

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA

DIVERSIDADE E MANEJO DE VIDA SILVESTRE

TIZIANE HORBACH RAVASA

**FATORES QUE FAVORECEM O DESENVOLVIMENTO DE
MICROALGAS PLANCTÔNICAS EM SISTEMAS DE ARROZ
IRRIGADO PRÉ-GERMINADO, NO SUL DO BRASIL**

SÃO LEOPOLDO
2013

TIZIANE HORBACH RAVASA

FATORES QUE FAVORECEM O DESENVOLVIMENTO DE
MICROALGAS PLANCTÔNICAS EM SISTEMAS DE ARROZ IRRIGADO
PRÉ-GERMINADO, NO SUL DO BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia da Universidade do Vale do Rio dos Sinos como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biologia.

Orientadora: Cristina Stenert

SÃO LEOPOLDO

2013

R252f Ravasa, Tiziane Horbach.

Fatores que favorecem o desenvolvimento de microalgas planctônicas em sistemas de arroz irrigado pré-germinado, no Sul do Brasil / Tiziane Horbach Ravasa. – 2013.

29 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós Graduação em Biologia, 2013.

"Orientadora: Cristina Stenert."

1. Arroz irrigado. 2. Fitoplâncton. 3. Florações. I. Título.

CDU 57

“Tenho a impressão de ter sido uma criança brincando à beira-mar, divertindo-me em descobrir uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais bonita que as outras, enquanto o imenso oceano da verdade continua misterioso diante de meus olhos”.

(Issac Newton)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a **Prof. Dra. Luciane Crossetti**, por acreditar que eu era capaz e pela orientação. Só tenho a agradecer aos seus ensinamentos, orientações, palavras de incentivo, paciência e dedicação. Você é uma pessoa onde busco inspirações para me tornar melhor em tudo faço e irei fazer daqui para frente. Tenho orgulho em dizer que um dia fui sua orientada. Muito Obrigada!

A minha segunda orientadora, **Prof. Dra. Cristina Stenert**, pela confiança e por ter me acolhido nesta jornada;

Ao coordenador do Programa de Pós-Graduação, **Dr. Victor Hugo Valiati**, pelo empenho, carinho e dedicação ao nos atender;

As minhas companheiras de laboratório, **Juliana, Mariane e Lacina**, por sempre me incentivarem na busca do crescimento, sendo exemplos de competência, garra, determinação e disciplina. Obrigada por dividir comigo as angústias e alegrias. Foi bom poder contar com vocês!

A meus pais, **Luiz e Ivete**, meu infinito agradecimento. Pelos diversos sacrifícios suportados e sempre acreditaram em minha capacidade e nunca me deixarem desistir. Obrigada pelo amor incondicional!

Aos meus **irmãos**, que sempre me apoiaram e me aconselharam em todos os momentos;

A meu querido marido, **Dennis Ravasa**, por ser tão importante na minha vida. Sempre a meu lado, me pondo para cima e me fazendo acreditar que posso mais que imagino. Devido a seu companheirismo, amizade, paciência, compreensão, apoio, alegria e amor, este trabalho pôde ser concretizado.

A todos os meus amigos e amigas que sempre estiveram presentes me aconselhando e incentivando com carinho e dedicação.

Ao Instituto Rio Grandense do Arroz - **IRGA** pela concessão da Bolsa, sem a qual a realização deste trabalho seria impossível.

E, finalmente, a **DEUS** pela oportunidade e pelo privilégio que me foi dado em compartilhar tamanha experiência, além de perceber e atentar para a relevância de temas que não faziam parte, em profundidade, da minha vida.

**FATORES QUE FAVORECEM O DESENVOLVIMENTO DE
MICROALGAS PLANCTÔNICAS EM SISTEMAS DE ARROZ
IRRIGADO PRÉ-GERMINADO, NO SUL DO BRASIL¹**

¹ Trabalho formatado preliminarmente segundo normas da revista *Brazilian Archives of Biology and Technology*.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Biomassa total do fitoplâncton (mg.L^{-1}) ao longo dos dias nas quadras de arroz irrigadas por açude e rio. Legenda: p: plantio; dp: após o plantio; 7: sete dias após o plantio; 14: quatorze dias após o plantio; 21: vinte e um dias após o plantio; 28: vinte e oito dias após o plantio; 35: trinta e cinco dias após o plantio e 56: cinquenta e seis dias após o plantio. 18
- Figura 2** - Biomassa total das classes (mg.L^{-1}) ao longo dos dias nas quadras de arroz irrigadas por açude e rio. Legenda: p: plantio; dp: após o plantio; 7: sete dias após o plantio; 14: quatorze dias após o plantio; 21: vinte e um dias após o plantio; 28: vinte e oito dias após o plantio; 35: trinta e cinco dias após o plantio e 56: cinquenta e seis dias após o plantio. 19
- Figura 3** - (A) Riqueza (n° de táxons) e (B) Diversidade de Shannon (H') (bits. mg_-1) ao longo dos dias nas quadras de arroz irrigadas por açude e rio. Legenda: p: plantio; dp: após o plantio; 7: sete dias após o plantio; 14: quatorze dias após o plantio; 21: vinte e um dias após o plantio; 28: vinte e oito dias após o plantio; 35: trinta e cinco dias após o plantio e 56: cinquenta e seis dias após o plantio. 20
- Figura 4** - Biomassa total dos organismos ($\text{mm}^3.\text{L}^{-1}$) ao longo dos dias nas fontes de açude e rio. Legenda: p: plantio; dp: após o plantio; 7: sete dias após o plantio; 14: quatorze dias após o plantio; 21: vinte e um dias após o plantio; 28: vinte e oito dias após o plantio; 35: trinta e cinco dias após o plantio e 56: cinquenta e seis dias após o plantio. 20
- Figura 5** - Biomassa total das classes ($\text{mm}^3.\text{L}^{-1}$) ao longo dos dias nas fontes de açude e rio. Legenda: p: plantio; dp: após o plantio; 7: sete dias após o plantio; 14: quatorze dias após o plantio; 21: vinte e um dias após o plantio; 28: vinte e oito dias após o plantio; 35: trinta e cinco dias após o plantio e 56: cinquenta e seis dias após o plantio. 22
- Figura 6** - Boxplot (medianas, quartis) da (A) biomassa total ($\text{mm}^3.\text{L}^{-1}$) e da (B) Riqueza (n° de táxons) das quadras-açude ($n=24$), quadras-rio ($n=16$), fontes-açude ($n=21$) e fontes-rio ($n=14$). 24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cronograma de amostragem nas quadras de arroz e nas fontes de irrigação (com exceção da fase de enchimento).	15
Tabela 2 - Esquema de amostragem nas lavouras estudadas.....	16
Tabela 3 - Valores mínimos (min), máximos (máx), médias (média) e desvio padrão (dp) das variáveis físico-químicas, densidade total, biomassa total, riqueza e diversidade de espécies das quadras-açude (n = 24), quadras-rio (n = 16), fontes-açude (n = 21) e fontes-rio (n = 14).	18
Tabela 4 - Biomassa relativa (%) das espécies descritoras das quadras-açude (n = 24), quadras-rio (n = 16), fontes-açude (n = 21) e fontes-rio (n = 14).	23

SUMÁRIO

Resumo	10
Abstract.....	11
INTRODUÇÃO.....	12
MATERIAL E MÉTODOS.....	14
Área de estudo	14
Amostragens	15
Variáveis abióticas e biológicas.....	16
Análise dos Dados	17
RESULTADOS	17
DISCUSSÃO	24

Resumo

Em muitos países o plantio de arroz é a atividade mais importante do país, sendo o principal alimento para mais da metade da população mundial. Em lavouras de arroz com sistema de plantio pré-germinado a água permanente pode ser favorável ao desenvolvimento de diversos grupos de organismos, como no caso de comunidades fitoplanctônicas. Assim, o presente trabalho tem como objetivos avaliar que fatores influenciam no desenvolvimento da biomassa fitoplanctônica em lavouras de arroz irrigado pré-germinado e também, avaliar como as fontes de irrigação podem contribuir para o estabelecimento das florações e seus efeitos sobre a riqueza e diversidade fitoplanctônica em sistemas de arroz pré-germinado. Para isso, foram realizadas coletas de água para análise biológica (densidade, riqueza e diversidade do fitoplâncton) no preparo (enchimento) das quadras, logo após o plantio, e em seis outras ocasiões ao longo do ciclo de cultivo, em três lavouras situadas no município de Viamão/RS. Espera-se que, com este trabalho, as informações geradas possam contribuir com conhecimento especializado visando a mitigação dos impactos do desenvolvimento de algas nestes sistemas, entender os processos que determinam a ocorrência das algas planctônicas nos ambientes estudados e compreender o papel das fontes na determinação das florações e seus efeitos sobre a diversidade da comunidade fitoplanctônica em sistemas de cultivo de arroz irrigado pré-germinado.

Palavras-chave: arroz irrigado, fitoplâncton, florações.

Abstract

In various countries rice planting is the most important activity, therefore being the main source of food for half the world's population. In rice fields with a pre-germinated planting system the permanent water may be favorable to the developing of various groups of organisms, as in phytoplankton communities. Thus, the following paper has the objective to evaluate the factors that affect the development of phytoplankton biomass irrigated pre-germinated rice fields as well as evaluate how the sources of irrigation can contribute to the establishment of blooming and its effects over the phytoplankton richness and diversity in pre-germinated rice systems. In order to accomplish this, water samples were collected for biological analysis (phytoplankton density, richness and diversity) in the area preparation right after the planting and in six other occasions during the planting cycle, in three fields situated in the county of Viamão/RS. It is expected, with this study, that the information obtained may contribute with specialized knowledge in view of mitigating the impacts of algae development in these systems, understanding of the process determining planktonic algae in the environment under study, and understand the role of sources in determining blooming and its effect over the diversity of the phytoplankton community pre-germinated irrigated rice fields.

Keywords: irrigated rice, phytoplankton, blooming.

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa*) é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo, caracterizando-se como principal alimento para mais da metade da população mundial. Sua importância é destacada principalmente em países em desenvolvimento, tais como o Brasil, desempenhando papel estratégico em níveis econômico e social (Walter et al. 2008). Além do Brasil, outros 110 países do mundo são produtores de arroz, tais como todos os países asiáticos, a maioria dos países do Ocidente e do Norte da África, alguns países na África Central e Oriental, grande parte no Sul e Centro da América, Austrália e quatro estados do Estados Unidos (Ghosh e Bhat 1998). Dentre os sistemas de cultivo de arroz, destaca-se o irrigado que pode ser cultivado sob diferentes formas, como os sistemas pré-germinado, convencional, cultivo mínimo, "mix" de pré-germinado e transplante de muda (Weber et al. 2003).

No Rio Grande do Sul (RS) e em Santa Catarina (SC), o arroz irrigado no sistema pré-germinado é uma das principais atividades agrícolas e econômicas, com área total nos dois estados de aproximadamente 1,2 milhões de hectares (Silva et al. 2011). O sistema de cultivo ocupa aproximadamente 11% das áreas destinadas a esta cultura no Rio Grande do Sul, Estado responsável por cerca de 50% da produção brasileira (Marchezan 2004).

O sistema de cultivo pré-germinado de arroz irrigado encontra-se em expansão no Brasil, especialmente no RS (Marchezan et al. 2001). Dentre as características do sistema pré-germinado, destaca-se a inundação da área aproximadamente 20 dias antes da semeadura e também a adoção da drenagem inicial da lavoura, cerca de três dias após a realização da semeadura, com o objetivo de proporcionar melhor estabelecimento inicial às plântulas de arroz (Marchezan et al. 2007). Após alguns dias de semeadura, as quadras são novamente irrigadas, acompanhando o desenvolvimento das plântulas e uma lâmina d'água permanece nas quadras de arroz até quase a colheita das plantas. Assim, a água utilizada para a inundação da área de cultivo antes da implantação da cultura altera as características químicas e biológicas do solo, possibilitando o aumento na disponibilidade de nutrientes (Marchezan et al. 2007). Esse ambiente com água permanente pode ser favorável ao desenvolvimento de diversos grupos de organismos, tais como macrófitas (Vasconcelos et al. 1999), zooplâncton (Ali 1990), macroinvertebrados (Stenert et al. 2009), anfíbios (Fujioka e Lane 1997) e peixes

(Frei e Becker 2005), geralmente apresentando temperatura e concentrações ideais de nutrientes.

A interferência da comunidade fitoplanctônica nos arrozais é considerada um dos fatores bióticos que limitam o potencial de produtividade do arroz irrigado, pois esta comunidade apresenta elevada capacidade competitiva pelos recursos de luz e nutrientes, além do fato de que os fatores climáticos, a quantidade e ou natureza química dos fertilizantes e a forma de sua aplicação podem influenciar a biomassa do fitoplâncton (Sartori et al. 2011).

Estudos relacionando o fitoplâncton em lavouras de arroz registram vastamente a ocorrência de espécies do gênero *Euglena*, algumas vezes associadas à cultura de peixes (rizipiscicultura) (Alves-Da-Silva e Tamanaha 2008), estando algumas vezes relacionadas à mortalidade destes organismos (Zimba et al. 2004) devido à toxicidade de algumas espécies. Florações de cianobactérias potencialmente tóxicas também já foram registradas nas superfícies dos arrozais (Ariosa et al. 2004). Existem ainda estudos que mostram o efeito dos herbicidas utilizados em sistemas orizícolas sobre a dinâmica de algumas espécies fitoplanctônicas (Marques et al. 2007, Resgalla Jr. et al. 2007, Vendrell et al. 2009, Suárez-Serrano 2010, Sartori et al. 2011) e outros estudos que inferem sobre métodos de controle de florações de algas em culturas de arroz através da introdução de peixes (Nishimura et al. 2011).

Sistemas de arroz podem abrigar uma alta diversidade de organismos fitoplanctônicos (Chunleuchanon et al. 2003), embora o sistema de plantio possa influenciar e selecionar as populações (Furtado e Luca 2003). O sistema de arroz irrigado pré-germinado tende a favorecer o desenvolvimento de biomassa algal pelo fato de que, após o preparo do solo e incorporação da matéria orgânica, as quadras de arroz são enchidas e uma lâmina d'água de no máximo 10 cm permanece até a semeadura, que só ocorrerá 20 ou 30 dias depois, na tentativa de controlar plantas daninhas. Este período é suficiente para que ocorra o desenvolvimento e o estabelecimento de algas microplanctônicas em condições ecológicas não limitantes. A realização da adubação de base, aliada à elevação da temperatura, propiciam condições favoráveis ao desenvolvimento de algas que dificultam o estabelecimento das plântulas, especialmente quando ocorre antes de ser efetuada a semeadura ou na fase inicial de desenvolvimento da cultura (Diaz-Pulido e Mccook 2005, Marchezan et al. 2007). Ademais, as fontes de irrigação podem trazer às quadras de arroz espécies muito adaptadas e resistentes à competição com as plantas, contribuindo ainda mais para o desenvolvimento de florações nestes sistemas.

Nesse sentido, compreender a dinâmica do desenvolvimento do fitoplâncton em lavouras de arroz irrigado pré-germinado, bem como identificar os fatores que contribuem para o desenvolvimento desta comunidade podem auxiliar em tomadas de decisão a fim de mitigar seus efeitos negativos no cultivo de arroz. Assim, os objetivos deste trabalho foram avaliar que fatores influenciam no desenvolvimento da biomassa fitoplanctônica em lavouras de arroz irrigado pré-germinado e avaliar como as fontes de irrigação podem contribuir para o estabelecimento das florações e seus efeitos sobre a riqueza e diversidade fitoplanctônica em sistemas de arroz pré-germinado.

A primeira hipótese deste estudo é que o manejo da água nos sistemas de plantio de arroz irrigado pré-germinado favorece o desenvolvimento da biomassa fitoplanctônica, uma vez que o enchimento das quadras ocorre antes do plantio da semente pré-germinada, quando as condições de recursos (luz e nutrientes) não são limitantes ao crescimento algal e as plantas de arroz ainda não estão desenvolvidas ao ponto de competirem por luz e nutrientes, garantindo incremento de biomassa especialmente no início do ciclo produtivo. Dessa forma, espera-se encontrar alta biomassa fitoplanctônica logo após o primeiro enchimento das quadras (após a preparação e adubação do solo) e redução da biomassa ao longo do crescimento e desenvolvimento das plantas de arroz. Considerando-se as fontes irrigadoras, a segunda hipótese deste estudo é que a água utilizada na irrigação das quadras de arroz pode ser fonte dos inóculos de espécies potencialmente causadoras de floração, que se estabelecerão durante o ciclo de cultivo de arroz pré-germinado, influenciando a riqueza e diversidade do fitoplâncton.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi conduzido em três lavouras de arroz irrigado de sistema de cultivo pré-germinado, localizadas no município de Viamão (RS), que possuíam parte das quadras irrigadas por açudes locais e parte irrigadas com água do Rio Gravataí. Os açudes são próximos às lavouras de arroz, intermitentes e com evidente ação antrópica. O Rio Gravataí faz parte da bacia hidrográfica do Rio Gravataí e está localizada na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. Estende-se entre Porto Alegre e o delta do Rio Jacuí a oeste, e a zona

de lagoas da costa do Atlântico a leste, entre as longitudes 50° 27' e 51° 12' oeste. Ao norte faz limite com a bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, e ao sul com os banhados e arroios que escoam para a Lagoa dos Patos, entre as latitudes de 29° 45' e 30° 12' sul; além da irrigação de lavouras o rio é responsável pelo abastecimento público, indústria, etc. (Rubbo et al. 2002).

Nas lavouras foram utilizados os cultivares Irga 424 e Epagri 106, 108 e 109, pois são sementes que apresentam uma maior resistência e maior adaptabilidade.

Amostragens

As amostragens foram realizadas de agosto de 2011 a dezembro de 2011, englobando parte do ciclo do sistema de cultivo de arroz irrigado pré-germinado, sendo a última amostragem realizada na panícula de iniciação, ou seja, no início da fase reprodutiva (plantas de arroz medindo de 45 a 58 cm de altura). Foram realizadas coletas de água para análises abióticas e biológicas no preparo (enchimento das quadras), logo após o plantio, e em seis outras ocasiões ao longo do ciclo de cultivo (Tab. 1).

Tabela 1 - Cronograma de amostragem nas quadras de arroz e nas fontes de irrigação (com exceção da fase de enchimento).

CRONOGRAMA DE AMOSTRAGEM
Preparo (enchimento)
Depois do plantio
7° dia após o plantio
14° dia após o plantio
21° dia após o plantio
28° dia após o plantio
35° dia após o plantio
56° dia após o plantio

Foram estudadas três lavouras (lavoura 1, lavoura 2, lavoura 3) que continham parte das quadras irrigadas por açude (quadras-açude) e parte por rio (quadras-rio), com exceção da lavoura 3 que apresentou apenas uma fonte de irrigação (açude). Em cada lavoura, as amostragens foram realizadas em três quadras para cada tipo de fonte irrigadora (Tab. 2), a fim de aumentar-se o esforço amostral. As lavouras foram consideradas trélicas (n=3) para as quadras irrigadas por açude e réplicas (n=2) para quadras irrigada rios. Desta mesma forma, foram realizadas amostragens nas fontes de irrigação (fontes-açude e fontes-rio), com exceção da fase de enchimento das quadras.

Tabela 2- Esquema de amostragem nas lavouras estudadas.

LAVOURA 1		LAVOURA 2		LAVOURA 3
AÇUDE	RIO	AÇUDE	RIO	AÇUDE
quadra 1	quadra 1	quadra 1	quadra 1	quadra 1
quadra 2	quadra 2	quadra 2	quadra 2	quadra 2
quadra 3	quadra 3	quadra 3	quadra 3	quadra 3

Durante o período de estudo, os agrotóxicos tipos fungicidas de ingredientes ativos triciclazol e fipronil e também os agrotóxicos tipo herbicidas de ingredientes ativos imazetapir, clomazona, epropanil+tiobencarbe, metsulfurom-metfílico, quinclorac e pirazossulfurom-etfílico, foram aplicados nas lavouras, conforme segue: lavoura 1, depois do plantio (dp), no 14° dia e entre o 14° e o 21° dia; lavoura 2, entre o 7° e o 14° dia, e entre o 21° e o 28° dia. Já a adubação de base nitrogenada foi realizada na lavoura 1 entre o 14° e o 28° dia, e entre o 35° e o 56° dia. Na lavoura 2 a aplicação ocorreu no 35° dia e na lavoura 3 entre o 35° e o 56° dia.

Variáveis abióticas e biológicas

Em campo foram medidos os dados de temperatura, pH, condutividade, oxigênio dissolvido e sólidos dissolvidos, com o auxílio de Multisensor Horiba. Além disso, foram coletadas amostras de água para análise das seguintes variáveis abióticas: nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT) (Tedesco et al. 1995).

As amostras para a determinação da composição florística da comunidade fitoplanctônica e para a análise quantitativa da comunidade foram fixadas com solução de lugol acético a 1%. Eventualmente, foi realizada a identificação dos organismos vivos. O material foi examinado com microscópio óptico binocular, e os organismos identificados com o auxílio de bibliografia especializada e, sempre que possível, em nível específico ou infraespecífico. O sistema de classificação adotado foi o de Van-den-Hoek et al. (1995).

A quantificação do fitoplâncton foi realizada em microscópio invertido (aumento de 400x) conforme Utermöhl (1958) e o tempo de sedimentação seguiu Lund et al. (1958), que definiu 4 h para cada centímetro de altura da câmara de sedimentação.

O cálculo para a densidade dos organismos (indivíduos.mL⁻¹) foi feito segundo Ros (1979) a partir das quantificações efetuadas. O biovolume de cada espécie foi calculado a partir dos valores médios das medidas dos indivíduos, seguindo as formas geométricas mais

apropriadas (Hillebrand et al. 1999). A biomassa (mg.L^{-1}) foi calculada a partir do produto dos valores de biovolume e densidade dos organismos.

Para acessar a estrutura da comunidade fitoplanctônica a partir dos dados gerados foram aplicados os índices de diversidade (H') (Shannon e Weaver 1963) e riqueza específica (Simpson 1949), no programa Past 2.17 (Hammer et al. 2001).

Foram consideradas espécies descritoras aquelas que contribuíram com, no mínimo, 10% da biomassa total observada em pelo menos uma unidade amostral.

Análise dos Dados

Foi efetuada a análise estatística descritiva para os dados abióticos e biológicos. Para testar a influência significativa do manejo da água e desenvolvimento das plantas de arroz sobre a biomassa fitoplanctônica ao longo do tempo de estudo foi aplicado o Teste t, considerando-se dois tratamentos (início do experimento: p, dp e 7° dia; fim do experimento: 28°, 35° e 56° dias). Para avaliar a influência da fonte irrigadora (fator fonte) na biomassa, diversidade e riqueza do fitoplâncton ao longo do estudo (fator tempo) foi utilizada Análise de Variância (ANOVA fatorial), seguido do teste de Tukey em casos significativos. Os dados foram previamente transformados ($\log x+1$) e as análises foram realizadas no programa Systat 13.0.

RESULTADOS

Ao longo do estudo houve pouca variação de temperatura nas quadras irrigadas por rio e por açude e nas próprias fontes, sendo que o valor mínimo foi $15,61^{\circ}\text{C}$ na fontes-rio e a máxima foi $32,52^{\circ}\text{C}$ nas quadras irrigadas pelo açude. O mesmo ocorreu para as médias de pH e condutividade entre as quadras e as fontes, não havendo variações consideráveis em seus valores (Tab. 3). Já para as concentrações de sólidos dissolvidos, observou-se menores valores médios nas fontes-açude ($2,01 \text{ g.L}^{-1}$) comparando-se às quadras irrigadas pelo rio que apresentaram valores médios mais elevados ($7,63 \text{ g.L}^{-1}$). As concentrações de nitrogênio total foram maiores para as quadras do que para as fontes, sendo os valores médios $2,52$ (quadras-açude) e $2,31 \text{ mg.L}^{-1}$ (quadras-rio) e $0,95$ (fontes-açude) e $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$ (fontes-rio). Da mesma forma, registrou-se variação entre as médias das concentrações de fósforo total entre os

tratamentos, sendo o menor valor médio observado na quadras-rio (0,06 mg.L⁻¹) e o maior na fontes-açude (0,30 mg.L⁻¹) (Tab. 3).

Tabela 3 - Valores mínimos (min), máximos (máx), médias (média) e desvio padrão (dp) das variáveis físico-químicas, densidade total, biomassa total, riqueza e diversidade de espécies das quadras-açude (n = 24), quadras-rio (n = 16), fontes-açude (n = 21) e fontes-rio (n = 14).

	QUADRAS							
	Açude				Rio			
	min	máx	média	dp	min	máx	média	dp
Temperatura (°C)	16.69	32.52	25.37	4.05	16.91	31.08	24.59	4.34
pH	5.63	7.24	6.44	0.68	5.52	7.23	6.38	0.87
Condutividade (mS.cm ⁻¹)	0.01	0.35	0.08	0.08	0.04	0.18	0.08	0.04
O2 Dissolvido (mg.L ⁻¹)	6.83	11.57	9.98	1.51	5.73	11.43	9.00	2.06
Sólidos Dissolvidos (g.L ⁻¹)	0.00	54.67	4.30	12.94	0.00	43.33	7.63	15.83
Nitrogênio (mg.L ⁻¹)	0.00	24.00	2.52	5.03	0.00	12.00	2.31	2.82
Fósforo (mg.L ⁻¹)	0.00	2.24	0.14	0.48	0.00	0.24	0.06	0.08
Densidade total (ind.ml ⁻¹)	1219.25	63236.63	16067.76	16450.71	1419.05	26866.12	10418.13	8442.07
Biomassa total (mm ³ .L ⁻¹)	0.01	10.42	1.42	2.71	0.01	2.03	0.66	0.67
Riqueza (S) (n° de táxons)	2.00	18.00	8.88	4.73	3.00	17.00	8.06	3.62
Diversidade (H') (bits. mg ⁻¹)	0.37	2.14	1.19	0.51	0.58	1.87	1.07	0.37
	FONTES							
	Açude				Rio			
	min	máx	média	dp	min	máx	média	dp
Temperatura (°C)	16.15	25.80	23.50	3.35	15.61	26.62	23.27	3.96
pH	5.89	7.00	6.45	0.51	5.61	7.15	6.38	0.93
Condutividade (mS.cm ⁻¹)	0.01	0.42	0.07	0.12	0.03	0.07	0.05	0.01
O2 Dissolvido (mg.L ⁻¹)	3.80	11.13	8.99	3.18	6.00	15.48	10.60	3.02
Sólidos Dissolvidos (g.L ⁻¹)	0.00	11.00	2.01	3.99	0.00	33.00	4.86	11.84
Nitrogênio (mg.L ⁻¹)	0.00	4.00	0.95	0.89	0.00	2.00	1.00	0.58
Fósforo (mg.L ⁻¹)	0.00	1.23	0.30	0.82	0.01	1.48	0.15	0.40
Densidade total (ind.ml ⁻¹)	5167.72	24066.60	13856.56	6582.18	5741.92	103703.19	23510.19	31106.19
Biomassa total (mm ³ .L ⁻¹)	0.02	2.78	0.46	0.76	0.01	0.40	0.09	0.11
Riqueza (S) (n° de táxons)	3.00	16.00	8.10	3.03	3.00	14.00	6.50	2.62
Diversidade (H') (bits. mg ⁻¹)	0.38	1.87	1.16	0.45	0.74	2.17	1.31	0.38

A biomassa total do fitoplâncton alcançou o valor de 10,43 mg.L⁻¹ nas quadras-açude, enquanto o menor valor de biomassa foi observado nas fontes-rio (0,09 mg.L⁻¹).

De uma forma geral, ao longo do estudo, observou-se aumento nos valores de biomassa total do fitoplâncton tanto nas quadras-açude quanto nas quadras-rio. Esse aumento aconteceu principalmente a partir do 21° dia, sendo o maior valor médio de biomassa das quadras-açude e quadras-rio observado no 56° dia (4,67 e 1,75 mg.L⁻¹, respectivamente) (Fig. 1). Contudo, somente a biomassa das quadras-açude variou significativamente em função dos dias (p = 0,004).

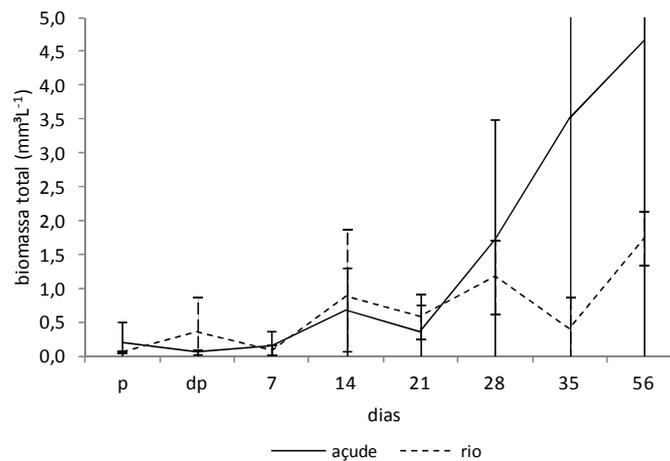


Figura 1 - Biomassa total do fitoplâncton (mg.L^{-1}) ao longo dos dias nas quadras de arroz irrigadas por açude e rio. Legenda: p: plantio; dp: após o plantio; 7: sete dias após o plantio; 14: quatorze dias após o plantio; 21: vinte e um dias após o plantio; 28: vinte e oito dias após o plantio; 35: trinta e cinco dias após o plantio e 56: cinquenta e seis dias após o plantio.

Durante o estudo, a comunidade fitoplanctônica foi representada por 101 espécies, distribuída em 7 classes, 22 ordens, 34 famílias, 53 gêneros.

Considerando-se a contribuição relativa de classes do fitoplâncton, observou-se maior representatividade de Euglenophyceae nas quadras irrigadas por açude e rio. Nas quadras-açude observou-se a substituição desta por outras classes de microalgas a partir do 28º dia, especialmente Chrysophyceae, Cyanobacteria, Chlorophyceae e Zygnemaphyceae, cuja biomassa aumentou significativamente ($p = 0,023$) no final do experimento. Já as quadras irrigadas por rio, a partir do 21º dia registrou-se maior contribuição de outras classes, tais como Cyanobacteria, Chlorophyceae e Zygnemaphyceae, não tendo sido observadas alterações significativas na contribuição relativa da biomassa de classes ($p > 0,05$) (Fig. 2).

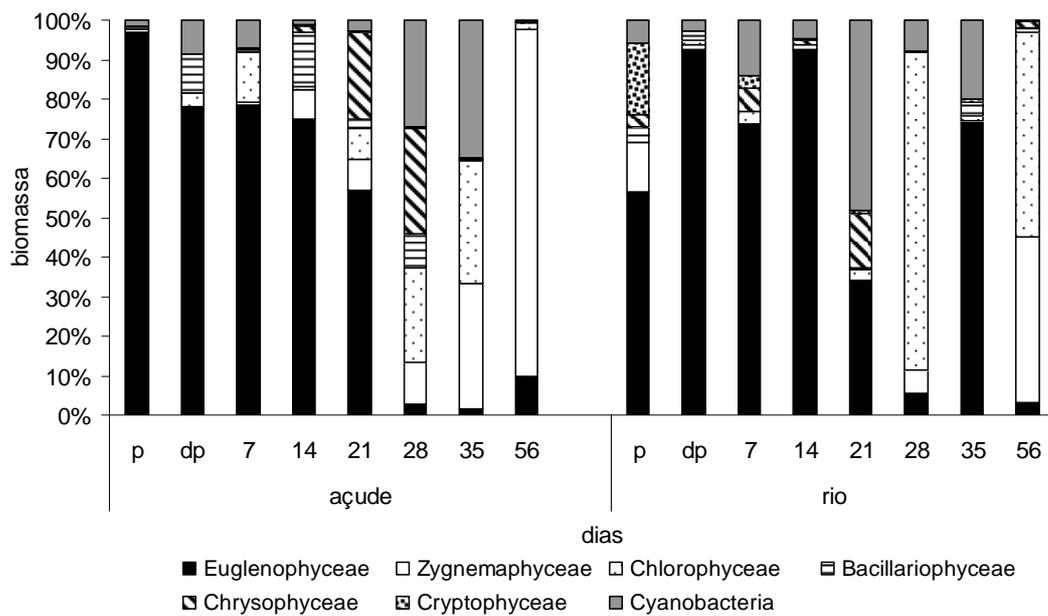


Figura 2 - Biomassa total das classes (mg.L^{-1}) ao longo dos dias nas quadras de arroz irrigadas por açude e rio. Legenda: p: plantio; dp: após o plantio; 7: sete dias após o plantio; 14: quatorze dias após o plantio; 21: vinte e um dias após o plantio; 28: vinte e oito dias após o plantio; 35: trinta e cinco dias após o plantio e 56: cinquenta e seis dias após o plantio.

O maior valor médio de riqueza foi observado no 56º dia nas quadras-açude (13,3 espécies), enquanto nas quadras-rio o maior valor foi observado no dp e 28º dia (10 espécies cada) (Tab. 2). Ao longo do tempo, observou-se um incremento significativo ($p = 0,029$) nos valores de riqueza nas quadras irrigadas pelo açude, o que não ocorreu nas quadras-rio. Da mesma forma, considerando não houve diferença significativa entre a riqueza de espécies das quadras-rio e quadras-açude ($p > 0,05$) (Fig. 3).

A diversidade variou pouco ao longo dos dias entre as quadras-açude e as quadras-rio. O maior valor médio de diversidade ($1,66 \text{ bits.mg}_-1$) foi observado nas quadras-açude, no 21º dia, enquanto nas quadras-rio o maior valor médio de diversidade foi registrado no dp dia ($1,36 \text{ bits.mg}_-1$). Não houve influência dos dias nos padrões de diversidade observados e nem diferença significativa da diversidade entre as quadras no presente estudo ($p > 0,05$).

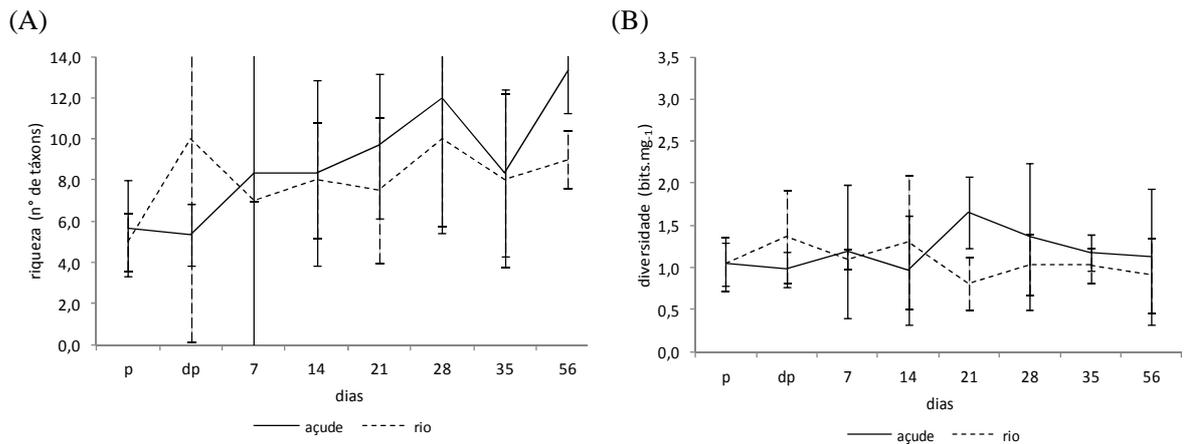


Figura 3 - (A) Riqueza (nº de táxons) e (B) Diversidade de Shannon (H') (bits. mg_{-1}) ao longo dos dias nas quadras de arroz irrigadas por açude e rio. Legenda: p: plantio; dp: após o plantio; 7: sete dias após o plantio; 14: quatorze dias após o plantio; 21: vinte e um dias após o plantio; 28: vinte e oito dias após o plantio; 35: trinta e cinco dias após o plantio e 56: cinquenta e seis dias após o plantio.

Considerando-se as fontes, não foram observados padrões claros ao longo do estudo, especialmente nas fontes-açude, onde os maiores valores médios de biomassa foram observados entre o 21º e o 28º dia ($0,95$ e $0,88 \text{ mm}^3.L^{-1}$, respectivamente). Já para as fontes-rio os maiores valores médios foram observados no dp ($0,20 \text{ mm}^3.L^{-1}$) (Fig. 4).

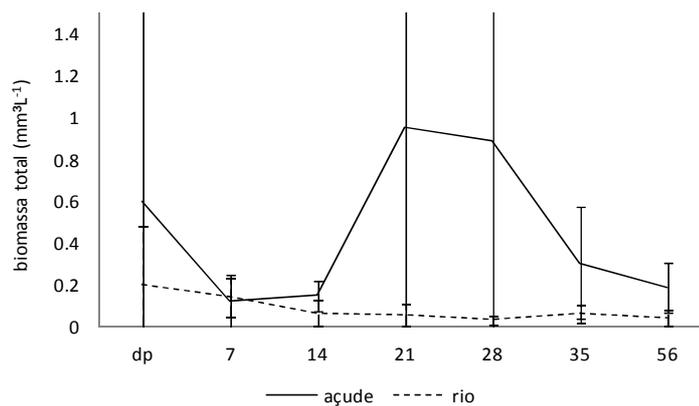


Figura 4 - Biomassa total dos organismos ($mm^3.L^{-1}$) ao longo dos dias nas fontes de açude e rio. Legenda: p: plantio; dp: após o plantio; 7: sete dias após o plantio; 14: quatorze dias após o plantio; 21: vinte e um dias após o plantio; 28: vinte e oito dias após o plantio; 35: trinta e cinco dias após o plantio e 56: cinquenta e seis dias após o plantio.

Quanto às classes fitoplanctônicas das fontes-açude, observou-se uma maior contribuição de Cryptophyceae depois do plantio, embora as classes Euglenophyceae e Zygnemaphyceae tenham se destacado ao longo do estudo, e Bacillariophyceae no 56° dia. Já nas fontes-rio, observou-se uma maior contribuição de Euglenophyceae até o 21° dia, seguida de Cyanobacteria e Chlorophyceae, cujas maiores biomassas foram observadas no 28° e 35° dias (Fig. 5). Não houve influência dos dias nos padrões de contribuição de classes nas fontes estudadas ($p > 0,05$).

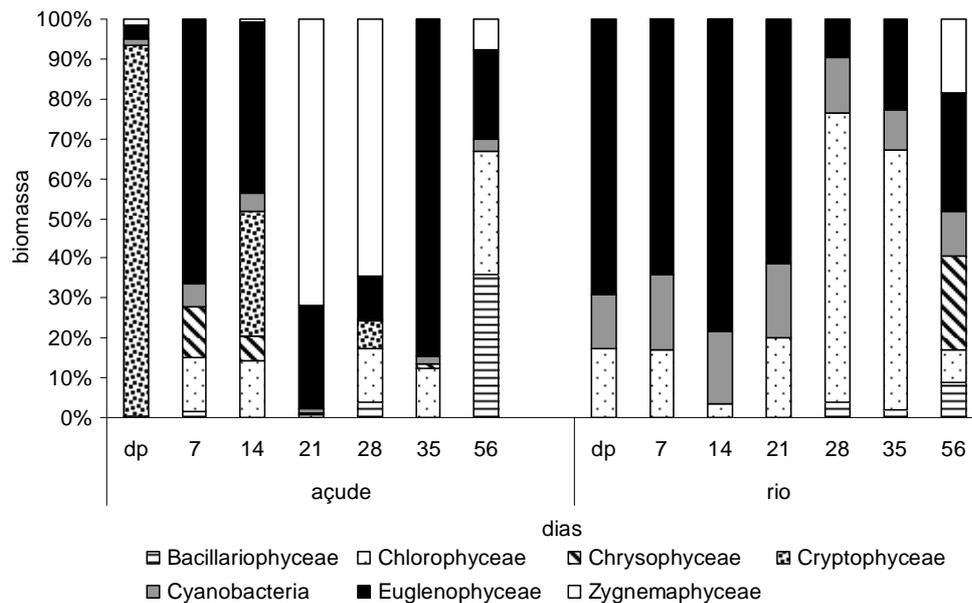


Figura 5 - Biomassa total das classes ($\text{mm}^3\cdot\text{L}^{-1}$) ao longo dos dias nas fontes de açude e rio. Legenda: p: plantio; dp: após o plantio; 7: sete dias após o plantio; 14: quatorze dias após o plantio; 21: vinte e um dias após o plantio; 28: vinte e oito dias após o plantio; 35: trinta e cinco dias após o plantio e 56: cinquenta e seis dias após o plantio.

Durante o estudo, 27 espécies foram consideradas descritoras. Dentre as espécies descritoras para cada tratamento (Tab. 4), *Mougeotia* sp. (36,69%) apresentou maior biomassa relativa nas quadras-açude, enquanto *Spirogyra* sp. (26,38%) foi a espécie mais representativa nas fontes-açude. Nas quadras-rio, *Zygnema* sp. (15,55%) foi a espécie descritora de maior contribuição para a biomassa total, enquanto nas fontes-rio *Cryptomonas ovata* (28,54%) destacou-se.

Tabela 4 - Biomassa relativa (%) das espécies descritoras das quadras-açude (n = 24), quadras-rio (n = 16), fontes-açude (n = 21) e fontes-rio (n = 14).

Classes	Espécies descritoras	Quadras-açude	Fonte-açude	Quadras-rio	Fonte-rio
Bacillariophyceae	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen		1.72		
	<i>Navicula</i> sp.	1.34			
Chlorophyceae	<i>Chlamydomonas planctogloea</i> Skuja				1.39
	<i>Coelastrum astroideum</i> De Notaris	8.86			
	<i>Eutetramorus fotti</i> (Hindák) Komárek			5.24	
	<i>Tetraedron minimum</i> (A.Braun) Hansgirg				0.97
	<i>Cladophora</i> sp.			11.33	
	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> H.C.Wood				1.90
	<i>Mougeotia</i> sp.	36.69			
	<i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehrenberg) Chodat				3.09
Chrysophyceae	<i>Spirogyra</i> sp.		26.38	7.89	
	<i>Dinobryon sertularia</i> Ehrenberg	0.57		1.72	0.94
Cryptophyceae	<i>Synura uvella</i> Ehrenberg	3.52			
	<i>Cryptomonas brasiliensis</i> A.Castro, C.Bicudo & D.Bicudo			0.65	4.07
	<i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja	3.36	14.56	5.53	23.21
Cyanobacteria	<i>Cryptomonas ovata</i> Ehrenberg	0.43	4.66		28.54
	<i>Pseudanabaena catenata</i> Lauterborn	14.24		8.21	
Euglenophyta	<i>Lepocinclis acus</i> (O.F.Müller) Marin & Melkonian			3.43	2.93
	<i>Euglena polymorpha</i> P.A.Dangeard	2.23		6.03	13.11
	<i>Euglena sanguinea</i> Ehrenberg	5.18		11.17	
	<i>Phacus suecicus</i> Lemmermann		2.29		
	<i>Phacus tortus</i> (Lemmermann) Skvortzov	0.13			
	<i>Trachelomonas volvocina</i> (Ehrenberg) Ehrenberg				7.12
	<i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Svirenko	5.48	12.19	7.24	8.12
	<i>Staurastrum borgeanum</i> Schmidle				0.74
Zygnemaphyceae	<i>Bambusina</i> sp. 1	6.23			
	<i>Zygnema</i> sp.	1.87		15.55	
	Biomassa Total (%)	90.1	61.8	84.0	96.1

De uma forma geral, observou-se que as tendências verificadas nas quadras são diferentes das tendências registradas para as fontes irrigadoras (Fig. 6). As quadras irrigadas por açude e por rio apresentam significativamente maiores valores de biomassa e riqueza do que os observados para as respectivas fontes ($p < 0,05$).

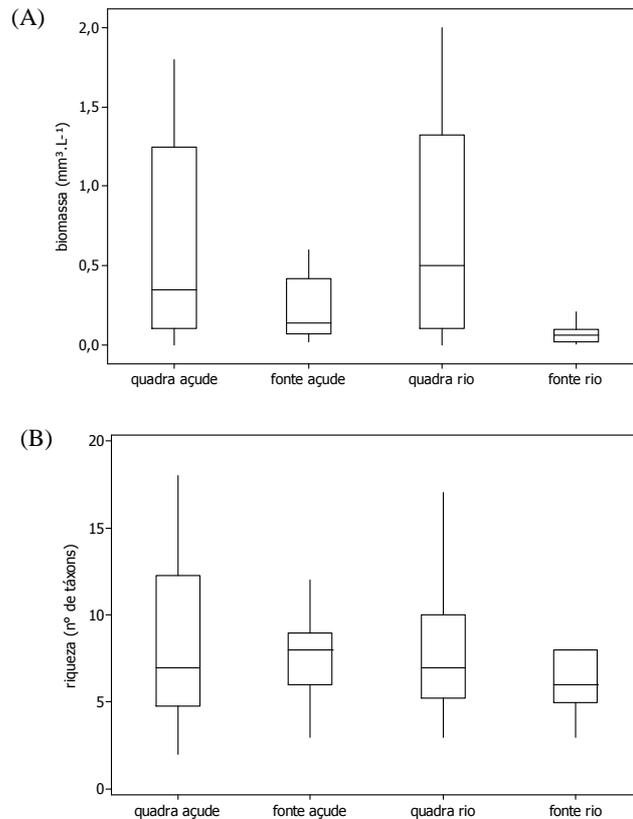


Figura 6 - Boxplot (medianas, quartis) da (A) biomassa total ($\text{mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$) e da (B) Riqueza (nº de táxons) das quadras-açude (n=24), quadras-rio (n=16), fontes-açude (n=21) e fontes-rio (n=14).

DISCUSSÃO

Sistemas de arroz são considerados ecossistemas aquáticos rasos (Fernández-Valiente e Quesada 2004) e como tal a dinâmica dos produtores primários é influenciada pelas condições abióticas do ambiente e interações biológicas. Os resultados do presente estudo demonstraram que houve um desenvolvimento crescente da comunidade fitoplanctônica no período do ciclo do arroz estudado e, ao contrário do que se esperava, o fitoplâncton apresentou maiores valores de biomassa diante do maior desenvolvimento das plantas de arroz. O incremento da biomassa algal ao longo do ciclo de arroz já foi evidenciado em outros estudos (ex.: Mustow 2002, Reynaud e Roger 1978, Bisoyi e Singh 1988).

Numerosas observações em campos experimentais de arroz demonstram alguns fatores que tendem a beneficiar o desenvolvimento do fitoplâncton em arrozais, tais como a

penetração de luz, concentração de nutrientes nas quadras de arroz e o aumento da temperatura presente no meio (Fernández-Valiente e Quesada 2004, Mustow 2002). É sabido que, dentre as condições e recursos necessários ao desenvolvimento destes organismos, a disponibilidade de luz e nutrientes estão entre os requerimentos primários para o sucesso ecológico dos grupos fitoplanctônicos (Reynolds 2006). Contudo, mesmo diante do elevado sombreamento gerado pelo desenvolvimento das plantas de arroz ao término do presente estudo, a biomassa fitoplanctônica elevou-se, sendo possivelmente influenciada pela disponibilidade de nutrientes constantemente alta devido às adubações nas quadras.

Concomitante ao acréscimo de biomassa, registrou-se uma substituição das classes fitoplanctônicas ao longo do estudo. Inicialmente, espécies da classe Euglenophyceae desenvolveram-se nas quadras de arroz sendo substituídas por outras classes, especialmente Zygnemaphyceae e Cyanobacteria, à medida em que as plantas de arroz cresciam. A ocorrência de espécies de Euglenophyceae em sistemas orizícolas é bastante documentada (Alves-Da-Silva e Tamanaha 2008, Zimba et al. 2004, Xavier et al. 2001). Espécies deste grupo são comumente associadas a condições de enriquecimento nutricional e elevados teores de matéria orgânica (Reynolds et al. 2002, Padisák et al. 2009). Contudo, no presente estudo não mantiveram seu desenvolvimento à medida que as plantas de arroz de desenvolveram.

Em um estudo sobre a importância das cianobactérias em quadras de arroz, Fernández-Valiente e Quesada (2004) destacaram que as florações encontradas em condições de baixa luminosidade, indicaram sua ótima adaptabilidade às condições ambientais ali estabelecidas, como o encontrado no presente estudo nas quadras de arroz. Desta mesma forma, o grupo das Zygnemaphyceae possui espécies que são metafíticas e se adaptam à vida associada a plantas (Biolo et al. 2008), justificando o aumento de biomassa observado ao longo do desenvolvimento das plantas de arroz.

A biomassa total das quadras de arroz foi maior que a biomassa total das fontes de irrigação, assim como as espécies descritoras. Estes resultados indicam que o desenvolvimento do fitoplâncton ocorreu independente da fonte irrigadora. Na Tailândia um estudo de Chunleuchanon et al. (2003), também verificou maior diversidade genética do fitoplâncton na faixa de arrozal, do que nos demais ambientes aquáticos estudados. Já no trabalho de Hazarika et al. (2012), a fonte de irrigação do rio contribui para uma maior produtividade do arroz, já que esta fonte apresentava um crescimento menor de algas do que as demais fontes estudadas. No presente estudo, o rio utilizado como fonte irrigadora para parte das quadras de arroz apresentou menor riqueza se comparado às fontes-açude. Contudo,

estudos limnológicos sobre o Rio Gravataí já mencionaram o elevado teor de matéria orgânica e o avançado estado de eutrofização deste ambiente (Salomoni et al. 2007).

As condições e recursos dentro das quadras de arroz parece terem sido as funções de força do desenvolvimento do fitoplâncton no período de estudo, selecionando espécies capazes de sobreviver diante de altas concentrações nutricionais e, ao longo do tempo, aptas ao sombreamento e convivência com as plantas de arroz já desenvolvidas. Tanto a biomassa, quanto a riqueza e a diversidade aumentaram nas quadras estudadas no final do estudo, coincidindo com as datas de abubação. A adubação, aliada à elevação da temperatura, propicia o desenvolvimento de algas. Já a aplicação dos agrotóxicos não desempenhou um papel significativo para a comunidade fitoplanctônica, assim como, nos trabalhos desenvolvidos por Sartori et al. (2011) e Vendrell et al. (2009), no qual o grau de fitotoxicidade proporcionado pelos herbicidas às plantas de arroz não influenciaram o desenvolvimento das microalgas.

Alguns estudos identificaram claramente a presença de dois períodos dentro de um ciclo de cultivo de arroz: quando as plantas ainda são pequenas, a radiação não é limitante ao crescimento do fitoplâncton e algumas variáveis da água sofrem influência da produtividade primária e quando as plantas de arroz formam um intenso dossel, promovendo sombreamento e não há muita oscilação das variáveis químicas da água e a maior ocorrência de grupos fitoplanctônicos adaptados a este novo cenário ambiental (Fernández-Valiente e Quesada 2004).

Em suma, ao contrário do que era esperado, a maior biomassa fitoplanctônica ocorreu diante do desenvolvimento das plantas de arroz, em uma condição sombreada, com a presença de espécies especialistas a estas condições e não foi observada influência da água das fontes irrigadoras na estrutura do fitoplâncton das quadras estudadas. Essas postulações demonstram que o entendimento da dinâmica dos ecossistemas orizícolas e da biota associada, incluindo a comunidade do fitoplanctônica, são importantes não só devido às perdas econômicas que as florações fitoplanctônicas podem ocasionar, mas também devido ao importante papel ecológico que desempenha neste tipo de ecossistema.

REFERÊNCIAS

- Ali, A. B. Seasonal dynamics of microcrustacean and rotifer communities in Malaysian rice fields used for rice-fish farming. *Hydrobiologia*. 1990. Volume 206, Number 2, 139-148.
- Alves-Da-Silva, S.M e Tamanaha, M.S. Ocorrência de Euglenophyceae pigmentadas em rizipiscicultura na Região o Vale do Itajaí, SC, Sul do Brasil. *Acta bot. bras.* 2008. 22(1): 145-163.
- Ariosa, Y.; Carrasco, D.; Leganés, F.; Quesada, A. e Fernández-Valiente, E. Development of cyanobacterial blooms in Valencian rice fields. *Biol Fertil Soils*. 2004. 41: 129–133.
- Biolo, S.; Siqueira, N. S. e Bueno, N.C. Desmidiaceae (exceto Cosmarium) de um tributário do Reservatório e Itaipu, Paraná, Brasil. *Hoehnea*. 2008. Vol.35(2). P. 309-326.
- Bisoyi, R. N. e Singh, P. K. Effect of Seasonal Changes on Cyanobacterial Production and Nitrogen-Yield. *Microbial Ecology*. 1988. Vol. 16, No. 2. p. 149-154.
- Chunleuchanon, S.; Sooksawang, A.;Teaumroong, N. e Boonkerd, N. Diversity of nitrogen-fixing cyanobacteria under various ecosystems of Thailand: population dynamics as affected by environmental factors. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*. 2003 .Vol. 19: 167–173.
- Diaz-Pulido, G e Mccook, L.J. Effects of nutrient enhancement on the fecundity of a coral reef macroalga. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 2005. Volume 317, Issue 1, Pages 13-24.
- Fernández-Valiente, E. e Quesada, A. A shallow water ecosystem: rice-fields. The relevance of cyanobacteria in the ecosystem. *Limnetica*. 2004. Departamento de Biología. Universidad Autónoma de Madrid, vol.23(1-2): 95-108.
- Frei, M. e Becker, K. Integrated rice-fish culture: Coupled production saves resources. *Natural Resources Fórum*. 2005. Volume 29, Issue 2, pages 135–143.
- Fujioka, M. e Lane, S.J. The impact of changing irrigation practices in rice fields on frog populations of the Kanto Plain, central Japan. *Ecological Research* . 1997. Volume 12, Number 1, 101-108
- Furtado, R.D. e Luca, S.J. Técnicas de cultivo de arroz irrigado: Relação com a qualidade de água, protozoários e diversidade fitoplanctônica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2003. v.7, n.1, p.165-172.
- Ghosh e Ravi Bhat. Environmental hazards of nitrogen loading in wetland rice fields. *Environmental Pollution* . 1998. Volume 102, Issue 1, Supplement 1, Pages 123–126.
- Hammer, O; Harper, D.A.T. e Ryan, P.D. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*. 2001.4(1):9pp.

- Hillebrand H., Dürseken D., Kirschiel D., Pollinger, U. e Zohary, T. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *Journal of Phycology*. 1999. 35: 403-424.
- Hazarika, D.; Duarah, I. e Barukial, J. An ecological assessment of algal growth with particular reference to blue-green algae from upper Brahmaputra valley of Assam . *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*. 2012.vol. 2 (3), p. 29-35.
- Lund, J.W.G., Kipling, C. e Lecren, E.D. The invert microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiologia*. 1958.11: 143-170.
- Marchezan, E.; Garcia, G. A.; Camargo, E.R.; Massoni, P.F.S.; Arosemena, D.R. e Oliveira, A.P.B.B. Manejo da irrigação em cultivares de arroz no sistema pré-germinado. Manejo da irrigação em cultivares. *Ciência Rural*. 2007. Santa Maria, v.37, n.1, p. 45-50.
- Marchezan. E., Segabinazzi, T.; Marzari, V.;Villa, S.C.C. e Ávila, L.A. Manejo da adubação do arroz irrigado em sistema pré-germinado na produtividade e perda de nutrientes através da água de drenagem inicial. *Ciência Rural*. 2001. Santa Maria, v.31, n.5, p.877-879.
- Marques, C.R.; Abrantes, N.; Figueiredo, D.R.; Pereira, M.J. e Gonçalves, F. Are *Pseudokirchneriella subcapitata* and *Chlorella vulgaris* Affected by Environmental Samples from a Rice Field? *Water Air Soil Pollut*. 2007. 189:49–59.
- Mustow, S.E. 2002. The effects of shading on phytoplankton photosynthesis in rice–fish fields in Bangladesh. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 90, 89–96.
- Nishimura, Y.; Ohtsuka, T; Yoshiyama, K.; Nakai, D.; Shibahara, F. e Maehata, M. Cascading effects of larval Crucian carp introduction on phytoplankton and microbial communities in a paddy field: top-down and bottom-up controls. *Ecol Res*. 2011. 26: 615–626.
- Resgalla Jr, C.; Noldin, J.A; Tamanaha,M.S.; Deschamps, F.C; Eberhardt, D.S. e Rorig, L.R. Risk analysis of herbicide quinclorac residues in irrigated rice areas, Santa Catarina, Brazil. *Ecotoxicology*. 2007. 16:565–571.
- Reynaud, P. A. e Roger, P. A.. N₂-Fixing Algal Biomass in Senegal Rice Fields. *Ecological Bulletins*. 1978. No. 26. p. 148-157.
- Reynolds, C. S. *Ecology Of Phytoplankton*. Cambridge: Cambridge University Press. 2006. 535 P.
- Ros, J. *Práctica De Ecología*. Barcelona: Omega. 1979. 181 Pp.
- Rubbo, M.; Marquezan, R.G; Caicedo, N.L. e Leão, M.I. Diagnóstico Quali-Quantitativo do Aquífero Freático da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí/RS. *Águas Subterrâneas*. 2002. São Paulo, Brasil.
- Salomoni1, S.E.; Rocha, O.e Leite, E. H. Limnological Characterization of Gravataí River, Rio Grande do Sul State, Brazil. *Acta Limnol. Bras*. 2007. 19(1):1-14.

Sartori, G.M.S.; Marchesan, E.; Luz, D.S; Cassol, A.P.V.; Figueiredo, M.C.S.; Oliveira, M.A.; Silveira, M.V.E. e Ferreira, R.B. Manejo da adubação e seus efeitos na ocorrência de algas e na produtividade de arroz irrigado em áreas com residual de imidazolinonas. Manejo da adubação e seus efeitos na ocorrência. *Ciência Rural*. 2011. Santa Maria, v.41, n.8, p.1323-1330.

Shannon, C.E. e Weaver, W. *The mathematical theory of communication*. Urbana: University of Illinois Press. 1963. 173 p.

Silva, D. R. O.; Ávila, L. A.; Agostinetto, D. E Bundt, A.D.C. Ocorrência de agrotóxicos em águas subterrâneas de áreas adjacentes a lavouras de arroz irrigado. Departamento de Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Campus de Capão do Leão, 96010-900 Pelotas - RS, Brasil. *Quim. Nova*. 2011 .Vol. 34, No. 5, p. 748-752.

Simpson, E.H. Measurement of diversity. *Nature*. 1949. 163: 688.

Stenert, C.; Bacca, R.C.; Maltchik, L. e Rocha, O. Can hydrologic management practices of rice fields contribute to macroinvertebrate conservation in southern Brazil wetlands? *Hydrobiologia* . 2009. Volume 635, Number 1, 339-350.

Suárez-Serrano, A.; Ibáñez, C.; Lacorte, S. e Barata, C. Ecotoxicological effects of rice field waters on selected planktonic species: comparison between conventional and organic farming. *Ecotoxicology*. 2010.19:1523–1535.

Tedesco, M.J.; Gianello, C.; Bissani, C.A.; Bohnen, H. e Volkweiss, S.J. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

Ütermöhl, H.. Zur Vervollkommnung der quantitative Phytoplankton: Methodik Mitteilung Internationale Vereinigung Theoretische und Angewandte Limnologie. 1958. 9: 1-38.

Van Den Hoeck, C., Mann, D.G. e Jahns, H.M. *Algae: an introduction to phycology*. Cambridge University, Cambridge. 1995. 627p.

Vasconcelos, T.; Tavares, M. e Gaspar, N. Aquatic plants in the rice fields of the Tagus Valley, Portugal. *Hydrobiologia*. 1999. Volume 415, Number 0, 59-65.

Vendrell E.; Ferraz D.; Sabater C. e Carrasco J. Effect of Glyphosate on Growth of Four Freshwater Species of Phytoplankton: A Microplate Bioassay. *Bull Environ Contam Toxicol* . 2009. 82:538–542.

Zimba, P.V.; Rowan, M. e Trimer, R. Identification of euglenoid algae that produce ichthyotoxin (s). *Journal of Fish Diseases* . 2004. 27: 115-117.

Walter, M.; Marchezan, E e Ávila, L.A. Arroz: composição e características nutricionais. 1184 Walter. *Ciência Rural*. 2008. Santa Maria, v.38, n.4, p.1184-1192.

Weber, L.; Marchezan, E.; Carlesso, R. e Marzari, V. Cultivares De Arroz Irrigado e nutrientes na água de drenagem em diferentes sistemas de cultivos. *Cultivares de arroz*

irrigado. *Ciência Rural*. 2003. Santa Maria, v.33, n.1, jan-fev, p.27-33.

Xavier, M.B.; Mainardes-Pinto, C.S.R. e Akino, M. *Euglena sanguinea* bloom in a fish-breeding tank (Pindamonhangaba, São Paulo, Brazil). *Algological Studies*. 1991. 62: 133-142.