ( $r = -0,912$ ,  $p = 0,031$ ). Além disso, a concentração de nitrato esteve negativamente correlacionada com a temperatura da água ( $r = -0,914$ ,  $p = 0,030$ ) ao longo do ciclo de cultivo nas lavouras estudadas. As outras variáveis ambientais não estiveram correlacionadas significativamente entre si ( $p > 0,05$ ).

Um total de 6.425 indivíduos distribuídos em 45 famílias de macroinvertebrados foi coletado durante o período estudado nas lavouras de arroz irrigado. Considerando o menor nível de identificação taxonômica em que foi possível identificá-los, foram coletados 71

táxons de macroinvertebrados nas lavouras de arroz estudadas (30 identificados em família, 19 em gênero e 22 em espécie). Algumas famílias coletadas foram representadas por um único gênero ou espécie, tais como Haliplidae (*Haliphus*), Baetidae (*Callibaetis*), Caenidae (*Caenis*), Leptoceridae (*Oecetis*), Hydroptilidae (*Oxyethira*), Hyalellidae (*Hyalella*), Opistocystidae (*Opistocysta funiculus*), Aeolosomatidae (*Aeolosoma*), Dugesiididae (*Girardia tigrina*), Sphaeriidae (*Pisidium*) e Formicidae (*Solenopsis*). As famílias que apresentaram o maior número de gêneros ou espécies foram Naididae (12 espécies), Chironomidae (sete gêneros), Spongillidae (seis espécies) e Tubificidae (quatro espécies). Enquanto que a Classe Oligochaeta representou a maioria dos indivíduos coletados (70,6%) (Tabela 3), os insetos estiveram representados por apenas 226 indivíduos distribuídos em 26 famílias. Outros artrópodes, tais como *Hyalella* e ácaros oribatídeos e aquáticos também estiveram presentes nas lavouras, correspondendo a 10% do total de indivíduos amostrados (Tabela 3). O número de táxons de macroinvertebrados estritamente aquáticos predominou no estudo (>70%). Entretanto, alguns táxons terrestres ou com predominância de espécies terrestres também foram encontrados, tais como Curculionidae, Chrysomelidae, Staphylinidae, Scarabaeidae, Elateridae, Cicadellidae, Megadrili e Enchytraeidae.

A riqueza total de macroinvertebrados variou de 2 a 18 táxons nas lavouras de arroz ao longo do período estudado. A riqueza média variou significativamente nas lavouras ao longo do ciclo de cultivo ( $F_{5,20} = 2,831$ ,  $p = 0,043$ ) (Figura 2a). A riqueza foi maior na primeira coleta da fase de resteva do que nas coletas posteriores do ciclo de cultivo (segunda coleta na resteva, preparo do solo, fases de crescimento do arroz e fase de pós-colheita) (Tukey,  $p < 0,05$ ). As lavouras alagadas e drenadas apresentaram riquezas similares de macroinvertebrados ( $F_{1,4} = 0,008$ ,  $p = 0,935$ ), e esse resultado foi evidenciado ao longo do ciclo de cultivo ( $F_{5,20} = 1,432$ ,  $p = 0,256$ ), exceto na coleta relacionada ao

preparo do solo, em que a riqueza média de macroinvertebrados mostrou-se maior nas lavouras alagadas do que nas lavouras drenadas (Figura 2b). A riqueza de macroinvertebrados não foi influenciada pelas variáveis físicas (temperatura e profundidade) e químicas (condutividade, nitrato e fósforo) da água e do sedimento (matéria orgânica) nas lavouras estudadas ao longo do ciclo de cultivo do arroz ( $p > 0,05$ ).

A densidade de macroinvertebrados também variou ao longo do ciclo de cultivo ( $F_{5,20} = 3,290$ ,  $p = 0,025$ ), e foi maior na primeira coleta (fase de resteva) do que nas coletas posteriores (setembro e novembro de 2005, janeiro e março de 2006) (Tukey,  $p < 0,05$ ). A densidade foi maior na coleta de pós-colheita em relação às coletas relacionadas às fases de crescimento inicial e final do arroz (janeiro e março de 2006), e mostrou-se similar entre a primeira coleta da fase de resteva (junho de 2005) e pós-colheita (junho de 2006) (Tukey,  $p < 0,05$ ) (Figura 3a). A densidade de macroinvertebrados não variou entre as lavouras alagadas e drenadas ( $F_{1,4} = 4,473$ ,  $p = 0,102$ ), mantendo-se similar entre as lavouras ao longo do ciclo de cultivo ( $F_{5,20} = 0,829$ ,  $p = 0,544$ ) (Fig. 3b), exceto na primeira coleta da fase de resteva (junho de 2005) e na pós-colheita (junho de 2006), em que a densidade foi maior nas lavouras drenadas do que nas lavouras alagadas (Figura 3b). A densidade de macroinvertebrados também não foi influenciada pelas variáveis físicas e químicas da água e do sedimento nas lavouras estudadas ao longo do ciclo de cultivo do arroz ( $p > 0,05$ ).

Os três primeiros eixos da análise de ordenação explicaram 41,3% da variação da composição de macroinvertebrados nas lavouras de arroz alagadas e drenadas ao longo do ciclo de cultivo. Os dois primeiros eixos da análise evidenciaram um gradiente de variação na composição de macroinvertebrados em relação às lavouras alagadas e drenadas na resteva ao longo das coletas (Figura 4). A composição de macroinvertebrados foi mais similar entre as lavouras alagadas e drenadas principalmente nas coletas relacionadas ao preparo do solo e resteva pós-colheita (Figura 4). Por outro lado, a composição foi distinta

entre as lavouras alagadas e drenadas principalmente na primeira coleta da resteva e nas coletas do crescimento do arroz (Figura 4). Em relação à mudança na composição entre as lavouras alagadas e drenadas, *Aulodrilus pigueti* e *Dero (Dero) digitata* estiveram mais associados às lavouras alagadas e Megadrili, Hydrophiloidea, Lepidoptera, Enchytraeidae e Dytiscidae estiveram relacionados às lavouras drenadas em qualquer fase do ciclo de cultivo estudado. Alguns táxons estiveram associados tanto às lavouras alagadas quanto às drenadas, porém foram mais abundantes nas coletas relacionadas à fase de resteva, tais como, *Berosus*, Tabanidae, *Ephydatia facunda*, *Heteromeyenia insignis* e *Corvoheteromeyenia australis*, que foram mais abundantes na resteva anterior ao preparo do solo, e Curculionidae, que foi mais abundante na resteva pós-colheita (Figura 4). Enquanto Planorbidae, *Hyalella* e Glossiphoniidae estiveram associados às lavouras alagadas no período de resteva anterior ao preparo do solo, Ephyridae e Plumatellidae foram mais abundantes nas lavouras drenadas nesse mesmo período. *Dero* sp. foi mais abundante nas lavouras alagadas durante a fase de crescimento do arroz e *Bothrioneurum* esteve associado às lavouras drenadas nessa mesma fase do ciclo de cultivo (Figura 4). Alguns táxons encontrados não estiveram associados especificamente a um determinado tipo de manejo das lavouras (alagadas ou drenadas) e a uma fase do ciclo de cultivo (resteva ou crescimento do arroz), como por exemplo, *Heteromeyenia cristalina*, *Dero (Dero) nivea*, *Ablabesmyia*, *Chironomus*, *Tanytarsus*, *Tanypus* e Ceratopogonidae.

## **Discussão**

Um total de 45 famílias de macroinvertebrados foi encontrado nas lavouras de arroz irrigado, representando mais de 60% da riqueza de famílias encontradas em áreas úmidas naturais do Rio Grande do Sul. Em um estudo realizado em 72 áreas úmidas naturais

distribuídas em todo o Rio Grande do Sul, Stenert & Maltchik (2007) observaram 74 famílias de macroinvertebrados. Um total de 61 famílias de macroinvertebrados foi encontrado em 13 áreas úmidas naturais na Planície Costeira do Rio Grande do Sul (Stenert et al., 2008).

Dentre os táxons encontrados nas lavouras de arroz estudadas, a Classe Oligochaeta predominou em densidade e os artrópodes, principalmente insetos aquáticos, representaram o maior número de táxons encontrados. Essa maior representatividade de famílias de insetos aquáticos dentro da comunidade de macroinvertebrados também foi constatada em áreas úmidas naturais no Sul do Brasil (Stenert & Maltchik, 2007; Stenert et al., 2008) e de outros países do Hemisfério Norte (Wissinger, 1999; Batzer et al., 1999; Heino, 2000). A Classe Oligochaeta constitui um importante componente da fauna bentônica dentro de lavouras de arroz (Kikuchi et al., 1975; Simpson et al., 1993a,b; Bambaradeniya & Amerasinghe, 2003), e alguns estudos realizados em lavouras de arroz de diferentes países asiáticos têm evidenciado que os grupos dominantes de invertebrados encontrados nesses sistemas são representados por micro, meso e macro-invertebrados (principalmente artrópodes, oligoquetas e moluscos) que habitam a vegetação, a coluna d'água e o solo desses sistemas (Heckman, 1979; Lim, 1980). Esses organismos têm impactos ecológicos nas lavouras de arroz, participando da ciclagem de nutrientes, atuando como pragas do arroz ou inimigos naturais (predadores e parasitóides), ou mesmo sendo vetores de doenças humanas e animais (Roger, 1996).

Nossos resultados mostraram que a riqueza e densidade de macroinvertebrados variaram ao longo do ciclo de cultivo e foram maiores na fase de resteva do que nas fases de preparo do solo e crescimento do arroz. A diminuição da riqueza e densidade de macroinvertebrados nas coletas de preparo do solo e crescimento do arroz pode estar atrelada à ausência de água superficial, às práticas agrícolas e à redução no número de

hábitats nas lavouras estudadas. A riqueza de macroinvertebrados tem se mostrado maior em áreas úmidas permanentes do que em áreas úmidas temporárias principalmente em decorrência de muitas espécies não possuírem adaptações para tolerar as condições ambientais extremas desses ecossistemas temporários (Wiggins et al., 1980; Williams, 1996; Wissinger, 1999). Nesse sentido, a ausência de água no preparo do solo pode ter limitado a ocorrência e densidade de alguns táxons de macroinvertebrados aquáticos nas lavouras. Além disso, tem se constatado uma redução na diversidade de invertebrados em lavouras de arroz em função da utilização de diferentes práticas de manejo do solo, utilização de pesticidas e fertilizantes (Roger et al., 1991). Nas fases de preparo do solo e crescimento do arroz, o uso de arado de discos e a aplicação de agro-químicos podem ter influenciado negativamente a comunidade de macroinvertebrados. Os invertebrados aquáticos têm se mostrado sensíveis a herbicidas aplicados em lavouras de arroz, como por exemplo, ao glifosato (Amarante et al., 2002). Em muitos estudos realizados em áreas úmidas naturais, a diversidade de hábitats tem sido positivamente correlacionada com a riqueza de plantas aquáticas (Tolonen et al., 2003) e de macroinvertebrados (Szalay & Resh, 2000; Heino, 2000; Oertli et al., 2002; White & Irvine, 2003), inclusive no Rio Grande do Sul (Stenert et al., 2008). A simplificação no número de hábitats das lavouras durante as fases de preparo do solo (ausência de cobertura vegetal) e crescimento do arroz (crescimento predominante da espécie *Oryza sativa*) pode também ter influenciado na diminuição da riqueza e densidade de macroinvertebrados nesse período.

Em nosso estudo, enquanto a riqueza e densidade foram similares entre as lavouras alagadas e drenadas ao longo do ciclo de cultivo, a composição de macroinvertebrados variou entre as lavouras submetidas a diferentes tipos de manejo na resteva. Estudos sobre a dinâmica da biota aquática ao longo do ciclo de cultivo do arroz e sob diferentes práticas de manejo são escassos, e têm sido realizados principalmente enfocando a comunidade de

zooplâncton em arrozais de regiões temperadas (Rossi et al., 1974; Kikuchi et al., 1975). Simpson et al. (1993a,b, 1994a,b,c) estudaram a dinâmica de alguns táxons de macroinvertebrados e microcrustáceos durante o ciclo de cultivo do arroz em regiões tropicais. Ao longo do ciclo de cultivo do arroz ocorre uma sucessão da biota que acompanha as mudanças relacionadas às fases terrestre/aquática e de crescimento do arroz (Heckman, 1979). Enquanto a fase aquática do ciclo de cultivo do arroz geralmente favorece o estabelecimento de um grupo diversificado de invertebrados aquáticos, a fase terrestre do cultivo é propícia ao estabelecimento de invertebrados terrestres, principalmente representados por artrópodes. Essa mudança temporal na estrutura da lavoura tem ocasionado o estabelecimento de determinados táxons de invertebrados em fases específicas do cultivo (Roger, 1996). Nesse estudo, os táxons de macroinvertebrados que estiveram associados às lavouras drenadas em qualquer fase do ciclo de cultivo eram tipicamente terrestres ou apresentavam algum tipo de estrutura de resistência ao estresse hídrico. A riqueza e densidade foram mantidas similares entre as lavouras alagadas e drenadas ao longo do estudo provavelmente pela ocorrência tanto de táxons aquáticos como pela presença desses táxons terrestres e/ou resistentes à ausência de água.

Embora variações na quantidade de matéria orgânica do sedimento, na condutividade e nas concentrações de nutrientes da água possam influenciar a comunidade de macroinvertebrados em áreas úmidas (Friday, 1987; Batzer & Wissinger, 1996; Stenert et al., 2008), esses parâmetros não estiveram associados com a riqueza e densidade de macroinvertebrados nas lavouras de arroz estudadas ao longo do ciclo de cultivo. Além disso, a profundidade e temperatura da água também não influenciaram a riqueza e densidade de macroinvertebrados. Em nosso estudo, esses parâmetros ambientais mantiveram-se similares entre as lavouras, uma vez que esses sistemas agrícolas são manejados pelo homem. Nesse sentido, a pequena amplitude de variação das variáveis



abióticas estudadas pode ter sido insuficiente para influenciar a riqueza e densidade de macroinvertebrados nas lavouras de arroz. Por outro lado, as práticas agrícolas adotadas na lavouras de arroz ao longo do ciclo de cultivo (controle do nível da água, aplicação de herbicida e uso de maquinário) podem ser os fatores mais importantes na dinâmica de macroinvertebrados nesses agro-ecossistemas.

Este trabalho sugere que as lavouras de arroz conservam uma parcela importante da diversidade de macroinvertebrados, funcionando como refúgios estratégicos de biodiversidade. Entretanto, esses agro-ecossistemas não devem ser considerados como substitutos de áreas úmidas remanescentes devido às múltiplas funções que as áreas úmidas possuem (recarga de aquíferos, estabilidade climática, armazenamento de água) e também devido à dominância de alguns táxons de macroinvertebrados ser diferente entre lavouras de arroz e áreas úmidas naturais. Nossos resultados também mostraram que a composição de macroinvertebrados variou entre as lavouras alagadas e drenadas. Em termos de conservação, a manutenção das lavouras com água e sem água no período de resteva auxiliaria a conservação da diversidade de macroinvertebrados, permitindo o estabelecimento de táxons aquáticos e terrestres dentro da paisagem agrícola. Esses resultados podem auxiliar nas pautas de manejo de áreas agrícolas capazes de ampliar a capacidade de proteger a biodiversidade, principalmente em regiões onde grande parte das áreas úmidas naturais já foi destruída e as áreas remanescentes continuam sendo ameaçadas. Dessa forma, estudos ecológicos que investiguem os efeitos de diferentes alternativas de manejo sobre as comunidades biológicas nas lavouras de arroz irrigado são fundamentais para conciliar a produção agrícola com a conservação da biodiversidade no Rio Grande do Sul.

## Referências Bibliográficas

- AMARANTE Jr., OP., SANTOS, TCR., BRITO, NM. & RIBEIRO, ML., 2002. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. *Quim. Nova*, vol. 25, p. 589-593.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), 1989. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 17th edition. Washington, D.C: American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Pollution Control Federation.
- AUSTRALIAN NATURE CONSERVATION AGENCY, 1996. *Wetlands are important*. Canberra: National Wetlands Program, ANCA.
- AZAMBUJA, IHV., VERNETTI, JFJ. & MAGALHÃES, JAM., 2004. Aspectos socioeconômicos da produção do arroz. In: GOMES, AS. & MAGALHÃES, JAM. (Eds.). *Arroz irrigado no Sul do Brasil*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.
- BAMBARADENIYA, CNB. & AMERASINGHE, FP., 2003. *Biodiversity associated with the rice field agro-ecosystem in Asian countries: a brief review*. Sri Lanka: Working Paper 63. International Water Management Institute (IWMI). 24 p.
- BATZER, DP. & WISSINGER, SA., 1996. Ecology of insect communities in nontidal wetlands. *Annu. Rev. Entomol.*, vol. 41, p. 75-100.
- BATZER, DP., RADER, RB. & WISSINGER, SA., 1999. *Invertebrates in freshwater wetlands of North America: ecology and management*. New York: John Wiley and Sons.
- BRASIL, 2006. *Third National Report to the Convention on biological diversity*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- BRINKHURST, RO. & MARCHESE, M.R., 1989. *Guía para la identificación de oligoquetos acuaticos continentales de Sud y Centro America*. San Tomé: J. Macia.

- BROUDER, SM., & HILL, JE., 1995. Winter flooding of ricelands provides waterfowl habitat. *Calif. Agric.*, vol. 49, p. 1-58.
- CZECH, HA. & PARSONS, KC., 2002. Agricultural wetlands and waterbirds: a review. *Waterbirds*, vol. 25, Special publication, p. 56-65.
- DAHL, TE., 1990. *Wetlands losses in the United States, 1780s to 1980s*. Washington: U.S. Department of interior, Fish and Wildlife Service.
- DAVIS, TJ., BLASCO, D., & CARBONELL, M., 1996. *Manual de la Convencion de Ramsar. Una guia a la Convencion sobre los humedales de importancia internacional*. Gland: Oficina de la Convención de Ramsar.
- DUGAN, P., 1993. *Wetlands in Danger: A World Conservation Atlas*. New York: Oxford University Press.
- ELPHICK, CS. & ORING, LW., 1998. Winter management of Californian rice fields for waterbirds. *J. Appl. Ecol.*, vol. 35, no. 1, p. 95-108.
- ELPHICK, CS. & ORING, LW., 2003. Conservation implications of flooding rice fields on winter for waterbirds. *Agr. Ecosyst. Environ.*, vol. 94, no. 1, p. 17-29.
- FAO Stat, 2008. *FAO Statistical Databases*. Available online at <http://apps.fao.org>
- FERNÁNDEZ, HR. & DOMINGUEZ, E., 2001. *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos*. Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán.
- FERNANDO, CH., 1995. Rice fields are aquatic, semi-aquatic, terrestrial and agricultural: a complex and questionable limnology. In: TIMOTIUS, KH. & GOLTENBOTH, F. (Eds). *Tropical Limnology*, vol. 1, p. 121–148.
- FERNANDO, CH., 1996. Ecology of rice fields and its bearing on fisheries and fish culture. In: DE SILVA, SS. (Ed). *Perspectives in Asian Fisheries*. Manila: Asian Fisheries Society.

- FERNANDO, CH., FURTADO, JI. & LIM, RP., 1979. Aquatic fauna of the world's rice fields. *Wallaceana Supplement Kuala Lumpur*, vol. 2, p. 1-105.
- FERNANDO, CH., FOREST, HS. & HERBERT, C., 1993. *A bibliography of references to rice field aquatic fauna, their ecology and rice-fish culture*. New York: State University of New York Press.
- FINLAYSON, CM., DAVIDSON, NC., SPIERS, AG. & STEVENSON, NJ., 1999. Global wetland inventory: Status and priorities. *Mar. Freshw. Res.*, vol. 50, no. 8, p. 717-727.
- FRAYER, WE., PETERS, DD. & PYWELL, HR., 1989. *Wetlands of the California Central Valley: Status and trends – 1939 to mid – 1980's*. Portland, Oregon: US Fish and Wildlife Service.
- FRIDAY, LE., 1987. The diversity of macroinvertebrate and macrophyte communities in ponds. *Freshwater Biol.*, vol. 18, p. 87-104.
- GOMES, AS. & MAGALHÃES, Jr., AMD., 2004. *Arroz Irrigado no Sul do Brasil (Irrigated Rice in Southern Brazil)*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado.
- GOMES, AS., PAULETTO, EA., VERNETTI, Jr., FJ. & SOUSA, RO., 2004. Plantio direto e cultivo mínimo em arroz irrigado. In: GOMES, AS. & MAGALHÃES, JAM. (Eds.). *Arroz irrigado no Sul do Brasil*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.
- GUADAGNIN, D. & MALTCHIK, L., 2007. Habitat and landscape factors associated with Neotropical waterbird occurrence and richness in wetland fragments. *Biodivers. Conserv.*, vol. 16, p. 1231-1244.
- HECKMAN, CW., 1979. Rice field ecology in North East Thailand. *Monogr. Biol.*, vol. 34, p. 1-228.
- HEINO, J., 2000. Lentic macroinvertebrate assemblage structure along gradients in spatial heterogeneity, habitat size and water chemistry. *Hydrobiologia*, vol. 418, p. 229-242.

- HILL, MO. & GAUCH, HG., 1980. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. *Plant Ecol.*, vol, 42, no. 1-3, p. 47-58.
- INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ (IRGA), 2007. *Arroz irrigado: safra 2006/2007 - produção municipal*. Porto Alegre: Seção de Política Setorial – DCI.
- JULIANO, BO., 1993. *Rice in human nutrition*. Philippines: Food and Agriculture Organization (FAO) and International Rice Research Institute (IRRI).
- KIKUCHI, E., FURASAKA, C. & KURIHARA, Y., 1975. Surveys of the fauna and flora in the water and soil of paddy fields. *Reports of the Institute for Agricultural Research of Tohoku University*, vol. 26, p. 25-35.
- LAVELLE, P., BIGNELL, D., LEPAGE, M., WOLTERS, V., INESON, P., HEAL, OW. & DHILLION, S., 1997. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *Eur. J. Soil Biol.*, vol. 33, p. 159-193.
- LEMLY, AD., KINGSFORD, RT. & THOMPSON, JR., 2000. Irrigated agriculture and wildlife conservation: conflict on a global scale. *Environ. Manage.*, vol. 25, p. 485-512.
- LIM, RP., 1980. Population changes of some aquatic invertebrates in ricefields. In: *Tropical Ecology and Development*. Proceedings of the 5th International Symposium of Tropical Ecology. Malaysia: International Society of Tropical Ecology.
- LOPRETTO, EC. & TELL, G., 1995. *Ecosistemas de aguas continentales: metodologías para su estudio*. La Plata: Ediciones Sur.
- LU, J., 1995. Ecological significance and classification of Chinese wetlands. *Vegetatio*, vol. 118, no. 1, p. 49-56.
- MACHADO, IF. & MALTCHIK, L., 2007. Check-list da diversidade de anuros no Rio Grande do Sul (Brasil) e proposta de classificação para as formas juvenis. *Neotrop. Biol. Conserv.*, vol. 2, p. 101-116.

- MALTCHIK, L., 2003. Three new wetlands inventories in Brazil. *Interciencia*, vol. 28, no. 7, p. 421-423.
- MCCUNE, B. & MEFFORD, MJ., 1999. *PC-ORD - Multivariate Analysis of Ecological Data*. Oregon: MjM Software Design.
- MERRITT, RW. & CUMMINS, KW., 1996. *An introduction to the aquatic insects of North America*. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company.
- MICKLIN, PP., 1988. Desiccation of the Aral Sea: A water management disaster in the Soviet Union. *Science*, vol. 241, p. 1170-1176.
- MILLER, MR., SHARP, DE., GILMER, DS. & MULVANEY, WR., 1989. Rice available to waterfowl in harvested fields in the Sacramento Valley, California. *Calif. Fish Game*, vol. 75, p. 113-123.
- MITSCH, WJ. & GOSELINK, JG., 2000. *Wetlands*. New York: John Wiley & Sons.
- NARANJO, LG., 1995. An evaluation of the first inventory of South American wetlands. *Vegetatio*, vol. 118, p. 125-129.
- NATIONAL WETLANDS WORKING GROUP, 1988. *Wetlands of Canada*. Montreal, Quebec: Ecological Land Classification Series 24, Environmental Canada, Ottawa, Ontario, and Polyscience Publications.
- NEIFF, JJ., 2001. Diversity in some tropical wetland systems of South America. In: GOPAL, B., JUNK, WJ. & Davis, JA. (Eds.). *Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation*. Leiden: Backhuys Publishers.
- OERTLI, B., JOEY, DA., CASTELLA, E., JUGE, R., CAMBIN, D. & LACHAVANNE, JB., 2002. Does size matter? The relationship between pond area and biodiversity. *Biol. Conserv.*, vol. 104, p. 59-70.

- PINGALI, PL. & ROGER, PA., 1995. *Impact of pesticides on farmer health and rice environment*. Philippines: Kluwer Academic Publisher and International Rice Research Institute (IRRI).
- RAMBO, B., 2000. *A Fisionomia do Rio Grande do Sul: Ensaio de Monografia Natural*. São Leopoldo: Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). 456 p.
- RODRIGUES, ASL., ANDELMAN, SJ., BAKARR, MI., BOITANI, L., BROOKS, TM., COWLING, RM., FISHPOOL, LDC., FONSECA, GAB., GASTON, KJ., HOFFMANN, M., LONG, JS., MARQUET, PA., PILGRIM, JD., PRESSEY, RL., SCHIPPER, J., SECHREST, W., STUART, SN., UNDERHILL, LG., WALLER, RW., WATTS, MEJ. & YAN, X., 2004. Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. *Nature*, vol. 428, no. 8 April, p. 640-643.
- ROGER, PA., 1996. *Biology and management of floodwater ecosystem in ricefields*. Philippines: International Rice Research Institute. 250 p.
- ROGER, PA., GRANT, IF., REDDY, PM. & WATANABE, I., 1987. The photosynthetic biomass in wetland ricefields and its effect on nitrogen dynamics. In: *Efficiency of Nitrogen Fertilizers for Rice*. Manila: International Rice Research Institute.
- ROGER, PA., HEONG, KL. & TENG, PS., 1991. Biodiversity and sustainability of wetland rice production: role and potential of microorganisms and invertebrates. In: HAWKSWORTH, DL. (Ed.). *The Biodiversity of Microorganisms and Invertebrates: Its Role in Sustainable Agriculture*. Wallingford: CAB International.
- ROLON, AS. & MALTCHIK, L., 2006. Environmental factors as predictors of aquatic macrophyte richness and composition in wetlands of southern Brazil. *Hydrobiologia*, vol. 556, p. 221-231.

- ROLON, AS., LACERDA, T., MALTCHIK, L. & GUADAGNIN, DL., 2008. The influence of area, habitat and water chemistry on richness and composition of macrophyte assemblages in southern Brazil wetlands. *J. Veg. Sci.*, vol. 19, p. 221-228.
- ROSSI, O., MORONI, A., BARONI, P. & CARAVELLO, U., 1974. Annual evolution of the zooplankton diversity in twelve Italian ricefields. *B. Zool.*, vol. 41, p. 157-181.
- SHINE, C. & KLEMM, C., 1999. *Wetlands, water and the law: using law to advance wetland conservation and wise use*. Gland: IUCN.
- SIMPSON, IC., ROGER, PA., OFICIAL, R. & GRANT, IF., 1993a. Impacts of agricultural practices on aquatic oligochaete populations in rice fields. *Biol. Fertil. Soils*. vol, 16, no. 1, p. 27-33.
- SIMPSON, IC., ROGER, PA., OFICIAL, R. & GRANT, IF., 1993b. Density and composition of aquatic oligochaete populations in different farmers`rice fields. *Biol. Fertil. Soils*. vol, 16, no. 1, p. 34-40.
- SIMPSON, I., ROGER, PA., OFICIAL, B. & GRANT, IF., 1994a. Effects of fertilizer and pesticide management on floodwater ecology of a wetland ricefield. I. Experimental design and dynamics of the photosynthetic aquatic biomass. *Biol. Fert. Soils*, vol. 17, p. 129-137.
- SIMPSON, I., ROGER, PA., OFICIAL, B. & GRANT, IF., 1994b. Effects of fertilizer and pesticide management on floodwater ecology of a wetland ricefield. II. Dynamics of microcrustaceans and dipteran larvae. *Biol. Fert. Soils*, vol. 17, p. 138-146.
- SIMPSON, I., ROGER, PA., OFICIAL, B. & GRANT, IF., 1994c. Effects of fertilizer and pesticide management on floodwater ecology of a wetland ricefield. III. Dynamics of benthic molluscs. *Biol. Fert. Soils*, vol. 18, p. 219-227.



- STENERT, C. & MALTCHIK, L., 2007. Influence of area, altitude and hydroperiod on macroinvertebrate communities in southern Brazil wetlands. *Mar. Freshw. Res.*, vol. 58, no. 11, p. 993-1001.
- STENERT, C., BACCA, RC., MOSTARDEIRO, CC. & MALTCHIK L., 2008. Environmental predictors of macroinvertebrate communities in coastal wetlands of southern Brazil. *Mar. Freshw. Res.*, vol. 59, no. 6, p. 540-548.
- SUGUIO, K., 1973. *Introdução à Sedimentologia*. São Paulo: Edgard Blucher.
- SZALAY, FA. & RESH, VH., 2000. Factors influencing macroinvertebrate colonization of seasonal wetlands: responses to emergent plant cover. *Freshwater Biol.*, vol. 45, p. 295-308.
- TAGLIANI, PRA., 1995. *Estratégia de Planificação Ambiental para o Sistema Ecológico da Restinga da Lagoa dos Patos - Planície Costeira do Rio Grande do Sul*. PhD Thesis, São Carlos: Universidade Federal de São Carlos.
- TOLONEN, KT., HAMALAINEN, H., HOLOPAINEN, IJ., MIKKONEN, K. & KARJALAINEN, J., 2003. Body size and substrate association of littoral insects in relation to vegetation structure. *Hydrobiologia*, vol. 499, p. 179-190.
- WHITE, J. & IRVINE, K., 2003. The use of littoral mesohabitats and their macroinvertebrate assemblages in the ecological assessment of lakes. *Aquat. Conserv.*, vol. 13, p. 331-351.
- WIGGINS, GB., MACKAY, RJ. & SMITH, IM., 1980. Evolutionary and ecological strategies of animals in annual temporary pools. *Arch. Hydrobiol. (Supplement)*, vol. 58, p. 97-206.
- WILLIAMS, DD., 1996. Environmental constraints in temporary freshwater and their consequences for the insect fauna. *J. N. Am. Benth. Soc.*, vol. 15, no. 4, p. 634-650.

WISSINGER, SA., 1999. Ecology of wetland invertebrates. In: BATZER, DP., RADER, RB. & WISSINGER, SA. (Eds.). *Invertebrates in Freshwater Wetlands of North America: Ecology and Management*. New York: John Wiley and Sons.

Tabela 1. Diagrama esquemático das fases de cultivo em um ciclo anual da cultura do arroz irrigado na Planície Costeira do Rio Grande do Sul (junho de 2005 a junho de 2006).

	Fase do cultivo	Período	Condição do solo
1	Preparo do solo (nivelamento, preparo com arado de discos - 15 a 20 cm, aplicação de glifosato)	setembro a novembro	seco
2	Plantio, emergência, aplicação de glifosato e uréia, alagamento das lavouras e crescimento	novembro a janeiro	alagado
3	Perfilhamento, esgotamento das lavouras e colheita	janeiro a abril	alagado
4	Pós-colheita (Resteva)	maio a setembro	alagado ou seco

Tabela 2. Valores médios das variáveis físicas e químicas medidas nas lavouras alagadas e drenadas (período de resteva) estudadas ao longo de um ciclo de cultivo do arroz irrigado (2005-2006) na Planície Costeira do Rio Grande do Sul. A = lavouras alagadas; e D = lavouras drenadas.

	Condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )		Nitrato - $\text{NO}_3\text{-N}$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )		Fósforo - $\text{PO}_4\text{-P}$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )		Matéria orgânica (%)		Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )		Profundidade (cm)	
	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
Resteva (jun/05)	438,7	-	0,857	-	0,110	-	10,09	4,28	13,33	-	26,36	-
Resteva (set/05)	151,3	-	0,500	-	0,050	-	9,34	6,70	15,13	-	32,46	-
Preparo do solo (nov/05)	-	-	-	-	-	-	2,68	2,81	-	-	-	-
Crescimento inicial (jan/06)	266,3	452,3	0,343	0,243	0,320	0,210	1,79	2,71	26,1	24,2	57,96	28,36
Crescimento final (mar/06)	177,6	112,6	0,213	0,330	0,050	0,050	1,97	2,81	24,9	23,1	10,1	10,7
Resteva pós-colheita (jun/06)	374,8	-	0,383	-	0,050	-	2,03	3,00	19,3	-	11,53	-

Tabela 3. Abundância dos táxons de macroinvertebrados mais representativos nas lavouras alagadas e drenadas (período de resteva) ao longo de um ciclo de cultivo do arroz irrigado (2005-2006) na Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

Táxons	Abundância		Abundância total
	Lavouras alagadas	Lavouras drenadas	
Oligochaeta	765	3771	4536
Plumatellidae	273	327	600
Oribatidae	216	380	596
Glossiphoniidae	157	30	187
Spongillidae	122	37	159
Chironomidae	18	64	82
<i>Hyaella</i>	44	28	72
Ephydriidae	12	21	33
Total	1607	4658	6265

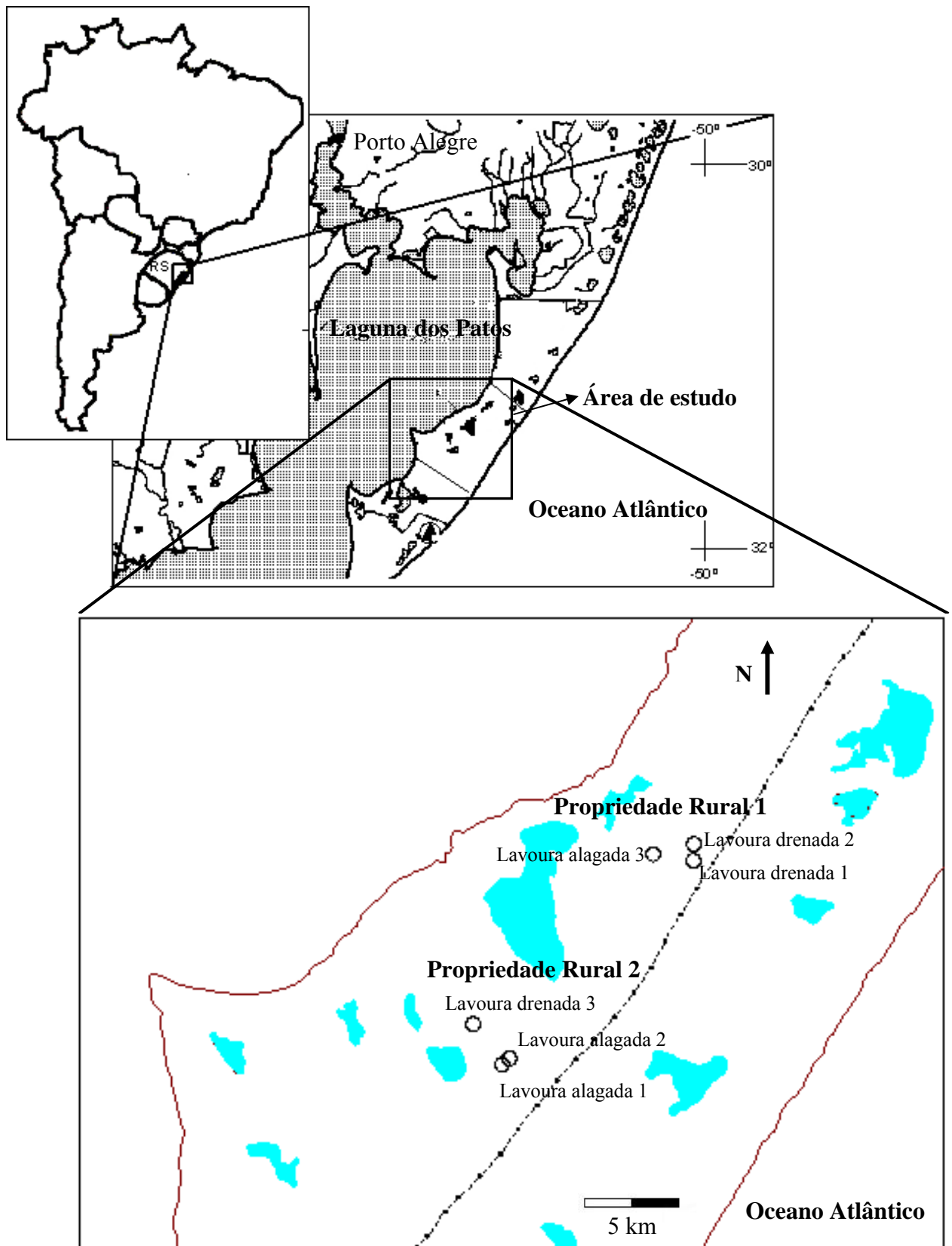


Figura 1. Área de estudo, destacando as lavouras de arroz estudadas na Planície Costeira do Rio Grande do Sul ao longo de um ciclo de cultivo 2005-2006 (as lavouras alagadas permaneceram com água e as lavouras drenadas permaneceram secas no período de resteva).

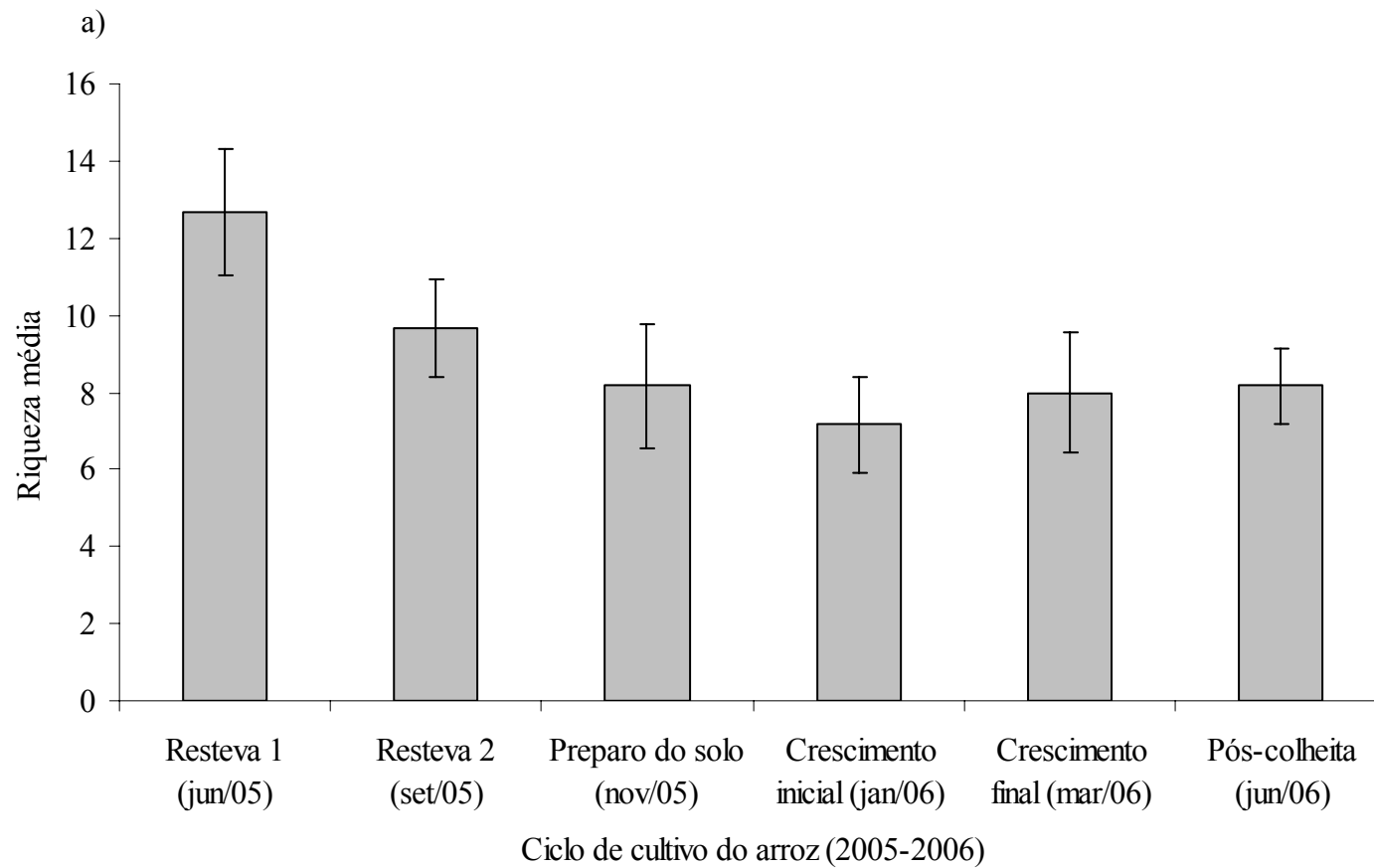


Figura 2a. Valores médios de riqueza de táxons de macroinvertebrados nas lavouras de arroz estudadas ao longo do ciclo de cultivo em 2005-2006, na Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

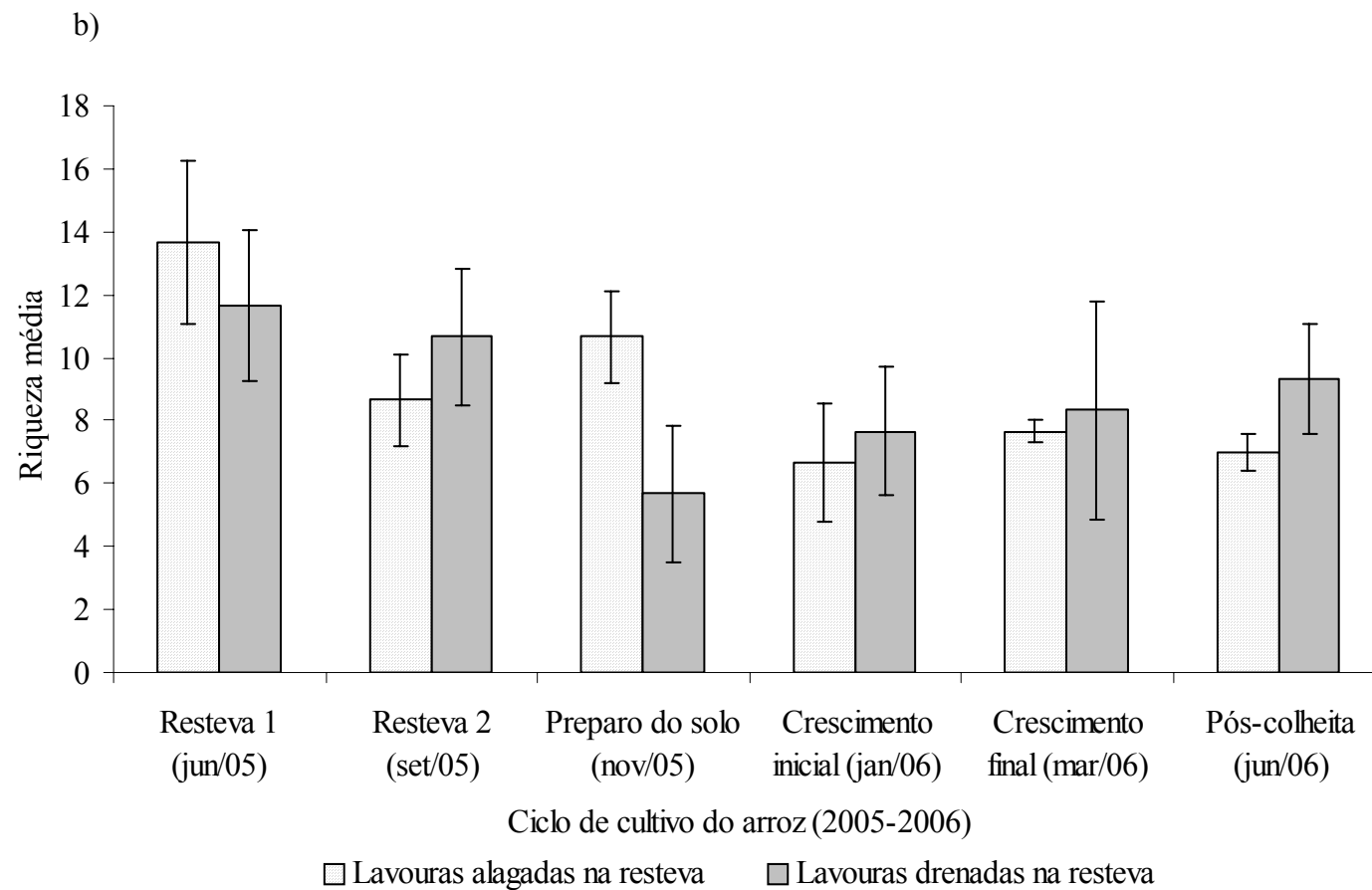


Figura 2b. Valores médios de riqueza de táxons de macroinvertebrados nas lavouras alagadas e drenadas na resteva ao longo do ciclo de cultivo em 2005-2006, na Planície Costeira do Rio Grande do Sul.



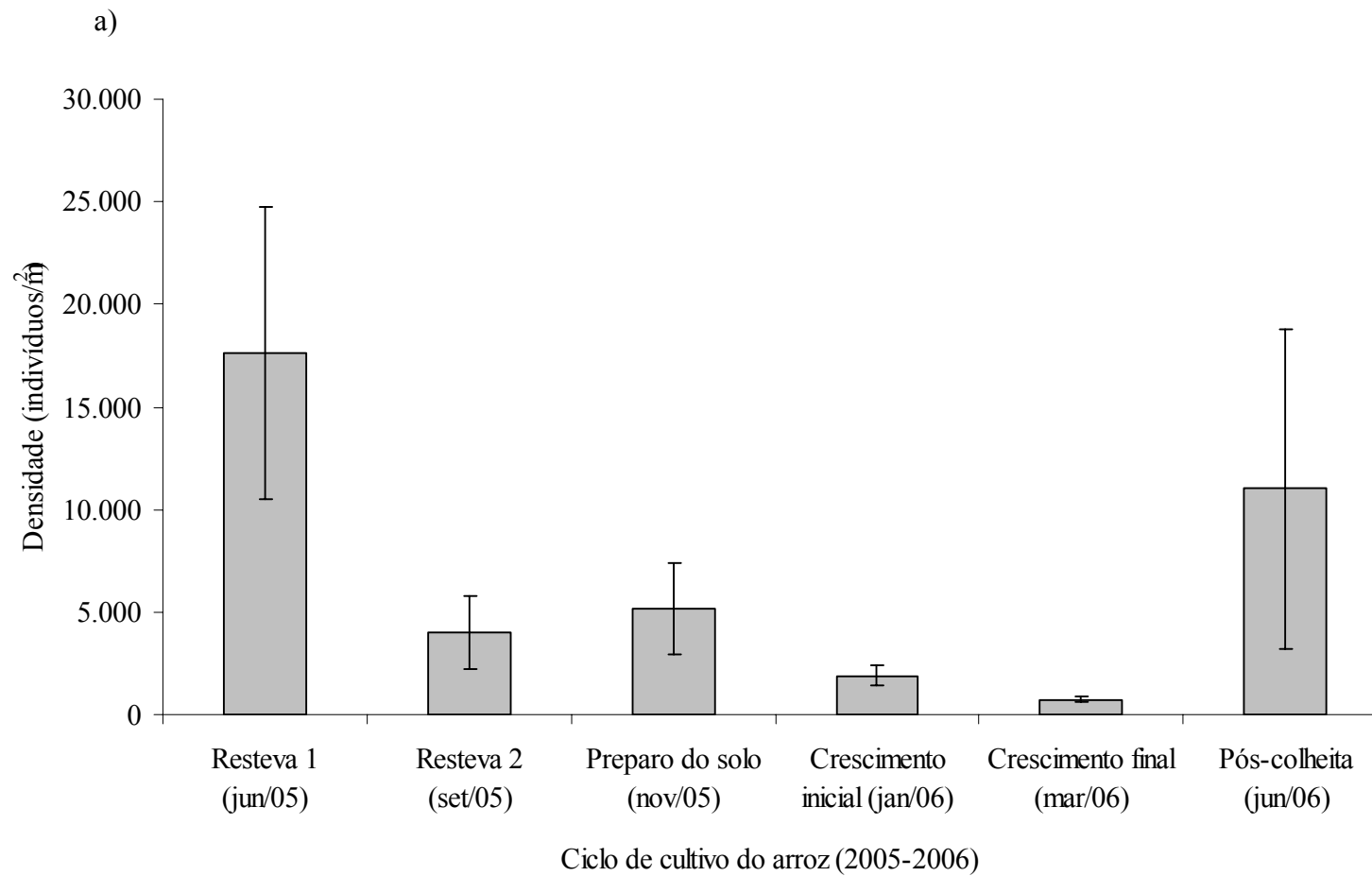


Figura 3a. Densidade de macroinvertebrados (indivíduos/m<sup>2</sup>) em sedimentos das lavouras de arroz estudadas ao longo do ciclo de cultivo em 2005-2006, na Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

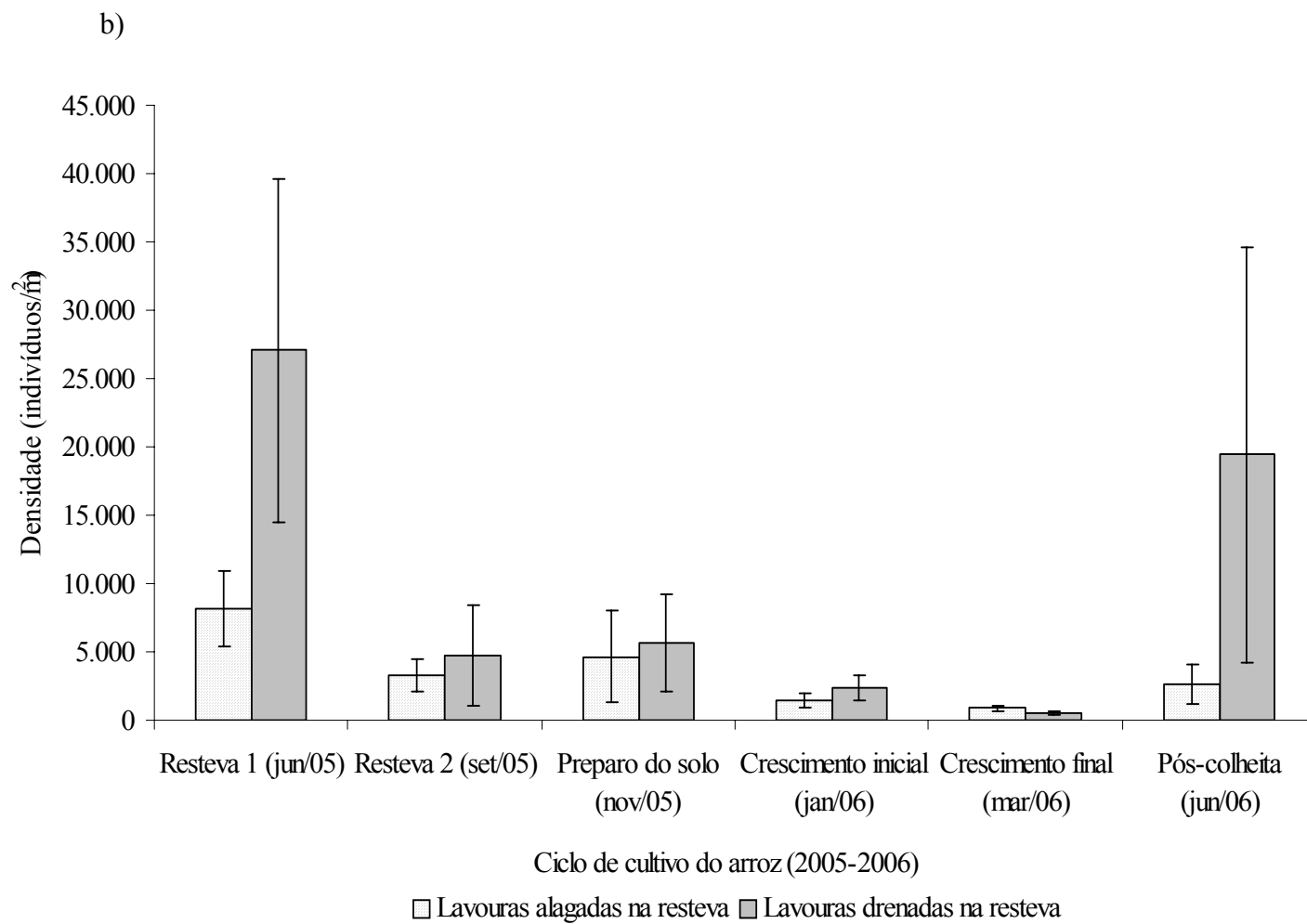


Figura 3b. Densidade de macroinvertebrados (indivíduos/m<sup>2</sup>) nas lavouras alagadas e drenadas na resteva ao longo do ciclo de cultivo 2005-2006 na Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

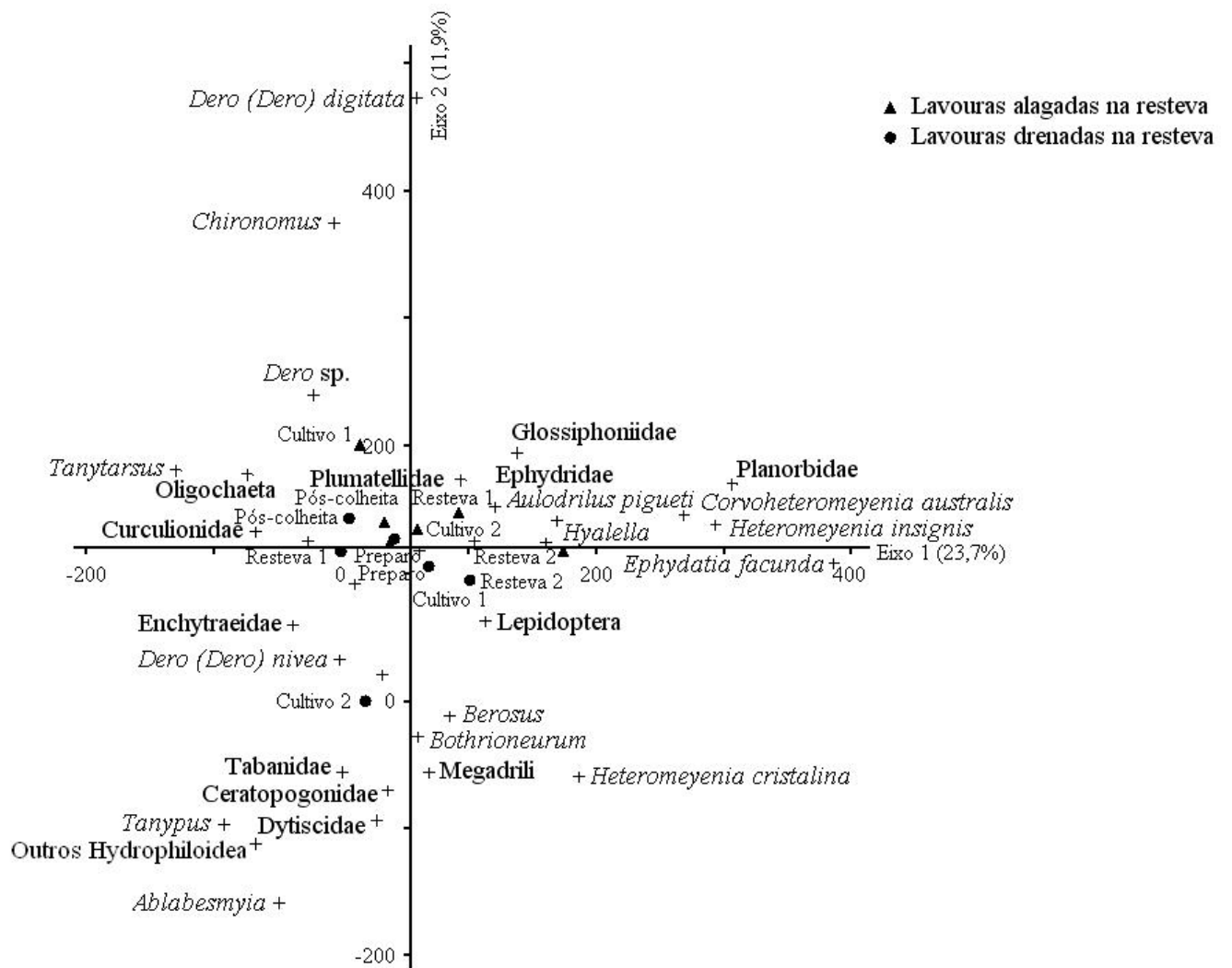


Figura 4. Diagrama da ordenação gerada pela DCA: ordenação dos táxons de macroinvertebrados em sedimentos de lavouras alagadas e drenadas na resteva, na Planície Costeira do Rio Grande do Sul, ao longo das diferentes fases do ciclo de cultivo (resteva 1, resteva 2, preparo do solo, crescimento inicial, crescimento final e pós-colheita), nos anos de 2005 e 2006.

### **4.3. O PAPEL DOS BANCOS DE OVOS E ESTRUTURAS ANABIÓTICAS NA PERMANÊNCIA DE INVERTEBRADOS AQUÁTICOS EM ARROZAIIS NO RIO GRANDE DO SUL**

CRISTINA STENERT<sup>1,2</sup>, LEONARDO MALTCHIK<sup>1</sup>, ODETE ROCHA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Ecologia e Conservação de Ecossistemas Aquáticos, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, UNISINOS, Av. Unisinos, 950, CEP 93.022-000, São Leopoldo, RS, Brasil;

<sup>2</sup>Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, Via Washington Luiz, km 235, CEP 13.560-905, São Carlos, SP, Brasil.

## **Resumo**

A diversidade e a abundância do banco de ovos ou de outras estruturas anabióticas de invertebrados aquáticos são fundamentais para o sucesso ecológico das áreas úmidas temporárias. Uma vez que a sobrevivência dessas estruturas de resistência pode ser comprometida pela ausência prolongada de água e por práticas agrícolas, uma questão é levantada: O potencial de recuperação de invertebrados aquáticos oriundos de bancos de ovos e/ou estruturas anabióticas diminui com o aumento do tempo em que as lavouras de arroz irrigado permanecem secas na Planície Costeira do Rio Grande do Sul? As amostras de sedimento foram coletadas em nove lavouras de arroz que se encontravam secas há 20 dias, um ano e dois anos (3 réplicas de cada histórico de inundação). No laboratório, o sedimento seco foi hidratado com água destilada e mantido sob temperatura, fotoperíodo e concentração de oxigênio dissolvido controlados. Os invertebrados foram amostrados no dia anterior à hidratação do sedimento seco e 1, 3, 7, 10, 14, 21, 30, 36, 45, 51 e 58 dias após a hidratação através de uma pequena rede. Um total de 2.853 indivíduos distribuídos em 40 táxons de invertebrados foi encontrado ao longo do experimento. Os microcrustáceos (Cladocera, Conchostraca, Copepoda e Ostracoda) somaram 1.041 indivíduos e 17 espécies. A riqueza, a densidade e a composição de invertebrados aquáticos variaram ao longo do experimento entre os diferentes tratamentos, entretanto, não houve uma relação inversa entre a riqueza e a densidade com o tempo em que a lavoura permaneceu sem água. Nossos resultados indicaram que as lavouras de arroz irrigado são capazes de armazenar informações genéticas no sedimento, podendo levar a uma potencial recuperação de áreas úmidas convertidas em arrozais no Rio Grande do Sul.

**Palavras-chave:** banco de ovos, recuperação da comunidade, dormência, microcrustáceos, arrozais.

## **Abstract**

The diversity and abundance of the egg banks and/or other anabiotic stages of aquatic invertebrates are basic for the ecological success of temporary wetlands. Since the survival of these resistant structures can be jeopardized by the lengthy lack of water and agricultural practices, one question arises: does the recovery potential of aquatic invertebrates from egg banks and/or anabiotic stages decrease with the increased time while irrigated rice fields remain dry in the Coastal Plain of Rio Grande do Sul? Sediment samples were collected in nine rice fields undergoing drought for 20 days, one year, and two years (3 replications of each flood history). In the laboratory, the dry sediment was hydrated with distilled water and kept under controlled temperature, photoperiod and dissolved oxygen. The invertebrates were sampled the day before the dry sediment was hydrated, and 1, 3, 7, 10, 14, 21, 30, 36, 45, 51 and 58 days after hydration through a small net. A total of 2,853 individuals assigned into 40 invertebrate taxa were found along the experiment. The microcrustaceans (Cladocera, Conchostraca, Copepoda e Ostracoda) totaled 1,041 individuals and 17 species. The richness, density, and composition of aquatic invertebrates showed variations along the experiment among the different treatments, but there was not an inverse relationship between richness and density and the time the rice field remained dry. Our results show that the irrigated rice fields can store genetic information in the sediment, thus being conducive to a potential recovery of the wetlands changed into rice fields in Rio Grande do Sul.

**Key-words:** egg banks, community recovery, dormancy, microcrustaceans, rice fields.

## **Introdução**

As áreas úmidas são ecossistemas prioritários para a conservação devido à alta diversidade biológica e produtividade (Davis et al., 1996; Smart, 1996). Entretanto, aproximadamente 50% desses ecossistemas já desapareceram no último século (Shine & Klemm, 1999; Finlayson et al., 1999). Nesse sentido, muitos esforços têm sido direcionados na tentativa de restaurar as áreas úmidas perdidas no mundo (Mitsch & Gosselink, 2000). A produção de arroz irrigado é uma das principais atividades humanas responsáveis pelo desaparecimento das áreas úmidas naturais (Richardson & Taylor, 2003). Em 2005, aproximadamente 156 milhões de hectares foram cultivados com o arroz no mundo (cerca de 11% de toda a área agrícola existente no planeta), sendo o continente asiático responsável pelo cultivo de 137 milhões de hectares (CGIAR, 2008). Nesse sentido, o manejo das lavouras de arroz irrigado constitui um grande desafio para a Biologia da Conservação.

Estudos de restauração de áreas úmidas têm avaliado a importância dos estágios de vida dormentes e das estruturas de resistência à dessecação no restabelecimento da comunidade de invertebrados aquáticos (Brown & Batzer, 2001; Stanczak & Keiper, 2004; Gleason et al., 2004; Jenkins & Boulton, 2007). Os invertebrados são recursos energéticos importantes para outras comunidades biológicas das áreas úmidas, tais como larvas de peixes e aves (Boulton & Lloyd, 1992; Jenkins & Boulton, 1998, 2007). A maioria dos estudos realizados sobre a emergência de invertebrados aquáticos foi desenvolvida em áreas úmidas naturais temporárias, incluindo lagoas (Medland & Taylor, 2001), estuários (Marcus et al., 1994), e áreas úmidas associadas a planícies de inundação (Boulton & Lloyd, 1992; Brock et al., 2003; Tronstad et al., 2005; Jenkins & Boulton, 2007). A alternância entre as fases aquática e terrestre desses ecossistemas requer adaptações

especiais dos organismos aquáticos (Wiggins et al., 1980). Sementes de plantas aquáticas em estado de dormência, propágulos vegetativos e ovos de invertebrados são muito abundantes em áreas úmidas temporárias (Hairston, 1996; Tronstad et al., 2005; Jenkins & Boulton, 2007), podendo se manter viáveis em sedimentos secos por muitos anos (Wiggins et al., 1980). O processo de dormência foi investigado em diferentes grupos de invertebrados em relação ao estresse hídrico, sendo constatados casulos de proteção de larvas de Chironomidae (Danks, 1987), cistos de Copepoda (Dahms, 1995), ovos efípias de Cladocera (Dodson & Frey, 2001) e ovos resistentes à dessecação de outros grupos de invertebrados (Thorp & Covich, 2001). Williams (1998) sustentou que a dormência parece ser a estratégia mais utilizada pelos invertebrados na sua sobrevivência e persistência em áreas úmidas temporárias.

A diversidade e a abundância do banco de ovos ou de outras estruturas anabióticas, isto é, de resistência, de invertebrados aquáticos são fundamentais para o sucesso ecológico das áreas úmidas temporárias (Dietz-Brantley et al., 2002), inclusive daquelas criadas ou restauradas pelo homem (Stanczak & Keiper, 2004). Brown & Batzer (2001), Stanczak & Keiper (2004) e Gleason et al. (2004) compararam a resiliência do banco de ovos de invertebrados entre áreas úmidas naturais e áreas úmidas restauradas e criadas. A alta similaridade na diversidade de invertebrados entre estes ecossistemas foi atribuída à alta capacidade desta comunidade em produzir estruturas que permanecem viáveis em períodos de estresse ambiental.

Entretanto, a recuperação de invertebrados aquáticos através de bancos de ovos e/ou de outras estruturas de resistência não foi ainda analisada em lavouras de arroz irrigado. Sabe-se que inúmeras práticas utilizadas na agricultura moderna exercem impactos negativos na viabilidade do banco de ovos de invertebrados (Gleason et al., 2004). A utilização de pesticidas e fertilizantes químicos, a técnica de preparo do solo e a



alteração do hidroperíodo têm sido associadas ao declínio da diversidade e abundância dos bancos de ovos em áreas úmidas temporárias afetadas pela agricultura nos Estados Unidos (Euliss & Mushet, 1999).

No Sul do Brasil, dados conservativos apontam que aproximadamente 90% das áreas úmidas originais já foram destruídas principalmente devido à expansão agrícola, especialmente de lavouras de arroz irrigado (Maltchik, 2003; Gomes & Magalhães, 2004). Diante disso, a adoção de uma nova política de gerenciamento das áreas úmidas, contemplando estratégias de manejo e recuperação de áreas degradadas é fundamental para a preservação desses ecossistemas e sua biota. As lavouras de arroz irrigado têm sido consideradas refúgios de diversidade biológica em todo o mundo (Fernando et al., 1979; Miller et al., 1989; Brouder & Hill, 1995; Elphick & Oring, 2003; Bambaradeniya, 2000; Czech & Parsons, 2002; Bambaradeniya & Amerasinghe, 2003; Ramsar Convention, 2009). Entretanto, o potencial de recuperação das comunidades biológicas via banco de propágulos dormentes durante o período de entressafra ainda não foi estudado.

As lavouras de arroz irrigado no Sul do Brasil apresentam um regime hidrológico dinâmico que varia entre as fases terrestre e aquática em função do cultivo, podendo permanecer sem água por até dois anos, no período de entressafra. Uma vez que a sobrevivência dos bancos de ovos e de estruturas anabióticas dos invertebrados aquáticos é comprometida pela ausência prolongada de água (Nielsen et al., 2000; Boulton & Lloyd, 1992; Brock et al., 2003; Jenkins & Boulton, 2007), e que práticas agrícolas podem exercer impactos negativos na viabilidade do banco de ovos desses organismos (Gleason et al., 2004) uma questão é levantada: O potencial de recuperação de invertebrados aquáticos, oriundos de bancos de ovos e/ou estruturas anabióticas, avaliado a partir de sua riqueza, densidade e composição, em lavouras de arroz irrigado no Sul do Brasil, diminui com o aumento do tempo em que as lavouras permanecem secas?

## **Material e Métodos**

### *Área de estudo*

O estado do Rio Grande do Sul está localizado na região Sul do Brasil com uma área de 282.184 km<sup>2</sup> (Figura 1). A Planície Costeira estende-se por 640 km à margem do Oceano Atlântico, com área correspondente a 10,6% da área total do Estado, sendo sua principal característica hidrológica a ausência de grandes rios e presença de várias lagoas distribuídas em toda sua extensão. A Planície Costeira é uma das regiões do Rio Grande do Sul com a maior concentração de áreas úmidas e também é uma importante região produtora de arroz no Estado (Maltchik, 2003; Azambuja et al., 2004). O clima do Rio Grande do Sul é subtropical úmido, e a temperatura média varia de 14,6°C no inverno a 22,2°C no verão, com uma temperatura média anual de 17,5°C. A precipitação anual varia de 1150 a 1450 mm, com uma média anual de 1250 mm (Tagliani, 1995). A topografia plana e a baixa altitude (inferior a 20 m acima do nível do mar) da Planície Costeira fazem com que as condições climáticas relacionadas à precipitação e temperatura sejam bastante similares nessa região (Rambo, 2000).

O presente estudo foi realizado em uma propriedade rural localizada no município de Mostardas (Planície Costeira do Rio Grande do Sul, 30°54'46,9" Sul, 50°48'46,2" Oeste), que ocupa atualmente a oitava posição entre as cidades produtoras de arroz irrigado no Rio Grande do Sul, com 33.397 ha de área de plantio (Instituto Rio Grandense do Arroz, 2007). A propriedade rural incluía tanto lavouras de arroz irrigado recentemente alagadas e cultivadas (colheita realizada há 20 dias) como lavouras secas (em descanso) há um e dois anos. Foram aleatoriamente selecionadas três lavouras de arroz correspondentes a cada um dos três períodos históricos, sem inundação (20 dias, um ano e dois anos),

totalizando nove lavouras de arroz amostradas. A área de cada uma das lavouras estudadas era de aproximadamente 1 ha.

#### *Amostragem do sedimento seco e métodos para o experimento em laboratório*

Um total de 12 amostras de sedimento seco foi coletado aleatoriamente através de um core (7,5 cm de diâmetro) inserido até a profundidade de 10 cm distribuídos ao longo da área de cada lavoura de arroz estudada, no dia 10 de abril de 2008. O volume de sedimento seco amostrado, por lavoura de arroz, foi de aproximadamente 5.300 cm<sup>3</sup>, sendo este material acondicionado em sacos plásticos de 20 litros. No laboratório o sedimento seco de cada lavoura foi peneirado para a remoção de raízes e folhas (peneira com malha de 1 mm de diâmetro) e homogeneizado. Posteriormente, o sedimento seco de cada uma das nove lavouras estudadas foi dividido em duas bandejas plásticas (32 X 15 cm e altura de 10,5 cm), equivalendo a uma área de 960 cm<sup>2</sup>. O sedimento adicionado em cada bandeja correspondeu a aproximadamente 3 cm de profundidade. As 18 bandejas foram hidratadas com água destilada até 2 cm acima da superfície do sedimento e o nível de água foi mantido constante ao longo do experimento. As bandejas foram cobertas com uma tela e mantidas sob temperatura de 25°C ± 2°C, fotoperíodo constante (12h claro e 12h escuro) e concentração de oxigênio dissolvido acima de 6,5 mg/L. As variáveis potencial hidrogeniônico (pH), temperatura, condutividade, salinidade e oxigênio dissolvido da água foram monitoradas ao longo de todo o experimento, por meio de uma sonda multiparâmetro (HORIBA, modelo U-10).

### *Amostragem de invertebrados*

O experimento de hidratação do sedimento seco das lavouras de arroz estudadas foi realizado de 16 de junho a 13 de agosto de 2008. Os invertebrados foram amostrados no dia anterior à hidratação do sedimento seco (dia 0 – 16/junho), e 1, 3, 7, 10, 14, 21, 30, 36, 45, 51 e 58 dias após a hidratação do sedimento das lavouras estudadas através de uma pequena rede de formato quadrado (5 X 5 cm) e malha de 100 $\mu$ m de diâmetro. Foram realizadas três varreduras de 32 cm (uma varredura = 32 X 5 cm) para amostrar toda a área da bandeja (32 X 15 cm). O material amostrado foi acondicionado em potes plásticos (200 mL) com álcool a 80%. As amostras foram lavadas com o auxílio de uma peneira com malha de 100 $\mu$ m de diâmetro, e os invertebrados foram triados e identificados quando possível, até o nível de espécie, com auxílio de estereomicroscópio e microscópio, e acondicionados em tubetes de vidro com álcool a 80%. A identificação foi realizada por meio de literatura especializada (Lopretto & Tell, 1995; Merritt & Cummins, 1996; Fernández & Dominguez, 2001) e recorrendo-se ao auxílio de especialistas. As amostras foram armazenadas no Laboratório de Ecologia e Conservação de Ecossistemas Aquáticos da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

### *Análise de dados*

A riqueza e a densidade de invertebrados foram calculadas considerando-se o número total de táxons (considerando-se os menores níveis taxonômicos em cada grupo) e o número de indivíduos por m<sup>2</sup> coletados ao longo do experimento, respectivamente. A densidade de invertebrados foi transformada em raiz quadrada para tornar as variâncias mais homogêneas e para dar menor peso aos poucos táxons dominantes. As variações da

riqueza e densidade de invertebrados ao longo do período de duração do experimento e entre as lavouras com diferentes históricos de inundação (20 dias, um ano e dois anos) foram analisadas através de ANOVA de Medidas Repetidas. Testes de Tukey foram aplicados *a posteriori* para comparações múltiplas da riqueza e densidade de invertebrados entre os diferentes dias após a hidratação do sedimento.

A variação da composição de invertebrados ao longo do período de duração do experimento e entre as lavouras secas há 20 dias, um ano e dois anos, foi analisada através de Análise de Correspondência Destendenciada (“Detrended Correspondence Analysis – DCA”, Hill & Gauch, 1980) e do procedimento de permutação multi-resposta (“Multi-Response Permutation Procedure – MRPP”), do Pacote Estatístico PC-ORD Version 4.2 (McCune & Mefford, 1999). Posteriormente, foi realizada uma análise de espécies indicadoras (“Indicator Species Analysis”, Dufrene & Legendre, 1997) para determinar se a frequência e abundância de determinados táxons de invertebrados poderiam estar mais relacionados a um histórico de inundação específico das lavouras estudadas, sendo validada pelo teste de Monte Carlo (5.000 permutações). Os táxons de invertebrados considerados nas análises de composição foram aqueles que apresentaram mais de cinco indivíduos ao longo do estudo, os quais representaram mais de 99% do total de indivíduos amostrados no experimento. A densidade de invertebrados nas três lavouras com o mesmo histórico de inundação foi agrupada para cada um dos diferentes dias após a hidratação do sedimento, totalizando 36 pontos (3 históricos de inundação X 12 dias amostrados - 1 dia representando a amostra anterior à hidratação e 11 dias após a hidratação do sedimento seco das lavouras de arroz).

## Resultados

As variáveis abióticas monitoradas ao longo do experimento (pH, condutividade, oxigênio dissolvido, temperatura e salinidade da água) tiveram uma pequena amplitude de variação nas lavouras secas há 20 dias, um e dois anos (Tabela 1). Um total de 2.853 indivíduos distribuídos em 40 táxons de invertebrados foi encontrado ao longo do período de duração do experimento. Os invertebrados mais representativos ao longo do experimento eram pertencentes ao Filo Nematoda, com 27,5% do total de indivíduos amostrados, aos Cladocera com 27,1% do total de invertebrados, a Acari da família Oribatidae, correspondendo a 18,2% dos indivíduos coletados e às classes Oligochaeta e Ostracoda, com 13,6% e 6,4% do total de indivíduos registrados no experimento, respectivamente (Tabela 2). Os insetos amostrados após a hidratação do sedimento pertenciam principalmente às ordens Diptera, Coleoptera e Hemiptera, com um total de 14 famílias e apenas 44 indivíduos (Tabela 2). Os moluscos estiveram representados pelas famílias de gastrópodes Ampullaridae e Planorbidae, totalizando 45 indivíduos.

Ao longo do experimento, foram encontradas inúmeras estruturas de resistência no sedimento das lavouras estudadas, como estatoblastos pertencentes aos briozoários da família Plumatellidae, efípios de cladóceros e ootecas de Oligochaeta, totalizando 649 estruturas anabióticas, das quais 519 eram estatoblastos. Foram encontradas 17 espécies de microcrustáceos pertencentes às Classes Brachiopoda (Ordem Cladocera e Ordem Conchostraca), Copepoda e Ostracoda, que juntas somaram 1.041 indivíduos ao longo do experimento. Os Cladocera da família Ilyocriptidae, *Ilyocryptus verrucosus*, e *Ilyocryptus sordidus*, e distintas espécies de Chydoridae foram os mais abundantes ao longo do estudo (671 indivíduos), *Metacyclops leptopus leptopus* foi a única espécie de Copepoda

encontrada (91 indivíduos) enquanto *Chlamidotheca incisa* foi a espécie mais representativa de Ostracoda (79 indivíduos).

A riqueza de invertebrados variou ao longo do experimento ( $F_{11,66}=11,709$ ;  $p < 0,001$ ) (Figura 2a). Em média, a riqueza foi maior após 36 dias de hidratação do sedimento seco em comparação com aquela registrada nos primeiros dias, exceto no sétimo dia, em que a riqueza foi similar àquela encontrada a partir do trigésimo sexto dia, até o final do experimento (Tukey,  $p < 0,05$ ) (Figura 2a). A riqueza de invertebrados variou ao longo do experimento entre os diferentes tratamentos (sedimento das lavouras secas há 20 dias, um e dois anos) ( $F_{22,66}=2,410$ ;  $p = 0,003$ ) (Figura 2b). Entretanto, até o trigésimo dia de experimento a riqueza foi similar entre os tratamentos na maioria dos dias amostrados, exceto em dois dias da primeira semana. Enquanto no primeiro dia a riqueza foi maior no sedimento de lavouras secas há um ano do que naquele seco há 20 dias, no sétimo dia de experimento, a riqueza foi maior no sedimento de lavouras secas há dois anos do que naqueles dos outros tratamentos (Figura 2b). Um padrão similar de variação de riqueza entre os tratamentos estudados foi verificado somente após 36 dias de hidratação do sedimento seco, quando a riqueza média manteve-se maior nas lavouras secas há um ano do que nas secas há 20 dias (36, 45 e 51 dias) e dois anos (51 e 58 dias) (Figura 2b) até o final do experimento.

Os valores de densidade de invertebrados variaram ao longo do experimento ( $F_{11,66}=14,215$ ;  $p < 0,001$ ) (Figura 3a). A densidade média seguiu o mesmo padrão de variação da riqueza ao longo do período estudado, sendo maior após 36 dias de hidratação do sedimento seco em relação aos primeiros 30 dias de experimento (Tukey,  $p < 0,05$ ) (Figura 3a). Entretanto, em média, a maior densidade de invertebrados foi encontrada após 45 dias de hidratação, mantendo-se similar até o final do experimento (Figura 3a). A densidade média de invertebrados variou ao longo do experimento entre os diferentes

tratamentos (sedimento das lavouras secas há 20 dias, um e dois anos) ( $F_{22,66}=1,937$ ;  $p = 0,021$ ) (Figura 3b). Porém, nos primeiros 10 dias após a hidratação, a densidade diferiu entre os tratamentos, não sendo verificado um padrão similar de variação entre os mesmos. Somente a partir do trigésimo dia após a hidratação do sedimento seco até o penúltimo dia amostrado do experimento, a densidade média foi sempre maior no sedimento das lavouras secas há um ano do que naquele das lavouras secas há 20 dias e há dois anos (Figura 3b).

Os três primeiros eixos da análise de ordenação explicaram 44,2% (28,3% pelo eixo 1, 10,8% pelo eixo 2 e 5,1% pelo eixo 3) da variação a composição de invertebrados no sedimento hidratado das lavouras secas há 20 dias, um e dois anos ao longo do experimento. O primeiro eixo da análise demonstrou que a variação da composição de invertebrados ao longo do experimento foi maior entre lavouras secas há 20 dias e um ano (Figura 4). Além disso, a composição também variou dentro de lavouras com o mesmo histórico de inundação durante o experimento. Tanto nas lavouras secas há um ano (eixo 1) quanto nas secas há 20 dias (eixo 2), a composição de invertebrados variou gradativamente ao longo dos dias de duração do experimento, principalmente entre os primeiros e os últimos 30 dias após a hidratação do sedimento (Figura 4). A composição de invertebrados variou significativamente entre as lavouras secas há 20 dias e as lavouras secas há um ano ( $A = 0,041$ ;  $p = 0,026$ ) e dois anos ( $A = 0,054$ ;  $p = 0,016$ ) ao longo do experimento (Figura 4). Por outro lado, a composição de invertebrados foi similar entre as lavouras secas há um e há dois anos durante o período estudado ( $A = 0,020$ ;  $p = 0,116$ ) (Figura 4). Alguns táxons foram mais freqüentes e abundantes nas lavouras secas há 20 dias, como por exemplo, *Metacyclops leptopus leptopus* ( $IV = 44,2$ ;  $p = 0,025$ ), *Oligochaeta* ( $IV = 46,1$ ;  $p = 0,049$ ) e *Ampullaridae* ( $IV = 33,3$ ;  $p = 0,026$ ), enquanto nematódeos ( $IV = 57,8$ ;  $p = 0,029$ ), planorbídeos ( $IV = 46,1$ ;  $p = 0,009$ ) e cladóceros das espécies *Macrothrix laticornis* e *M. mira* ( $IV = 31,9$ ;  $p = 0,044$ ), *Ilyocryptus sordidus* e *I. verrucosus* ( $IV = 29,4$ ;  $p = 0,048$ ) e



cladóceros da família Chydoridae ( $IV = 33,3$ ;  $p = 0,024$ ) foram táxons indicadores de lavouras secas há um ano, *Chlamydotheca incisa* esteve mais associada às lavouras secas há dois anos ao longo do experimento ( $IV = 41,6$ ;  $p = 0,044$ ). Além disso, a composição de invertebrados também variou ao longo dos dias de duração do experimento ( $A = 0,179$ ;  $p = 0,000008$ ). Por outro lado, oligoquetas ( $IV = 65,5$ ;  $p = 0,001$ ), nematódeos ( $IV = 85,8$ ;  $p = 0,002$ ) e *Chlamydotheca incisa* ( $IV = 66,7$ ;  $p = 0,002$ ) foram mais freqüentes e abundantes a partir do trigésimo sexto dia de experimento, as espécies de Cladocera e espécies de Ostracoda da família Cyprididae foram encontradas somente nesse período, oriundas do sedimento seco das lavouras estudadas. *Metacyclops leptopus leptopus* apareceu desde o sétimo dia após a hidratação do sedimento e esteve presente até o final do experimento.

## **Discussão**

A emergência de diferentes espécies de invertebrados aquáticos, a partir de estágios de vida dormentes, ou das chamadas estruturas anabióticas, é um processo investigado em áreas úmidas naturais, na Austrália (Boulton & Lloyd, 1992; Jenkins & Boulton, 1998, 2007; Brock et al., 2003), nos Estados Unidos (Schneider & Frost, 1996; Hall et al., 1999; Dietz-Brantley et al., 2002), no Japão (Kasahara et al., 1975; Ban, 1992), e também em diversos países da Europa (Carvalho & Wolf, 1989; Sarmaja-Korjonen, 2004; Engel & Hirche, 2004).

Os resultados obtidos através de nosso estudo evidenciaram que muitas espécies de invertebrados, principalmente entre os microcrustáceos, produzem ovos de resistência ou outras estruturas anabióticas, viáveis em lavouras de arroz irrigado no Sul do Brasil. Esse resultado mostrou que a comunidade de invertebrados aquáticos possui a capacidade de se restabelecer por meio de bancos de ovos ou de outras estruturas resistentes à dessecação.

Além disso, nosso experimento demonstrou que as lavouras de arroz irrigado são capazes de armazenar e manter viáveis os bancos de ovos e outras estruturas de resistência de invertebrados aquáticos ao longo de seus ciclos de cultivo.

Embora os bancos de ovos de invertebrados aquáticos possam permanecer viáveis durante muitos anos no sedimento de áreas úmidas temporárias, a ausência prolongada de água tem sido considerada um fator ambiental importante que pode comprometer sua sobrevivência (Nielsen et al., 2000; Boulton & Lloyd, 1992; Brock et al., 2003; Jenkins & Boulton, 2007). Em nosso experimento, somente após um mês de hidratação, a riqueza e a densidade de invertebrados aquáticos foram maiores nos sedimentos hidratados de lavouras secas há um ano do que nos sedimentos secos há 20 dias e dois anos. Nosso estudo não mostrou uma relação inversa entre a riqueza e densidade de invertebrados aquáticos com o tempo em que a lavoura permaneceu sem água. A diferença na duração da fase seca entre os tratamentos possivelmente não foi suficiente para alterar de forma mais significativa a emergência dos organismos aquáticos a partir de estruturas de resistência em nossos experimentos. Boulton & Lloyd (1992) realizaram um experimento cujo resultado mostrou que sedimentos de áreas inundadas a cada 11 anos apresentaram menores valores de riqueza, densidade e biomassa de invertebrados aquáticos do que sedimentos de áreas onde ocorriam inundações a cada sete anos, ou anualmente, em uma planície de inundação na Austrália. Verificaram, além disso, uma diferença mais significativa na riqueza, densidade e composição de invertebrados aquáticos entre sedimentos de lagoas com maiores intervalos de tempo sem a ocorrência de inundações (6 e 20 anos) (Jenkins & Boulton, 2007). Nesse sentido, estudos posteriores em diferentes lavouras de arroz irrigado no Sul do Brasil, envolvendo intervalos de tempo maiores desde a última irrigação, permitirão verificar se existem diferenças significativas na emergência de invertebrados aquáticos em função da duração do período de dessecação.

Além do tempo transcorrido desde a última inundação na área úmida, a duração e a frequência de inundações passadas e presentes e a origem da água também influenciam a abundância e a composição de invertebrados que se restabelecem no ambiente por meio de estruturas de resistência e/ou bancos de ovos (Boulton & Lloyd, 1992). Além disso, inúmeras práticas utilizadas na agricultura moderna podem exercer impactos negativos na viabilidade do banco de ovos de invertebrados (Gleason et al., 2004). Em nosso estudo, a composição de invertebrados aquáticos variou significativamente entre as lavouras secas há 20 dias e as lavouras secas há um e dois anos, entretanto, não houve variação entre os sedimentos das lavouras secas há um e dois anos. A maior parte dos invertebrados aquáticos que estiveram associados aos sedimentos de lavouras que não sofreram recentemente os efeitos negativos das práticas agrícolas (secas há um ano e há dois anos) eram espécies de microcrustáceos que emergiram de bancos de ovos armazenados no sedimento (Cladocera e Ostracoda). Os invertebrados que estiveram mais associados aos sedimentos de lavouras recentemente secas (20 dias) foram *Metacyclops leptopus leptopus*, Oligochaeta e Ampullaridae.

A emergência de muitas espécies de microinvertebrados (rotíferos, cladóceros e copépodos) pode ocorrer em curtos períodos de tempo após a hidratação, como observado nos estudos de Taylor & Mahoney (1990), Boulton & Lloyd (1992) e Jenkins & Boulton (1998), com apenas 14 dias após a inundação de sedimentos secos, provindos de áreas originalmente úmidas. Nielsen et al. (2000) constatou que a emergência de espécies de rotíferos e microcrustáceos foi ainda mais rápida, começando nas primeiras 24 horas até o sexto dia após a hidratação do sedimento seco de áreas úmidas associadas às planícies de inundação do Rio Murray, na Austrália. Em nosso estudo, o período para a emergência de microcrustáceos, após a hidratação, variou entre os grupos taxonômicos (copépodos, ostracodes e cladóceros). *Metacyclops leptopus leptopus* foi a espécie que emergiu mais

rapidamente, apenas 7 dias após a hidratação do sedimento seco, seguida das espécies de ostracodes, que iniciaram sua emergência após 14 dias e das espécies de cladóceros, cuja emergência foi mais tardia, ocorrendo no trigésimo dia após a hidratação do sedimento seco, para as lavouras de arroz estudadas. O tempo necessário para a emergência da maioria das espécies de microcrustáceos após a hidratação do sedimento foi maior em nosso experimento, quando comparado a outros estudos, em que a resposta dos microcrustáceos foi de apenas 2 dias (Boulton & Lloyd, 1992) e 6 dias (Nielsen et al., 2000), após a inundação. Rzoska (1961) observou que a espécie *Metacyclops minutus*, com ocorrência em lagoas temporárias leva apenas um a dois dias para aparecer no plâncton após o reaparecimento das lagoas após a inundação da planície do Rio Nilo, evidenciando a produção de estruturas de resistência por várias espécies dos copépodos do gênero *Metacyclops*. Os bancos de ovos e/ou de outras estruturas dormentes no sedimento de áreas úmidas temporárias constituem uma reserva ecológica e evolutiva fundamental em relação às flutuações ambientais (Hairston, 1996), além de determinarem a reconstituição das comunidades nesses ecossistemas (Nielsen et al., 2000; Boulton & Lloyd, 1992; Brock et al., 2003; Jenkins & Boulton, 2007), subsequentemente ao desaparecimento do habitat aquático, via dessecação.

A expansão de atividades humanas relacionadas à agricultura e urbanização tem comprometido o funcionamento e a conservação de muitas áreas úmidas no mundo (Finlayson et al., 1999), inclusive no Rio Grande do Sul, onde aproximadamente 90% desses ecossistemas já foram destruídos, principalmente devido à expansão de áreas cultivadas com o arroz. A aplicação de defensivos agrícolas, mesmo quando ocorre na fase de preparo do solo, quando o solo se encontra drenado e seco, poderá afetar negativamente a integridade da comunidade de macroinvertebrados no ciclo de cultivo subsequente, diminuindo a taxa de eclosão das estruturas de resistência.

Recentemente, grandes esforços têm sido empreendidos para a criação e restauração de áreas úmidas, devido ao seu declínio substancial nos últimos 100 anos. Alguns projetos de criação e restauração de áreas úmidas têm demonstrado que a presença de invertebrados aquáticos com estágios de vida resistentes à dessecação é fundamental para a reestruturação das cadeias tróficas, influenciando também o processo de sucessão de outras comunidades biológicas e, aumentando assim, a biodiversidade nesses ecossistemas (Brown & Batzer, 2001; Stanczak & Keiper, 2004). As lavouras de arroz irrigado possuem um papel relevante na manutenção da diversidade de informações genéticas armazenadas no sedimento e futuramente poderão garantir a efetiva recuperação de áreas úmidas hoje convertidas em arrozais no Rio Grande do Sul.

### **Referências Bibliográficas**

- AZAMBUJA, IHV., VERNETTI, JFJ. & MAGALHÃES, JAM., 2004. Aspectos socioeconômicos da produção do arroz. In: GOMES, AS. & MAGALHÃES, JAM. (Eds.). *Arroz irrigado no Sul do Brasil*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.
- BAMBARADENIYA, CNB., 2000. *Ecology and biodiversity in an irrigated rice field ecosystem in Sri Lanka*. Ph.D. Thesis, Sri Lanka: University of Peradeniya. 525 p.
- BAMBARADENIYA, CNB. & AMERASINGHE, FP., 2003. *Biodiversity associated with the rice field agro-ecosystem in Asian countries: a brief review*. Sri Lanka: Working Paper 63. International Water Management Institute (IWMI). 24 p.
- BAN, S., 1992. Seasonal distribution, abundance and viability of diapause eggs of *Eurytemora affinis* (Copepoda: Calanoida) in sediment of Lake Ohnuma, Hokkaido. *Bull. Plankton. Soc. Japan.*, vol. 39, p. 41- 48.

- BOULTON, AJ. & LLOYD, LN., 1992. Flooding frequency and invertebrate emergence from dry floodplain sediments of the River Murray, Australia. *Regul. Rivers: Res. Manage.*, vol. 7, p. 137–151.
- BROCK, MA., NIELSEN, DL., SHIEL, RJ., GREEN, JD. & LANGLEY, JD., 2003. Drought and aquatic community resilience: the role of eggs and seeds in sediments of temporary wetlands. *Freshw. Biol.*, vol. 48, no. 7, p. 1207-1218.
- BROUDER, SM., & HILL, JE., 1995. Winter Flooding of Ricelands Provides Waterfowl Habitat. *Calif. Agric.*, vol. 49, p. 1-58.
- BROWN, SC. & BATZER, DP., 2001. Birds, plants, and macroinvertebrates as indicators of restoration success in New York marshes. In: RADER, RB., BATZER, DP. & WISSINGER, SA. (Eds.). *Bioassessment and Management of North American Freshwater Wetlands*. New York: John Wiley and Sons.
- CARVALHO, GR., & WOLF, HG. 1989. Resting eggs of lake-Daphnia. 1. Distribution, abundance and hatching of eggs collected from various depths in lake sediments. *Freshw. Biol.*, vol. 22, no. 3, p. 459-470.
- CGIAR, 2008. *Consultative Group on International Agricultural Research*. Available online at <http://www.cgiar.org/impact/research/rice.html>
- CZECH, HA. & PARSONS, KC., 2002. Agricultural wetlands and waterbirds: a review. *Waterbirds*, vol. 25, Special publication, p. 56-65.
- DAHMS, HU., 1995. Dormancy in the Copepoda – an overview. *Hydrobiologia*, vol. 306, p. 199-211.
- DANKS, HV., 1987. *Insect dormancy: an ecological perspective*. *Biological Survey of Canada Monograph Series No. 1*. Ottawa, Canada: National Museum of Natural Sciences.

- DAVIS, TJ., BLASCO, D., & CARBONELL, M., 1996. *Manual de la Convencion de Ramsar. Una guía a la Convencion sobre los humedales de importancia internacional*. Gland: Oficina de la Convención de Ramsar.
- DIETZ-BRANTLEY, SE., TAYLOR, BE., BATZER, DP. & DEBIASE, AE., 2002. Invertebrates that aestivate in dry basins of Carolina bay wetlands. *Wetlands*, vol. 22, no. 4, p. 767-775.
- DODSON, SI. & FREY, DG., 2001. Cladocera and other Branchiopoda. In: THORP, JH. & COVICH, AP. (Eds.). *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. New York: Academic Press.
- DUFRENE, M. & LEGENDRE, P., 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecol. Monogr.*, vol. 67, no. 3, p. 345-366.
- ELPHICK, CS. & ORING, LW., 2003. Conservation implications of flooding rice fields on winter for waterbirds. *Agr. Ecosyst. Environ.*, vol. 94, no. 1, p. 17-29.
- ENGEL, M. & HIRCHE, HJ., 2004. Seasonal variability and inter-specific differences in hatching of calanoid copepod resting eggs from sediments of the German Bight (North Sea). *J. Plankton Res.*, vol. 26, no. 9, p. 1083-1093.
- EULISS JR., NH. & MUSHET, DM., 1999. Influence of agriculture on aquatic invertebrate communities of temporary wetlands in the prairie pothole region of North Dakota, USA. *Wetlands*, vol. 19, no. 2, p. 578– 583.
- FERNÁNDEZ, HR. & DOMINGUEZ, E., 2001. *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos*. Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán.
- FERNANDO, CH., FURTADO, JI. & LIM, RP., 1979. Aquatic fauna of the world's rice fields. *Wallaceana Supplement Kuala Lumpur*, vol. 2, p. 1-105.
- FINLAYSON, CM., DAVIDSON, NC., SPIERS, AG. & STEVENSON, NJ., 1999. Global wetland inventory: Status and priorities. *Mar. Freshw. Res.*, vol. 50, no. 8, p. 717-727.

- GLEASON, RA., EULISS Jr., NH., HUBBARD, DE. & DUFFY, WG., 2004. Invertebrate egg banks of restored, natural, and drained wetlands in the prairie pothole region of the United States. *Wetlands*, vol. 24, no. 3, p. 562-572.
- GOMES, AS. & MAGALHÃES JR., AMD., 2004. Arroz Irrigado no Sul do Brasil (Irrigated Rice in Southern Brazil). Pelotas: Embrapa.
- HAIRSTON JR., NG., 1996. Zooplankton egg banks as biotic reservoirs in changing environments. *Limnol. Oceanogr.*, vol. 41, no. 5, p. 1087-1092.
- HALL, DL., SITES, RW., FISH, EB., MOLLHAGEN, TR., MOORHEAD, DL. & WILLIG, MR., 1999. Playas of the Southern High Plains: the macroinvertebrate fauna. In: BATZER, DP., RADER, RB. & WISSINGER, SA. (Eds.). *Invertebrates in Freshwater Wetlands of North America: Ecology and Management*. New York: John Wiley and Sons.
- HILL, MO. & GAUCH, HG., 1980. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. *Plant Ecol.*, vol. 42, no. 1-3, p. 47-58.
- INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ (IRGA), 2007. *Arroz irrigado: safra 2006/2007 - produção municipal*. Porto Alegre: Seção de Política Setorial – DCI.
- JENKINS, KM. & BOULTON, AJ., 1998. Community dynamics of invertebrates emerging from reflooded lake sediments: flood pulse and aeolian influences. *International. J. Ecol. Environ. Sci.*, vol. 24, p. 179–192.
- JENKINS, KM. & BOULTON, AJ., 2007. Detecting impacts and setting restoration targets in arid-zone rivers: aquatic micro-invertebrate responses to reduced floodplain inundation. *J. Appl. Ecol.*, vol. 44, no. 4, p. 823-832.
- KASAHARA, S., UYE, S. & ONBÉ, T., 1975. Calanoid copepod eggs in sea-bottom muds. II. Seasonal cycle of abundance in populations of several species of copepods and their eggs in the Inland Sea of Japan. *Mar. Biol.*, vol. 31, no. 1, p. 25-29.



- LOPRETTO, EC. & TELL, G., 1995. *Ecosistemas de aguas continentales: metodologías para su estudio*. La Plata: Ediciones Sur.
- MALTCHIK, L. 2003. Three new wetlands inventories in Brazil. *Interciencia*, vol. 28, no. 7, p. 421-423.
- MARCUS, NH., LUTZ, R., BURNETT, W. & CABLE, P., 1994. Age, viability and vertical distribution of zooplankton resting eggs from an anoxic basin: evidence of an egg bank. *Limnol. Oceanogr.*, vol. 39, p. 154-158
- MCCUNE, B. & MEFFORD, MJ., 1999. *PC-ORD - Multivariate Analysis of Ecological Data*. Oregon: MjM Software Design.
- MEDLAND, VL. & TAYLOR BE., 2001. The strategies of emergence from diapause for cyclopoid copepods in a temporary pond. *Arch. Hydrobiol.*, vol. 150, p. 329-349.
- MERRITT, RW. & CUMMINS, KW., 1996. *An introduction to the aquatic insects of North America*. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company.
- MILLER, MR., SHARP, DE., GILMER, DS. & MULVANEY, WR., 1989. Rice available to waterfowl in harvested fields in the Sacramento Valley, California. *Calif. Fish Game*, vol. 75, p. 113-123.
- MITSCH, WJ. & GOSELINK, JG., 2000. *Wetlands*. New York: John Wiley & Sons.
- NIELSEN, DL., SMITH, FJ., HILLMAN, TJ. & SHIEL, RJ., 2000. Impact of water regime and fish predation on zooplankton resting egg production and emergence. *J. Plankton Res.*, vol. 22, no. 3, p. 433-446.
- RAMBO, B., 2000. *A Fisionomia do Rio Grande do Sul: Ensaio de Monografia Natural*. São Leopoldo: Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). 456 p.
- RAMSAR CONVENTION ON WETLANDS, 2009. *The Ramsar Convention on Wetlands*. Disponível na internet: <http://www.ramsar.org/> [acessado em janeiro de 2009].

- RICHARDSON, AJ. & TAYLOR, IR., 2003. Are rice fields in southeastern Australia an adequate substitute for natural wetlands as foraging areas for egrets? *Waterbirds*, vol. 26, no. 3, p. 353-363.
- RZOSKA, J., 1961. Observations on tropical rainpools and general remarks on temporary waters. *Hydrobiologia*, vol. 17, p. 265-286.
- SARMAJA-KORJONEN, K., 2004. Chydorid ephippia as indicators of past environmental changes – a new method. *Hydrobiologia*, vol. 526, p. 129-136.
- SCHNEIDER, DW. & FROST, TM., 1996. Habitat duration and community structure in temporary ponds. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, vol. 15, p. 64–86.
- SHINE, C., & KLEMM, C., 1999. *Wetlands, water and the law: using law to advance wetland conservation and wise use*. Gland: IUCN.
- SMART, M., 1996. The Ramsar Convention: Its role in conservation and wise use of wetland biodiversity. In: HAILS, AJ. (Ed.). *Wetlands, Biodiversity and the Ramsar Convention. The role of the Convention on Wetlands in the conservation and wise use of biodiversity*. Gland: Ramsar Convention Bureau.
- STANCZAK, M. & KEIPER, JB., 2004. Benthic invertebrates in adjacent created and natural wetlands in northeastern Ohio, USA. *Wetlands*, vol. 24, no. 1, p. 212-218.
- TAGLIANI, PRA., 1995. *Estratégia de Planificação Ambiental para o Sistema Ecológico da Restinga da Lagoa dos Patos - Planície Costeira do Rio Grande do Sul*. PhD Thesis, São Carlos: Universidade Federal de São Carlos.
- TAYLOR, BE. & MAHONEY, DL., 1990. Zooplankton in Rainbow bay, a Carolina bay pond: populations dynamics in a temporary habitat. *Freshw. Biol.*, vol. 24, no. 3,p. 597-612.
- THORP, JH. & COVICH, AP., 2001. *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. New York: Academic Press.

- TRONSTAD, LM., TRONSTAD, BP. & BENKE, AC., 2005. Invertebrate seedbanks: rehydration of soil from an unregulated river floodplain in the south-eastern U.S. *Freshwater Biol.*, vol. 50, p. 646-655.
- WIGGINS, GB., MACKAY, RJ. & SMITH, IM., 1980. Evolutionary and ecological strategies of animals in annual temporary pools. *Arch. Hydrobiol. (Supplement)*, vol. 58, p. 97-206.
- WILLIAMS, DD., 1998. The role of dormancy in the evolution and structure of temporary water invertebrate communities. *Arch. Hydrobiol.*, vol. 52, p. 109-124.

Tabela 1. Valores médios das variáveis abióticas monitoradas ao longo do período de duração do experimento (dias após a hidratação do sedimento seco) nas lavouras recentemente cultivadas (20 dias) e secas há um ano e há dois anos.

Variáveis	1 dia	3 dias	7 dias	14 dias	21 dias	30 dias	36 dias	45 dias	51 dias	58 dias
pH (20 dias)	5,2	4,9	4,7	4,3	4,4	4,6	4,9	4,9	5,0	5,5
pH (1 ano)	5,3	5,1	5,3	5,5	5,6	5,7	6,3	5,9	6,9	6,9
pH (2 anos)	5,2	5,2	5,1	5,4	5,7	5,8	6,4	6,0	6,3	6,8
Condutividade - $\mu\text{S cm}^{-1}$ (20 dias)	28,7	45,7	74,3	61,7	78,3	85,0	70,7	71,3	60,0	44,7
Condutividade - $\mu\text{S cm}^{-1}$ (1 ano)	22,3	42,7	83,0	83,3	81,7	72,7	65,7	67,7	56,7	50,0
Condutividade - $\mu\text{S cm}^{-1}$ (2 anos)	44,3	67,7	118,7	121	114	111,7	91	85,3	68	64,7
Oxigênio dissolvido - mg/L (20 dias)	8,8	8,1	7,2	7,5	6,8	7,5	8,0	7,4	7,8	7,4
Oxigênio dissolvido - mg/L (1 ano)	8,3	6,5	6,8	6,5	7,0	6,6	8,1	7,4	7,9	7,9
Oxigênio dissolvido - mg/L (2 anos)	8,4	6,9	6,5	6,9	6,7	6,8	7,0	6,8	7,5	7,9
Temperatura - $^{\circ}\text{C}$ (20 dias)	19,1	20,1	19,8	21,8	21,8	21,9	21,3	22,7	22,2	22,3
Temperatura - $^{\circ}\text{C}$ (1 ano)	19,3	19,8	20,3	21,8	21,9	21,6	21,6	23	22,0	22,3
Temperatura - $^{\circ}\text{C}$ (2 anos)	19,5	19,8	20,6	21,8	21,3	21,3	21,3	22,5	22,1	22,4
Salinidade - % (20 dias)	0,010	0,020	0,030	0,033	0,033	0,037	0,030	0,030	0,027	0,020
Salinidade - % (1 ano)	0,010	0,017	0,037	0,037	0,040	0,030	0,027	0,027	0,027	0,023
Salinidade - % (2 anos)	0,017	0,030	0,053	0,053	0,053	0,050	0,043	0,037	0,030	0,027

Tabela 2. Abundância dos táxons de invertebrados amostrados ao longo do período de duração do experimento realizado de 16 de junho a 13 de agosto de 2008 (dias após a hidratação do sedimento coletado de lavouras secas há 20 dias, um ano e dois anos na Planície Costeira do Rio Grande do Sul).

Táxons	0 dia	1 dia	3 dias	7 dias	10 dias	14 dias	21 dias	30 dias	36 dias	45 dias	51 dias	58 dias
Filo Nematoda	2	25	21	39	20	9	12	67	152	103	175	159
Cladocera												
<i>Ilyocryptus verrucosus</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	6	141	70	12
<i>Ilyocryptus sordidus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	14	34
<i>Macrothrix laticornis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	8	2
<i>Macrothrix mira</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	18	35	21
<i>Moina micrura</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3
<i>Ephemeroporus barroisi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	7
Outros Chydoridae	0	0	0	0	0	0	0	0	56	294	6	6
Oribatidae	10	41	32	62	40	33	58	60	27	43	75	47
Oligochaeta	0	0	2	0	2	1	0	8	23	108	64	177
Ostracoda												
<i>Chlamidotheca incisa</i>	0	0	0	0	0	4	3	8	8	9	17	30
<i>Cypridopsis vidua</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	4	4	10	15
<i>Stenocypris major</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	0	0

---

<i>Strandesia mutica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
<i>Limnocythere cidreirensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	27	26
<i>Metacyclops leptopus leptopus</i>	0	0	0	4	0	40	1	11	3	12	0	19
Conchostraca	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5
Chironomidae	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Ephydriidae	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Sciomyzidae	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Stratyiomidae	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrophilidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrochidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Curculionidae	0	1	1	1	1	0	0	0	2	1	0	0
Scarabaeidae	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Elateridae	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Veliidae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Sminthuridae	0	1	0	3	1	1	0	0	11	3	1	0
Ampullaridae	0	2	0	3	0	0	0	0	1	2	0	0
Planorbidae	1	1	3	1	0	1	0	3	3	6	2	17
Hyaellidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

---

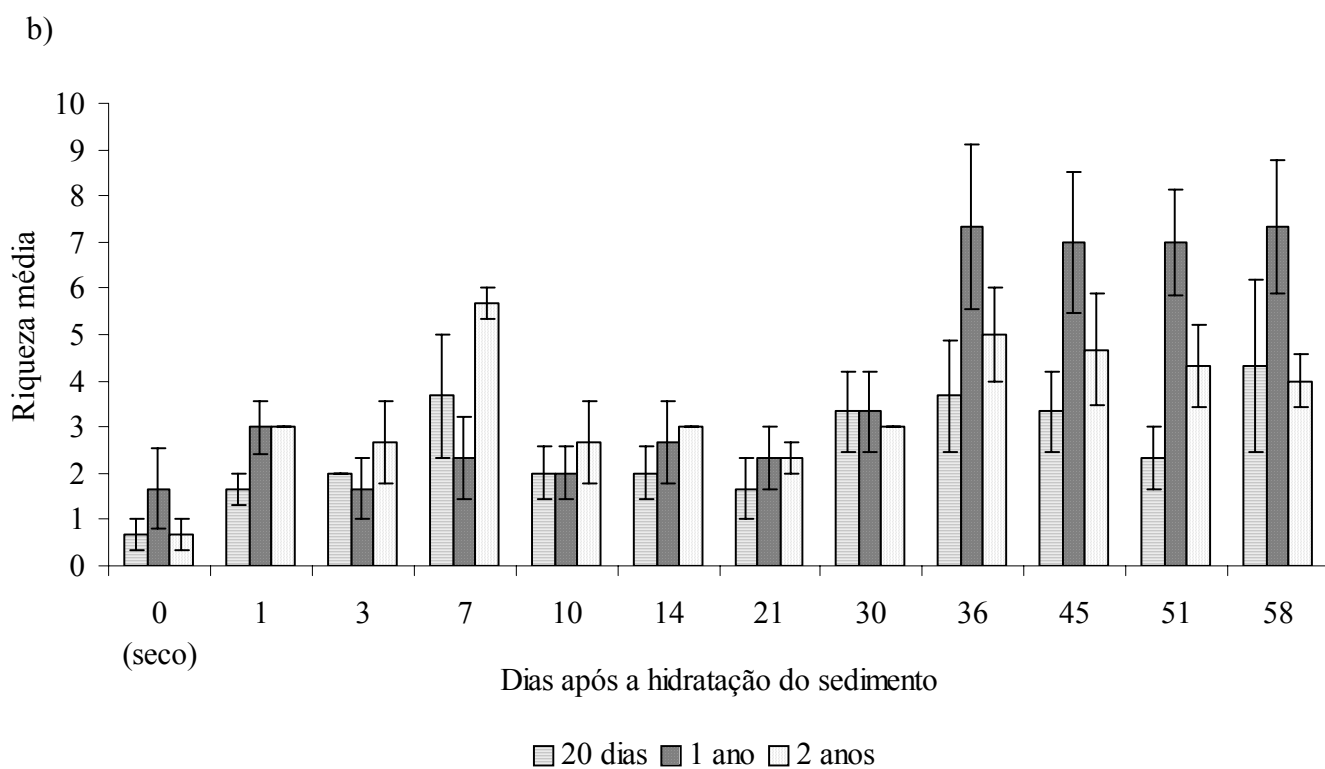
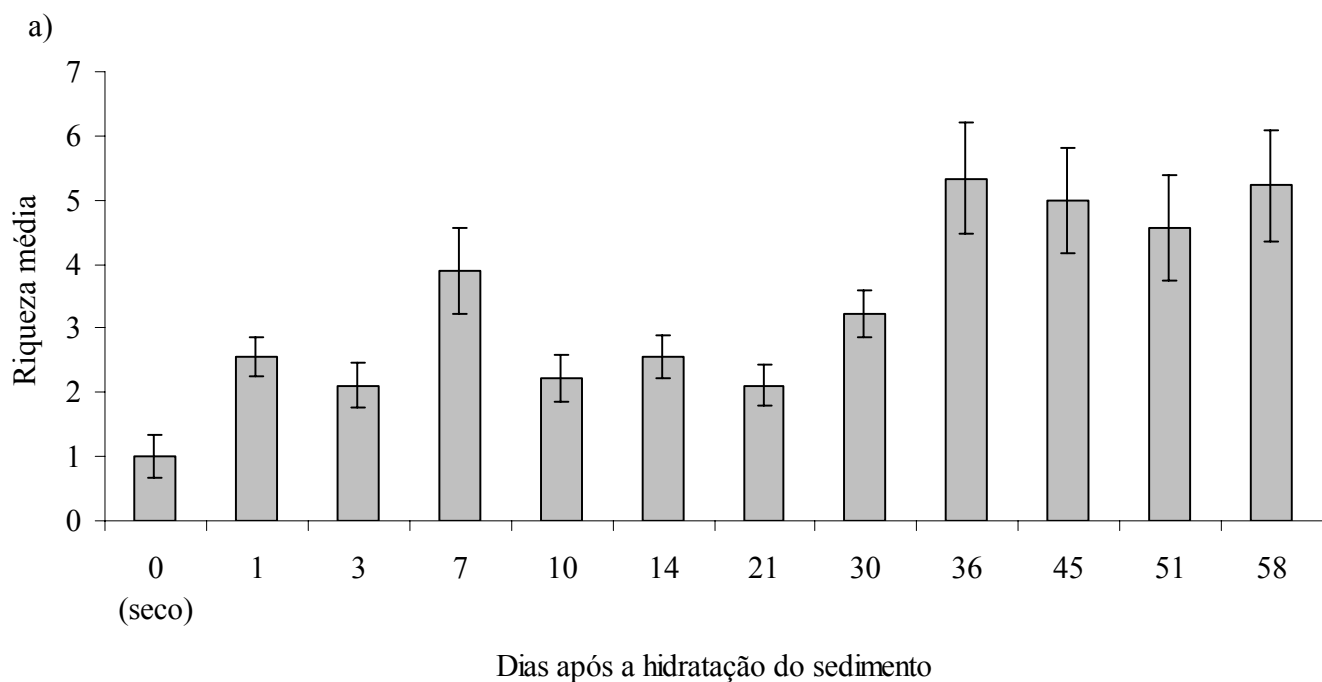


Figura 2. a) Riqueza média de invertebrados ao longo do experimento realizado em lavouras de arroz irrigado na Planície Costeira do Rio Grande do Sul; e b) Riqueza média de invertebrados ao longo do experimento realizado entre lavouras secas há 20 dias, há um ano e há dois anos na Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

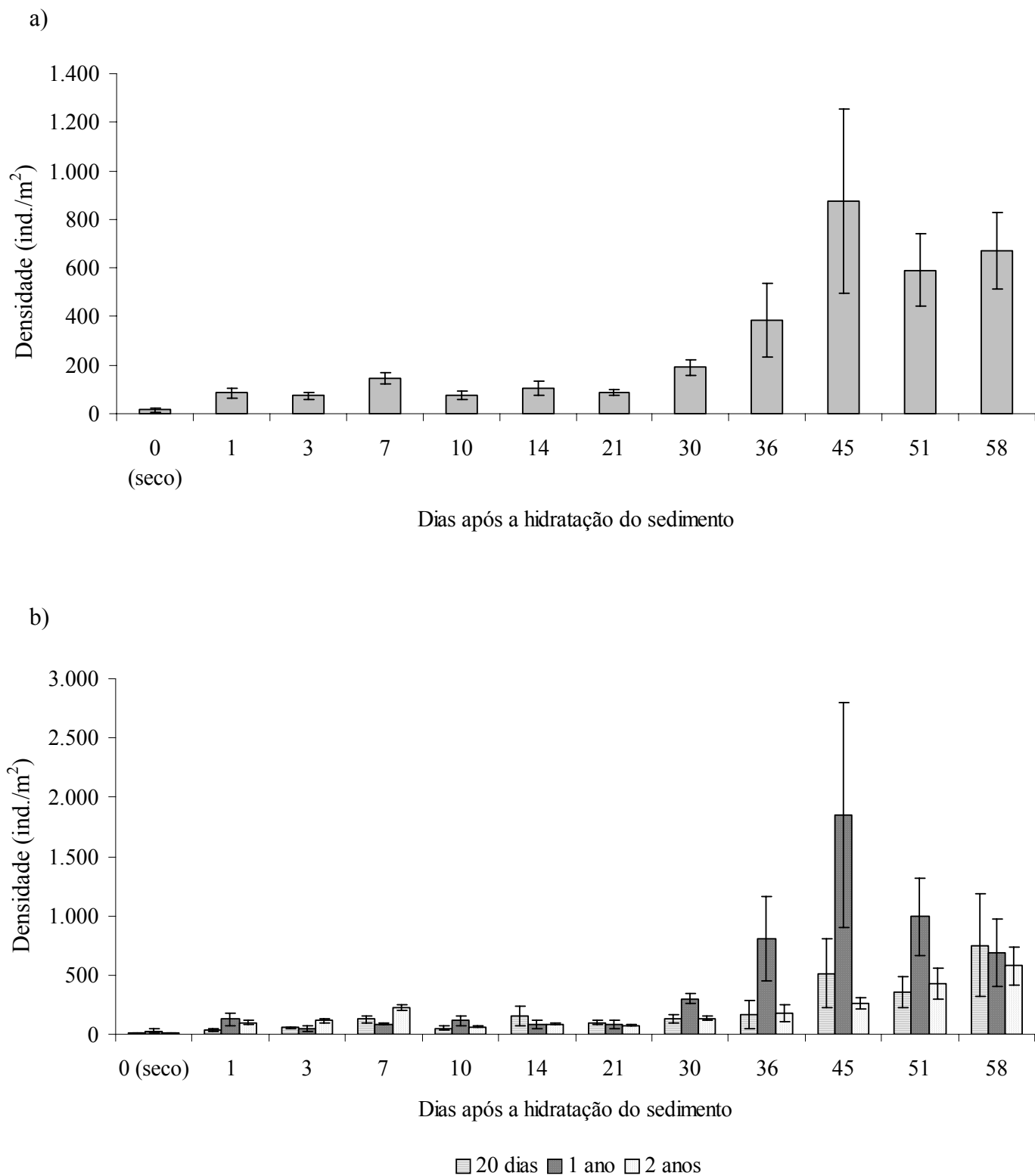


Figura 3. a) Densidade média de invertebrados ao longo do experimento realizado em lavouras de arroz irrigado na Planície Costeira do Rio Grande do Sul; e b) Densidade média de invertebrados ao longo do experimento realizado entre lavouras secas há 20 dias, há um ano e há dois anos na Planície Costeira do Rio Grande do Sul.



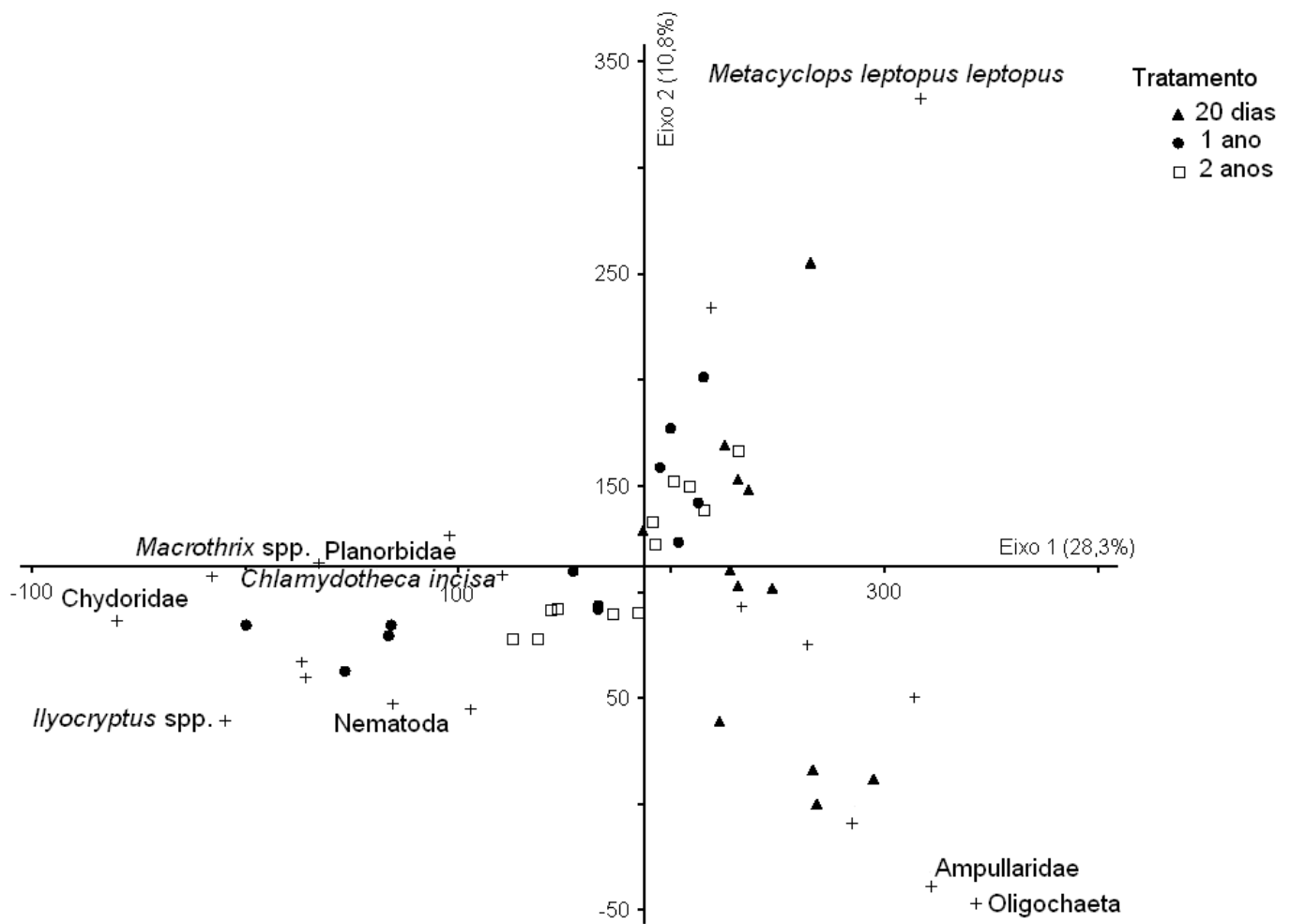


Figura 4. Diagrama da ordenação gerado pela DCA: ordenação dos táxons de invertebrados amostrados ao longo do experimento nos sedimentos das lavouras secas há 20 dias, há um ano e há dois anos.

#### **4.4. DINÂMICA DE MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS EM CANAIS DE IRRIGAÇÃO DE LAVOURAS DE ARROZ NA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL**

CRISTINA STENERT<sup>1,2</sup>, LEONARDO MALTCHIK<sup>1</sup>, ODETE ROCHA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Ecologia e Conservação de Ecossistemas Aquáticos, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, UNISINOS, Av. Unisinos, 950, CEP 93.022-000, São Leopoldo, RS, Brasil;

<sup>2</sup>Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, Via Washington Luiz, km 235, CEP 13.560-905, São Carlos, SP, Brasil.

## **Resumo**

As inundações controladas dos canais de irrigação facilitam o intercâmbio de espécies da flora e fauna entre os ecossistemas naturais e as lavouras de arroz. Nesse sentido, os objetivos desse estudo foram conhecer a riqueza, densidade e composição e analisar a dinâmica da comunidade de macroinvertebrados ao longo das diferentes fases hidrológicas do ciclo de cultivo do arroz em canais de irrigação no Sul do Brasil; e verificar se existe relação entre a riqueza, densidade e composição de macroinvertebrados e as variáveis abióticas mensuradas (temperatura, profundidade, nitrato, fósforo e condutividade da água e matéria orgânica do sedimento) nos canais de irrigação. Foram realizadas seis coletas ao longo de um ciclo de cultivo (junho de 2005 a junho de 2006) em quatro canais de irrigação na Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Um total de 4.373 indivíduos distribuídos em 37 famílias de macroinvertebrados foi coletado durante todo o período estudado. A riqueza e a densidade variaram ao longo do ciclo de cultivo, sendo que a riqueza foi maior na primeira coleta da resteva, no preparo do solo e na pós-colheita do que nas outras coletas. Já a densidade foi maior na fase de preparo do solo do que nas fases de resteva e crescimento do arroz. As variáveis abióticas estudadas não estiveram relacionadas com a riqueza e a densidade, entretanto, o percentual de matéria orgânica do sedimento, a concentração de nitrato e a temperatura da água influenciaram a composição de macroinvertebrados. O nosso estudo constatou que os canais de irrigação também funcionam como habitats para a comunidade de macroinvertebrados aquáticos, e seu papel na manutenção da biodiversidade aquática deve ser considerado em planos de manejo que visem a sustentabilidade da produção de arroz irrigado no Rio Grande do Sul.

**Palavras-chave:** colonização, intercâmbio de espécies, inundação, biodiversidade aquática, irrigação.

## **Abstract**

Controlled floods in irrigated canals make it easier the interchange of the flora and fauna between natural ecosystems and rice fields. So, this study wanted to know the richness, density, and composition of the macroinvertebrate community and to analyse its dynamics over the different hydrological phases of the rice cultivation cycle in irrigation canals in the south of Brazil. We also wanted to check whether there is a relationship between the macroinvertebrates' richness, density and composition and the measured abiotic variables (temperature, water depth, nitrate, phosphorus and conductivity, and sediment organic matter) in the irrigation canals. Six collections were conducted over a cultivation cycle (June 2005 – June 2006) in four irrigation canals in the Coastal Plain in Rio Grande do Sul. A total of 4,373 individuals assigned into 37 macroinvertebrate families were collected over the investigated period. The richness and density showed some variation over the cultivation cycle, seeing that the richness was greater in the first collection of the fallow phase, tillage and after harvesting than in the other collections. As to density, it was higher in the tillage phase than in the fallow and rice growing phases. The investigated abiotic variables showed no relationship with the richness and density, but the sediment organic matter, the nitrate concentration, and the water temperature affected the macroinvertebrate composition. Our study acknowledged that the irrigation canals also serve as habitats for the aquatic macroinvertebrate communities, and their role to preserve the aquatic biodiversity must be considered in management plans which aim at the sustainability of the production of irrigated rice in Rio Grande do Sul.

**Key-words:** colonization, species interchange, flood, aquatic biodiversity, irrigation.

## **Introdução**

As áreas úmidas são importantes ecossistemas para proteção da biodiversidade, pois muitas espécies de plantas e animais dependem desses ecossistemas para sua sobrevivência (Davis et al., 1996; Mitsch & Gosselink, 2000; Getzner, 2002). Além disso, as áreas úmidas são fontes de recursos naturais para a humanidade e estão entre os ecossistemas mais produtivos do mundo (Barbier et al., 1997). Entretanto, aproximadamente 50% desses ecossistemas já desapareceram no último século (Dugan, 1993; Shine & Klemm, 1999; Finlayson & Davidson, 1999). As práticas intensivas de cultivo utilizadas na agricultura moderna e a expansão urbana têm levado à rápida degradação de muitas áreas úmidas naturais (Frayer et al., 1989; Czech & Parsons, 2002).

As lavouras de arroz têm sido cultivadas por milênios, e dos aproximadamente 156 milhões de hectares produzidos no mundo com esse cereal, 55% são de lavouras irrigadas (Halwart, 2006). Grandes extensões de áreas úmidas na Ásia foram convertidas em arrozais e, em algumas regiões do Vietnã, Índia e Tailândia, as áreas úmidas foram quase que totalmente destruídas (Scott & Poole, 1989). A área destinada à produção de cereais representa hoje 58% de toda área utilizada para produção de grãos no mundo, sendo o arroz o cereal mais importante (CGIAR, 2008). Em 2005, a área de cultivo de arroz correspondia a aproximadamente 11% de toda a área agrícola existente no planeta, sendo o continente asiático o principal produtor, com 89% de toda a área cultivada no mundo (CGIAR, 2008).

Embora as lavouras de arroz sejam monoculturas manejadas pelo homem, alguns estudos têm comparado esses agro-ecossistemas com áreas úmidas temporárias, pela alternância previsível entre as fases aquática e terrestre, particularmente em relação às comunidades biológicas (Bambaradeniya, 2000). Os arrozais têm sido definidos como

áreas úmidas artificiais (*man-made wetlands*) pela Convenção de Ramsar e têm sido apontados como refúgios de biodiversidade para muitas espécies de aves, plantas aquáticas, invertebrados, anfíbios e peixes (Fernando et al., 1979; Miller et al., 1989; Brouder & Hill, 1995; Elphick & Oring, 1998, 2003; Czech & Parsons, 2002; Bambaradeniya & Amerasinghe, 2003), inclusive no sul do Brasil. A alta biodiversidade constatada em várias lavouras de arroz irrigado de diferentes países no mundo é atribuída ao mosaico ambiental formado pelas lavouras e os ecossistemas aquáticos e terrestres contíguos às plantações, incluindo os canais de irrigação (Fernando et al., 1979; Fernando, 1995, 1996).

A colonização das lavouras de arroz pelos diferentes grupos de organismos ocorre, em parte, através da água originária de ecossistemas aquáticos naturais que é utilizada para a irrigação das lavouras (Fernando, 1993). Essa colonização ocorre em função das inundações controladas dos canais de irrigação, que facilitam o intercâmbio de espécies da flora e fauna entre esses ecossistemas e, conseqüentemente, favorecem a riqueza de espécies dos arrozais. O intercâmbio de água entre ecossistemas aquáticos naturais, em rios de planície, foi bem abordado pelo conceito de pulso de inundação (Junk et al., 1989). Este conceito enfatiza a importância dos eventos de inundação na organização das comunidades aquáticas entre rios e suas planícies de inundação (Junk et al., 1989).

Williams (1997) constatou que a conexão de água entre o canal do rio e suas planícies de inundação durante os eventos de cheia é importante para o intercâmbio de macroinvertebrados entre os dois sistemas. Além disso, o transporte de organismos aquáticos pela corrente de água é um fenômeno bastante conhecido (Hieber et al., 2003), sendo que a maioria dos estudos realizados sobre esse mecanismo de redistribuição de organismos em ecossistemas aquáticos foi desenvolvida com a comunidade de macroinvertebrados (Robinson et al., 2002; Hieber et al., 2003; Dudgeon, 2006; Principe &

Corigliano, 2006; Hansen & Closs, 2007; Hay et al., 2008). Analogamente, a água oriunda dos ecossistemas naturais e transportada via canais de irrigação no período de cultivo do arroz é responsável pelo intercâmbio de organismos entre o ambiente natural e o manejado. No Rio Grande do Sul, Stenert et al. (2003) observaram que a riqueza e a densidade de macroinvertebrados aumentaram após inundações de longa duração, provavelmente devido a esses eventos facilitarem a entrada de organismos do canal do rio para as lagoas associadas às planícies de inundação, corroborando os trabalhos de Boulton & Suter (1986) e Davies (1996).

Entretanto, os canais de irrigação, diferentemente dos pulsos de inundação, caracterizam-se como sistemas aquáticos que permanecem na paisagem, correspondendo, muitas vezes, a 10% da área total das propriedades agrícolas que cultivam o arroz irrigado. Nesse sentido, os canais de irrigação não são apenas vias que transportam água e organismos aquáticos, mas sim sistemas criados pelo homem capazes de interligar diferentes ecossistemas aquáticos e que podem ser colonizados por diferentes organismos. Entretanto, estudos que avaliem a diversidade biológica nos canais de irrigação e o seu papel no transporte e manutenção da comunidade de macroinvertebrados dentro das lavouras de arroz irrigado, não foram investigados no Sul do Brasil.

Nesse sentido, os objetivos desse estudo foram: 1) conhecer a riqueza, densidade e composição de macroinvertebrados em canais de irrigação de lavouras de arroz irrigado no Sul do Brasil; 2) analisar a dinâmica da comunidade de macroinvertebrados, avaliada através das variações na riqueza, densidade e composição, ao longo das diferentes fases hidrológicas do ciclo de cultivo do arroz nos canais de irrigação; e 3) analisar a influência das variáveis físicas (temperatura e profundidade da água) e químicas (nitrato, fósforo reativo solúvel e condutividade da água e percentual de matéria orgânica do sedimento) na riqueza, densidade e composição de macroinvertebrados em canais de irrigação ao longo

de um ciclo de cultivo do arroz.

## **Material e Métodos**

### *Área de estudo*

O estado do Rio Grande do Sul está localizado na região Sul do Brasil com uma área de 282.184 km<sup>2</sup> (Figura 1). A Planície Costeira estende-se por 640 km à margem do Oceano Atlântico, com área correspondente a 10,6% da área total do Estado, sendo sua principal característica hidrológica a ausência de grandes rios e presença de várias lagoas distribuídas em toda sua extensão. A Planície Costeira é uma das regiões do Rio Grande do Sul com a maior concentração de áreas úmidas e também é uma importante região produtora de arroz no Estado (Maltchik, 2003; Azambuja et al., 2004). O clima do Rio Grande do Sul é subtropical úmido, e a temperatura média varia de 14,6°C no inverno a 22,2°C no verão, com uma temperatura média anual de 17,5°C. A precipitação anual varia de 1.150 a 1.450 mm, com uma média anual de 1.250 mm (Tagliani, 1995). A topografia plana e a baixa altitude (inferior a 20 m acima do nível do mar) da Planície Costeira faz com que as condições climáticas relacionadas à precipitação e temperatura sejam bastante similares nessa região (Rambo, 2000).

O presente estudo foi realizado no município de Mostardas (Planície Costeira do Rio Grande do Sul, 30°54'46,9" S, 50°48'46,2" W), que ocupa atualmente a oitava posição entre as cidades produtoras de arroz irrigado no Rio Grande do Sul, com 33.397 ha de área de plantio (Instituto Riograndense do Arroz, 2007). Nesse estudo, foram selecionados quatro canais de irrigação localizados em duas propriedades rurais no município de Mostardas que utilizaram o mesmo sistema de cultivo do arroz irrigado (cultivo mínimo)



(Figura 1). No período de resteva (entressafra), os canais de irrigação permaneceram com água acumulada devido principalmente à topografia plana e à maior precipitação pluvial nesse período do ano (inverno). A água necessária para a irrigação das lavouras adjacentes aos canais estudados foi captada da Laguna dos Patos durante o período de crescimento do arroz, passando a interligar o ecossistema aquático natural e as lavouras. Nas lavouras estudadas adjacentes aos canais de irrigação foram feitas aplicações do herbicida glifosato na dosagem de 4L/ha antes da semeadura do arroz e de 2L/ha no começo da emergência da plântula, sendo que antes da irrigação as lavouras foram fertilizadas com uréia (200 kg/ha). A largura dos canais de irrigação estudados era de aproximadamente 2 metros. O comprimento (distância) de cada um dos canais entre a Laguna dos Patos e as lavouras estudadas era de aproximadamente 9 km.

#### *Variáveis abióticas*

Amostragens: Foram realizadas seis coletas durante um ciclo de cultivo do arroz irrigado nos canais de irrigação estudados (junho de 2005 a junho de 2006), compreendendo as principais fases do ciclo de cultivo do arroz no Rio Grande do Sul (Tabela 1). Em cada canal de irrigação, foram realizadas duas coletas no período anterior ao preparo do solo nas lavouras de arroz (junho e setembro de 2005), correspondendo ao período de entressafra ou resteva, uma coleta no período em que o solo das lavouras adjacentes estava sendo preparado (novembro de 2005), duas coletas no período de irrigação das lavouras de arroz, nas quais os canais de irrigação estavam conectados às lavouras (crescimento inicial do arroz - janeiro de 2006, e crescimento final - março de 2006), e outra coleta no período pós-colheita das lavouras de arroz, em que os canais não mais apresentavam a conexão com as lavouras (junho de 2006).

Ao longo de todo o período estudado, os canais de irrigação permaneceram com coluna d'água, sendo que a temperatura da água foi medida *in situ* através de um termômetro com precisão de 0,1°C, a profundidade da água foi medida com auxílio de um tubo de PVC graduado em centímetros, e uma amostra de sedimento foi coletada para análise granulométrica e percentual de matéria orgânica do sedimento de cada um dos canais de irrigação estudados. A análise granulométrica do sedimento foi realizada conforme Suguio (1973), e após a secagem do sedimento (60°C por 24h), o percentual de matéria orgânica foi determinado através de calcinação (550°C por 5h em uma mufla). O sedimento dos canais de irrigação foi classificado em duas categorias granulométricas: 1) arenoso (partículas minerais maiores que 0,05 mm correspondem a mais de 50%), e 2) argiloso (partículas minerais finas menores que 0,05 mm correspondem a mais de 50%). Uma amostra de água foi coletada em cada canal de irrigação ao longo do período estudado através de garrafas de polietileno (500 mL), pré-lavadas com água destilada e, posteriormente, armazenadas em recipientes frios e escuros, permanecendo congeladas no laboratório até o seu processamento. O tempo anterior à análise das amostras de água no laboratório não excedeu quatro dias após a coleta no campo. As concentrações de nitrato ( $\text{mg L}^{-1} \text{NO}_3\text{-N}$ ), fósforo reativo solúvel ( $\text{mg L}^{-1} \text{PO}_4\text{-P}$ ) e a condutividade da água ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) foram determinadas conforme a metodologia convencional internacional (APHA, 1989).

#### *Amostragem de macroinvertebrados*

Em cada coleta, seis amostras quantitativas de macroinvertebrados foram obtidas aleatoriamente nos canais de irrigação por meio de um core de 7,5 cm de diâmetro, que foi inserido até 10 cm de profundidade no sedimento. As amostras foram fixadas *in situ* com formaldeído a 10% e levadas ao laboratório. No laboratório, as amostras foram lavadas

com o auxílio de peneiras com malhas de 1 mm, 0,5 mm e 0,2 mm de diâmetro. Os macroinvertebrados foram triados e identificados quando possível, até o nível de espécie, com o auxílio de estereomicroscópio e microscópio, e acondicionados em tubetes de vidro com álcool a 80%. A identificação foi realizada com a utilização de literatura especializada (Brinkhurst & Marchese, 1989; Lopretto & Tell, 1995; Merritt & Cummins, 1996; Fernández & Domínguez, 2001) e recorrendo-se ao auxílio de especialistas. As amostras foram armazenadas no Laboratório de Ecologia e Conservação de Ecossistemas Aquáticos da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

#### *Análise de dados*

A riqueza e a densidade de macroinvertebrados foram quantificadas determinando-se, respectivamente, o número total de táxons (até a mais baixa categoria taxonômica que foi possível identificar) e calculando-se o número de indivíduos por m<sup>2</sup>, com base nos organismos coletados nos canais de irrigação estudados. As variáveis ambientais foram log-transformadas ( $\log_{10}(x+1)$ ) para a adequação do conjunto de dados às análises estatísticas utilizadas. A densidade de macroinvertebrados foi transformada em raiz quadrada para tornar as variâncias mais homogêneas, e para atribuir um menor peso aos poucos táxons dominantes. As relações entre as variáveis físicas e químicas dos canais de irrigação foram analisadas por meio de correlações lineares de Pearson. As variações da riqueza e densidade de macroinvertebrados e das variáveis físicas e químicas nos canais de irrigação ao longo do período estudado foram analisadas por meio de ANOVA de Medidas Repetidas. As variáveis físicas (temperatura e profundidade da água) e químicas (nitrato, fósforo reativo solúvel e condutividade da água e percentual de matéria orgânica do sedimento) foram submetidas a uma análise de componentes principais (PCA) a fim de

representá-las em poucos eixos de ordenação (Manly, 1986). Esta análise permite uma simplificação do universo de variáveis estruturais correlacionadas, além de permitir uma análise abrangente usando poucos graus de liberdade. Posteriormente, a influência das variáveis físicas e químicas na riqueza e densidade de macroinvertebrados nos canais de irrigação ao longo do período estudado foi analisada através de regressões lineares, onde a riqueza e densidade foram correlacionadas com os quatro primeiros eixos gerados pela ordenação (“score”). Para a análise foi utilizada a média dos valores das variáveis físicas e químicas nos quatro canais de irrigação estudados em cada uma das coletas.

A variação da composição de macroinvertebrados e a influência das variáveis físicas e químicas da água e do sedimento na composição destes, nos canais de irrigação, ao longo do ciclo de cultivo estudado, foram analisadas através de Análise de Correspondência Canônica (“Canonical Correspondence Analysis – CCA”, ter Braak, 1986) através do Pacote Estatístico PC-ORD Version 4.2 (McCune & Mefford, 1999). A densidade de cada um dos táxons de macroinvertebrados nos quatro canais de irrigação analisados foi agrupada por coleta, totalizando seis pontos que corresponderam ao ciclo de cultivo estudado. Os táxons de macroinvertebrados considerados na análise foram aqueles que ocorreram em mais de três pontos e que estiveram representados por mais de três indivíduos, correspondendo a 98,5% do total de macroinvertebrados amostrados ao longo do estudo.

## **Resultados**

Os valores médios e respectivos desvios-padrão, para as variáveis químicas (nitrato, fósforo reativo solúvel e condutividade da água e percentual de matéria orgânica do sedimento) e físicas (temperatura e profundidade da água), medidas nos canais de irrigação

ao longo do ciclo de cultivo do arroz estão apresentados na Tabela 2. Quanto à análise granulométrica, os sedimentos dos quatro canais de irrigação estudados foram classificados como arenosos. Dentre as variáveis físicas e químicas analisadas, a temperatura e a profundidade da água variaram significativamente ao longo do ciclo de cultivo nos canais de irrigação ( $F_{5,15}=8,646$ ;  $p=0,001$ ; e  $F_{5,15}=4,472$ ;  $p=0,011$ ; respectivamente). As outras variáveis ambientais estudadas não variaram significativamente ao longo do período estudado.

Um total de 4.373 indivíduos distribuídos em 37 famílias de macroinvertebrados foi coletado durante todo o período estudado, nos canais de irrigação. A identificação taxonômica em nível de gênero ou espécie foi possível para os organismos pertencentes a algumas famílias de macroinvertebrados, tais como, Chironomidae (10 gêneros), Hydrophilidae (1 gênero), Caenidae, (1 gênero), Hydroptilidae (1 gênero), Coenagrionidae (1 gênero), Libellulidae (1 gênero), Formicidae (1 gênero), Hyalellidae (1 gênero), Aeolosomatidae (1 gênero), Sphaeriidae (1 gênero), Tubificidae (3 gêneros e 1 espécie), Naididae (11 espécies), Spongillidae (6 espécies), Opisthocyttidae (1 espécie) e Dugesiididae (1 espécie) (Tabela 3). Considerando-se os diferentes níveis de identificação taxonômica que puderam ser identificados, foram registrados 65 táxons de macroinvertebrados nos canais de irrigação (23 em nível de família, 22 em nível de gênero e 20 em nível específico). Dentre os artrópodes, os insetos estiveram representados por 246 indivíduos distribuídos em 21 famílias, os crustáceos estiveram representados por 192 indivíduos pertencentes a apenas um gênero (*Hyalella*) e os ácaros totalizaram 277 indivíduos, sendo que mais de 90% pertenciam à família Oribatidae. A Classe Oligochaeta representou 30,2% do total de macroinvertebrados coletados nos canais de irrigação ao longo do período estudado.

A riqueza média de macroinvertebrados variou significativamente nos canais de irrigação ao longo do período estudado ( $F_{5,15}=3,804$ ;  $p=0,020$ ) (Figura 2). A riqueza foi significativamente maior na fase de resteva (primeira coleta em junho/2005), preparo do solo (terceira coleta em novembro de 2005) e pós-colheita (sexta coleta em junho de 2006), do que nas outras fases do ciclo de cultivo (Tukey,  $p<0,05$ ) (Figura 2). A riqueza de macroinvertebrados foi similar entre o final da fase de resteva (segunda coleta) e a fase de crescimento do arroz (duas coletas), nas quais os canais de irrigação estavam conectados às lavouras de arroz (Tukey,  $p>0,05$ ) (Figura 2). Não foram obtidas relações estatisticamente significativas entre a riqueza de macroinvertebrados e as variáveis físicas (temperatura e profundidade) e químicas (condutividade, concentrações de nitrato e de fósforo) da água e do sedimento (matéria orgânica) nos canais de irrigação estudados, ao longo do ciclo de cultivo do arroz ( $p>0,05$ ).

A densidade de macroinvertebrados também variou nos canais de irrigação ao longo do ciclo de cultivo ( $F_{5,15}=6,106$ ;  $p=0,003$ ) (Figura 3). A densidade foi maior na fase de preparo do solo do que na fase de resteva (coletas anteriores) e fase de crescimento do arroz (coletas posteriores) do período estudado (Tukey,  $p<0,05$ ) (Figura 3). A densidade de macroinvertebrados registrada no período pós-colheita foi similar à densidade encontrada na fase de resteva (segunda coleta) e na fase de preparo do solo (Tukey,  $p>0,05$ ) (Figura 3). A menor densidade de macroinvertebrados foi verificada durante as fases de crescimento do arroz nos canais de irrigação (Tukey,  $p<0,05$ ) (Figura 3). Também não se observaram relações estatisticamente significativas entre as variáveis físicas e químicas da água e do sedimento e a densidade de macroinvertebrados nos canais de irrigação estudado, ao longo do ciclo de cultivo do arroz ( $p>0,05$ ).

Os três primeiros eixos da análise de correspondência canônica explicaram 88,1% da variação da composição de macroinvertebrados nos canais de irrigação estudados, ao

longo do ciclo de cultivo. De acordo com as correlações entre as variáveis ambientais e os eixos da ordenação, o percentual de matéria orgânica do sedimento (correlacionado com o primeiro eixo), a concentração de nitrato da água (correlacionada com o segundo eixo) e a temperatura da água (correlacionada com o terceiro eixo) influenciaram significativamente a composição de macroinvertebrados nos canais de irrigação ao longo do período estudado (Tabela 4, Figura 4).

As esponjas da espécie *Trochospongilla paulula*, os quironomídeos do gênero *Ablabesmyia*, outros Chironomidae, o bivalve *Pisidium* e os dípteros Ephydriidae foram mais abundantes nas amostras relacionadas às coletas realizadas nas fases de irrigação das lavouras de arroz e na pós-colheita, quando o percentual de matéria orgânica do sedimento estava menor nos canais de irrigação. Já as esponjas *Ephydatia facunda*, *Corvoheteromeyenia australis* e os briozoários Plumatellidae foram mais representativas na segunda coleta da fase de resteva, na qual o percentual de matéria orgânica do sedimento estava maior nos canais de irrigação estudados (Figura 4).

Em relação aos nutrientes na água, a planária *Girardia tigrina*, os coleópteros Dytiscidae e os ácaros Hydracarina foram mais abundantes na fase em que o solo das lavouras adjacentes estava sendo preparado, e em que a concentração de nitrato na água era maior nos canais de irrigação. Por outro lado, os oligoquetos naídídeos (exceto espécies de *Dero*), tais como, *Pristina americana*, *Pristina leidy*, *Slavina evelinae* e *Allonais chelata* foram mais representativos no período inicial da fase de resteva (junho/2005) e de irrigação das lavouras adjacentes (janeiro/2006 - crescimento inicial do arroz), quando as concentrações de nitrato da água nos canais estudados foram notadamente menores (Figura 4). As duas espécies de esponjas do gênero *Heteromeyenia* registradas na comunidade de macroinvertebrados dos arrozais (*H. insignis* e *H. cristalina*) foram mais abundantes nas fases de resteva (segunda coleta) e de preparo do solo, quando tanto o percentual de

matéria orgânica do sedimento, como as concentrações de nitrato da água estavam maiores nos canais de irrigação (Figura 4). Além disso, os oligoquetos tubificídeos e também aqueles pertencentes às espécies de *Dero* estiveram mais associados às fases do ciclo de cultivo com temperatura da água mais elevada nos canais de irrigação. A presença e a abundância de alguns táxons encontrados nos canais de irrigação não estiveram associadas às variáveis ambientais analisadas, como por exemplo, as do anfípodo *Hyalella*, os anelídeos Glossiphoniidae e os moluscos gastrópodos Ampullaridae.

## **Discussão**

Os resultados obtidos nesse estudo sugerem que os canais de irrigação são sistemas que podem sustentar uma alta riqueza de espécies de macroinvertebrados aquáticos. Segundo Fernando (1995), a alta biodiversidade verificada em lavouras de arroz irrigado deve-se, em parte, à água de irrigação que é transportada pelos canais. Além disso, nosso estudo evidenciou que a comunidade de macroinvertebrados aquáticos esteve presente ao longo de todo o ciclo de cultivo estudado, e não somente nas fases de irrigação das lavouras, quando os canais de irrigação estavam conectados com o ecossistema aquático natural (Laguna dos Patos) e com as lavouras de arroz. A presença constante de água nos canais de irrigação ao longo de todo o período estudado também reforça a idéia de que os macroinvertebrados provavelmente utilizam os canais de irrigação permanentemente como hábitat.

Estudos sobre a dinâmica e sucessão de macroinvertebrados aquáticos já foram realizados em lavouras de arroz irrigado ao longo de seu ciclo de cultivo (Heckman, 1979; Fernando et al., 1979; Simpson et al., 1994), porém, em canais de irrigação esses estudos não estão ainda reportados. A riqueza e densidade de macroinvertebrados aquáticos



variaram ao longo do ciclo de cultivo estudado, e foram menores principalmente na fase em que os canais estavam conectados às lavouras (irrigação e crescimento do arroz) do que nas outras fases estudadas. A irrigação das lavouras de arroz pode ser comparada a uma inundação controlada via canais de irrigação. Se por um lado a irrigação pode estar facilitando o intercâmbio de espécies entre lavouras e o ecossistema aquático natural, essa inundação controlada pode estar também exercendo um efeito negativo na comunidade de macroinvertebrados, como verificado em canais principais de rios no momento em que a inundação ocorre (Fisher et al., 1982; Grimm & Fisher, 1989; Maltchik & Silva-Filho, 2000).

Em sistemas de planícies de inundação, a comunidade de macroinvertebrados pode ser influenciada pela duração, frequência e intensidade das inundações (Boulton & Jenkins, 1998). As variações da riqueza e densidade de macroinvertebrados ao longo do ciclo de cultivo estudado nos canais de irrigação evidenciaram que a contínua irrigação/inundação à qual os canais de irrigação estavam sujeitos na fase de crescimento do arroz pode ter levado ao decréscimo na riqueza e densidade de macroinvertebrados. Inundações contínuas podem reduzir a riqueza e a densidade de macroinvertebrados aquáticos em áreas úmidas temporárias (Boulton & Jenkins, 1998) e lagoas associadas a planícies de inundação (Maltchik et al., 2005), seja pelo deslocamento de seus habitats e deriva dos organismos, seja pelo lixiviamento e empobrecimento nutricional do ambiente. Nesse sentido, as variações na riqueza e densidade de macroinvertebrados nos canais de irrigação estão atreladas ao manejo realizado durante o ciclo de cultivo nas lavouras adjacentes.

A composição de macroinvertebrados sofreu alterações entre as diferentes fases de cultivo do arroz. Os fatores que tiveram maior influência foram principalmente as concentrações de matéria orgânica do sedimento e de nitrato na água e a temperatura da água. Os dois primeiros fatores relacionam-se com aspectos nutricionais e o terceiro, a

temperatura, afeta reconhecidamente o metabolismo de todos os organismos vivos. Em áreas úmidas naturais, a estrutura da comunidade de macroinvertebrados tem sido associada às variações nas concentrações de nutrientes (Stewart & Robertson, 1992; Growns et al., 1992; Batzer & Wissinger, 1996), temperatura e profundidade da água (Zimmer et al., 2000; Hall et al., 2004; Tarr et al., 2005; Studinski & Grubbs, 2007) e matéria orgânica do sedimento (Brönmark & Hansson, 1998; Weatherhead & James, 2001). Desta forma, alguns dos fatores físicos e químicos responsáveis pela dinâmica das comunidades de macroinvertebrados em áreas úmidas naturais também foram importantes em canais de irrigação associados às lavouras de arroz irrigado.

Nesse estudo observou-se que os canais de irrigação são sistemas capazes de abrigar uma alta riqueza de famílias de macroinvertebrados aquáticos quando comparada com áreas úmidas naturais da mesma região. Stenert et al. (2004) e Stenert et al. (2008) registraram 59 e 61 famílias de macroinvertebrados aquáticos em um amplo inventário realizado em 26 e 13 áreas úmidas naturais, respectivamente, na Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Embora os canais de irrigação não sejam áreas úmidas naturais, esses sistemas aquáticos correspondem muitas vezes, a 10% da área total das propriedades agrícolas que cultivam o arroz irrigado. No nosso estudo constatamos que os canais de irrigação, além de serem vitais para a produção do arroz irrigado, são também muito importantes na manutenção da biodiversidade aquática, fornecendo habitats para a comunidade de macroinvertebrados aquáticos e para inúmeras outras espécies de outras comunidades de águas doces.

Os macroinvertebrados aquáticos são de grande relevância nas áreas úmidas em geral, por atuarem ativamente na ciclagem de nutrientes participando na fragmentação e decomposição da matéria orgânica, desta forma acelerando a liberação e reposição de nutrientes para o ambiente (Rosenberg & Resh, 1993). Concluimos, portanto, que o manejo

das áreas produtoras de arroz irrigado deve ser realizado levando-se em consideração a importância dos canais de irrigação para a manutenção da biodiversidade aquática associada a esse tipo de agroecossistema, no Rio Grande do Sul.

### **Referências Bibliográficas**

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), 1989. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 17th edition. Washington, D.C: American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Pollution Control Federation.

AZAMBUJA, IHV., VERNETTI, JFJ. & MAGALHÃES, JAM., 2004. Aspectos socioeconômicos da produção do arroz. In: GOMES, AS. & MAGALHÃES, JAM. (Eds.). *Arroz irrigado no Sul do Brasil*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.

BAMBARADENIYA, CNB. & AMERASINGHE, FP., 2003. *Biodiversity associated with the rice field agro-ecosystem in Asian countries: a brief review*. Sri Lanka: Working Paper 63. International Water Management Institute (IWMI). 24 p.

BAMBARADENIYA, CNB., 2000. *Ecology and biodiversity in an irrigated rice field ecosystem in Sri Lanka*. Ph.D. Thesis, Sri Lanka: University of Peradeniya, 525 p.

BARBIER, EB., ACREMAN, MC. & KNOWLER, D., 1997. *Economic valuation of wetlands: a guide for policy makers and planners*. Gland: Ramsar Convention Bureau.

BATZER, DP. & WISSINGER, SA., 1996. Ecology of insect communities in nontidal wetlands. *Annu. Rev. Entomol.*, vol. 41, p. 75-100.

BOULTON, AJ. & JENKINS, KM., 1998. Flood regimes and invertebrate communities in floodplain wetlands. In: WILLIAMS, WD. (Ed.). *Wetlands in a Dry Land: Understanding for Management*. Canberra: Biodiversity Group.

- BOULTON, A.J. & SUTER, P.J., 1986. Ecology of temporary streams – an Australian perspective. In: DECKKER, P.D. & WILLIAMS, W.D. (Eds.). *Limnology in Australia*. Melbourne: CSIRO.
- BRINKHURST, RO. & MARCHESE, M.R., 1989. *Guía para la identificación de oligoquetos acuáticos continentales de Sud y Centro América*. San Tomé: J. Macía.
- BRÖNMARK, C. & HANSSON LA., 1998. *The Biology of Lakes and Ponds*. New York: Oxford University Press.
- BROUDER, SM. & HILL, JE., 1995. Winter flooding of ricelands provides waterfowl habitat. *Calif. Agric.*, vol. 49, p. 1-58.
- CGIAR, 2008. *Consultative Group on International Agricultural Research*. Available online at <http://www.cgiar.org/impact/research/rice.html>
- CZECH, HA. & PARSONS, KC., 2002. Agricultural wetlands and waterbirds: a review. *Waterbirds*, vol. 25, Special publication, p. 56-65.
- DAVIES, P., 1996. Influence of flow conditions on aquatic fauna in arid zone streams of the Pilbara, Western Australia. In: MORRISH, B. & PUCKRIDGE, J. (Eds.). *An ecological perspective on Cooper's Creek*. Adelaide: Australian Conservation Foundation.
- DAVIS, TJ., BLASCO, D., & CARBONELL, M., 1996. *Manual de la Convención de Ramsar. Una guía a la Convención sobre los humedales de importancia internacional*. Gland: Oficina de la Convención de Ramsar.
- DUDGEON, D., 2006. The impacts of human disturbance on stream benthic invertebrates and their drift in North Sulawesi, Indonesia. *Freshwater Biol.*, vol. 51, p. 1710-1729.
- DUGAN, P., 1993. *Wetlands in Danger: A World Conservation Atlas*. New York: Oxford University Press.

- ELPHICK, CS. & ORING, LW., 1998. Winter management of Californian rice fields for waterbirds. *J. Appl. Ecol.*, vol. 35, no. 1, p. 95-108.
- ELPHICK, CS. & ORING, LW., 2003. Conservation implications of flooding rice fields on winter for waterbirds. *Agr. Ecosyst. Environ.*, vol. 94, no. 1, p. 17-29.
- FERNÁNDEZ, HR. & DOMINGUEZ, E., 2001. *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos*. Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán.
- FERNANDO, CH., 1993. Rice field ecology and fish culture – an overview. *Hydrobiologia*, vol. 259, p. 91–113.
- FERNANDO, CH., 1995. Rice fields are aquatic, semi-aquatic, terrestrial and agricultural: a complex and questionable limnology. In: TIMOTIUS, KH. & GOLTENBOTH, F. (Eds). *Tropical Limnology*, vol. 1, p. 121–148.
- FERNANDO, CH., 1996. Ecology of rice fields and its bearing on fisheries and fish culture. In: DE SILVA, SS. (Ed). *Perspectives in Asian Fisheries*. Manila: Asian Fisheries Society.
- FERNANDO, CH., FURTADO, JI. & LIM, RP., 1979. Aquatic fauna of the world's rice fields. *Wallaceana Supplement Kuala Lumpur*, vol. 2, p. 1-105.
- FERNANDO, CH., FURTADO, JI. & LIM, RP., 1979. Aquatic fauna of the world's rice fields. *Wallaceana Supplement Kuala Lumpur*, vol. 2, p. 1-105.
- FINLAYSON, CM. & DAVIDSON, NC., 1999. Global review of wetland resources and priorities for inventory: summary report. In: FINLAYSON, M. & SPIERS, AG. (Eds). *Global Review of Wetland Resources and Priorities for Inventory*. Supervising Scientist Report.
- FISHER, SG., GRAY, LJ., GRIMM, NB. & BUSCH, DE., 1982. Temporal succession in a desert stream ecosystem following flash flooding. *Ecol. Monogr.*, vol. 52, p. 93-110.

- FRAYER, WE., PETERS, DD. & PYWELL, HR., 1989. *Wetlands of the California Central Valley: Status and trends – 1939 to mid – 1980's*. Portland, Oregon: US Fish and Wildlife Service.
- GETZNER, M., 2002. Investigating public decisions about protecting wetlands. *J. Environ. Manage.*, vol. 64, no. 3, p. 237-246.
- GRIMM, NB. & FISHER, SG., 1989. Stability of periphyton and macroinvertebrates to disturbance by flash floods in a desert stream. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, vol. 8, p. 293-307.
- GROWNS, JE., DAVIS, JA., CHEAL, F., SCHMIDT, LG., ROSICH, RS. & BRADLEY, SJ., 1992. Multivariate pattern analysis of wetland invertebrate communities and environmental variables in Western Australia. *Aust. J. Ecol.*, vol. 17, p. 275-288.
- HALL, DL., WILLIG, MR., MOORHEAD, DL., SITES, RW., FISH, EB. & MOLLHAGEN, TR., 2004. Aquatic macroinvertebrate diversity of playa wetlands: the role of landscape and island biogeographic characteristics. *Wetlands*, vol. 24, p. 77-91.
- HALWART, M., 2006. Biodiversity and nutrition in rice-based aquatic ecosystems. *J. Food Comp. Anal.*, vol. 19, p. 747-751.
- HANSEN, EA. & CLOSS, GP., 2007. Temporal consistency in the long-term spatial distribution of macroinvertebrate drift along a stream reach. *Hydrobiologia*, vol. 575, p. 361-371.
- HAY, CH., FRANTI, TG., MARX, DB., PETERS, EJ. & HESSE, LW., 2008. Macroinvertebrate drift density in relation to abiotic factors in the Missouri River. *Hydrobiologia*, vol. 598, p. 175-189.
- HECKMAN, CW., 1979. Rice field ecology in northeastern Thailand. *Monogr. Biol.*, vol. 34, p. 1-228.

- HIEBER, M., ROBINSON, CT. & UEHLINGER, U., 2003. Seasonal and diel patterns of invertebrate drift in different alpine stream types. *Freshwater Biol.*, vol. 48, p. 1078-1092.
- INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ (IRGA), 2007. *Arroz irrigado: safra 2006/2007 - produção municipal*. Porto Alegre: Seção de Política Setorial – DCI.
- JUNK, WJ., BAYLEY, PB. & SPARKS, RE., 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, vol. 106, p. 110-127.
- LOPRETTO, EC. & TELL, G., 1995. *Ecosistemas de aguas continentales: metodologías para su estudio*. La Plata: Ediciones Sur.
- MALTCHIK, L. & SILVA-FILHO, MI., 2000. Resistance and resilience of the macroinvertebrate community to disturbance by flood and drought in a Brazilian semiarid ephemeral stream. *Acta Biol. Leopold.*, vol. 22, p. 171-184.
- MALTCHIK, L., 2003. Three new wetlands inventories in Brazil. *Interciencia*, vol. 28, no. 7, p. 421-423.
- MALTCHIK, L., FLORES, MLT. & STENERT, C., 2005. Benthic macroinvertebrate dynamics in a shallow floodplain lake in the South of Brazil. *Acta Limnol. Bras.*, vol. 17, p. 173-183.
- MANLY, BF., 1986. *Multivariate Statistical Methods – a primer*. London, UK: Chapman & Hall. 159 p.
- MCCUNE, B. & MEFFORD, MJ., 1999. *PC-ORD - Multivariate Analysis of Ecological Data*. Oregon: MjM Software Design.
- MERRITT, RW. & CUMMINS, KW., 1996. *An introduction to the aquatic insects of North America*. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company.

- MILLER, MR., SHARP, DE., GILMER, DS. & MULVANEY, WR., 1989. Rice available to waterfowl in harvested fields in the Sacramento Valley, California. *Calif. Fish Game*, vol. 75, p. 113-123.
- MITSCH, WJ. & GOSELINK, JG., 2000. *Wetlands*. New York: John Wiley & Sons.
- PRINCIPE, RE. & CORIGLIANO, MC., 2006. Benthic, drifting and marginal macroinvertebrate assemblages in a lowland river: temporal and spatial variations and size structure. *Hydrobiologia*, vol. 553, p. 303-317.
- RAMBO, B., 2000. *A Fisionomia do Rio Grande do Sul: Ensaio de Monografia Natural*. São Leopoldo: Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). 456 p.
- ROBINSON, CT., TOCKNER, K. & BURGHER, P., 2002. Seasonal patterns in macroinvertebrate drift and seston transport in streams of an alpine glacial flood plain. *Freshwater Biol.*, vol. 47, p. 985-993.
- ROSENBERG, DM. & RESH, VH., 1993. Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, DM. & RESH, VH. (Eds.). *Freshwater biomonitoring and Benthic macroinvertebrates*. New York: Chapman & Hall.
- SCOTT, DA. & POOLE, CM., 1989. *A status overview of Asian wetlands*. Malaysia: Asian Wetland Bureau.
- SHINE, C., & KLEMM, C., 1999. *Wetlands, water and the law: using law to advance wetland conservation and wise use*. Gland: IUCN.
- SIMPSON, I., ROGER, PA., OFICIAL, B. & GRANT, IF., 1994. Effects of fertilizer and pesticide management on floodwater ecology of a wetland ricefield. II. Dynamics of microcrustaceans and dipteran larvae. *Biol. Fertility Soils*, vol. 17, no. 2, p.138-146.
- STENERT, C., BACCA, RC., MOSTARDEIRO, CC. & MALTCHIK L., 2008. Environmental predictors of macroinvertebrate communities in coastal wetlands of southern Brazil. *Mar. Freshw. Res.*, vol. 59, no. 6, p. 540–548.



- STENERT, C., SANTOS, EM. & MALTCHIK, L., 2003. Os efeitos do pulso de inundação na comunidade de macroinvertebrados em uma lagoa associada a uma planície de inundação do Sul do Brasil. In: HENRY, R. (Ed.). *Ecótonos nas Interfaces dos Ecossistemas Aquáticos*. São Carlos: Rima Editora.
- STENERT, C., SANTOS, EM. & MALTCHIK, L., 2004. Levantamento da diversidade de macroinvertebrados em áreas úmidas do Rio Grande do Sul (Brasil). *Acta Biologica Leopoldensia*, vol. 26, no. 2, p. 225-240.
- STEWART, PM. & ROBERTSON, DJ., 1992. Aquatic organisms as pollution indicators of water quality in suburban streams of the Lower Delaware River Region, USA. *Proc. Pa. Acad. Sci.*, vol. 66, p. 135-141.
- STUDINSKI, JM. & GRUBBS, SA., 2007. Environmental factors affecting the distribution of aquatic invertebrates in temporary ponds in Mammoth Cave National Park, Kentucky, USA. *Hydrobiologia*, vol. 575, p. 211-220.
- SUGUIO, K., 1973. *Introdução à Sedimentologia*. São Paulo: Edgard Blucher.
- TAGLIANI, PRA., 1995. *Estratégia de Planificação Ambiental para o Sistema Ecológico da Restinga da Lagoa dos Patos - Planície Costeira do Rio Grande do Sul*. PhD Thesis, São Carlos: Universidade Federal de São Carlos.
- TARR, TL., BABER, MJ. & BABBITT, KJ., 2005. Macroinvertebrate community structure across a wetland hydroperiod gradient in southern New Hampshire, USA. *Wetl. Ecol. Manage.*, vol. 13, p. 321-334.
- TER BRAAK, CJF., 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, vol. 67, p. 1167-1179.
- WEATHERHEAD, MA. & JAMES, MR., 2001. Distribution of macroinvertebrates in relation to physical and biological variables in the littoral zone of nine New Zealand lakes. *Hydrobiologia*, vol. 462, p. 115-129.

WILLIAMS, DD., 1997. Temporary ponds and their invertebrate communities. *Aquat. Cons. Mari. Fresh. Ecosyst.*, vol. 7, p. 105-117.

ZIMMER, KD., HANSON, MA. & BUTLER, MG., 2000. Factors influencing invertebrate communities in prairie wetlands: a multivariate approach. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, vol. 57, p. 76-85.

Tabela 1. Ciclo de cultivo do arroz nos canais de irrigação estudados na Planície Costeira do Rio Grande do Sul (2005-2006).

Coletas	Fase do cultivo	Período	Conexão entre lavouras e canais de irrigação
1	Resteva (lavouras adjacentes)	junho/2005	Não
2	Resteva (lavouras adjacentes)	setembro/2005	Não
3	Preparo do solo (lavouras adjacentes)	novembro/2005	Não
4	Irrigação das lavouras adjacentes (crescimento inicial do arroz)	janeiro/2006	Sim
5	Irrigação das lavouras adjacentes (crescimento final do arroz)	março/2006	Sim
6	Pós-colheita (lavouras adjacentes)	junho/2006	Não

Tabela 2. Média e respectivos desvios-padrão das variáveis físicas e químicas dos canais de irrigação estudados ao longo de um ciclo de cultivo do arroz irrigado (2005-2006) na Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

	Condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	Nitrato - $\text{NO}_3\text{-N}$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Fósforo - $\text{PO}_4\text{-P}$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Matéria orgânica (%)	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Profundidade (cm)
Resteva 1 (jun/05)	473,75 $\pm$ 272,57	0,385 $\pm$ 0,260	0,097 $\pm$ 0,059	3,92 $\pm$ 2,66	20,2 $\pm$ 4,8	43,3 $\pm$ 39,4
Resteva 2 (set/05)	176,25 $\pm$ 96,91	0,507 $\pm$ 0,174	0,050 $\pm$ 0	4,76 $\pm$ 1,83	14,7 $\pm$ 1,2	50,5 $\pm$ 5,2
Preparo do solo (nov/05)	302,82 $\pm$ 231,25	0,698 $\pm$ 0,348	0,050 $\pm$ 0	4,45 $\pm$ 3,93	19,8 $\pm$ 0,6	44,1 $\pm$ 70,7
Crescimento inicial (jan/06)	248,50 $\pm$ 213,76	0,208 $\pm$ 0,015	0,443 $\pm$ 0,336	2,91 $\pm$ 3,05	25,8 $\pm$ 2,2	117,8 $\pm$ 40,2
Crescimento final (mar/06)	305,70 $\pm$ 257,36	0,310 $\pm$ 0,200	0,065 $\pm$ 0,023	2,30 $\pm$ 1,37	24,3 $\pm$ 1,1	59,4 $\pm$ 23,4
Pós-colheita (jun/06)	424,15 $\pm$ 347,88	0,365 $\pm$ 0,158	0,050 $\pm$ 0	1,93 $\pm$ 0,46	18,9 $\pm$ 3,7	43,4 $\pm$ 34,9

Tabela 3. Abundância dos táxons de macroinvertebrados mais representativos nos canais de irrigação estudados ao longo de um ciclo de cultivo do arroz irrigado (2005-2006) na Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

Táxons	Resteva 1	Resteva 2	Preparo do solo	Crescimento inicial	Crescimento final	Pós-colheita	Total
Chironomidae	6	0	22	16	5	100	149
Ceratopogonidae	0	1	0	0	0	3	4
Ephydriidae	0	0	1	0	4	1	6
Tabanidae	0	0	2	0	0	0	2
Tipulidae	0	1	0	0	0	1	2
Stratiomyidae	0	0	0	0	0	1	1
Hydrophilidae	4	7	6	2	2	14	35
Dytiscidae	0	0	6	0	1	1	8
Noteridae	0	0	0	0	0	1	1
Curculionidae	3	0	3	0	0	0	6
Belostomatidae	0	0	1	0	0	0	1

Corixidae	0	0	17	0	0	0	17
Pleidae	0	0	0	0	0	1	1
<i>Caenis</i>	0	0	1	1	0	0	2
<i>Oxyethira</i>	0	0	0	0	0	2	2
<i>Oxyagrion</i>	1	0	0	1	0	0	2
<i>Planiplax</i>	1	1	0	0	0	0	2
<i>Solenopsis</i>	1	0	0	0	0	0	1
Lepidoptera	0	0	0	0	0	1	1
Ciccadelidae	0	0	0	0	0	2	2
Etmobryidae	0	0	0	0	0	1	1
<i>Hyaella</i>	22	5	136	2	6	21	192
Oribatidae	84	71	34	5	22	35	251
Hydracarina	0	0	22	1	1	2	26
Oligochaeta	67	14	495	47	47	649	1319
<i>Aeolosoma</i>	1	0	0	0	0	0	1

Glossiphoniidae	11	34	241	5	5	176	472
Hirudinidae	0	0	1	0	1	0	2
<i>Girardia tigrina</i>	0	1	118	0	1	2	122
Plumatellidae	180	393	112	7	9	19	720
Planorbidae	1	0	1	0	0	0	2
Ampullaridae	1	0	1	0	0	1	3
Hydrobiidae	6	6	5	0	0	14	31
<i>Pisidium</i>	2	0	131	10	8	23	174
Spongillidae	6	161	462	0	1	182	812
Total	397	695	1818	97	113	1253	4373

Tabela 4. Resumo dos resultados da Análise de Correspondência Canônica para os dois primeiros eixos da ordenação dos canais de irrigação estudados ao longo de um ciclo de cultivo do arroz na Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

	<i>Eixos da ordenação</i>		
	1	2	3
Auto-valor	0,236	0,149	0,109
Varição acumulada dos dados biológicos (%)	42,1	68,6	88,1
Correlações de Pearson entre táxons e variáveis ambientais	0,980	0,965	0,940
Correlações entre variáveis ambientais e os eixos			
Matéria orgânica do sedimento	0,924	0,305	0,148
Concentração de nitrato da água	0,501	0,822	-0,008
Temperatura da água	-0,535	-0,098	0,838
Teste de Monte Carlo			
Auto-valores ( <i>p</i> )	0,004	0,006	0,005
Correlações entre táxons e variáveis ambientais ( <i>p</i> )	0,010	0,005	0,008



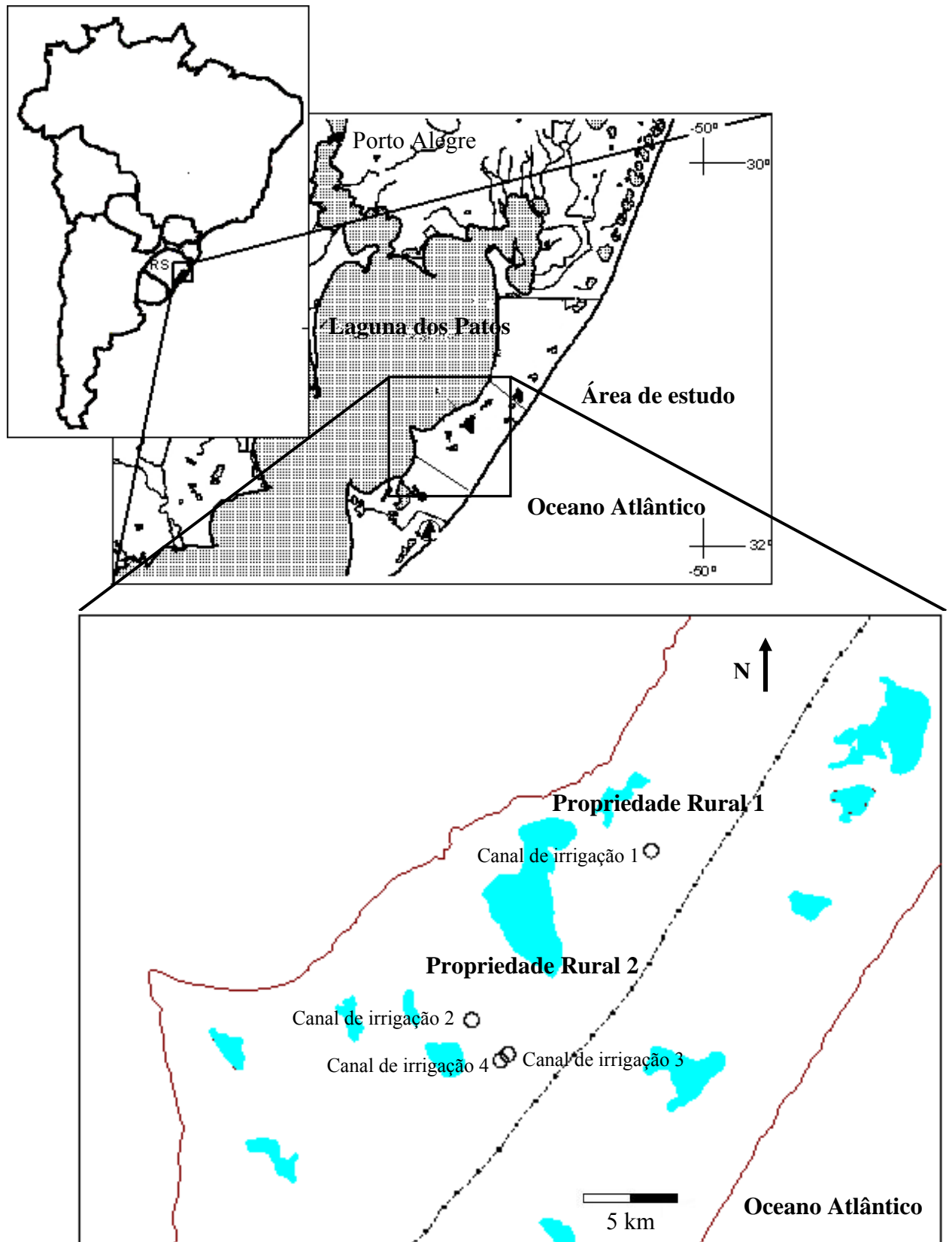


Figura 1. Área de estudo, destacando os canais de irrigação estudados em duas propriedades rurais localizadas no município de Mostardas, Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

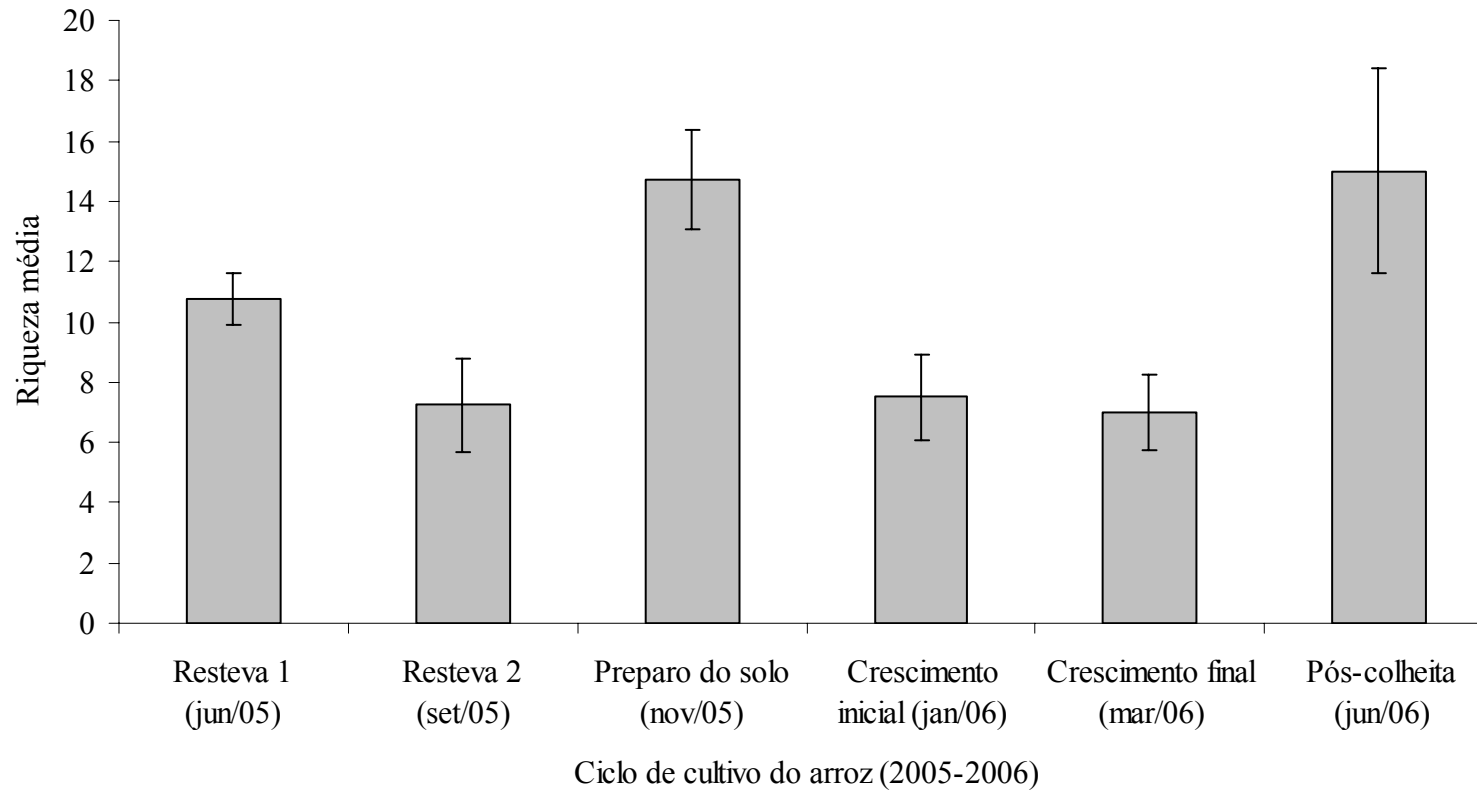


Figura 2. Riqueza média de macroinvertebrados nos canais de irrigação estudados ao longo do ciclo de cultivo do arroz na Planície Costeira do Rio Grande do Sul (2005-2006).

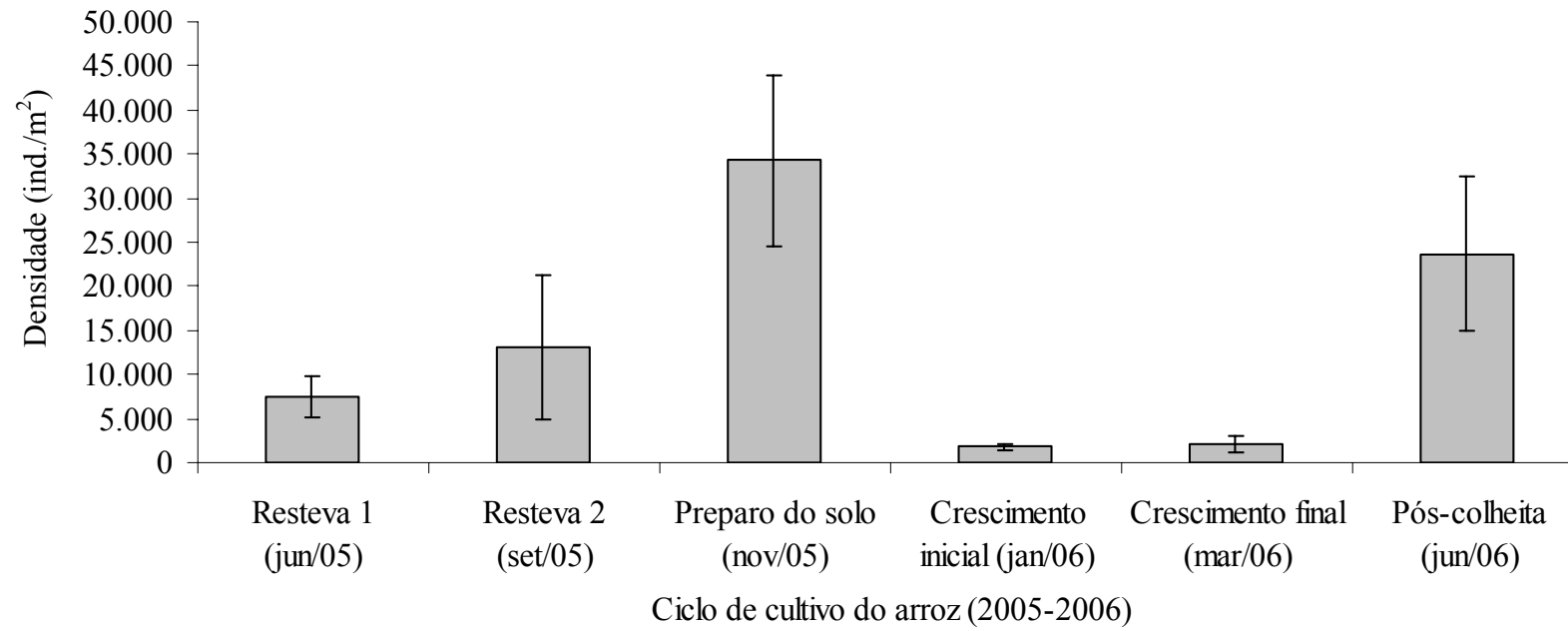


Figura 3. Densidade média de macroinvertebrados nos canais de irrigação estudados ao longo do ciclo de cultivo do arroz na Planície Costeira do Rio Grande do Sul (2005-2006).

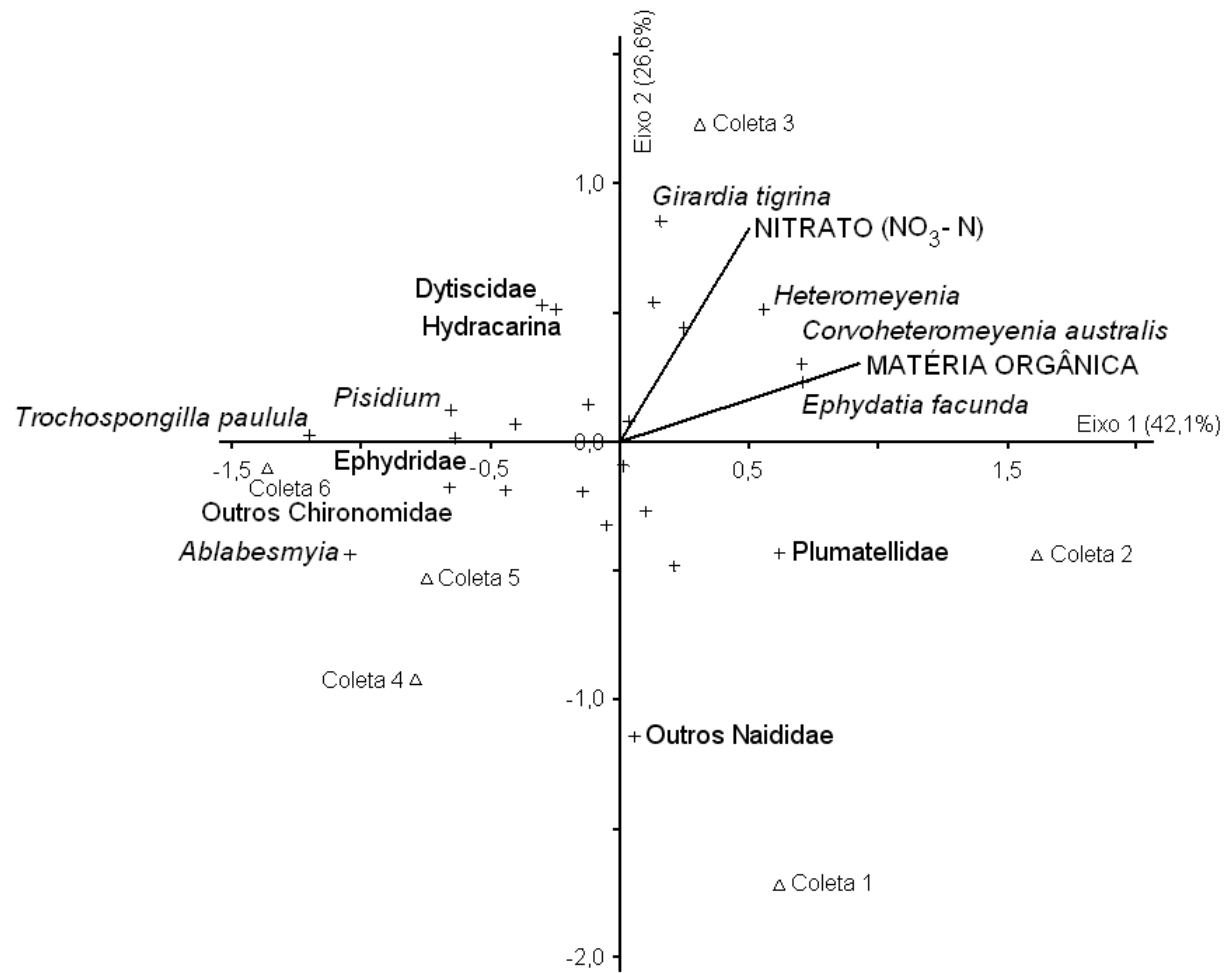


Figura 4. Diagrama da ordenação gerada pela Análise de Correspondência Canônica: ordenação das coletas realizadas ao longo do ciclo de cultivo do arroz e dos táxons de macroinvertebrados nos canais de irrigação em relação às variáveis ambientais significativas.

## 5. CONCLUSÕES GERAIS

Este trabalho sugere que as lavouras de arroz são capazes de conservar uma parcela importante da diversidade de macroinvertebrados aquáticos, funcionando como refúgios estratégicos de biodiversidade. Entretanto, esses agroecossistemas não são capazes de substituir os remanescentes naturais de áreas úmidas na conservação da biodiversidade regional. É importante destacar que as áreas úmidas naturais possuem inúmeras funções e valores reconhecidos internacionalmente (recarga de aquíferos, estabilidade climática, armazenamento e purificação da água, controle de inundações, recreação, pesquisa, entre outros). Além disso, esses ecossistemas apresentam uma alta diversidade de espécies de plantas e animais. Embora muitos táxons de macroinvertebrados encontrados nas lavouras e canais de irrigação também estejam presentes em áreas úmidas naturais, observou-se que alguns grupos, tais como, oligoquetas, quironomídeos e hialelídeos, predominaram em relação a outros táxons amostrados nas áreas agrícolas.

O presente estudo também constatou que o manejo dos arrozais e dos sistemas de irrigação associados, particularmente na fase de resteva, influencia a capacidade destes ecossistemas agrícolas em conservar a biodiversidade regional. Em termos de conservação, a manutenção de lavouras de arroz com água e sem água no período de resteva favorece o estabelecimento de um maior número de táxons de macroinvertebrados, tanto aquáticos quanto terrestres, dentro da paisagem agrícola ao longo do ciclo de cultivo. Nesse sentido, o manejo da água no período de resteva ou pós-colheita foi decisivo na determinação da capacidade dos arrozais em abrigar uma maior diversidade de macroinvertebrados. Além disso, o fato das lavouras permanecerem com água na fase de resteva pode influenciar positivamente os processos ecológicos relacionados à ciclagem de nutrientes, uma vez que os macroinvertebrados aquáticos e os microorganismos participam ativamente da

fragmentação e decomposição da matéria orgânica, acelerando a liberação e reposição de nutrientes para o ambiente.

Os resultados relacionados ao experimento realizado em laboratório mostraram que as lavouras de arroz irrigado são capazes de armazenar e manter viáveis os bancos de ovos e/ou outras estruturas de resistência de invertebrados aquáticos ao longo de seu ciclo de cultivo. Esse resultado é muito interessante, pois destaca a importância dos estágios de vida dormentes e de estruturas de resistência à dessecação no restabelecimento da comunidade de invertebrados aquáticos em lavouras de arroz irrigado. Uma vez que a maioria dos estudos realizados sobre a emergência de invertebrados aquáticos foi desenvolvida em áreas úmidas naturais temporárias, os resultados obtidos por meio do experimento realizado com o sedimento seco de lavouras de arroz podem auxiliar em projetos de restauração de áreas úmidas que foram convertidas em lavouras de arroz irrigado. Muitos estudos destacam a importância do restabelecimento dessas espécies de invertebrados aquáticos, principalmente de microcrustáceos, como recurso energético para as comunidades biológicas subsequentes, tais como larvas de peixes e aves.

No presente estudo, a composição de invertebrados foi diferente entre lavouras de arroz e canais de irrigação ao longo do ciclo de cultivo estudado. Além disso, alguns táxons foram mais frequentes no período de preparo do solo e crescimento do arroz, enquanto outros estiveram mais associados ao período de resteva. Esses resultados ressaltam que as mudanças físicas, químicas e biológicas extremamente rápidas que ocorrem em uma escala temporal nas lavouras e canais influenciam a composição de macroinvertebrados. Nesse sentido, as lavouras de arroz e canais de irrigação são sistemas colonizados por uma variedade de invertebrados aquáticos e terrestres, apresentando uma alta diversidade biológica dificilmente encontrada em outras áreas agrícolas. Além disso, os canais de irrigação mostram-se também como habitats para a comunidade de

macroinvertebrados aquáticos, auxiliando na manutenção da biodiversidade aquática nessas áreas agrícolas, uma vez que funcionam como elementos de conectividade entre os remanescentes naturais.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Esses resultados podem auxiliar nas pautas de manejo de áreas agrícolas capazes de ampliar a capacidade de proteger a biodiversidade, principalmente em regiões onde grande parte das áreas úmidas naturais já foi destruída e as áreas remanescentes continuam sendo ameaçadas. Dessa forma, estudos ecológicos que investiguem os efeitos de diferentes alternativas de manejo sobre as comunidades biológicas nas lavouras de arroz irrigado são fundamentais para conciliar a produção agrícola com a conservação da biodiversidade no Rio Grande do Sul. Os agricultores podem colaborar com a conservação da biodiversidade protegendo remanescentes naturais em suas propriedades e manejando adequadamente o sistema de cultivo.

Além disso, futuros estudos devem ser realizados para investigar em maior detalhe os efeitos de diferentes práticas de manejo utilizadas em lavouras de arroz irrigado. No sentido de aprofundar as conclusões obtidas por meio desse estudo, projetos que visem comparar a diversidade e a estrutura da comunidade de macroinvertebrados aquáticos, incluindo aqueles com capacidade de se recuperar por meio de bancos de ovos e/ou outras estruturas de resistência à dessecação, entre lavouras de arroz cultivadas sob diferentes sistemas de cultivo (orgânico, biodinâmico e convencional); entre lavouras cultivadas nas diferentes regiões orizícolas do estado e entre lavouras com históricos de cultivo (10, 30 e 60 anos), tamanhos de parcela e uso da terra pós-colheita diferenciados (pecuária e caça) devem ser incentivados no Rio Grande do Sul, o qual se caracteriza como sendo o principal estado produtor de arroz irrigado do Brasil.



# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)