

Microalgas em cultura de arroz: influência de diferentes manejos de adubação em áreas com residual de herbicidas (imidazolinonas)

Ana Paula Vestena Cassol¹, Maria Angélica Oliveira¹, Maria Carolina dos Santos Figueiredo¹, Daniéli Sául da Luz², Gerson Meneghetti Sarzi Sartori³ & Enio Marchesan³

¹Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia, Av. Roraima 1000, Santa Maria, RS, CEP 97105-900. aninhacassol@hotmail.com; angelicaoliveira@yahoo.com; mkrollfigueiredo@yahoo.com.br;

²Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Programa de Pós-Graduação em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Av. Itália Km 8, Carreiros, Rio Grande, RS. dani_saul@hotmail.com.

³Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Av. Roraima 1000, Santa Maria, RS, CEP 97105-900. gersonmss@yahoo.com.br; eniomarchesan@gmail.com.

Recebido em 11.X.2012. Aceito em 18.XII.2013

RESUMO – O trabalho objetivou avaliar a influência de diferentes formas de adubação em arroz irrigado sobre a composição das comunidades de algas epifíticas e fitoplanctônicas em áreas com residual de herbicidas do grupo químico das imidazolinonas. O delineamento experimental abrangeu dez tratamentos que consistiram em diferentes formas de adubação e testemunho, em duas cultivares de arroz, sendo uma delas não tolerante ao herbicida. Ao total foram identificadas de 93 espécies para o epifiton e 151 para o fitoplâncton. Não foram observadas diferenças na composição taxonômica e densidades celulares entre os diferentes manejos de adubação, porém houve aumento da densidade celular no epifiton e no fitoplâncton com a maior incidência de radiação solar devido ao menor desenvolvimento da cultivar não tolerante ao residual do herbicida.

Palavras chave: agroecossistema, epifiton, fitoplâncton.

ABSTRACT – **Microalgae in paddy rice fields: influence of different fertilization treatments in areas with residual herbicides of the imidazolinone group.** The study evaluated the effect of different fertilization treatments in paddy rice fields on the community composition of epiphytic and planktonic algae in areas with residual herbicides of the imidazolinone group. The experiment consisted of ten treatments of different forms of fertilization and a control in two rice cultivars, one tolerant and one non-tolerant to the herbicide. Were identified 93 species for the epiphyton and 151 for the phytoplankton. No significant differences were found in taxonomic composition and cell density among the treatments, but there was an increase in epiphytic and phytoplanktonic cell density with increased solar radiation towards the end of the crop cycle due to slower growth of the non-tolerant cultivar residual herbicides.

Keywords: agroecosystems, epiphyton, phytoplankton.

INTRODUÇÃO

A lavoura de arroz pode ser considerada um agroecossistema temporariamente aquático, pois passa grande parte de seu cultivo inundada, sendo drenada na colheita e entressafra e devido às práticas agrícolas, passa por rápidas transformações físicas, químicas e biológicas (Roger, 1996). Serve como habitat temporário para bactérias, algas, plantas aquáticas e diversas espécies de vertebrados e

invertebrados constituindo uma grande diversidade biológica (Bambaradeniya *et al.* 2004).

Dentre as práticas aplicadas no cultivo, encontra-se a adubação com minerais, que possui o objetivo de fornecer às plantas, nutrientes que o ambiente não disponibiliza o suficiente para elevar a produtividade, além do uso de herbicidas, em especial do grupo químico das Imidazolinonas, que controlam um grande número de espécies de plantas daninhas em arroz irrigado. No entanto, após o

cultivo pode haver persistência destes herbicidas no solo, causando fitotoxicidade em culturas sucessoras (Kraemer *et al.* 2009). Essa redução no crescimento das plantas pode proporcionar maior penetração de radiação solar no interior do dossel, o que segundo Mustow (2002), favorece o desenvolvimento de diversos tipos de algas na cultura. Algas filamentosas e epifíticas podem ser prejudiciais na fase de germinação devido à competição por luz, no entanto, as microalgas juntamente com as macrófitas, participam da biomassa fotossintética aquática desempenhando um papel importante na ciclagem de nutrientes, no fornecimento de matéria orgânica para o solo nesses agroecossistemas, além de promover a fixação biológica de nitrogênio realizada pelas cianobactérias. A composição e estrutura destas comunidades aquáticas são fortemente influenciadas por fatores climáticos como luz e temperatura, fatores do solo como pH, fatores bióticos como pressão de pastejo, além das práticas agrônômicas como uso de fertilizantes e agrotóxicos (Roger, 1996).

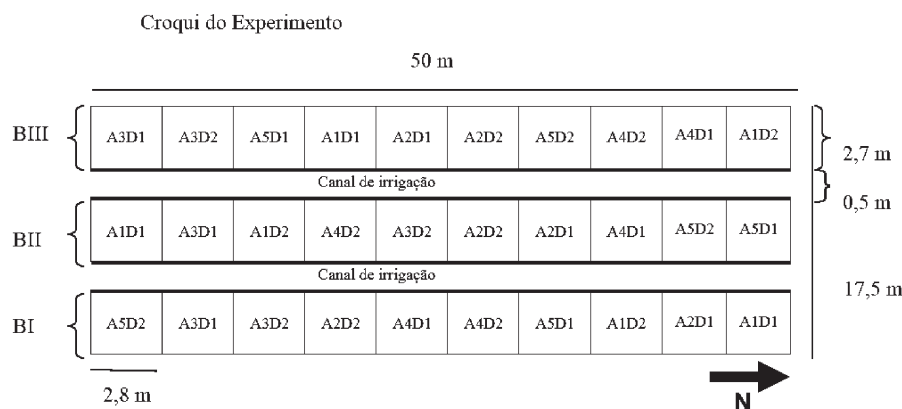
A biodiversidade de algas em lavouras de arroz foi estudada por Roger, 1996; Pereira *et al.*, 2000; Bambaradeniya *et al.*, 2004 e Alves da Silva & Tamanaha, 2007. Da mesma forma, o efeito das diferentes práticas agrícolas em comunidades planctônicas e vertebrados, como peixes, é pouco

conhecido podendo-se destacar os trabalhos de Furtado & Lucca, 2003; Resgalla Jr. *et al.*, 2007, Rodrigues *et al.*, 2011, Das *et al.*, 2011 e Mondol *et al.*, 2013.

O trabalho objetivou testar a hipótese de que existem alterações na composição e densidade de comunidades epifíticas e fitoplanctônicas da cultura de arroz irrigado em áreas com residual de imidazolinonas em manejos de adubação onde maiores quantidades de nutrientes estejam disponibilizadas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em área de várzea com residual de herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil (latitude: 29° 43'23" S, longitude: 53° 43'15" W e altitude: 95m), durante os anos agrícolas de 2009 e 2010. O delineamento experimental constituiu-se de blocos ao acaso em esquema bifatorial (5x2) com três repetições, sendo que as unidades experimentais mediram 10,8m², contendo dez tratamentos separados por taipas de 2 m de distância (Fig.1).



Amostragem de microalgas

	Data de coleta	Nº de amostras de Fitoplâncton	Nº de amostras de Epifiton
15° DAI	22 de janeiro de 2010	10 amostras X 3 Blocos	10 amostras X 1 Bloco
21° DAI	29 de janeiro de 2010	10 amostras X 3 Blocos	10 amostras X 1 Bloco
84° DAI	01 de abril de 2010	10 amostras X 3 Blocos	10 amostras X 1 Bloco

* DAI: dia após a irrigação.

Fig. 1. Delineamento experimental nos anos de 2009 e 2010, Santa Maria, RS. Fator A – Adubação; A1: adubação de base N, P e K na linha incorporada ao solo no momento da semeadura e com nitrogênio por ocasião da entrada da água; A2: adubação em superfície aplicada ao solo no momento da semeadura e com nitrogênio por ocasião da entrada da água; A3: adubação em superfície aplicada por ocasião da entrada da água; A4: sem adubação e com nitrogênio por ocasião da entrada da água e A5: sem adubação e sem nitrogênio (testemunho). Fator D – Cultivar; D1 – Cultivar IRGA 417; D2 – Cultivar IRGA 422 CL. Cada parcela foi cercada por taipas de 2 m de largura e 50 cm de altura.

A semeadura foi realizada no dia 09 de dezembro de 2009, em linhas com espaçamento de 0,17 m, utilizando 90 kg/ha de sementes tratadas com inseticida Fipronil e fungicida composto por Carboxina e Tiram nas doses 125 e 250 ml para 100 Kg de semente, respectivamente. A quantidade de adubo NPK aplicada foi 300 kg/ha da fórmula 5-20-30, sendo N = 15 Kg/ha, P = 60 Kg/ha e K = 90 Kg/ha. A adubação na linha foi realizada com uma semeadora adubadora de parcelas por ocasião da semeadura e em superfície a adubação foi aplicada a lanço. A adubação nitrogenada em cobertura foi de 70kg/ha na entrada da água (7 de janeiro de 2010) no estádio da cultura V3/V4 e 35kg/ha no estádio de iniciação do primórdio floral (R0) segundo escala de Counce *et al.* (2000). O controle de plantas daninhas foi realizado antes da entrada da água com o herbicida Bispyribac-sodium na dose de 125 ml/ha.

A radiação solar incidente no dossel da cultura foi avaliada através de Sensor de Radiação Solar (modelo LI-191 Line Quantum Sensor) e os dados registrados em *data logger* (modelo LI -1400).

Para as avaliações de fitoplâncton e epifiton foram realizadas amostragens de material em três datas (Fig.1) em função dos efeitos fitotóxicos do residual dos herbicidas nas plantas de arroz. De acordo com Kraemer *et al.* (2009), esse efeito ocorre em torno de até três a quatro semanas após a irrigação da área. Nesse sentido, foram escolhidas duas datas (15 e 21 DAI - dias após a irrigação) para verificar a influência da fitotoxicidade causada pelo herbicida na estrutura e composição das comunidades de algas. Além disso, aos 15° e 21° DAI as plantas se encontravam nos estádios iniciais de desenvolvimento, o que favorece maior incidência de radiação solar no interior do dossel podendo interferir também na estrutura e composição das algas. A terceira amostragem foi realizada no 84° DAI quando as plantas se encontram na fase de antese, um estádio mais avançado do seu desenvolvimento onde os efeitos da toxicidade já não se fazem presentes, permitindo a comparação com as épocas anteriores de maior suscetibilidade aos efeitos tóxicos dos residuais.

A amostragem do epifiton foi realizada em apenas um bloco experimental, através da retirada de folhas e colmos submersos da planta do arroz (*Oryza sativa* Linnaeus), usada como substrato natural, da qual o material aderido foi raspado com pinça e jatos de água destilada e a área superficial colonizada foi medida. As coletas de fitoplâncton consistiram na passagem de um frasco de 100 ml na sub-superfície da coluna d'água dos três blocos. Ambas as amostras

foram fixadas após a coleta com formalina 4%.

As análises quantitativas do perifiton e do fitoplâncton foram realizadas utilizando a técnica de Utermöhl (1958), através de microscópio invertido Motic, modelo AE21, com aumento de 400 vezes. O número de campos foi definido pela contagem de ao menos 100 células da espécie mais abundante. As espécies abundantes e dominantes foram determinadas conforme o critério de Lobo & Leighton (1986), a identificação taxonômica a nível genérico seguiu Bicudo & Menezes (2006) e para espécie foram utilizadas bibliografias específicas. O material examinado foi tombado no Herbário da Universidade Federal de Santa Maria (SMDB) pertencente ao Departamento de Biologia em Santa Maria, RS, Brasil.

Os resultados de radiação solar incidente e densidade de células foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. As análises foram realizadas no software Action versão 2.3.

Com o objetivo de produzir uma representação gráfica das relações de abundância entre as espécies identificadas e os diferentes tratamentos, os dados foram ordenados através da Análise de Correspondência Destendenciada (DCA – Detrended Correspondence Analysis) (Hill & Gauch, 1980). O programa utilizado foi PC-ORD, versão 4.0 para Windows (McCune & Mefford, 1999). Os dados de densidades de células da comunidade fitoplanctônica e epifítica foram transformados por $\log(x+1)$, no programa FITOPAC, (Shepherd, 1996).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As coletas de microalgas na área experimental resultaram em um total de 120 amostras, sendo 30 epifíticas e 90 fitoplanctônicas. A incidência de radiação solar, apresentada na Tabela 1, mostrou um decréscimo durante o ciclo da cultura devido ao sombreamento causado pela ampliação da cobertura (dossel) do arroz.

Quando comparadas as datas de coleta, o 15° DAI apresentou os maiores índices de radiação solar para todos os tratamentos em relação às demais datas. Também foram observados maiores valores de incidência para a cultivar IRGA 417 em todas as épocas de avaliação devido ao menor desenvolvimento das plantas, resultado da fitotoxicidade causada pelo residual das imidazolinonas (Kraemer *et al.*, 2009), já que esta cultivar não é tolerante a este

grupo de herbicidas. Entre os manejos de adubação houve maior incidência de radiação no tratamento A5 (testemunha) provavelmente devido ao menor desenvolvimento da cultura pela falta de nutrientes (Tab.1). Em cultivo de arroz associado à criação de peixe em águas costeiras salobras, na Índia, a

quantidade de luz incidente também foi o fator que mais influenciou no crescimento de algas nas zonas entre marés, já que essa em movimento mantinha o ambiente exposto à luz. A maior concentração de algas promoveu consequentemente a melhora na produção de peixes (Bhaumik *et al.*, 2013).

Tabela 1. Radiação solar no interior do dossel, expressa em % da quantidade incidente na superfície do dossel das plantas de arroz irrigado. Santa Maria, RS. 2012.

Tratamentos	Radiação solar incidente % ²		
	15° DAI	21° DAI	84° DAI
A1*	56,0 b ¹	43,4 b	5,7 ab
A2	62,4 b	39,0 bc	3,8 b
A3	61,1 b	36,7 bc	3,8 b
A4	66,9 b	29,6 c	4,7 b
A5	90,6 a	60,9 a	7,7 a
		Cultivar	
IRGA 417	85 a	62 a	7 a
IRGA 422 CL	50 b	22 b	4 b
Média			
CV (%)	14	21,9	35

*A1: adubação de base N, P e K na linha incorporada ao solo no momento da semeadura e com nitrogênio por ocasião da entrada da água,

A2: adubação em superfície aplicada ao solo no momento da semeadura e com nitrogênio por ocasião da entrada da água,

A3: adubação em superfície aplicada ao solo por ocasião da entrada da água e com nitrogênio,

A4: sem adubação e com nitrogênio por ocasião da entrada da água,

A5: sem adubação e sem nitrogênio (testemunha).

¹Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste Tukey $p \leq 0,05$.

²Avaliação realizada na entre linha da semeadura, na altura de 10 cm a cima da lâmina de irrigação.

Na figura 2, encontram-se as densidades de células cm^{-2} do epifiton. Na figura 3 encontram-se a média da densidade dos três blocos do fitoplâncton (células ml^{-1}). Embora estejam em diferentes unidades é possível perceber que há aumento na densidade total das comunidades epifítica e fitoplanctônica para a cultivar IRGA 417 na maioria dos tratamentos, no entanto os valores de cada tratamento não mostraram diferença significativa quando testados pelo teste de Friedman ($p > 0,05$). Mustow, 2002 também observou aumento da produtividade primária aquática quando ampliada a área de incidência de radiação solar devido ao aumento do espaçamento entre as plantas de arroz, confirmando assim, a interferência do

sombreamento para as comunidades de microalgas. Desta forma as parcelas que continham a cultivar IRGA 422CL, resistente ao residual do herbicida, mostraram condições menos favoráveis ao aumento da densidade celular. A testemunha mostrou-se como o segundo tratamento com os maiores valores de densidade nas três datas do fitoplâncton, o que pode ser resultado da maior incidência de radiação solar (Tab.1). Este resultado é similar ao descrito por Sartori *et al.* (2011), cujo trabalho demonstrou que a quantidade de nutrientes disponível na água das parcelas testemunhas é suficiente para o desenvolvimento das algas.

Densidade total do Epifiton

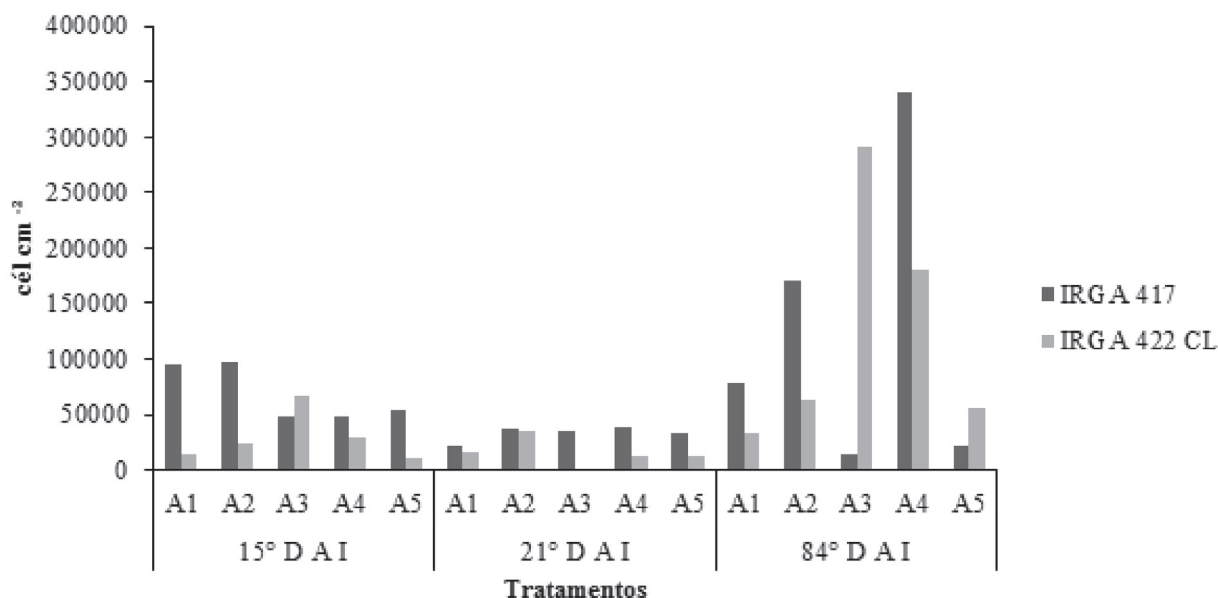


Fig. 2. Comparação dos tratamentos (sem diferença significativa $p < 0,05$) entre as densidades totais dos blocos da comunidade epifítica entre os manejos (células cm^{-2}) em arroz irrigado, Santa Maria, RS, 2012. A1: adubação de base N, P e K na linha incorporada ao solo no momento da semeadura e com nitrogênio por ocasião da entrada da água; A2: adubação em superfície aplicada ao solo no momento da semeadura e com nitrogênio por ocasião da entrada da água; A3: adubação em superfície aplicada ao solo por ocasião da entrada da água e com nitrogênio; A4: sem adubação e com nitrogênio por ocasião da entrada da água e A5: sem adubação e sem nitrogênio (testemunha).

Densidade Total do Fitoplâncton

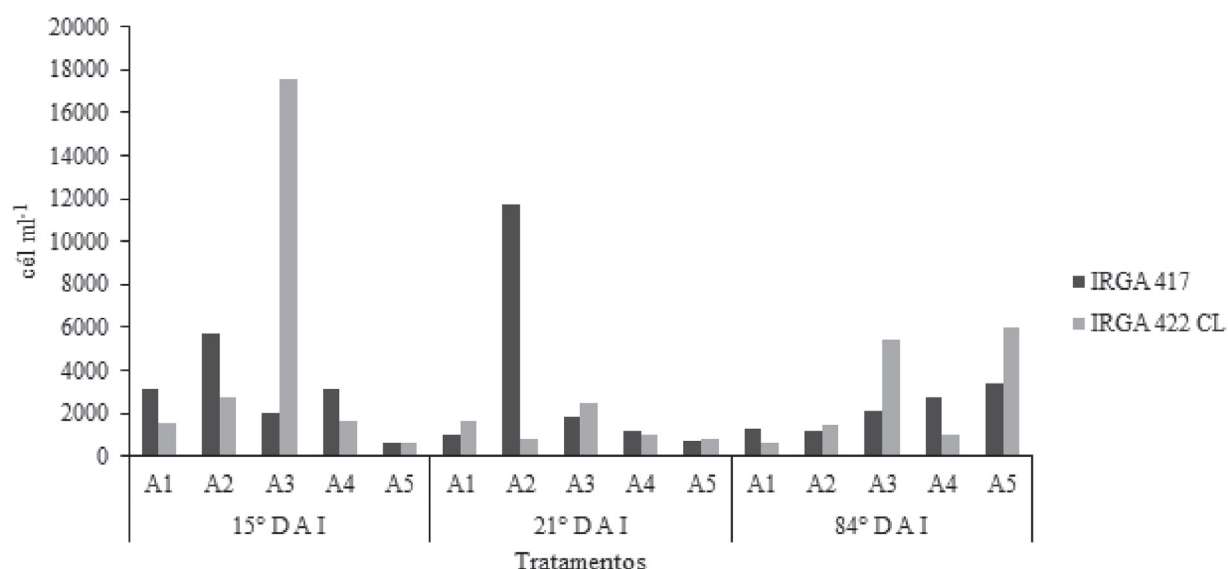


Fig. 3. Comparação dos tratamentos (sem diferença significativa $p < 0,05$) entre a média da densidade total nos três blocos onde foram amostrados o fitoplâncton (células ml^{-1}) em arroz irrigado, Santa Maria, RS, 2012. A1: adubação de base N, P e K na linha incorporada ao solo no momento da semeadura e com nitrogênio por ocasião da entrada da água; A2: adubação em superfície aplicada ao solo no momento da semeadura e com nitrogênio por ocasião da entrada da água; A3: adubação em superfície aplicada ao solo por ocasião da entrada da água e com nitrogênio; A4: sem adubação e com nitrogênio por ocasião da entrada da água e A5: sem adubação e sem nitrogênio (testemunha).

A figura 4 apresenta a riqueza de espécies de microalgas. Dentre as classes encontradas no presente estudo, *Chlorophyceae* foi a que apresentou a maior riqueza específica, tanto para o epifiton quanto para o fitoplâncton. O estudo de Mondol *et al.* (2013) também descreveu as classes *Chlorophyceae* seguida de *Bacillariophyceae* e *Euglenophyceae* como os grupos mais dominantes em lavouras de arroz na Índia.

A análise qualitativa do material epifítico revelou a presença de 93 espécies, distribuídas em oito classes (Fig. 4). Os resultados de densidade do epifiton do 15° DAI mostram números elevados para o gênero *Oedogonium* Link *ex* Hirn em todos os tratamentos se comparados à densidade das demais espécies, na qual *Oedogonium* sp. foi abundante em todas as amostras e dominante em 50% delas. A espécie *Ulothrix* sp. também foi abundante em 60% das amostras exceto no tratamento A1.

No 21° DAI, *Oedogonium* sp. continua como abundante em todos os tratamentos dominando em 90% das amostras. Segundo Schneider & Lindström (2011) o gênero *Oedogonium* está associado a ambientes eutrofizados e a lavoura de arroz é passível de eutrofização devido à grande carga de nutrientes empregados na cultura, além do grande fluxo de matéria orgânica alóctone e autóctone (Rodrigues *et al.*, 2011).

Em arrozais do Chile, Pereira *et al.* (2000) também encontraram algas filamentosas como *Oedogonium* e

Spirogyra Link, as quais foram consideradas como prejudiciais à cultura do cereal, juntamente com *Nitella acuminata* A. Braun *ex* Wallman e *Chara braunii* C.C. Gmelin, pois ao proliferarem competem por nutrientes e luz com as plantas da cultura.

A pequena contribuição em densidade das diatomáceas no epifiton pode ter sido devida à baixa turbulência presente no agroecossistema, uma vez que estas estão associadas à maior correnteza do ambiente (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2008). Crosseti *et al.* (2007) também relatam a maior riqueza de diatomáceas em períodos de maior turbulência no sistema lagoa banhado do Taim, RS e cianobactérias em períodos de águas mais calmas.

Os resultados do 84° DAI mostram uma redução nas densidades de espécies do gênero *Oedogonium*, pois estas passam a ser abundantes em 50% das amostras, não sendo apenas no tratamento A4. *Spirogyra* sp. foi abundante em 80% das amostras e dominante em 20%, enquanto que *Dolichospermum* sp. foi abundante em 60% e dominante também em 20% delas. O desenvolvimento de *Spirogyra* e *Dolichospermum* (Ralfs *ex* Bornet & Flahault) P. Wacklin, L. Hoffmann & J. Komárek caracteriza a associação do pseudoperifiton, uma vez que esses organismos estão frouxamente aderidos à comunidade epifítica vivendo sem se fixar ao substrato (Bellinger & Sigeer, 2010).

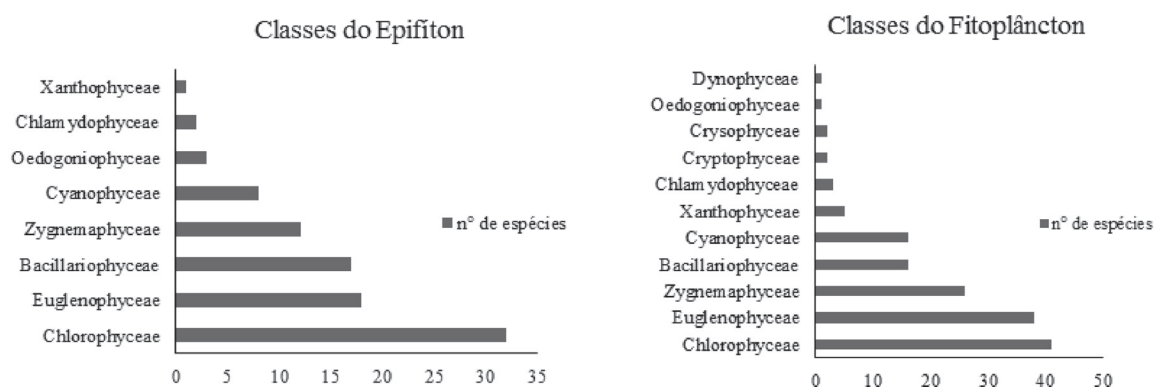


Fig. 4. Número de táxons presentes em cada classe na comunidade epifítica e na comunidade fitoplânctônica na cultura do arroz irrigado (Santa Maria, RS, 2012).

A Análise de Correspondência DCA para a comunidade epifítica (Fig. 5) mostrou que não houve influência dos manejos de adubação na composição da comunidade. Foi possível observar uma forte influência da escala temporal na ordenação das

unidades amostrais, uma vez que estão ordenadas pela data de coleta. À direita do eixo 1 estão reunidas as amostras do 84° DAI associadas às espécies das classes *Chlorophyceae*, *Zygnemaphyceae* e *Euglenophyceae* que obtiveram os maiores valores

de densidade nesta data. Ao lado esquerdo do eixo 1 encontram-se reunidas as amostras do 15° DAI associadas às maiores densidades da espécie *Ulothrix* sp.1 e do 21° DAI associada à espécie *Zygnema* sp. que apresentou elevados valores de densidade em parte das amostras.

As densidades totais de cada tratamento foram comparadas pelo teste de Friedman e não apresentaram diferença significativa entre elas e entre as cultivares utilizadas ($p < 0,05$).

A análise qualitativa do material fitoplânctônico resultou na presença de 151 espécies distribuídas em 11 classes (Fig. 4). As amostras do 15° DAI

revelaram a presença em elevada densidade da classe *Chlamydomphyceae* em todos os tratamentos, sendo que a espécie *Eudorina elegans* Ehrenberg foi abundante em 83% de um total de 90 amostras e dominante em 20%, enquanto que *Pandorina morum* (O. F. Müller) Bory de Saint-Vincent foi abundante em 63% e dominante em 7% das amostras. Também foram abundantes *Euglena acus* (O.F.Müller) Ehrenberg, *E. elastica* Prescott, *E. sanguinea* Ehrenberg e *Trachelomonas volvocina* Ehrenberg, além de *Dolichospermum* sp., *Aphanocapsa* sp., *Chroococcus* sp.1 e *Merismopedia* sp. porém em menor número de amostras.

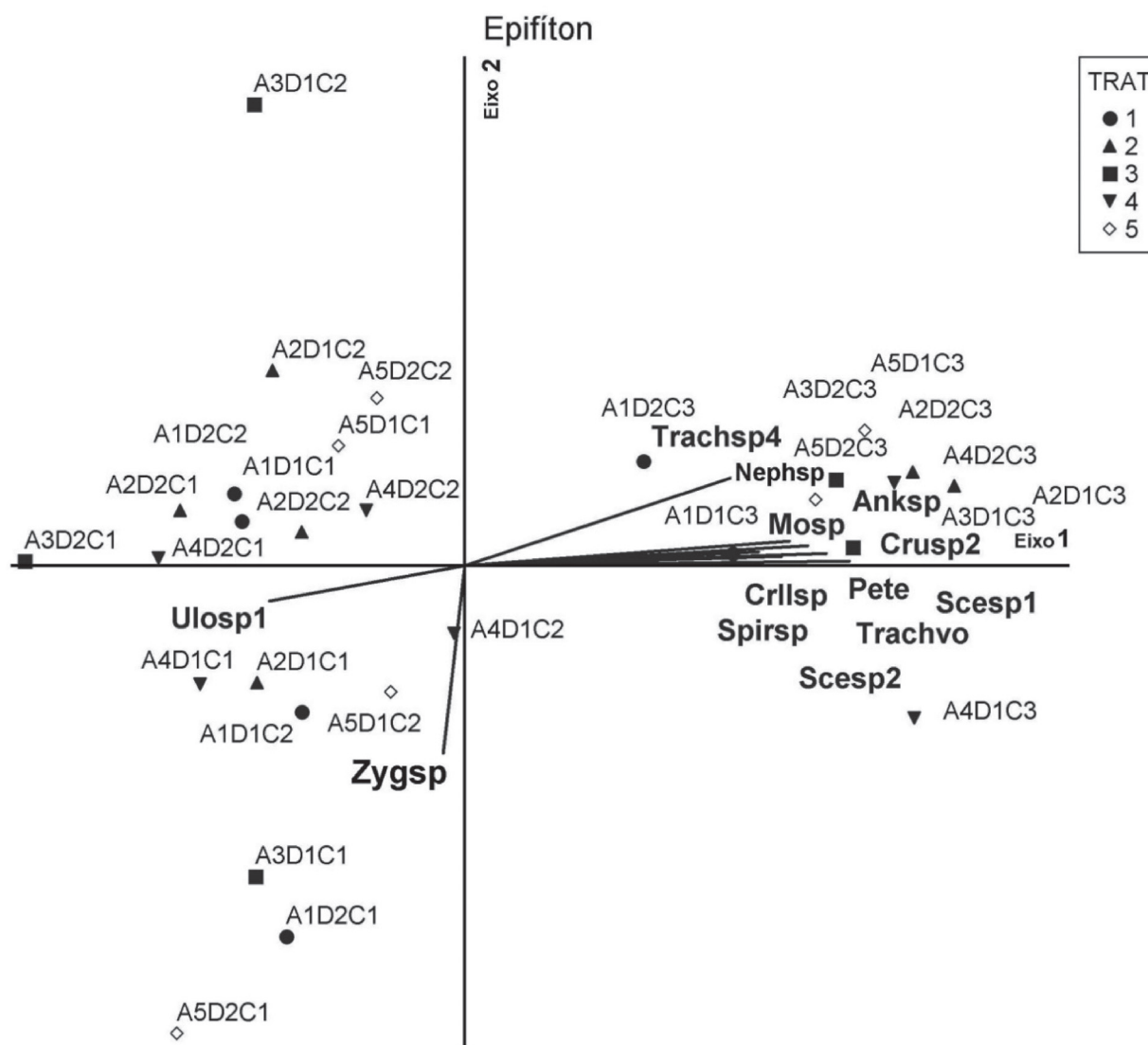


Fig. 5. Diagrama de dispersão (DCA) mostrando a relação das espécies epifíticas com os tratamentos testados na cultura do arroz irrigado, Santa Maria, RS, 2012.; Ulosp1: *Ulothrix* sp.1; Zygs sp: *Zygnema* sp.; Crllsp: *Crucigeniella* sp.; Crusp2: *Crucigenia* sp.2; Spirsp: *Spirogyra* sp.; Nephsp: *Nephrocytium* sp.; Trachvo: *Trachelomonas volvocina*; Trachsp4: *Trachelomonas* sp.4; Scesp1: *Scenedesmus* sp.1; Scesp2: *Scenedesmus* sp.2; Pete: *Pediastrum tetras*; Mosp: *Monoraphidium* sp.; Anksp: *Ankistrodesmus* sp.; .A1: adubação de base N, P e K na linha incorporada ao solo no momento da sementeira e com nitrogênio por ocasião da entrada da água; A2: adubação em superfície aplicada ao solo no momento da sementeira e com nitrogênio por ocasião da entrada da água; A3: adubação em superfície aplicada ao solo por ocasião da entrada da água e com nitrogênio; A4: sem adubação e com nitrogênio por ocasião da entrada da água e A5: sem adubação e sem nitrogênio (testemunho). C1: 15° DAI; C2: 21° DAI e C3: 84° DAI.

Segundo Reynolds (2006) os organismos especialistas possuem adaptações específicas para utilizar os recursos do ambiente, estando elas principalmente na forma de armazenar, na persistência e na mobilidade, o que lhes proporciona vantagens na utilização dos recursos que talvez estivessem indisponíveis a outras espécies. Dessa forma os gêneros *Eudorina* Ehrenberg e *Pandorina* Bory de St. Vincent parecem favorecidos pela mobilidade proporcionada pelos flagelos que possibilitam o deslocamento na coluna de água de acordo com a radiação solar. Além disso, Reynolds *et al.* (2002) associa a presença do gênero *Eudorina* a ambientes com grande carga de nutrientes. Esta situação concorda com os resultados de Furtado & Lucca (2003) e Sartori *et al.* (2011), os quais demonstraram maiores níveis de nitrogênio e ortofosfato na água, nos primeiros dias da adubação, seguidos de um decréscimo ao longo do ciclo da cultura. Rodrigues *et al.* (2011), também observaram declínio dos níveis de nutrientes em duas áreas de arrozais no município de Santa Vitória do Palmar, RS e associam o fato à incorporação destes pelas plantas e/ou por sedimentos e ainda devido ao metabolismo do fitoplâncton.

No 21° DAI, *Cryptomonas* sp. ocorreu em elevada densidade, sendo abundante em 79% e dominante em 31% das amostras, não sendo apenas no tratamento A5. *Eudorina elegans* foi abundante em 52%, *Trachelomonas volvocina* em 48% e *Pandorina morum* em 38% das amostras. Segundo Reynolds (2006) o gênero *Cryptomonas* Ehrenberg também é encontrado em ambientes rasos e enriquecidos, como a lavoura de arroz. Além disso, Bicudo *et al.* (2009) e Taniguchi *et al.* (2005) relatam que as *Cryptophyceae* são oportunistas, pois aumentam sua densidade em períodos de declínio de outras espécies.

No 84° DAI relata-se a elevada densidade das classes *Cyanophyceae*, *Zygnemaphyceae*, *Euglenophyceae* e *Chlorophyceae* com a ordem *Chlorococcales* bem representada. *Spirogyra* sp. foi espécie abundante em 63% e dominante em apenas uma amostra, *Nephrocytium* sp. foi abundante em 60%, *Chroococcus* sp. em 50%, *Trachelomonas volvocina* em 43% e *Dictyosphaerium* sp., *Crucigeniella* sp. e *Ankistrodesmus* sp. em 40% das amostras. Estes gêneros também foram citados como os mais abundantes na água de irrigação e os mais consumidos por peixes em rizipiscicultura na Índia (Mondol *et al.* 2013).

De outro modo a análise do fitoplâncton permitiu identificar um predomínio de formas flageladas no período inicial da cultura (15° e 21° DAI) e uma substituição para formas não-flageladas no período final amostrado (84° DAI). Bambaradeniya *et al.*,

2004 sugere que organismos flagelados sejam melhores adaptados a ambientes com bruscas alterações físicas e químicas como a lavoura de arroz e dessa forma seriam considerados os colonizadores iniciais favorecidos pelo curto ciclo de vida e rápida colonização sendo capazes de reagir de forma fisiológica ou comportamental.

Em uma análise temporal da comunidade fitoplanctônica Furtado & Lucca (2003) indicaram decréscimo na população de *Chlorophyta*, *Bacillariophyta*, *Cryptophyta* e *Dinophyta*, ao longo do ciclo e aumento de *Cyanophyta* e *Euglenophyta*, além de uma melhora na qualidade da água com o maior tempo de irrigação.

A classe *Euglenophyceae* foi a segunda mais rica na comunidade fitoplanctônica com 38 táxons. Limnologicamente a lavoura de arroz é caracterizada por grande quantidade de matéria orgânica alóctone e autóctone (Rodríguez *et al.*, 2011) o que pode ter favorecido a riqueza desta classe. Alves-da-Silva & Tamanaha (2008) também relatam 48 morfoespécies de *Euglenophyceae* em arroz irrigado associado à criação de carpa comum (*Cyprinus carpio* Linnaeus).

A análise de correspondência (DCA) para a comunidade fitoplanctônica (Fig.6) também não mostrou influência dos diferentes manejos de adubação na comunidade fitoplanctônica. A análise permitiu identificar que a ordenação das unidades amostrais se deu a favor de um gradiente de escala temporal, bem como foi identificado na comunidade epifítica. À direita do eixo 1 encontram-se as amostras do 15° DAI associadas à espécie *Eudorina elegans*; já à esquerda do mesmo eixo encontram-se agrupadas as amostras do 84° DAI associadas às classes *Zygnemaphyceae*, *Chlorophyceae* e *Bacillariophyceae* que obtiveram elevados valores de densidade nestas datas. Na parte superior do eixo 2 estão as amostras do 21° DAI associadas com a espécie *Cryptomonas* sp. Este resultado confirma que ao comparar os tratamentos e testemunhas nas comunidades em estudo não foram observadas diferenças entre a composição e a abundância de espécies na mesma data de coleta, apenas entre elas. Possivelmente os níveis de nutrientes presentes na água de irrigação foram mantidos acima da demanda biológica, não chegando a serem limitantes para as comunidades, concordando com Sartori *et al.* (2011). Furtado & Lucca (2003) também observaram a separação do fitoplâncton na cultura de arroz irrigado pelas datas de coleta além das formas de plantio e ainda Das *et al.* (2011) também observam flutuações mensais na abundância do fitoplâncton em arroz irrigado associado à criação de peixes.

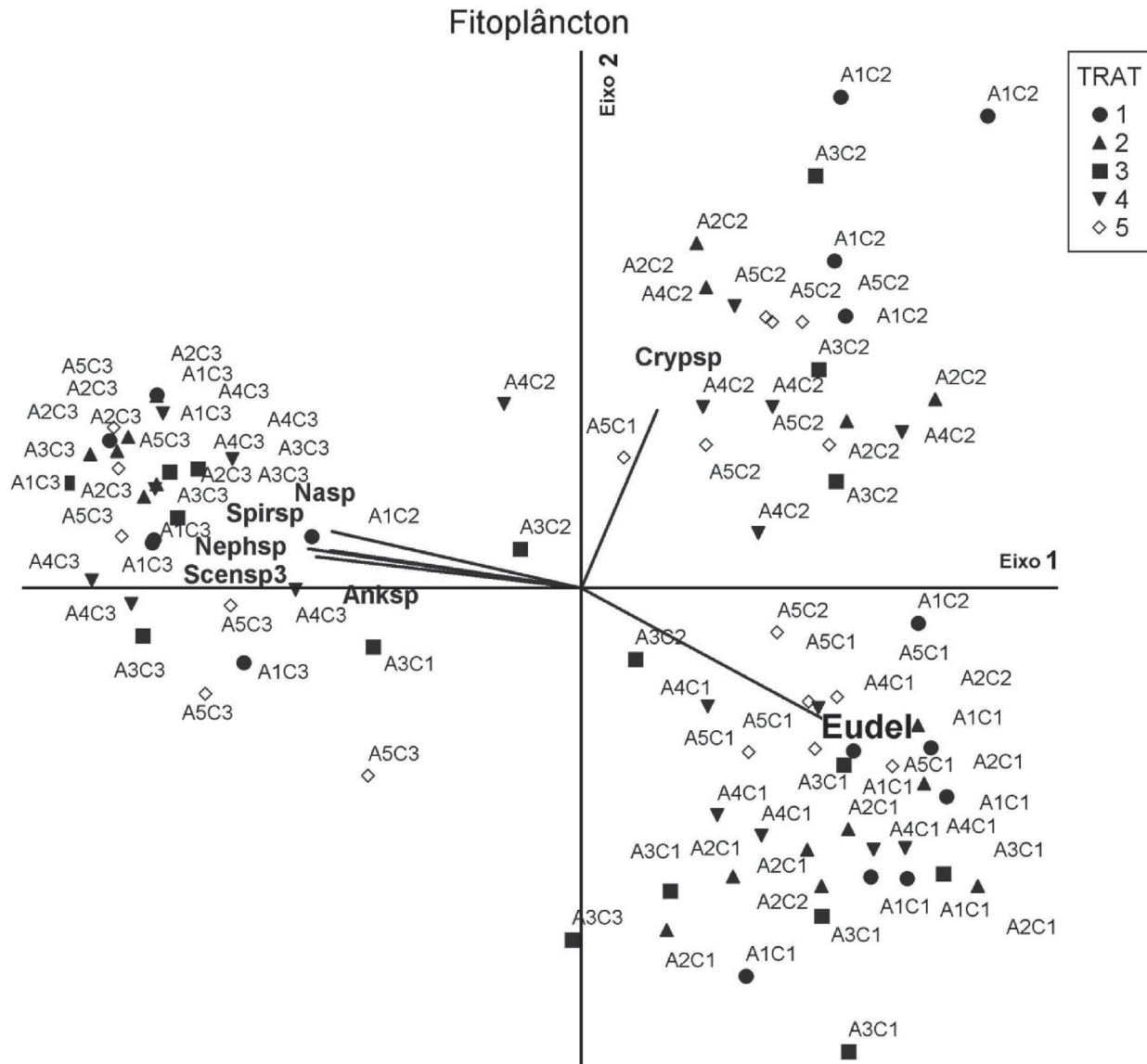


Fig. 6. Diagrama de dispersão (DCA) mostrando a relação das espécies fitoplanctônicas com os tratamentos testados na cultura do arroz irrigado, Santa Maria, RS, 2012. Eudel: *Eudorina elegans*; Crypsp: *Cryptomonas* sp.; Nephsp: *Nephrocytium* sp.; Anksp: *Ankistrodesmus* sp.; Nasp: *Navicula* sp.; Spirsp: *Spirogyra* sp.; Scensp3: *Scenedesmus* sp.3. A1: adubação de base N, P e K na linha incorporada ao solo no momento da semeadura e com nitrogênio por ocasião da entrada da água; A2: adubação em superfície aplicada ao solo no momento da semeadura e com nitrogênio por ocasião da entrada da água; A3: adubação em superfície aplicada ao solo por ocasião da entrada da água e com nitrogênio; A4: sem adubação e com nitrogênio por ocasião da entrada da água e A5: sem adubação e sem nitrogênio (testemunha). C1: 15° DAI; C2: 21° DAI e C3: 84° DAI.

CONCLUSÃO

A partir dos dados coletados pode-se inferir que não houve influência dos diferentes manejos de adubação sobre a composição das comunidades epifíticas e fitoplanctônicas. Observou-se que a fitotoxicidade, sobre as cultivares, causada pelo residual das imidazolinonas, permitiu maior incidência de radiação solar sobre a água das parcelas contendo a cultivar não tolerante, o que promoveu condições mais favoráveis ao desenvolvimento algal.

Isto foi verificado através de maior densidade celular de fitoplâncton e do epifiton nesta cultivar. Ainda, durante o período de cultivo predominaram formas filamentosas (*Oedogonium* e *Spirogyra*) no epifiton e no fitoplâncton foi observada uma substituição de formas flageladas para não-flageladas ao longo do período amostral.

Dessa forma, não houve alteração das comunidades de algas testadas sob o efeito dos diferentes manejos de adubação e sim um aumento na densidade do epifiton e do fitoplâncton pela maior

disponibilidade de luz para a cultivar não tolerante ao residual do herbicida.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Grupo de Pesquisas em Arroz Irrigado e Uso Alternativo de Várzeas da Universidade Federal de Santa Maria pela área experimental cedida à realização do estudo.

REFERÊNCIAS

- Alvez-da-Silva, S.M. & Tamanaha, M. da S. 2008. Ocorrência de Euglenophyceae pigmentadas em rizipiscicultura na região do Vale do Itajaí, SC, Sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 22(1):145-163.
- Bambaradeniya, C.N.B., Edirisinghe, J.P. & Silva, D.N. 2004. Biodiversity associated with an irrigated rice agro-ecosystem in Sri Lanka. *Biodiversity and Conservation*, 13:1715-1753.
- Bellinger, E. G. & Sigeo, D. C. 2010. Freshwater algae: identification and use as bioindicators. Wiley-Blackwell, 271p.
- Bhaumik, U., Arthur Robert, P K Pandit, Suman Saha,, S K Saha, & Jayanta Pal. 2013. Rice-fish farming approach in some. *International Journal of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine. Coastal areas of west Bengal*,1(2):91-101.
- Bicudo, C. E. M. & Menezes, M. 2006. Gênero de Algas de águas Continentais do Brasil. Chave para identificação e descrição. Editora RiMa. 2ª edição. 497p.
- Bicudo, C. E. M., Ferragut, C. & Massagardi, M.R. 2009. Cryptophyceae population dynamics in an oligo-mesotrophic reservoir (Ninfêias pond) in São Paulo, southern Brazil. *Hoehnea*, 36:99-111.
- Counce, P.A., Keisling, T. C. & Mitchell, A. J. 2000. A uniform, objective and adaptive system for expressing rice development. *Crop Science*, 40(2):436-443.
- Crossetti, L.O. Cardoso, L. De S., Callegaro, V.L.M., Alves-Da-Silva, S.M., Werner, V.R., Rosa, Z.M. & Motta Marques, D. D. 2007. A Influence of the hydrological changes on the phytoplankton structure and dynamics in a subtropical wetland-lake system. *Acta Limnol. Bras*,19(3):315-329.
- Das, D. R., Haque, M. R., Choudury, B. B. P., Haque, M. A. & Alam. M. N. 2011. Study on monthly variations of plankton in relation to the physico-chemical condition of rice-fish fields in boro season. *International Journal of Sustainable Crop Production*, 6(1):43-49.
- Furtado, D.F. & Lucca, S.J. 2003. Técnicas de cultivo de arroz irrigado: relação com a qualidade de água, protozoários e diversidade fitoplanctônica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, 7:165-172.
- Hill, M. O. & H. G. Gauch. 1980. Detrended correspondence analysis, an improved ordination technique. *Vegetatio*, 42:47-58.
- Kraemer, A.F., Marchesan, E., Avila, L.A., Machado, S.L.O., Grohs, M., Massoni, P.F.S. & Sartori, G.M.S. 2009. Persistência dos herbicidas imazethapyr e imazapic em solo de várzea sob diferentes sistemas de manejo. *Planta Daninha*, 27(3):581-588.
- Lobo, E. A. & G. Leighton. 1986. Estructuras de las tocenosis planctonicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la Zona central de Chile. *Revista Biología Marina*, 22:1-29.
- McCune, B. & Mefford, M.J. 1999. PC-ORD - Multivariate analysis of ecological data, Version 4. MjM Software Design, Gleneden Beach. 237p.
- Mondol, M. R. M., Nahar, D. A., Dewan, S., Rahman, M. Jasmine, S., & Hossai, Y. 2013. Food and Feeding Habits of the Mola Carplet *Amblypharyngodon mola* (Hamilton, 1822) in Rice Field Ecosystem with Consideration of Water Quality Parameters. *Our Nature*, 11(1):61-75.
- Mustow, S.E. 2002. The effects of shading on phytoplankton photosynthesis in rice-fish fields in Bangladesh. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 90:89-96.
- Pereira, I., Reyes, G. & Kramm, V. 2000. Cyanophyceae, Euglenophyceae, Chlorophyceae, Zygnematophyceae & Charophyceae em arrozales de Chile. *Gayana: Botánica*, 57:29-53.
- Resgalla Jr, C., Noldin, J. A., Tamanaha, S. M., Deschamps, F. C., Eberhardt, D. S. & Rorig. L. R. 2007. Risk analysis of herbicide quinclorac residues in irrigated rice areas, Santa Catarina, Brazil. *Ecotoxicology*, 16:565-571.
- Reynolds, C. S. 2006. Ecology of Phytoplankton. Cambridge University Press, Cambridge. 535p.
- Reynolds, C. S., Huszar, V. Kruk, C., Naselli-Fores, L. & Melo, S. 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of plankton research*, 24(5):417-428.
- Rodrigues, L. H. R., Canteler, E. B., Becker, B., Gazulha, V., Hamester, A. & Marques, D. M. 2011. Dynamics of plankton and fish in a subtropical temporary wetland: Rice fields. *Scientific Research and Essays*, 6(10):2069-2077.
- Roger, P.A. 1996. Biology and management of the floodwater ecosystem in rice fields. *International Rice Research Institute, Manila, Philippines*. 250p.
- Sartori, G. M. S., Marchesan, E., Luz, D. S., Cassol, A. P. V. Figueiredo, M. C. S., Oliveira, M. A., Silveira, M. V. E. da. & Ferreira, R. B. 2011. Manejo da adubação e seus efeitos na ocorrência de algas e na produtividade de arroz irrigado em áreas com residual de imidazolinonas. *Ciência Rural* (8):1323-1330.
- Schneider, S. C. & Lindström, E. 2011. The periphyton index of trophic status PIT: a new eutrophication metric based on non-diatomaceous benthic algae in Nordic Rivers. *Hydrobiologia*, 665:143-155.
- Shepherd, G. J. 1996. Fitopac 1: manual do usuário. Departamento de Botânica, Universidade Estadual de Campinas. 96p.

- Taniguchi, G. M, Bicudo, D. C. & Senna, P. A. C. 2005. Gradiente litorâneo-limnético do fitoplâncton e ficoperifiton em uma lagoa da planície de inundação do Rio Mogi-Guaçu. *Revista Brasileira de Botânica*, 28(1):137-147.
- Tundisi, J. G. & Matsumura-Tundisi, T. 2008. *Limnologia*. São Paulo: oficina de textos, 631p.
- Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommung der quantitative Phytoplankton metodik. *Mitt Int. Rer Theor. Argrew. Limnology*, 9:1-38.

