

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO - UEMA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA
CURSO DE MESTRADO EM AGROECOLOGIA

RAFAELLA CRISTINE DE SOUZA

**DIVERSIDADE E COMPOSIÇÃO FUNCIONAL DE ALGAS
FITOPLANCTÔNICAS E PERIFÍTICAS PARA
APRIMORAMENTO AGROECOLÓGICO EM LAVOURAS DE
ARROZ E TANQUES DE PEIXE EM UM POVOADO DE ARARI –
MA.**

Sã o L u í s – MA
2015

RAFAELLA CRISTINE DE SOUZA

Bióloga

**DIVERSIDADE E COMPOSIÇÃO FUNCIONAL DE ALGAS
FITOPLANCTÔNICAS E PERIFÍTICAS PARA
APRIMORAMENTO AGROECOLÓGICO EM LAVOURAS DE
ARROZ E TANQUES DE PEIXE EM UM POVOADO DE ARARI –
MA.**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado
do Programa de Pós-Graduação em
Agroecologia da Universidade Estadual do
Maranhão, para a obtenção do título de Mestre
em Agroecologia.

Orientador: Prof. Dr. Christoph Gehring

Sã o L u í s – MA
2015

Souza, Rafaella Cristine de

Diversidade e composição funcional de algas fitoplanctônicas e perifíticas para o aprimoramento agroecológicos em lavouras de arroz e tanques de peixes em um povoado de Arari- MA./ Rafaella Cristine de Souza– São Luís, 2015.

73 f.

Dissertação (Mestrado) – Curso de Agroecologia. Universidade Estadual do Maranhão, 2015.

Orientador: Prof. Dr. Christoph Gehring

1. Fitoplâncton. 2. Perifíton. 3. Baixada maranhense. 4. Grupos funcionais. I. Título

CDU:631.86(633.18:639.93)(812.1)

RAFAELLA CRISTINE DE SOUZA

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, para a obtenção do título de Mestre em Agroecologia.

Orientador: Prof. Dr. Christoph Gehring

Aprovada em ____/____/____

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Christoph Gehring – UEMA
Orientador

Prof. Dra. Naiza Maria Castro Nogueira – UEMA

Prof. Dr. Flávio Henrique R Moraes – CEUMA

São Luís – MA
2015

Ao meu avô, Jurandy, por ter sido o patriarca mantenedor de nossa família, e o procurador mais justo que já existiu. Onde estiver, quero que saibas que sou grata!

AGRADECIMENTOS

A vida nunca é fácil se vivida sozinha, sem ajuda, sem suporte... Já não é fácil enfrentar problemas e dificuldades em conjunto, imagina se não tivéssemos pessoas especiais e essenciais para nos ajudar nessa caminhada. É por isso que acho de fundamental importância agradecer. Reconhecer que o conhecimento e suporte daqueles que nos rodeiam tornou nosso fardo mais leve, nossa caminhada mais agradável.

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por todas as conquistas que alcancei e que ainda alcançarei ao término desta etapa.

Aos agricultores e à equipe de campo, por permitirem que este trabalho fosse feito da melhor maneira possível. Em especial Sr. Raimundo e esposa, Sr. Ezequias e Sr. “Voz”; Sr. Reginaldo, Eduardo, meu orientador, Prof.º Dr. Christoph Gehring, e ao Prof.º Dr. Flávio Henrique R. Moraes.

Ao Prof.º Dr. Maurício Bezerra, por nos receber com muita cortesia e nos ceder o microscópio invertido lotado no Laboratório de Genética e Biologia Molecular Warwick Estevam Kerr (LabWick), em sua gestão como Chefe do Laboratório.

À Dr.^a Naiza Maria Castro Nogueira pela amizade, pela paciência, por seus valiosos conhecimentos na identificação das algas e pela ajuda, seja em uma conversa, seja em dicas para aperfeiçoar o trabalho. Obrigada também por ceder os microscópios e espaço do Laboratório de Biologia do IFMA.

Ao amigo Dr. Marlon Gomes Costa pela paciência e co-orientação valiosa nos testes estatísticos, e na compreensão em tudo que se relaciona aos programas e métodos utilizados.

Aos estudantes dos diversos laboratórios/instituições envolvidas nesse e em outros projetos: Risele, Josilene, Daniella, Maria Leda e Isaac (galera do plâncton), Márcio, Ronildson e André (galera da microbiota do solo) e às minhas companheiras da turma de mestrado (e do doutorado também): Suelen, Emanuelle, Hulda, Alexandra, Marta, Virley, Vivian, Sthefanny, Mônica, Ceália, Elis Regina, Margareth, Elizangela e Ivaneide, e também aos companheiros Raimundo e Eduardo.

A todos os professores do PPG Agroecologia pelos valiosos ensinamentos que nos passaram e aos funcionários da UEMA, especialmente Rayanne, Maria, Neto, Dionísio e ao pessoal da segurança pelo apoio e voluntariedade de sempre.

À FAPEMA e ao CNPq, pelo suporte financeiro nos projetos: Edital FAPEMA 10/2010 (financiamento da instalação e da manutenção das 4 unidades de rizipiscicultura), Edital N. 009/2012 CT-INFRA (financiamento da aquisição e manutenção das sondas multiparâmetro PCD650 da OAKTON e Professional ProPlus da YSI), Edital 007/2013 (Bolsas BATI de Daniella e Maria Leda) Projeto “Diversidade e composição funcional da comunidade planctônica na rizipiscicultura e interações com a qualidade físico-química da água e emissões de gases efeito estufa”, e, por fim, Edital MDA/SAF/CNPq nº 58/2010 (financiamento de atividades de extensão rural com foco em inovação tecnológica adaptadas e orientadas para a sustentabilidade da atividade produtiva da agricultura familiar) Projeto “Aperfeiçoamento e difusão da rizipiscicultura como forma de intensificação agroecológica na agricultura familiar da Baixada Maranhense”.

À Universidade Estadual do Maranhão, pela oportunidade de realizar o Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, e à CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior, pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao meu irmão de sangue, Rômulo, e aos irmãos de coração, os amigos que sempre acreditam e torcem por mim: Marcia, Ana Paula Verde, Cynthia, Flavia, Thaís, Iven; às meninas do GTArb, aos ex-alunos e colegas de trabalho. E ao meu namorado, João, que em tudo me ajuda, desde as investidas em campo, até em me levar “pra cima e pra baixo” pra resolver pendências, ou mesmo em tentar não me atrapalhar na escrita.

E, por fim, aos meus pais, Everaldo e Cristina, por me apoiarem em todos os momentos da vida, e por acreditarem em mim e no meu potencial.

Alles ist aus dem Wasser entsprungen
Alles wird durch das Wasser erhalten
Tudo surgiu da água
Tudo é mantido pela água

Goethe

RESUMO GERAL

Diversidade e composição funcional de algas fitoplanctônicas e perifíticas para aprimoramento agroecológico em lavouras de arroz e tanques de peixe em um povoado de Arari – MA.

O objetivo deste trabalho foi verificar como a compreensão ecológica das comunidades planctônicas pode refletir ou contribuir para a utilização da adubação nitrogenada nas lavouras de arroz e tanques de criação de peixe do povoado de Arraial, na Baixada Maranhense. Para isso, foram efetuadas coletas de acordo com o calendário agrícola, onde se obtiveram análises físico-químicas da água com sondas multiparâmetro para medição de temperatura, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, amônio e nitrato; além de realizadas repetidas amostragens de fitoplâncton para cada tanque no refúgio e campo de arroz, e retirados colmos das lavouras de arroz. Foram feitas análises qualitativas e quantitativas do fitoplâncton e perifíton, para determinação de dados taxonômicos, funcionais e de índices. A comunidade fitoplanctônica foi dominada por euglenofíceas, sendo a espécie *Trachelomonas volvocina* (Ehrenberg) Ehrenberg a mais frequente, enquanto que as cianobactérias mantiveram baixa densidade, com pequena variação durante o cultivo no viveiro. No perifíton, as espécies mais frequentes pertencem ao grupo Bacillariophyta. Nos táxons de cianobactérias presentes, tanto no fitoplâncton quanto no perifíton, não aparecem estruturas responsáveis pela fixação de nitrogênio, indicando que o aumento no teor de nutrientes por conta das adubações nitrogenadas não favorece a formação dessas estruturas, em contrapartida, não há toxinas que afetem a atividade dos peixes. Dos grupos funcionais, o grupo W2, ou seja, habitantes do fundo de lagos rasos mesotróficos, é o mais abundante no fitoplâncton, e, no perifíton, o de estrategistas R, ou ruderais.

Palavras-chave: fitoplâncton, perifíton, Baixada Maranhense, grupos funcionais.

GENERAL ABSTRACT

Diversity and functional composition of phytoplankton and periphyton algae to agroecological improvement in rice fields and fish ponds in a village of Arari - MA.

The objective of this study was to verify how ecological understanding of planktonic communities could reflect or contribute to the use of nitrogen fertilizer in rice fields and fish breeding ponds in the village of Arraial, in the Baixada Maranhense. For this, samples were collected according to the agricultural calendar, and physical-chemical analysis of water were obtained with multiparameter probes for measuring temperature, pH, dissolved oxygen, conductivity, ammonium and nitrate; plus made repeated samplings of phytoplankton for each tank in the refuge and rice field, and removed stalks of rice fields. Qualitative and quantitative analysis of phytoplankton and periphyton, taxonomic, functional and indexes data determination, were made. The phytoplankton community was dominated by Euglenoids, and the species *Trachelomonas volvocina* (Ehrenberg) Ehrenberg the most frequent, while cyanobacteria kept low density with little variation during cultivation in the nursery. In periphyton, the most common species belong to Bacillariophyta group. The taxon of cyanobacteria present in both, phytoplankton and periphyton, do not show up structures responsible for nitrogen fixation, indicating that the increase in nutrient content due to the nitrogen fertilization does not favor the formation of these structures, however, there are no toxins affecting fish activity. From functional groups, the group W2, or inhabitants of the mesotrophic shallow lakes bottom, is the most abundant in phytoplankton, and in periphyton, the planners R or ruderals.

Key words: phytoplankton, periphyton, Baixada Maranhense, functional groups.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** – Croqui da área experimental da lavoura de arroz e tanques de peixe (refúgio) no povoado de Arraial, Baixada Maranhense. Os números indicam os pontos de amostragem, onde nos pontos 1 e 3 foram adubados com superfosfato triplo, e o ponto 2 com fosfato de rocha e nos refúgios as amostragens foram realizadas em três profundidades para a qualidade físico-química da água.....41
- Figura 2** – Calendário agrícola e sequências de amostragens e monitoramento físico-químico (Modificado de Gehring et al, dados não publicados).....41
- Figura 3** – Análise de medida repetida para amônio (A) e nitrato (B) no ano de 2012, nas lavouras de arroz e nos tanques de peixe, nos primeiros 10 cm.....42
- Figura 4** – Frequência de ocorrência dos grupos fitoplanctônicos registrada para lavouras de arroz (1) e tanques de peixe (2) no povoado de Arraial – MA, Brasil, nos anos de 2012 (A) e 2013 (B).....42
- Figura 5** – Frequência de ocorrência do perifíton, registrada para lavouras de arroz no povoado de Arraial – MA, Brasil, no ano de 2012. Onde: A) Riqueza de espécies por grupos taxonômicos; B) Frequência de ocorrência por grupos; C) Frequência de ocorrência total.....43
- Figura 6** – Curva de acumulação de espécies das algas fitoplanctônicas (A) e perifíticas (B) na lavoura de arroz no povoado de Arraial – MA, Brasil, no ano de 2012. Valores médios calculados no EstimateS (Version 9.1.0) (\pm erro padrão).....43
- Figura 7** – Dendrograma de similaridade das amostras de físico-químico (A) e fitoplâncton (B) das lavouras de arroz e tanques de peixe, realizado a partir da distância euclidiana e do índice de Bray-Curtis.....44
- Figura 8** – Escalonamento multidimensional não métrico (nMDS) realizado com a medida da distância euclidiana para as variáveis físico-químicas (A), e Índices de Bray-Curtis (B) para o fitoplâncton.....45
- Figura 9** – Escalonamento multidimensional não métrico (nMDS) realizado com a medida da distância euclidiana para as variáveis físico- químicas (A), e Índices de Bray-Curtis (B) para o perifíton.....46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação das características físico-químicas da água entre lavouras de arroz e tanques de peixe.....	47
Tabela 2 – Características físico-químicas da água em lavouras de arroz e tanques de piscicultura entre os dois anos de avaliação.....	47
Tabela 3 – Abundância relativa de táxons fitoplanctônicos nas diferentes épocas do calendário agrícola, amostradas nas lavouras de arroz e tanques de piscicultura no povoado de Arraial –MA, Brasil, em dois anos de amostragem.....	48
Tabela 4 – Abundância, densidade e riqueza de espécies de fitoplâncton em lavouras de arroz e tanques de piscicultura no ano de 2012.	48
Tabela 5 – Abundância, densidade, riqueza e diversidade de grupos de perifíton antes e após adubação nitrogenada.....	49
Tabela 6 – Densidade total e média de grupos funcionais do fitoplâncton em lavouras de arroz, refúgios e tanques de peixe no ano de 2012 e na rizipiscicultura em 2013 e os representantes típicos com seus respectivos habitats.....	50
Tabela 7 – Agrupamentos taxonômicos e funcionais de algas perifíticas encontradas em lavouras de arroz e tanques peixe, Arari – MA, Brasil.....	53

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – Introdução Geral	XIV
1. Introdução	XV
Referências	XX
CAPÍTULO 2 – Ecologia de algas e características limnológicas em lavouras de arroz, tanques de peixe e rizipiscicultura em um povoado de Arari – MA, Brasil.	1
Resumo	2
Abstract	3
1. Introdução	4
2.1 Localização e caracterização da área do experimento	6
2.1 Qualidade físico-química da água	7
2.2 Qualidade biológica da água	7
2.2.1 Análise Qualitativa – Identificação Taxonômica	8
2.2.2 Análise Quantitativa – Contagem	9
2.3 Análise estatística	11
3. Resultados	12
3.1 Determinantes Físicos e Químicos dos tanques	12
3.2 Comunidade Fitoplanctônica	13
3.3 Comunidade Perifítica	16
3.5 Grupos Funcionais	17
3.6 Análises Multivariadas	18
Conclusões	26
Agradecimentos	27
Referências	54
ANEXO	54

CAPÍTULO 1

Introdução Geral



1. Introdução

O manejo do arroz de transplante está bem estabelecido na agricultura familiar da região do baixo rio Mearim, especialmente no povoado de Arraial, Arari – Baixada Maranhense, e após décadas de pesquisa e extensão na região está aperfeiçoado com relação à variedade escolhida, espaçamento, taxas e frequência de adubação e também por conta da combinação das lavouras de arroz com a piscicultura, através dos refúgios, além de outros produtos plantados à margem dos viveiros, promovendo maior rentabilidade aos pequenos agricultores.

Farias Filho et al (2013) afirmam que na Baixada Maranhense é comum o uso agrícola dos campos inundáveis e, dentre os produtos cultivados, um dos que possuem maior importância é o arroz (*Oryza sativa* L.), com grande importância social, pois a agricultura ainda constitui uma das atividades econômicas de maior importância do local, porém, com contribuições para os desequilíbrios ambientais, principalmente relacionados aos solos desta região. Em contrapartida, a piscicultura nessa região também vem ganhando espaço, com áreas de criação de peixes onde antigamente abrigavam o cultivo de arroz ou a pecuária bovina (Pavão e Farias Filho, 2013).

Por se tratar de uma região alagada, a Baixada Maranhense possui características que favorecem os dois sistemas, assim, o interesse ecológico desses sistemas se faz necessário para diagnosticar a influência das adubações nitrogenadas, incluídas no calendário agrícola das lavouras de arroz, nas interações abióticas e bióticas de atributos físicos, químicos e biológicos nos viveiros. A integração desses sistemas pode levar a contribuições tanto com relação à ciclagem de nutrientes quanto à cadeia trófica.

De acordo com Sousa Andrade (2008), a quantidade e composição taxonômica-funcional do plâncton podem variar abruptamente em consequência de eutrofização temporária após eventos de adubação, e esses eventos, tanto podem afetar a qualidade físico-química da água e emissões de gases para a atmosfera, quanto podem ser influenciadas por elas. O conhecimento da densidade fitoplânctônica possui grande importância para a piscicultura, pois a produtividade de um sistema de criação de peixes também depende da comunidade planctônica e do manejo eficiente dos viveiros (Macedo e Sipaúba-Tavares, 2005), e essas comunidades planctônicas, junto à de macrófitas aquáticas, servem de alimento para os peixes cultivados (Saikia e Das, 2009; Dias et al, 2005).

É sabido que as atividades agropecuárias podem contribuir, quando manejadas de forma insustentável, para desequilíbrios no solo e nos ecossistemas aquáticos, e também sobre as comunidades aquáticas que ali vivem. Pode-se prever espécies-chave que vivem nesses ambientes através de estudos de grupos taxonômicos e funcionais de algas nesses agroecossistemas aquáticos.

Assim, o presente estudo tem como objetivo analisar a dinâmica dos grupos taxonômicos e funcionais de algas fitoplanctônicas e perifíticas em lavouras de arroz e tanques de fundo escavado de peixe, identificando os fatores associados à dominância destes grupos, bem como condições ambientais associadas, ao longo de dois anos, no povoado de Arraial, na Baixada Maranhense, que é fruto de um projeto maior, que busca o aprimoramento agroecológico em tanques de rizipiscicultura, para que se possa levar esta experiência para comunidades ribeirinhas da Baixada Maranhense.

2. Revisão Bibliográfica

Para compreensão dos sistemas de arroz e peixe de maneira integrada devemos compreendê-los primeiro individualmente, pois funcionam de maneira diferente, tanto no manejo, quanto em seus atributos ecológicos.

Frei et al. (2007) comentam que os monocultivos de arroz e a criação de peixe diferem sistematicamente entre si nos parâmetros físicos e químicos: o sombreamento pelo arroz diminui a temperatura e luminosidade do corpo d'água, enquanto os peixes aumentam a turbidez e diminuem o oxigênio dissolvido e o pH, há também o fornecimento de nitrogênio via ureia ou pelas rações.

2.1 As lavouras do arroz

A cultura de arroz irrigado é considerada um agroecossistema que apresenta alta produtividade biológica, pois serve como habitat temporário para diversas espécies constituindo grande diversidade biológica, principalmente na comunidade planctônica, que apresenta importante função na fixação e reciclagem de nutrientes (Roger et al., 1991; Bambaradeniya et al., 2004).

No cultivo do arroz a fertilização é necessária para garantir a produtividade, assim, é comum a adubação com minerais, fornecendo às plantas os nutrientes que o ambiente não disponibiliza, ou que estão “imóveis” (Alves-da-Silva e Tamanaha, 2008; Cassol et al, 2013).

Os agrossistemas necessitam de insumos externos, e isso os diferencia dos ecossistemas naturais, causando pressão de seleção artificial por conta do favorecimento de algumas espécies em detrimento de outras, porém, as lavouras de arroz possuem alta diversidade de algas – tanto fitoplanctônicas quanto perifíticas, bactérias, zooplâncton, e às vezes abriga outras macrófitas aquáticas, que também podem disponibilizar nutrientes no sistema.

Segundo Roger (1996), a composição e estrutura dessas comunidades aquáticas também são fortemente influenciadas pelo uso de fertilizantes, e por fatores bióticos como a pressão de pastejo.

As algas e macrófitas aquáticas desempenham importante função na ciclagem de nutrientes e no fornecimento de matéria orgânica para o solo nesses agroecossistemas, e algumas cianobactérias promovem a fixação biológica de nitrogênio, mas podem oferecer danos na fase de germinação do arroz, devido à competição por luz (Cassol et al, 2013).

2.2 A criação de Peixe e a integração com o arroz

O estudo da comunidade planctônica em sistemas artificiais pode fornecer subsídios indicativos do grau de trofia desses sistemas, da qualidade do alimento natural disponível aos peixes e das condições de qualidade da água dos viveiros, e mesmo com a pastagem pelos peixes, sua presença tende a estimular o crescimento de fitoplâncton e aumentar os seus teores de clorofila (Macedo e Sipaúba-Tavares, 2005; Frei et al., 2007).

Os componentes biológicos aquáticos são uma fonte valiosa de alimentação adicional para os peixes filtradores, especialmente o tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier), assim garantindo uma máxima exploração dos nichos neste sistema integrado (Frei et al., 2007). Saikia e Das (2009), estudando a dieta da carpa comum em sistemas de rizipiscicultura, observou que o recurso mais importante em sua alimentação é o perifíton.

Segundo Calijuri et al (2006), várias espécies de cianobactérias produzem toxinas (cianotoxinas). Em um estudo para relatar a causa da mortandade de peixes em pesque-pague, Eler et al. (2001) associaram a mortandade de matrinxã (*Brycon cephalus*) e de pacu

(*Piaractus mesopotamicus*) ao florescimento das cianobactérias *Anabaena spiroides* Kleb. 1985 e *Microcystis aeruginosa* (Kutzing) Kutzing 1846.

Assim, as algas fitoplanctônicas e perifíticas são importantes na dieta de peixes filtradores e onívoros, e por isso são um recurso extra, o que é rentável para o pequeno produtor, que gastará menos com a ração. Porém, deve ser observada com cautela a presença de cianobactérias potencialmente produtoras de toxinas nocivas ao peixe.

Para Alves-da-Silva e Tamanaha (2008), experimentos com métodos alternativos têm sido realizados no intuito de verificar a possível diminuição do impacto ambiental da produção agrícola, e um dos métodos utilizados é a rizipiscicultura (cultivo de arroz associado com peixes).

2.3 As comunidades aquáticas e as características físico-químicas da água

Para Gemelgo et al. (2009), as comunidades biológicas (perifítica, fitoplanctônica e zooplanctônica) também constituem um componente significativo em sistemas artificiais, em função da alta luminosidade nos trópicos, e da elevada disponibilidade de nitrogênio e de fósforo.

As características físico-químicas da água interagem diretamente com as comunidades fotossintetizantes, que, por sua vez, são importantes na liberação de nutrientes na água. Isso varia diariamente de acordo com a profundidade do sistema, e também com relação ao período do ano.

Indicadores da qualidade física (temperatura, luminosidade, turbidez), química (amônio e nitrato, pH, oxigênio dissolvido, potencial redox) e biológica (perifíton, fitoplâncton e zooplâncton) são sujeitos a fortes variações diurnais e sazonais (Tadesse et al., 2004) e verticais (Diemer et al., 2010), por isso a importância do estudo destes e de suas correlações.

Segundo Tundisi e Matsumura-Tundisi (2008), as variações diurnas de temperatura são acompanhadas por modificações na concentração de gases dissolvidos e na distribuição de organismos planctônicos em diferentes profundidades.

2.4 As comunidades e os grupos funcionais

Atualmente, o estudo das diferentes espécies fitoplanctônicas e de sua ecologia vem sendo discutidos também, além da densidade, através do emprego de grupos funcionais (Padisák et al., 2009). A classificação de grupos funcionais em comunidades fitoplanctônicas para a caracterização dos ecossistemas aquáticos tornou-se uma importante ferramenta, vindo subsidiar diversos trabalhos, seja em ambientes tropicais ou subtropicais (Melo, 2012).

Vários atributos são utilizados para a definição de grupos funcionais, segundo Franceschini et al (2010), assim, a categorização das espécies se fundamenta na teoria de estratégias adaptativas dos organismos, especialmente os fatores “estresse” e “distúrbio”, que estruturam o habitat destes, podendo explicar a distribuição e dinâmica dos organismos em uma comunidade. Estes são grupos de espécies (frequentemente polifiléticas) que respondem a um determinado conjunto de condições ambientais, com características adaptativas para sobreviver e dominar diferentes ambientes (Reynolds et al, 2002).

Vários trabalhos são encontrados para a comunidade fitoplanctônica, e já são descritos 31 grupos distintos, com a função de agrupar os organismos de acordo com seu habitat, tolerância e sensibilidade, com relação ao perifíton, que possui poucos estudos sobre agrupamento funcional, as estratégias utilizadas para a classificação são as mesmas de Grime.

Franceschini et al (2010) relatam que os estudos de grupos funcionais do perifíton são escassos e sua proposição é recente, geralmente surgindo da necessidade de detectar padrões a partir de características adaptativas que fazem com que determinados organismos desta comunidade possam dominar certos ambientes.

Assim, o próximo capítulo “Atributos ecológicos das algas fitoplanctônicas e perifíticas em tanques de arroz e peixe no povoado de Arraial, Arari – MA, Brasil.”, vem analisar a dinâmica dos grupos taxonômicos e funcionais de algas fitoplanctônicas e perifíticas, ao identificar os fatores associados à dominância dos grupos e as condições ambientais associadas ao longo de dois anos nos viveiros de arroz e tanques de peixe de fundo escavado no povoado de Arraial, na Baixada Maranhense.

Referências

- Alves-da-Silva, S.M. e Tamanaha, M. S. Ocorrência de Euglenophyceae pigmentadas em rizipiscicultura na Região do Vale do Itajaí, SC, Sul do Brasil. *Acta bot. bras.* 22(1): 145-163. 2008.
- Bambaradeniya, C.N.B., Edirisinghe, J.P. & Silva, D.N. Biodiversity associated with an irrigated rice agro-ecosystem in Sri Lanka. *Biodiversity and Conservation*, 13:1715-1753. 2004.
- Calijuri, M.C.; Alves, MSA; Santos, A.A. *Cianobactérias e Cianotoxinas em Águas Continentais*. São Carlos, Ed. Rima, 2006, 109p.
- Cassol, A. P. V.; Oliveira, M. A.; Figueiredo, M. C. dos S.; Luz, D.S. da, G. M. S. & Marchezan, E. Microalgas em cultura de arroz: influência de diferentes manejos de adubação em áreas com residual de herbicidas (imidazolinonas). *Iheringia, Sér. Bot.*, Porto Alegre, v. 68, n. 2, p. 261-271. 2013.
- Dias, A. C. M. I.; Castelo Branco, C. W.; Lopes, V. G. Estudo da dieta natural de peixes no reservatório de Ribeirão das Lajes, Rio de Janeiro, Brasil. *Acta Sci. Biol. Sci.* Maringá, v. 27, n. 4, p. 355-364, Oct./Dec., 2005.
- Diemer, O.; Neu, D. H.; Feiden, A.; Lorenz, E. K.; Bittencourt, F.; Boscolo, W. R. Dinâmica nictimeral e vertical das características limnológicas em ambiente de criação de peixes em tanques-rede. *Ci. Anim. Bras.*, Goiânia, v. 11, n. 1, p. 24-31, jan./mar. 2010.
- Eler, M.N.; Ceccarelli, P. S.; Bufon, A. G. M.; e Espíndola, E. L. G. Mortandade de peixes (matrinxã, *Brycon cephalus*, e pacu, *Piaractus mesopotamicus*) associada a uma floração de cianobactérias em pesque-pague, município de Descalvado, Estado de São Paulo, Brasil. *Boletim Técnico do CEPTA*, Pirassununga, .v. 14, p. 35-45, 2001.
- Farias Filho, M. S.; Ferraz Júnior, A. S. de L.; Nascimento, M. de P. *Uso agrícola dos campos inundáveis da Baixada Maranhense com a cultura do arroz frente à degradação das áreas altas*. (Capítulo VI) 2013. In: Farias Filho, Marcelino Silva (org.). *O Espaço Geográfico da Baixada Maranhense*. São Luís, MA: EDUFMA, 2013. 236p. 2ª Edição – Revista e Ampliada.
- Franceschini. I. M.; Burliga, A. L.; Reviers, B.; Prado, J. F.; Rézig, S. H. *Algas: uma abordagem filogenética, taxonômica e ecológica*. / Iara Maria Franceschini ...[et al.]. – Porto Alegre: Artmed, 2010. 332p.
- Frei, M.; Razzak, M.A.; Hossain, M. M.; Oehme, M; Dewan, S.; Becker, K., Performance of common carp, *Cyprinus carpio*, L. and Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L) in integrated rice-fish culture in Bangladesh. *Aquaculture*. 262: 250-259. 2007.
- Gemelgo, M.C.P., Mucci, J.L.N., Navas-Pereira, D. Population Dynamics: Seasonal Variation of Phytoplankton Functional Groups in Brazilian Reservoirs (Billings and Guarapiranga, São Paulo). *Revista Brasileira de Biologia*. 64(9)1001-1013. 2009.

Macedo, C. F. e Sipaúba-Tavares, L. H. Comunidade planctônica em viveiros de criação de peixes, em disposição sequencial. *B. Inst. Pesca*. São Paulo, 31(1): 21 - 27, 2005.

Melo, K. R. P. S. Estratégias adaptativas do fitoplâncton e aplicação do índice de grupos funcionais: ferramentas para a conservação de ecossistemas rasos do semiárido brasileiro/ Klivia Rilavia Paiva da Silva Melo. – 2012. *Dissertação* (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental), Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Estadual da Paraíba, 2012.

Padisák, J.; Crossetti, L. O.; Naselli-Flores, L. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. *Hydrobiologia*. 2009.

Pavão, B. Q.; Farias Filho, M. S. Importância econômica e problemáticas ambientais da pesca e produção de pescado na Baixada Maranhense. 2013. In: Farias Filho, Marcelino Silva (org.). *O Espaço Geográfico da Baixada Maranhense*. São Luís, MA: EDUFMA, 2013. 236p. 2ª Edição – Revista e Ampliada.

Reynolds, C. S., V. Huszar, C. Kruk, L. Naselli-Flores & S. Melo, 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research*. 24: 417–428.

Roger, P.A.; Heong, K.L. and Teng, P.S. Biodiversity and sustainability of wetland rice production: role and potential of microorganisms and invertebrates. In: D.L. Hawksworth (ed.). *The biodiversity of microorganisms and invertebrates: its role in sustainable agriculture*. Manila, Philippines, CAB International. 1991.

Roger, P.A. *Biology and management of the floodwater ecosystem in rice fields*. International Rice Research Institute, Manila, Philippines. 250p. 1996.

Saikia, S. K.; Das, D. N. Feeding ecology of common carp (*Cyprinus carpio* L.) in a rice–fish culture system of the Apatani plateau (Arunachal Pradesh, India). *Aquat Ecol*. 2009. 43:559–56.

Sousa Andrade, R. de. Dinâmica do Fitoplâncton, Qualidade de Água e a Percepção Ambiental da Comunidade de Pescadores em Açudes da Bacia do Rio Taperoá. *Dissertação*. Programa Regional de Pos-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA – UFPB. João Pessoa: 2008.

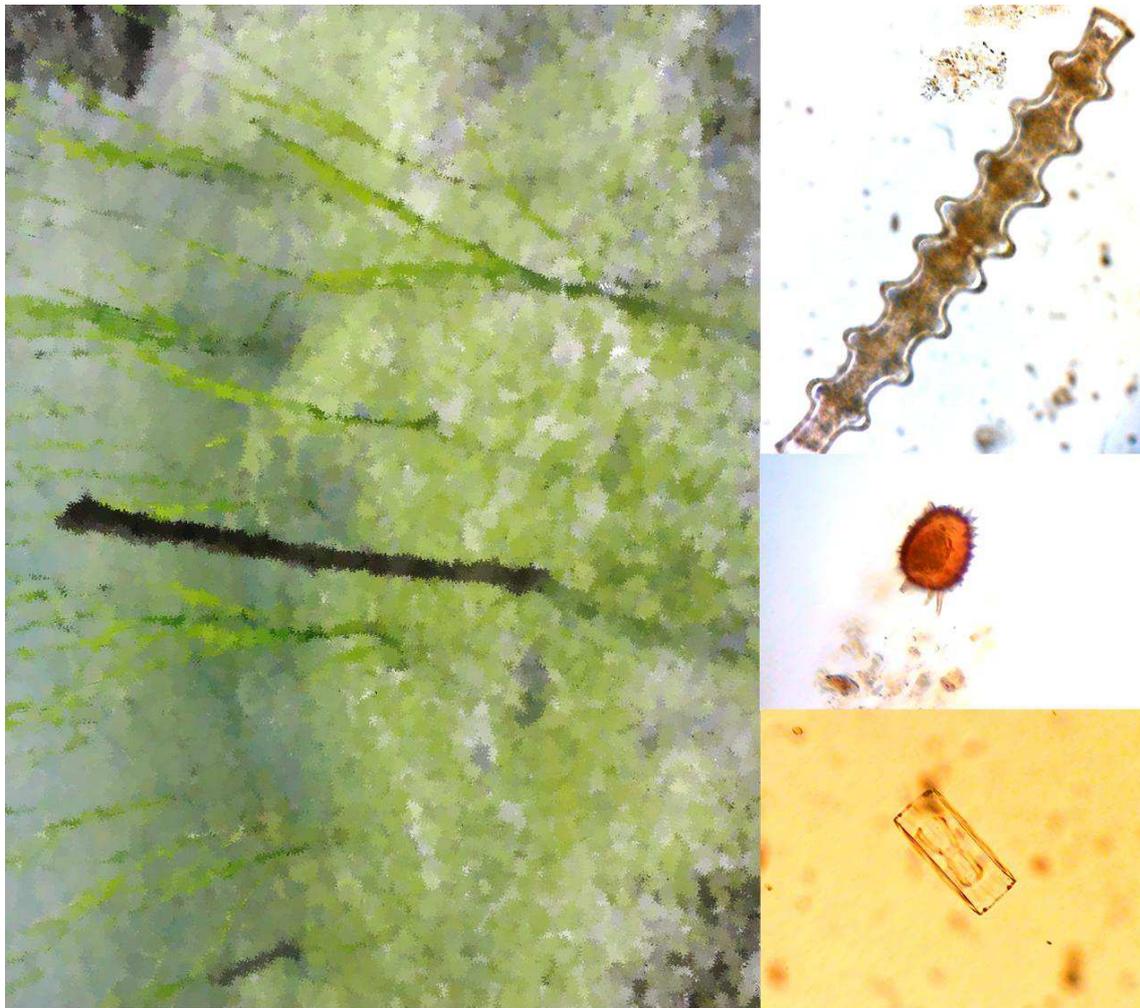
Tadesse, I.; Green, F.B.; Puhakka, J.A. Seasonal and diurnal variations of temperature, pH and dissolved oxygen in advanced integrated wastewater pond system® treating tannery effluent. *Water Research*. 38: 645-654. 2004.

Tundisi, J. G.; Matsumura-Tundisi, T. *Limnologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 631p. 2008.

CAPÍTULO 2

ARTIGO

Ecologia de algas e características limnológicas em lavouras de arroz, tanques de peixe e rizipiscicultura em um povoado de Arari – MA, Brasil.



Artigo enviado para publicação na revista *Rodriguésia*.

Ecologia de algas e características limnológicas em lavouras de arroz, tanques de peixe e rizipiscicultura em um povoado de Arari – MA, Brasil.

Rafaella Cristine de Souza^a, Daniella Patrícia Brandão Silveira^b, Raimundo Reginaldo Soares Santos^c, Marcio Fernandes Alves Leite^a, Marlon Gomes da Costa^a, Flávio Henrique R Moraes^d, Naiza Maria Castro Nogueira^e, Christoph Gehring^{a,*}.

^a Programa de Pós Graduação em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI – Caixa Postal 09 – São Luís/MA

^b Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses, Bacanga, São Luís/MA

^c Instituto de Agronegócio do Maranhão- INAGRO

^d Curso de Engenharia Ambiental, Ceuma Universidade, Campus Renascença, São Luís/MA

^e Departamento Acadêmico de Biologia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA, Campus Monte Castelo, São Luís.

Apoio Financeiro: CAPES, FAPEMA, CNPq.

*Corresponding author. Tel.: +55 98 98192-9057. E-mail address: christophgehring@yahoo.com.br (C. Gehring).

Ecologia de algas e características limnológicas em lavouras de arroz, tanques de peixe e rizipiscicultura em um povoado de Arari – MA, Brasil.

Resumo

O objetivo deste trabalho foi analisar a dinâmica dos grupos taxonômicos e funcionais de algas fitoplanctônicas e perifíticas, identificando os fatores associados à dominância destes grupos, bem como condições ambientais associadas em dois momentos: em lavouras de arroz e tanques de peixe de fundo escavado e na rizipiscicultura, instalados no povoado de Arraial, na Baixada Maranhense. Para isso, foram feitas amostragens físico-químicas da água seguindo o calendário agrícola, com equipamentos multiparâmetro; além de realizadas amostragens de fitoplâncton no refúgio e lavoura de arroz, e retirados colmos destes. Foram feitas análises qualitativas e quantitativas do fitoplâncton e perifíton, para determinação de dados taxonômicos, funcionais e de índices (riqueza, equitabilidade e diversidade). A comunidade fitoplanctônica foi dominada por Euglenofíceas, sendo a espécie mais frequente *Trachelomonas volvocina* (Ehrenberg) Ehrenberg, enquanto as Cianobactérias mantiveram baixa densidade. No perifíton, as espécies mais frequentes pertencem ao grupo Bacillariophyta. Nos táxons de cianobactérias presentes, em ambas as comunidades, não aparecem estruturas responsáveis pela fixação de nitrogênio, indicando que o aumento no teor desse nutriente pelas adubações nitrogenadas não favorece a formação dessas estruturas, em contrapartida, não há toxinas que afetem a atividade dos peixes. Dos grupos funcionais, o grupo W2, ou seja, habitantes do fundo de lagos rasos mesotróficos, é o mais abundante no fitoplâncton, e, no perifíton, o de estrategistas R, ou ruderais.

Palavras-chave: algas, fitoplâncton, perifíton, Baixada Maranhense, grupos funcionais.

Ecology of algae and limnological characteristics in rice fields, fish ponds and rice-fish culture in the village of Arraial, Arari - MA, Brazil.

Abstract

The objective of this study was to analyze the dynamics of taxonomic and functional groups of phytoplankton and periphyton algae, identifying factors associated with the dominance of these groups as well as environmental conditions associated in two stages: in rice fields and dug deep fish tanks and rice-fish culture, installed in Arraial village, Baixada Maranhense. For this, samples were collected according to the agricultural calendar, and physical-chemical analysis of water were obtained with multiparameter probes for measuring environmental variables; plus made repeated phytoplankton samplings, and removed stalks of rice fields. Qualitative and quantitative analysis of phytoplankton and periphyton, taxonomic, functional and indexes data determination (richness, evenness and diversity), were made. The phytoplankton was dominated by Euglenoids, and the species *Trachelomonas volvocina* (Ehrenberg) Ehrenberg the most frequent, while Cyanobacteria kept low density with little variation during cultivation. In periphyton, the most common species belong to Bacillariophyta. The taxon of cyanobacteria present in both communities do not show up structures responsible for nitrogen fixation, indicating that the increase in nutrient content due to the nitrogen fertilization does not favor the formation of these structures, however, there are no toxins affecting fish activity. From functional groups, the group W2, or inhabitants of the mesotrophic shallow lakes bottom, is the most abundant in phytoplankton, and in periphyton, the planners R or ruderals.

Key words: algae, phytoplankton, periphyton, Baixada Maranhense, functional groups.

1. Introdução

Na região da Baixada Maranhense, o uso agrícola do arroz (*Oryza sativa*) é comum e possui grande importância social, em contrapartida, a piscicultura também vem ganhando espaço, sendo criados peixes em áreas que antigamente abrigavam o cultivo de arroz ou a pecuária bovina (Farias Filho et al, 2013; Pavão e Farias Filho, 2013).

A cultura de arroz irrigado é considerada um agroecossistema que apresenta alta produtividade biológica, pois serve como habitat temporário para diversas espécies constituindo grande diversidade biológica, principalmente na comunidade planctônica, que apresenta importante função na fixação e reciclagem de nutrientes (Roger et al., 1991; Bambaradeniya et al., 2004).

Nesses ambientes, as interações ecológicas são importantes, sendo necessário diagnosticar a influência das adubações nitrogenada e fosfatada, que são previstas no calendário agrícola, nos atributos físicos, químicos e biológicos nos viveiros, e também na interação destes.

Para Gemelgo et al. (2009), as comunidades biológicas (perifítica, fitoplanctônica e zooplanctônica) constituem um componente significativo em sistemas artificiais, em função da alta luminosidade nos trópicos, e da elevada disponibilidade de nitrogênio e de fósforo. A composição e estrutura destas comunidades aquáticas são influenciadas por fatores abióticos como luz, temperatura, pH, e fatores bióticos como pressão de pastejo, além de práticas agronômicas, como uso de fertilizantes (Roger, 1996).

As comunidades planctônicas e as macrófitas aquáticas são uma fonte valiosa de alimentação adicional dos peixes filtradores, especialmente do tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier), garantindo assim uma máxima exploração dos nichos nos sistemas (Saikia e Das, 2009; Frei et al., 2007).

O presente estudo teve como objetivo analisar a dinâmica dos grupos taxonômicos e

funcionais de algas fitoplanctônicas e perifíticas, identificando os fatores associados aos grupos dominantes, bem como condições ambientais associadas em dois momentos: em lavouras de arroz e tanques de peixe de fundo escavado e na rizipiscicultura, instalados no povoado de Arraial, na Baixada Maranhense; e está inserido em um projeto maior, que busca o aprimoramento agroecológico de tanques de rizipiscicultura na Baixada Maranhense.

2. Materiais e Métodos

2.1 Localização e caracterização da área do experimento

Foram amostradas quatro unidades (0,3 ha cada; Figura 1) de lavouras de arroz (variedade Arariba) combinadas com tanques de peixe (a espécie Tambatinga¹, que é onívora e filtradora), de fundo escavado, adjacentes à beira do baixo rio Mearim, no povoado de Arraial, município de Arari, Baixada Maranhense – Brasil (3°57'S / 44°83'W).

Figura 1 – Croqui da área experimental da lavoura de arroz e tanques de peixe (refúgio) no povoado de Arraial, Baixada Maranhense. Os números indicam os pontos de amostragem, onde nos pontos 1 e 3 foram adubados com superfosfato triplo, e o ponto 2 com fosfato de rocha e nos refúgios as amostragens foram realizadas em três profundidades para a qualidade físico-química da água.

Cada unidade de rizipiscicultura (tanques combinados com arroz e peixe) conta com a lavoura de arroz 1/4 de hectare, com profundidade da água que varia entre 15-30 cm, junto com 5% da área (110 m²) de refúgio para os peixes (tanques com profundidade aproximada de 150 cm). Nos refúgios, as análises físico-químicas da água via sondas foram medidas em perfil vertical, em 3 (três) profundidades (4 = primeiros 10 cm, 5 = meio do tanque ~75cm, 6 = 10 cm antes do fundo).

O calendário agrícola (Figura 2) detalha sequências temporais de amostragens e as medições, sempre à adubação nitrogenada. Este trabalho se refere às medições dos dois primeiros 8 (oito) dias após as (1^a e 2^a) adubações nitrogenadas, marcadas no calendário.

Figura 2 – Calendário agrícola e sequências de amostragens e monitoramento físico- químico (Modificado de Gehring et al, dados não publicados).

O peixe foi colocado nos refúgios com aproximadamente 1 grama de peso e criado durante os primeiros dois meses, alimentando-se de ração balanceada. Após estes dois meses,

¹ Tambatinga é um peixe híbrido, que decorre do cruzamento da fêmea do tambaqui (*Colossoma macropomum*) com macho de pirapitinga (*Piaractus brachypomus*)

os peixes foram soltos na lavoura de arroz e as rações cessaram. A engorda final dos peixes ocorreu após a ‘soca’ do arroz (período onde surge o segundo rebroto de grãos de arroz após a colheita, nos meses de Janeiro a Março, no início e auge da época chuvosa).

As operações de manejo, sequências de amostragens e medições nas lavouras de arroz e tanques de peixe seguiram uma sequência semanal, por tanques, conforme Tabela 1. As amostras de fitoplâncton foram coletadas nos refúgios e lavouras de arroz nos anos de 2012 e 2013, enquanto que as amostras de perifíton (colmos) foram coletadas apenas nas lavouras de arroz no ano de 2012.

2.1 Qualidade físico-química da água

As análises físico-químicas da água foram efetuadas com equipamento multiparâmetro PCD650 da OAKTON, para medição de temperatura, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido/mg; e Professional ProPlus da YSI, para medição de amônio e nitrato, nos meses de setembro e outubro de 2012 e em março de 2013.

Também foi efetuada amostragem adicional de água, com congelamento das amostras, para posterior análise de nitrito e de fosfato total, seguindo os métodos padrões, descritos em Aminot e Chausspeid (1983).

2.2 Qualidade biológica da água

Realizaram-se repetidas amostragens de fitoplâncton em cada ponto da lavoura de arroz e do refúgio: as amostras foram retiradas de cada tanque pela manhã, antes da adubação nitrogenada, e outra amostragem foi feita à tarde, após a adubação; no dia seguinte (segundo dia após a adubação) realizou-se uma amostragem pela manhã; e no quarto dia após a adubação realizou-se uma amostragem pela manhã e outra à tarde. O perifíton foi retirado

apenas dos colmos do arroz nos tanques de rizipiscicultura (na parte do campo de arroz), sendo que os primeiros colmos de cada tanque foram retirados pela manhã antes da adubação nitrogenada, e no quarto dia após a adubação foi retirado outro colmo, no período da tarde.

2.2.1 Análise Qualitativa – Identificação Taxonômica

As amostras de fitoplâncton para identificação taxonômica foram coletadas através de uma rede de plâncton de 20 μ m, filtrando aproximadamente 30L de água. Foram, então, acondicionadas em frascos plásticos de 200 ml e fixadas em formol a 4%.

Em seguida, foram levadas para o Laboratório de Biologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA) para identificação ao microscópio óptico Zeiss Primo Star dos principais representantes das algas fitoplanctônicas e perifíticas, baseado em bibliografias específicas, como os atlas de Franceschini et al. (2010), Bicudo e Menezes (2006), além de chaves contidas em vários volumes dos periódicos *Acta Botanica Brasílica* (Alves-da-Silva e Bridi, 2004; Alves-da-Silva e Schüler-da-Silva, 2007; Alves-da-Silva e Tamanaha, 2008; Alves-da-Silva et al, 2013; Nardelli et al, 2014; Oliveira et al, 2014); *Gayana Botânica* (Pereira et al, 2000); *Acta Limnologica Brasiliensia* (Felisberto et al , 2014); *Hoehnea* (Dellamano-Oliveira et al, 2008; Estrela et al, 2011; Meneses et al, 2011; Bortolini et al, 2009; Souza e Felisberto, 2014); *Iheringia – Série Botânica* (Moresco et al, 2015); *Revista Brasil. Bot.* (Soares et al, 2011); *R. Bras. Bioci.* (Bortolini et al, 2010), *Rev. Bras. Biol.* (Silva, 1999), *Rev. Bras. Eng. Pesca* (Cordeiro-Araújo et al, 2010). Para isso, foram montadas e visualizadas 3 (três) lâminas de cada amostra, além de serem realizadas fotomicrografias de cada espécie no microscópio Zeiss AxioCam ICc 5 Scope A1.

Para o perifíton foram retirados três colmos de arroz por ponto, para identificação das algas ao menor nível taxonômico possível (Família, Gênero, Espécie). As algas perifíticas foram removidas do colmo do arroz por meio de raspagem com escova de cerdas macias e

jabatos de água. Para a análise qualitativa das algas perifíticas, as amostras foram fixadas com solução de formal a 4% e a identificação foi feita com uso de microscópio óptico Zeiss Primo Star, no laboratório de Biologia do IFMA, conforme Pompeo e Moschini-Carlos (2003).

2.2.2 Análise Quantitativa – Contagem

Para a análise quantitativa do fitoplâncton foram coletadas amostras de 200 mL, também filtrando-se aproximadamente 30L de água, e conservadas com Lugol acético a 1%. Depois, foram levadas para o Laboratório de Genética e Biologia Molecular Warwick Estevam Kerr (LabWick) da UEMA, onde foi utilizado o microscópio invertido Axiovert 40 CFL da marca Zeiss para a contagem das amostras, seguindo o método desenvolvido por Utermohl (1958).

Para isso, as amostras, depois de homogeneizadas, foram colocadas em câmaras para sedimentação, com tempo mínimo de 3 horas para cada centímetro de altura da câmara. As câmaras de sedimentação utilizadas foram de 5 ou 10 mL. Para a classificação funcional, utilizou-se a classificação adotada por Reynolds et al (2002).

As determinações quantitativas do perifíton algal foram também realizadas sob o microscópio invertido Axiovert 40 CFL Zeiss de acordo com Utermöhl (1958), no LabWick da UEMA. Para a classificação funcional do perifíton adotou-se o modelo de Biggs et al (1998) descrito a partir das estratégias C-S-R de Grime (1979).

A participação dos táxons na comunidade planctônica foi expressa pela abundância relativa e frequência de ocorrência. Já a densidade (org.mL⁻¹) foi calculada de acordo com a fórmula descrita por Ros (1979):

$$\text{organismos} * \text{mL}^{-1} = (\mathbf{n/sc}) * (\mathbf{1/h}) * (\mathbf{F})$$

Onde: n = numero de indivíduos efetivamente contados;

s = área do campo em mm² no aumento de 40X;

c = número de campos contados;

h = altura da câmara de sedimentação em mm

F = fator de correção para mililitro ($10^3 \text{ mm}^3 / 1 \text{ mL}$)

Utilizou-se o mesmo critério utilizado por Mateucci e Colma (1982), para calcular a frequência de ocorrência de cada táxon, aplicando a seguinte expressão matemática:

$$F = P/T * 100$$

Onde: F = Frequência de ocorrência;

P = Número de amostras contendo o táxon;

T = Número total de amostras analisadas.

Em função de “F”, foram identificadas as seguintes categorias:

MF = Muito frequentes, quando: $F \geq 70\%$;

F = Frequentes, quando: $40\% \leq F < 70\%$;

PF= Pouco frequentes, quando: $10\% \leq F < 40\%$;

E = Esporádicas, quando: $F < 10\%$ 100 TP F.

Os grupos funcionais foram classificados segundo as categorias de Reynolds (2002); Franceschini et al (2010), Padišák et al (2009) e Degefu & Schagerl (2015).

A riqueza (R) do fitoplâncton foi considerada como número total de táxons encontrados em cada unidade amostral. Para a escolha do estimador de riqueza, foram realizadas comparações visuais entre curvas de acumulação de espécies de três estimadores: Individuais, Bootstrap e Jacknife. Os Índices de Riqueza (Individuais, Bootstrap e Jacknife), Similaridade (Jaccard) e Diversidade (Bray-Curtis Shannon-Wiener e Simpson) foram calculados no Software EstimateS 9.1 (Cowell, 2013).

2.3 Análise estatística

Para as variáveis ambientais foram verificadas a homogeneidade e normalidade dos dados, quando os dois pressupostos foram atendidos, usou-se o teste t, quando não, foi utilizado Man-Whitney. A normalidade da distribuição dos dados foi checada através dos testes de Shapiro-Wilk e Lilliefors. Os dados que não seguiram distribuição normal foram normalizados via transformação por \log_{10} ou $\log_{10}(x+1)$, as exceções ainda foram analisadas via estatística não paramétrica. Essas análises foram realizadas através do Software Statistica 8.0 (StatSoft, 2013).

Os índices de riqueza das espécies foram calculados no Software EstimateS 9.1 (Cowell, 2013), onde foram geradas as curvas de saturação das comunidades.

As análises multivariadas (dendrograma de similaridade e escalonamento multidimensional não métrico - nMDS) foram realizadas no software R (R Core Team, 2015).

Para examinar os padrões de similaridade entre matrizes dos dados foram utilizados os dendrogramas de similaridade e o escalonamento multidimensional não métrico (nMDS). Considerando o padrão de similaridade dos sistemas estudados, foram feitos dendrogramas. Para saber se o cluster de fato representa a matriz de distância euclidiana, para o caso de variáveis físico-químicas, ou a matriz de similaridade de Bray-Curtis, é utilizado o coeficiente de correlação da matriz cofenética, que deve ser maior ou igual que 0,7.

O escalonamento multidimensional (nMDS) foi utilizado para configurar os dados em um espaço bidimensional, de forma a visualizar os relacionamentos entre variáveis ambientais que se correlacionam ao fitoplâncton nos dois sistemas e variáveis ambientais que se correlacionam ao perifíton antes e depois da adubação, com o uso do pacote estatístico R (R Core Team, 2015).

3. Resultados

3.1 Determinantes Físicos e Químicos dos tanques

Nas lavouras de arroz, as médias de pH e condutividade foram menores que nos tanques de peixe (exceto pH no ano de 2013), e essas duas características se mostraram significativamente diferentes (Tabela 1; $p < 0,001$), exceto o pH nas lavouras de arroz. Os valores médios de oxigênio dissolvido e temperatura da água foram maiores nas lavouras de arroz em 2013 (Tabela 2).

Tabela 1 – Comparação das características físico-químicas da água entre lavouras de arroz e tanques de peixe.

Nos tanques estudados, as concentrações de amônio (NH_4^+) apresentaram média de $3,62 \text{ mgL}^{-1}$, variando de $0,18$ a $30,85 \text{ mgL}^{-1}$, demonstrando uma eutrofização temporária nos viveiros, por conta dos eventos de adubação. Já as concentrações de nitrato (NO_3^-) apresentaram média de $30,32 \text{ mgL}^{-1}$ nos tanques de arroz, e de $25,37 \text{ mgL}^{-1}$ nos tanques de peixe, variando de $2,81$ a $95,91 \text{ mgL}^{-1}$ (dados não apresentados), sendo que os valores para o ano de 2013 não foram detectados pelo método.

Dos parâmetros utilizados, apenas o nitrato (NO_3^-) apresentou efeito em função da profundidade e apenas na superfície dos tanques de peixe, para as outras características não houve necessidade de diferenciar as profundidades.

Como previsto, observa-se que os valores de nitrato não diferem por tipo de adubação fosfatada, ou seja, os valores são semelhantes tanto nos pontos em que a lavoura de arroz foi adubada com fosfato de rocha quanto com superfosfato triplo. Porém, nos diferentes sistemas – lavouras de arroz e refúgios de peixe; e no tempo – manhã e tarde, esses valores diferem ($p \geq 0,001$; Fig. 3A), assim, observa-se uma variação diurna nos refúgios, onde se observa que

as concentrações de nitrato aumentam, após a adubação nitrogenada, principalmente à tarde (31ª e 79ª horas), acompanhando a variação de temperatura.

Tabela 2 – Características físico-químicas da água em lavouras de arroz e tanques de piscicultura entre os dois anos de avaliação.

O mesmo ocorre com relação ao amônio (Fig. 3B), que também não tem seus valores diferidos por tipo de adubação fosfatada, mas tem valores diferentes para os sistemas e na variação diurna. Porém, essa variação é maior nas lavouras e arroz, de acordo com as horas após a adubação, com aumento significativo nas 24ª e 72ª horas após a adubação, nos períodos mais quentes do dia, à tarde.

Figura 3 – Análise de medida repetida para amônio (A) e nitrato (B) no ano de 2012, nas lavouras de arroz em dois de tipos de adubação, por horas após a adubação nitrogenada.

A transformação do amônio em nitrato (nitrificação) é favorecida pela quantidade de oxigênio dissolvido na água, (que é fornecido através da fotossíntese tanto das algas quanto dos vegetais aquáticos) que nas lavouras de arroz é maior que nos tanques de peixe (Tabela 1, Fig. 3).

3.2 Comunidade Fitoplanctônica

Foi identificado um total de 126 táxons durante as medições nos dois anos, sendo o maior número de táxons pertenciam aos grupos Zygnematophyceae (46 táxons, 39% de todos determinados) e Chlorophyceae (39 táxons; Tabela 3). Outros grupos apresentaram menor número de táxons: Euglenophyceae – 20 táxons, Bacillariophyceae - 11, Cyanobacteria - 9 e Xanthophyceae - 1 táxon.

O maior número de táxons ocorreu no ano de 2012, com 95 táxons (Tabela 5) quando

comparado ao ano de 2013 (67 táxons). Isso se deve à maior quantidade de amostragens no anos de 2012, que possuiu maior riqueza de espécies dos gêneros *Scenedesmus* e *Desmodesmus* (Chlorophyceae), *Cosmarium*, *Closterium* e *Staurastrum*, (Zygnematophyceae), *Pinnularia* (Bacillariophyceae) e *Trachelomonas* (Euglenophyceae).

Tabela 3 – Abundância relativa de táxons fitoplanctônicos nas diferentes épocas do calendário agrícola, amostradas nas lavouras de arroz e tanques de piscicultura no povoado de Arraial –MA, Brasil, em dois anos de amostragem.

Com relação à frequência de ocorrência dos táxons, nas lavouras de arroz (Fig. 4-1A) no ano de 2012 as comunidades fitoplanctônicas foram compostas por 1 táxon muito frequente (1 Euglenophyceae) e 3 táxons frequentes (2 Bacillariophyceae e 1 Euglenophyceae). Predominaram os táxons esporádicos, que constituíram 60% do total. Todas as classes possuem táxons pouco frequentes (34%) e esporádicos.

Figura 4 – Frequência de ocorrência dos grupos fitoplanctônicos registrada para lavouras de arroz (1) e tanques de peixe (2) no povoado de Arraial – MA, Brasil, nos anos de 2012 (A) e 2013 (B).

Os tanques de peixe, no ano de 2012 (Fig. 4-2A), contaram com 3 táxons muito frequentes (2 Euglenophyceae e 1 Clorophyceae), e nenhum frequente. Predominaram os táxons pouco frequentes (50%). Todas as classes possuem táxons esporádicos (44%).

Considerando o ano de 2013 (Fig. 4-1B), nas lavouras de arroz os táxons esporádicos ainda mantém o maior percentual (59%). Os táxons poucos frequentes vêm em seguida, com 37%, aparece um táxon frequente do gênero *Coelastrum* (2%) e um táxon muito frequente (2%).

Nos tanques de peixe (Fig. 4-2B) não há táxons esporádicos nesse ano, predominando táxons pouco frequentes (94%). Também aparece um táxon frequente (do gênero *Ulotrix*, 3%)

e um táxon muito frequente (3%).

O táxon muito frequente, do grupo das Euglenofíceas, que aparece em todas as épocas e tanto nas lavouras de arroz como nos refúgios, se trata da espécie *Trachelomonas volvocina* (Ehrenberg) Ehrenberg.

Tabela 4 – Abundância, densidade e riqueza de espécies de fitoplâncton em lavouras de arroz e tanques de piscicultura no ano de 2012.

Na Tabela 4, observamos abundância, densidade e riqueza totais de espécies e dos grupos taxonômicos, onde a abundância total apresenta diferença significativa ($p=0,0054$) nas lavouras de arroz e nos viveiros peixe, assim como a densidade ($p<0,005$). As riquezas, tanto as obtidas de dados qualitativos quanto de dados quantitativos (contagem), não apresentaram diferença significativa ($p >0.5$). Já os índices de Shannon e Simpson apresentaram diferença significativa entre os dois tipos de sistemas ($<0,001$).

3.3 Comunidade Perifítica

Para o perifíton foi identificado um total de 39 táxons durante as medições no ano de 2012, em 20 colmos, das seguintes classes taxonômicas de algas: Bacillariophyta (45%), Chlorophyceae (9%), Cyanophyceae (4%), Euglenophyceae (5%) e Zygnematophyceae (37%) (Fig. 5).

Os gêneros mais frequentes para o perifíton são do grupo Bacillariophyceae e Zygnematophyceae (Fig. 5, Tabela 5). O grupo Euglenophyceae possui baixa ocorrência nas amostras de perifíton analisadas. As algas das classes Chlorophyceae e as Cyanophyceae, Cyanoprokaryota ou Cyanobacteria, também foram encontradas em baixa frequência para o perifíton (Tabela 5).

A frequência de ocorrência dos táxons do perifíton (Fig. 10), nas lavouras de arroz no ano de 2012 foi composta por 12 táxons muito frequentes (52%), 4 táxons frequentes (18%), 1 táxon esporádico (4%), e 6 táxons pouco frequentes (26%). Todas as classes possuem táxons muito frequentes, o que explica a saturação na curva de resposta a seguir (Fig. 5).

Figura 5 – Frequência de ocorrência do perifíton, registrada para lavouras de arroz no povoado de Arraial – MA, Brasil, no ano de 2012. Onde: A) Riqueza de espécies por grupos taxonômicos; B) Frequência de ocorrência por grupos; C) Frequência de ocorrência total.

Na Tabela 5 observamos que tanto na abundância quanto na densidade a classe mais abundante é a Bacillariophyceae, seguido de Zygnematophyceae.

As espécies mais frequentes de Bacillariophyceae no perifíton são *Frustulia* sp, *Navicula* sp, *Pinnularia* sp e *Gramatophora* sp. Da classe Zygnematophyceae, as mais frequentes são *Spirogyra* sp1, *Cosmarium* sp3, *Closterium* sp1, *Staurastrum* sp e *Staurodesmus* sp. Para as classes Chlorophyceae e Cyanobacteria, as espécies mais frequentes são *Scenedesmus* sp e *Nostoc* sp, respectivamente.

Tabela 5 – Abundância, densidade, riqueza e diversidade de grupos de perifíton antes e após adubação nitrogenada.

3.4 Curvas de acumulação de espécies

As curvas de acumulação de espécies de algas fitoplanctônicas não atingiram a saturação (Fig. 6A). Isto sugere que o número de amostras não foi suficiente para quantificar o total de espécies da comunidade de algas existentes, e indica também que ainda existem muitas espécies a serem amostradas, apesar de um grande número amostral no primeiro. Já a curva de acumulação de espécies de algas perifíticas atingiu a saturação (Fig. 6B). Isto sugere que o número de amostras foi suficiente para quantificar o total de espécies da comunidade de algas perifíticas existentes.

Figura 6 – Curva de acumulação de espécies da algas fitoplanctônicas (A) e perifíticas (B) na lavoura de arroz no povoado de Arraial – MA, Brasil, no ano de 2012. Valores médios calculados no EstimateS (Version 9.1.0) (\pm erro padrão).

Considerando número semelhante de amostras das lavouras de arroz , apenas 23 táxons foram registrados para o perifíton, ao passo que 65 táxons ocorreram para o fitoplâncton.

3.5 Grupos Funcionais

Dos grupos funcionais do fitoplâncton, característicos de ambientes de águas continentais (categorizados por Reynolds et al, 2002) quanto ao tipo de habitat, tolerância e sensibilidade aos fatores ambientais, observamos 12 descritos neste estudo (Tabela 7), sendo que em 3 (três) destes as algas aparecem apenas no qualitativo, mas não na contagem, sendo estes os grupos funcionais: **S₂**, de ambientes rasos turvos e camadas mescladas, **G**, que habita ambientes ricos em nutrientes e **Lo**, de lagos eutróficos, com eplímnio de verão.

O grupo funcional que conta com mais representantes em número de táxons é o **J**, com 16 táxons, em seguida temos os grupos **N** e **W₂**, com 12 táxons cada, sendo que o grupo **W₂** é o mais abundante, contando com a espécie muito frequente *T. volvocina* (Tabela 6).

Tabela 6 – Densidade total e média de grupos funcionais do fitoplâncton em lavouras de arroz, refúgios e tanques de peixe no ano de 2012 e na rizipiscicultura em 2013 e os representantes típicos com seus respectivos habitats.

Do total de indivíduos do perifíton, classificados nos grupos funcionais (Tabela 7), 19,34 % se encaixam nos estrategistas C; 9,52% pertencem ao grupo dos estrategistas S; 13,39% estão entre os estrategistas S-C e 57,73% estão no grupo dos ruderais, estrategistas R, sendo que 52% foram associados à classificação funcional adotada no estudo e para 48% destes não foi possível a classificação, por carência de informações a respeito da abrangência dos grupos funcionais e também por falta de conhecimento de algumas das espécies/gêneros encontrados.

Tabela 7 – Agrupamentos taxonômicos e funcionais de algas perifíticas encontradas em lavouras de arroz e tanques peixe, Arari – MA, Brasil.

3.6 Análises Multivariadas

Os dendrogramas resultantes da análise de agrupamentos com a distância euclidiana e de Bray-Curtis (Fig. 7) apresentou vários grupos formados pela separação das amostras dos tipos de lavoura, sem formar grupos típicos só dos tanques de peixe ou lavouras de arroz, numa distância de estimada de cerca de 0,73 e 0,88, respectivamente.

Figura 7 – Dendrograma de similaridade das amostras de físico-químico (A) e fitoplâncton (B) das lavouras de arroz e tanques de peixe, no ano de 2012, realizado a partir da distância euclidiana e do índice de Bray-Curtis.

No nMDS, o coeficiente de correlação da matriz cofenética, que deve ser maior ou igual que 0,7 para o presente estudo variou de 7,34 a 8,88 (Figs.8 e 9).

Figura 8 – Escalonamento multidimensional não métrico (nMDS) realizado com a medida da distância euclidiana para as variáveis físico-químicas (A), e Índices de Bray-Curtis (B) para o fitoplâncton.

Quanto à análise de similaridade de cluster (dendrograma) não houve segregação das amostras de variáveis ambientais e grupos fitoplanctônicos em dois grupos distintos, para o ano de 2012, mas isso é corroborado na análise do nMDS.

Os valores de stress do nMDS variaram de 0,12 a 0,20, sendo que as ordenações das variáveis ambientais (Fig 8A) não apresentaram diferença significativa para o tipo de sistema no ano de 2012. Houve uma pequena diferenciação na composição de algas fitoplanctônicas (Fig 8B) entre as lavouras de arroz e tanques de peixe, evidenciada pelas médias da densidade (1254,57 e 2828,35; respectivamente) e pelas frequências das classes representativas, Zygnematophyceae e Chlorophyceae nas lavouras de arroz e Chlorophyceae e Euglenophyceae nos refúgios (Tabela 4).

Figura 9 – Escalonamento multidimensional não métrico (nMDS) realizado com a medida da distância euclidiana para as variáveis físico- químicas (A), e Índices de Bray-Curtis (B) para o perifíton.

As ordenações das variáveis ambientais que se correlacionam ao perifíton (Fig 9A) apresentaram diferença significativa antes e depois da adubação no ano de 2012. Já para composição de algas perifíticas (Fig 9B) essa diferenciação não foi observada, indicando que o tempo de colonização foi curto para afetar a comunidade antes e depois da adubação.

Discussão

Os resultados de pH obtidos sugerem um ambiente com água ligeiramente ácida com médias dos valores sempre inferiores a 7,0, como os encontrado para a Lagoa do Caçó, neste mesmo Estado (Dellamano-Oliveira et al, 2003).

Cleto Filho (2006) cita que grande parte da matéria orgânica acumulada no fundo, gerada no próprio lago (autóctone) ou vinda de fora (alóctone), aumenta a condutividade elétrica, em relação à superfície. No presente estudo não há grande estratificação vertical, portanto não há diferença significativa na condutividade elétrica nos dois tipos de sistema, e nem na profundidade, nos tanques de peixe.

No estudo de Frei et al (2007), as diferenças mais pronunciadas entre os tratamentos ocorreu na parte da tarde, quando o nível de pH e oxigênio dissolvido costumam atingir o seu máximo. Eles também afirmam que os níveis de pH e oxigênio dissolvido tendem a ser menores na presença de peixes do que apenas nas lavouras de arroz.

Isso também ocorre no presente estudo, que possui diferenças de valores (Fig. 3; Tabelas 1 e 3), em todas as características físico-químicas, principalmente nos períodos da tarde, sendo que os maiores valores de pH e oxigênio dissolvido estão nas lavouras de arroz.

Neste estudo, os maiores valores de pH e oxigênio dissolvido estão nas lavouras de arroz, o que corrobora com os estudos de Cunha e Calijuri (2011), onde o menor pH pode estar relacionado à presença de macrófitas aquáticas em determinados pontos dos reservatórios estudados.

Os valores adequados para criação de peixes para o pH estão entre 6,5 e 8,5 sendo que em pH mais alcalino ocorre maior transformação do íon amônio (NH_4) em amônia livre e gasosa (NH_3), tóxica aos peixes (Kubitza, 1999; Pereira & Mercante, 2005; *In*: Milan, 2009).

A acumulação das formas inorgânicas de nitrogênio é um dos principais obstáculos para o desenvolvimento intensivo de peixes e as principais fontes de formas inorgânicas de

nitrogênio são fertilizantes, excrementos e decomposição microbiana dos compostos nitrogenados (Boyd, 1992; Kochba et al., 1994). Neste estudo, as adubações ocorreram apenas nas lavouras de arroz, porém, após o aumento do nível da água, tanto os nutrientes quanto as comunidades aquáticas (planctônica e peixes), se misturaram aos refúgios.

Pei et al (2015), estudando o perifíton em 4 lagos rasos, de estados tróficos diferentes na Chibena (Nanhu, Donghu, Niuchaohu e Liangzihu) observaram que o lago Nanhu, apresentava valores mais altos de amônio e nitrato medindo 5,75 e 3,32mg/L, respectivamente, sendo este, portanto um lago hipereutrófico. No presente estudo, características hipereutróficas são observadas apenas nas primeiras horas após a adubação nitrogenada, fato que se corrobora com a diminuição dos valores de oxigênio dissolvido e concentração do nitrato no ano de 2013.

A comunidade fitoplanctônica foi dominada por Euglenofíceas, principalmente da espécie *Trachelomonas volvocina*, sendo atribuídas a este grupo as maiores riquezas de espécie, frequências de ocorrência, abundância e dominância ao longo de todo o período estudado. A literatura consultada trata apenas de florações de outras espécies de Euglenophyta em ambientes tropicais, como *Euglena sanguinea* Ehrenberg, nos trabalhos de Mainardes-Pinto e Mercante (2003), Alves-da-Silva e Tamanaha (2008), Cassol et al (2013), Calijuri et al (2006). Essa diferença sugere que o ambiente estudado pela pesquisa atual está livre de florações, sendo este um fator benéfico para a criação de peixes.

As cianobactérias mantiveram riqueza, abundância e densidade baixas com relação às outras algas fitoplanctônicas, com pequena variação durante os dois primeiros meses de cultivo no viveiro e no segundo ano, não excedendo o valor máximo permitido pela Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005) de 50000 cel/mL exceto por duas amostras (que não excederam 54.000 cel/mL), por isso as águas dos viveiros são enquadradas como de “boa qualidade” para o cultivo de peixe.

Esses resultados mostram que as cianobactérias presentes não representam ameaça ao viveiro de peixe, pois as espécies encontradas não produzem toxinas. Com relação à fixação de nitrogênio não é sabido, pois o aumento no teor de nutrientes por conta das adubações nitrogenadas, não favorece a formação das estruturas responsáveis pela fixação de nitrogênio no sistema.

Diferentemente do que encontrado por Cassol et al (2013), em cultura de arroz em Santa Maria (RS), os gêneros mais frequentes para o perifíton são do grupo Bacillariophyceae e Zygnematophyceae. Estima-se que, como se trata de perifíton, este grupo se desenvolva bem devido à presença de mucilagem e estruturas que ajudam na fixação ao substrato. Além disso, são bastante resistentes e conseguem se desenvolver bem à sombra (Franceschini et al, 2010), e no caso deste estudo a sombra é garantida pelos colmos do arroz, de onde o perifíton foi coletado.

No trabalho de Vallejos et al (2015) foram encontrados maiores valores de densidade para classe Cyanophyceae, seguida pelas classes Chlorophyceae e Bacillariophyceae, em pesquisa realizada em um lago da Argentina, enquanto que, na atual pesquisa, as algas das classes Euglenophyceae, Chlorophyceae e as Cyanophyceae, foram encontradas em baixa frequência e densidade de indivíduos para o perifíton. Sendo que as clorofíceas não costumam ter estruturas que facilitem sua fixação em algum substrato (mucilagem), mas se desenvolvem bem à incidência da luz (Franceschini et al, 2010).

Em relação à não estabilização da curva de acumulação de espécies para a comunidade de algas fitoplanctônicas, essa não estabilização pode estar ligada ao fato de a maioria das espécies serem esporádicas, necessitando de mais amostragens para a estabilização desta, conforme explica Santos et al. (2006), em trabalho com formigas em serrapilheira. Isto evidencia que não conhecemos toda a biodiversidade de algas fitoplanctônicas nesses

ambientes, mas não compromete as estimativas de índices, conforme explica Moraes et al. (2007), em trabalho sobre anfíbios anuros na Mata Atlântica.

Essa estabilização ocorre de maneira diferente para o perifíton, pois, apesar de apresentar uma quantidade menor de amostras, a curva acumulação de espécies chega à saturação, sendo que esta comunidade apresenta poucas espécies esporádicas ou raras (apenas 4%).

Melo (2012), em estudo com fitoplâncton em ecossistemas rasos do semiárido brasileiro, relata que os grupos funcionais foram eficientes indicadores das condições ambientais, onde encontrou os grupos **S_N**, **K**, **L_M**, **M**, **S₁**, **F**, **X₁**, **J**, **D**, **P**, **MP**, **W₁**, **W₂**, e **N**. Neste trabalho, a autora encontrou altos níveis de nutrientes, fato este que ela diz diminuir a diversidade de espécies fitoplanctônicas com uma tendência para o estabelecimento de grupos funcionais dominados principalmente por cianobactérias (com **K** e **L_M**).

Na atual pesquisa, os grupos de cianobactérias **S₁**, **S₂** e **S_N** aparecem apenas no ano de 2012, pois, além de haver adubação recente, e portanto, altos níveis de nutrientes e pouca biodiversidade, essas algas são sensíveis à turbulência, assim, como os peixes foram soltos na lavoura de arroz, as espécies não conseguem permanecer no sistema. O grupo funcional que conta com mais representantes em número de táxons é o **J**, que habita lagos rasos, enriquecidos, incluindo lagos artificiais e alguns rios, em seguida temos os grupos **N**, de eplímnio mesotrófico, e **W₂**, que habita lagos rasos, mesotróficos.

Nessa classificação, a composição descreve as comunidades bióticas por meio das características adaptativas de cada grupo funcional. Para as algas fitoplanctônicas, o grupo **W₂**, que é documentado por Reynolds (2002) como habitante do fundo de lagos mesotróficos rasos, é o mais abundante neste estudo (Tabela 7), contando com a espécie constante *T. volvocina*, que é descrita como cosmopolita por Alves-da-Silva e Tamanaha (2008). Segundo estes mesmos autores, o grupo das euglenofíceas ocorre em ambientes ricos em matéria

orgânica e amônia, o que difere do que foi descrito por Reynolds (2002), e causa dúvidas na classificação de nosso ambiente.

No perifíton, o grupo funcional mais abundante é o de estrategistas R (Tabela 8), sendo que grande parte destes são diatomáceas. Segundo Ács et al (2000), o grupo R, de estratégia ruderal, habita ambientes moderadamente a muito instáveis, com variável quantidade de nutrientes (Ács et al, 2000).

Em estudo utilizando a mesma metodologia da análise de similaridade (cluster), Nascimento (2010) não encontrou diferença entre as estações de coleta quanto à composição e biomassa fitoplanctônica na superfície de um reservatório eutrófico no Semi-Árido do Nordeste (Brasil). Este autor afirma que isto ocorre quando há completa mistura da coluna d'água por longos períodos de tempo, e que isso favorece o desenvolvimento de poucas espécies, fator que reduz a diversidade específica e aumenta a similaridade do ambiente, por conta da homogeneização das condições ambientais.

Na atual pesquisa, os grupos encontrados para o ano de 2012 só se separam em grupos pequenos, sem formar grupos típicos para as lavouras de arroz e tanques de peixe/refúgio, e isso também pode ser explicado em razão da homogeneização das condições ambientais.

Com relação à análise de ordenação (nMDS), Matos et al (2012), utilizando a mesma metodologia em estudo baseado na densidade das espécies fitoplanctônicas, observaram a formação de três grupos (com stress de 0,15), revelando diferenças sazonais e temporais na estrutura da comunidade fitoplanctônica.

No presente estudo, em termos de comunidades, a comunidade de algas fitoplanctônicas forma dois grupos distintos e difere das variáveis ambientais relacionadas ao fitoplâncton, que não apresentam diferença significativa. Essa diferença se deve pela composição diversa existente entre as lavouras de arroz e os tanques de peixe. Já para a comunidade de algas perifíticas não há diferença significativa nos momentos antes e após da

adubação nitrogenada, apesar de haver dois grupos distintos entre as variáveis físico-químicas, fato que pode ser explicado pelo metabolismo mais rápido dessas variáveis no ambiente aquático, porém não afetando a densidade dessa comunidade.

Conclusões

Não há florações de cianobactérias ou outras algas pigmentadas, e, portanto, não há toxinas que afetem as atividades dos peixes, o que pode indicar que as águas dos viveiros são de “boa qualidade” para esse cultivo. Porém, os níveis de nitrato, amônio e a concentração de oxigênio dissolvido, que são mais altos nas lavouras de arroz, nos indicam que estes ambientes estão, logo após a adubação nitrogenada, temporariamente eutróficos.

Assim, deve-se buscar formas alternativas de adição de nitrogênio ao sistema, como macrófitas aquáticas fixadoras deste nutriente, especialmente as leguminosas, como fator que contribuiria para uma economia ao produtor. Nos táxons de cianobactérias presentes não aparecem estruturas responsáveis pela fixação de nitrogênio, indicando que o aumento no teor de nutrientes por conta das adubações fosfatadas e nitrogenadas, não favorece a formação dessas estruturas.

Dos grupos funcionais para o fitoplâncton, o grupo W2, que habita lagos rasos e mesotróficos, é o mais abundante, e no perifíton, o grupo funcional mais abundante é o de estrategistas R, que habita ambientes moderadamente a muito instáveis, com variável quantidade de nutrientes, e esses dois agrupamentos indicam que tanto as lavouras de arroz quanto os tanques de peixe possuem uma grande variação na quantidade de nutrientes, devido às diferentes adubações, tanto de material alóctone, quanto de excrementos de peixes. Ainda assim, essas adubações devem ser constantemente observadas, para que não ocorram florações de algas e cianobactérias indesejadas, principalmente aquelas que liberam neurotoxinas na água, afetando a atividade dos peixes.

Agradecimentos

Aos agricultores e à equipe de campo, em especial Sr. Raimundo e Esposa, Sr. Ezequias e Sr. “Voz”. À FAPEMA e ao CNPq, pelo suporte financeiro nos projetos: Edital FAPEMA 10/2010; Edital N. 009/2012 CT-INFRA; Edital 007/2013, e Edital MDA/SAF/CNPq nº 58/2010. À Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), e à CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior, pela concessão da bolsa de mestrado à aluna Rafaella Souza.

Figuras

Figura 1 – Croqui da área experimental da lavoura de arroz e tanques de peixe (refúgio) no povoado de Arraijal, Baixada Maranhense. Os números indicam os pontos de amostragem, onde nos pontos 1 e 3 foram adubados com superfosfato triplo, e o ponto 2 com fosfato de rocha e nos refúgios as amostragens foram realizadas em três profundidades para a qualidade físico-química da água.

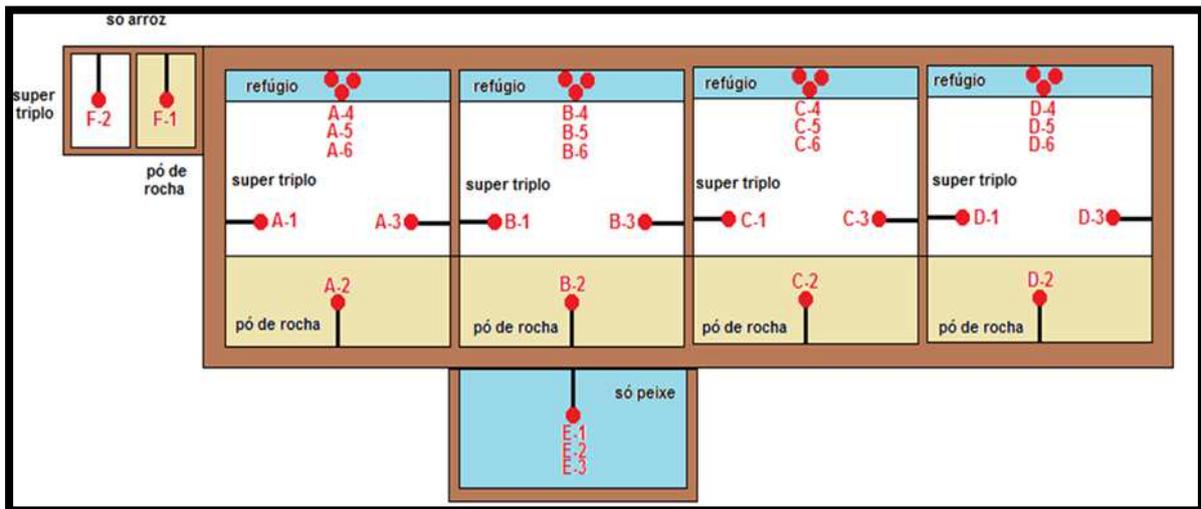


Figura 2 – Calendário agrícola e seqüências de amostragens e monitoramento físico-químico (Modificado de Gehring et al, dados não publicados).

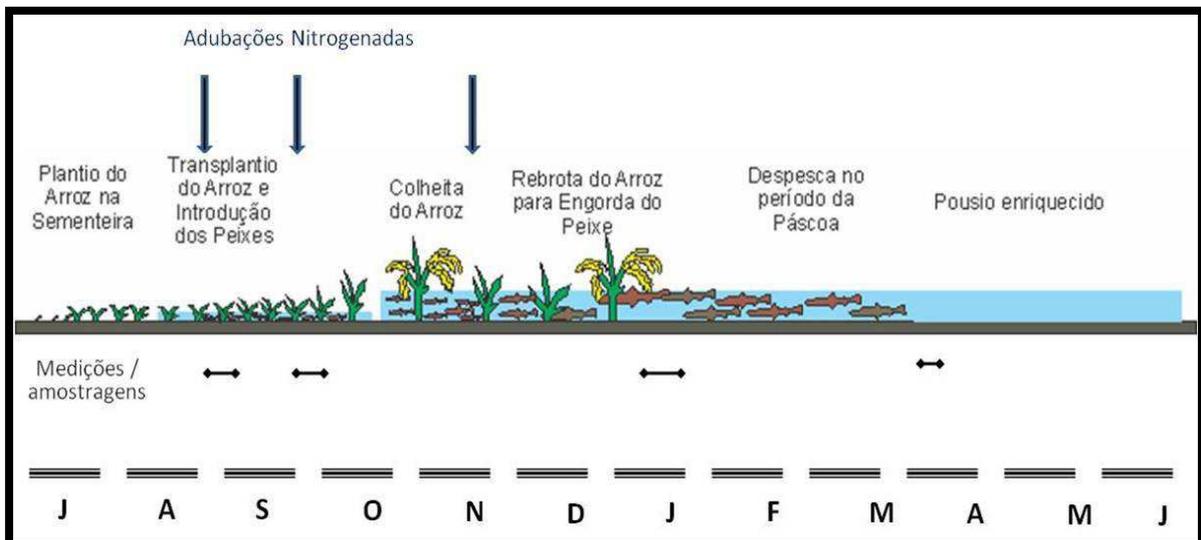


Figura 3 – Análise de medida repetida para amônio (A) e nitrato (B) no ano de 2012, nas lavouras de arroz e nos tanques de peixe, nos primeiros 10 cm.

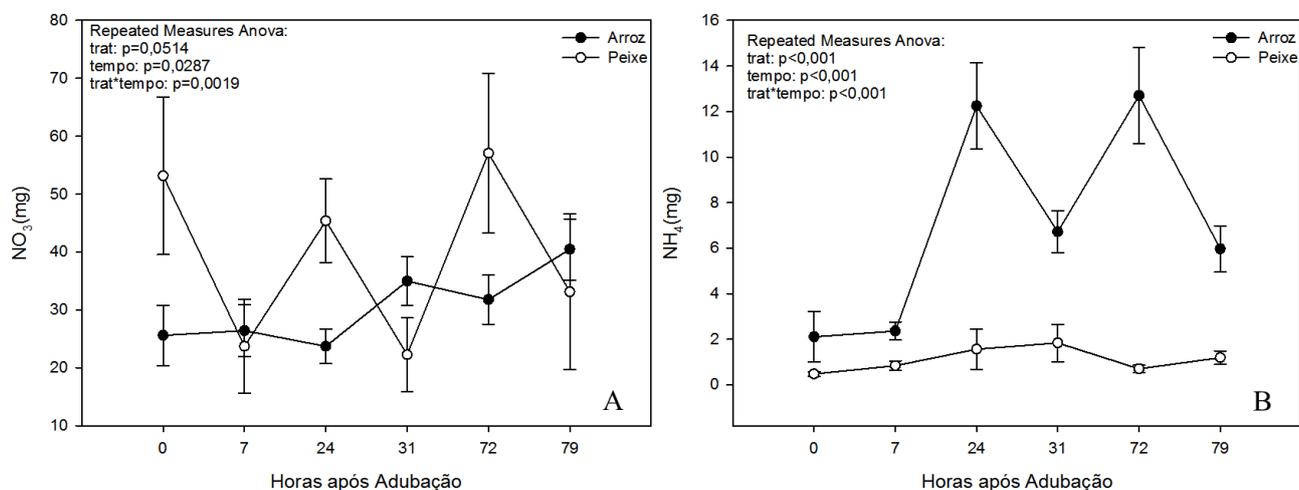


Figura 4 – Frequência de ocorrência dos grupos fitoplanctônicos registrada para lavouras de arroz (1) e tanques de peixe (2) no povoado de Arraial – MA, Brasil, nos anos de 2012 (A) e 2013 (B).

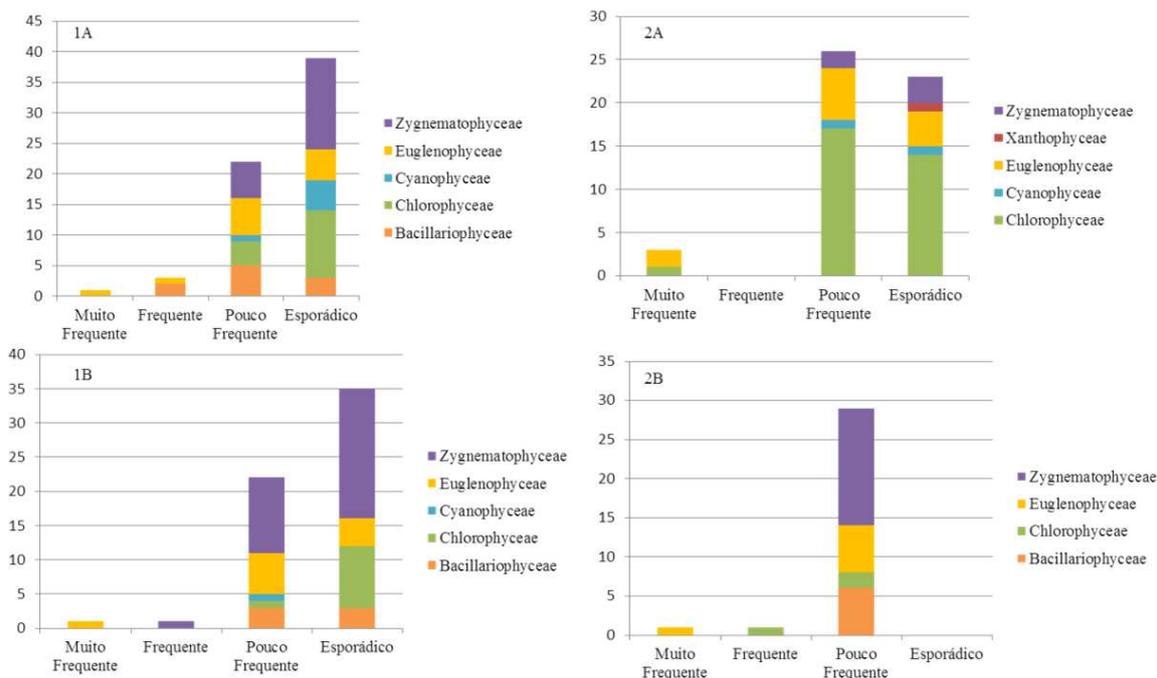


Figura 5 – Frequência de ocorrência do perifíton, registrada para lavouras de arroz no povoado de Arraial – MA, Brasil, no ano de 2012. Onde: A) Riqueza de espécies por grupos taxonômicos; B) Frequência de ocorrência por grupos; C) Frequência de ocorrência total.

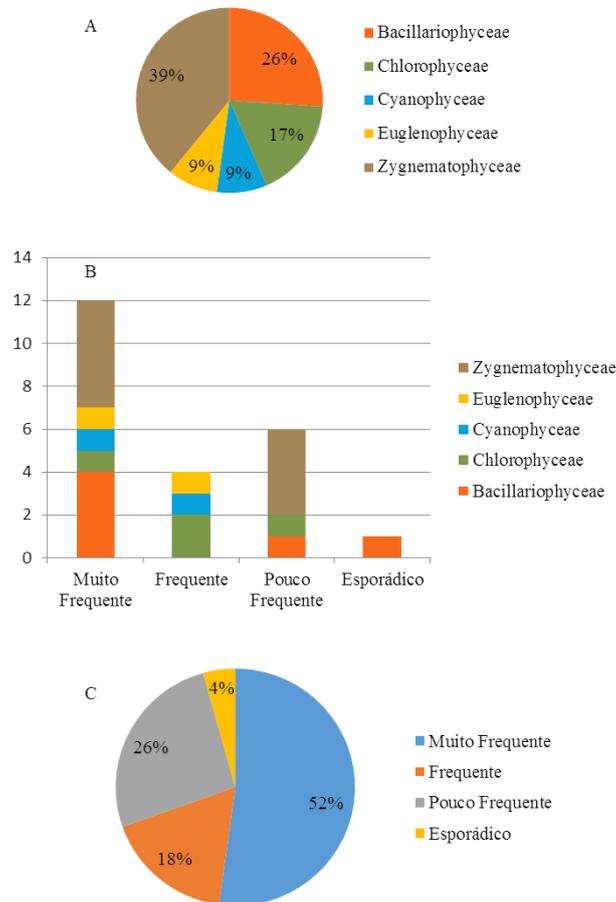


Figura 6 – Curva de acumulação de espécies da algas fitoplanctônicas (A) e perifíticas (B) na lavoura de arroz no povoado de Arraial – MA, Brasil, no ano de 2012. Valores médios calculados no EstimateS (Version 9.1.0) (\pm erro padrão).

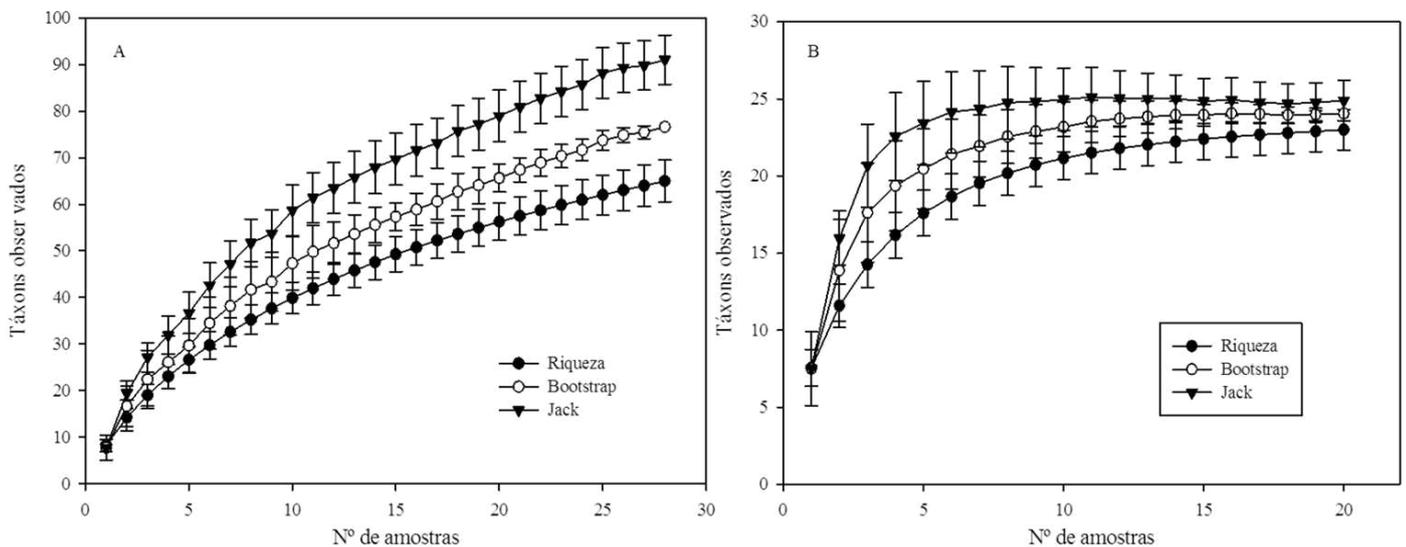


Figura 7 – Dendrograma de similaridade das amostras de físico-químico (A) e fitoplâncton (B) das lavouras de arroz e tanques de peixe, realizado a partir da distância euclidiana e do índice de Bray-Curtis.

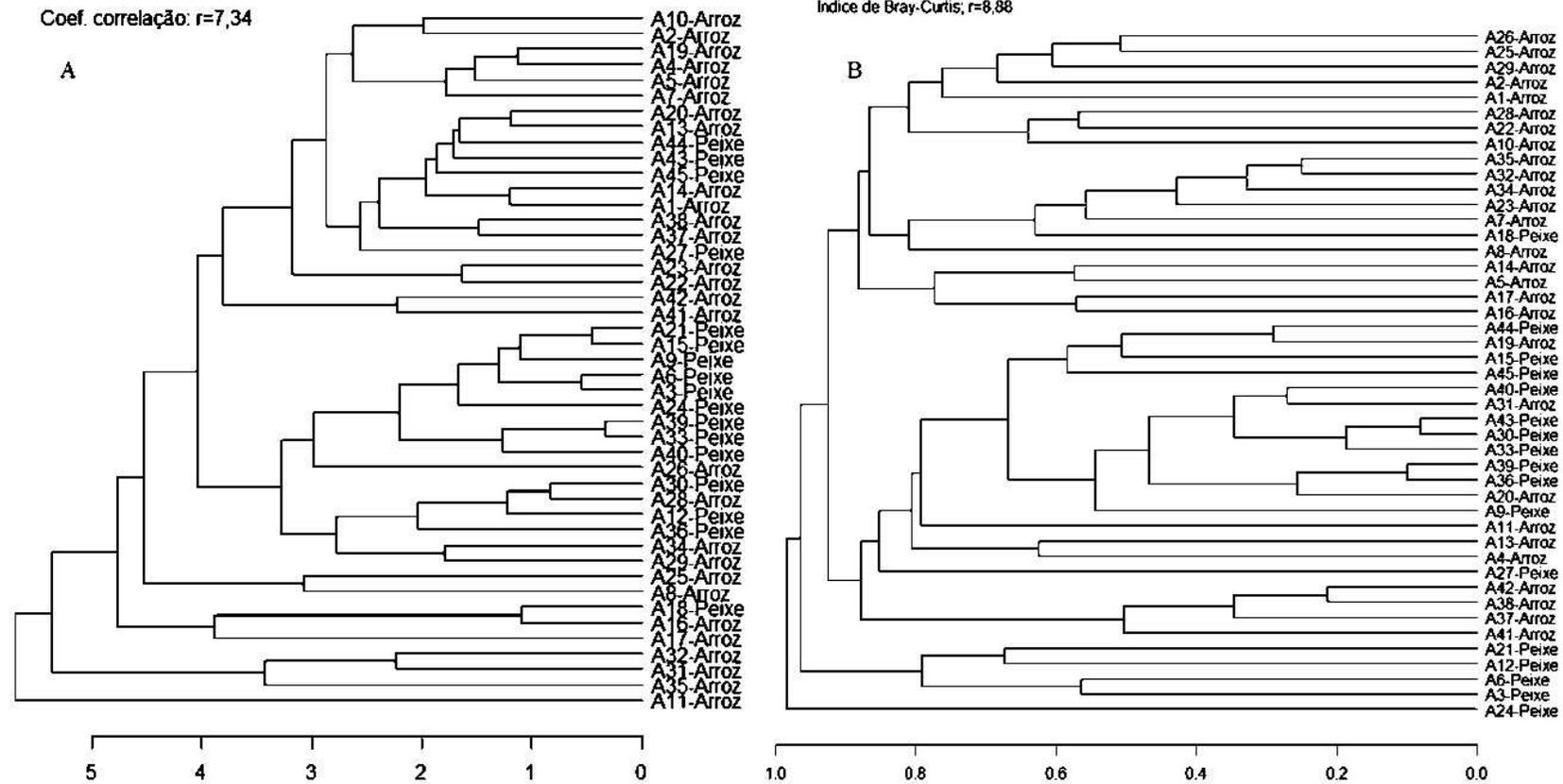


Figura 8 – Escalonamento multidimensional não métrico (nMDS) realizado com a medida da distância euclidiana para as variáveis físico-químicas (A), e Índices de Bray-Curtis (B) para o fitoplâncton.

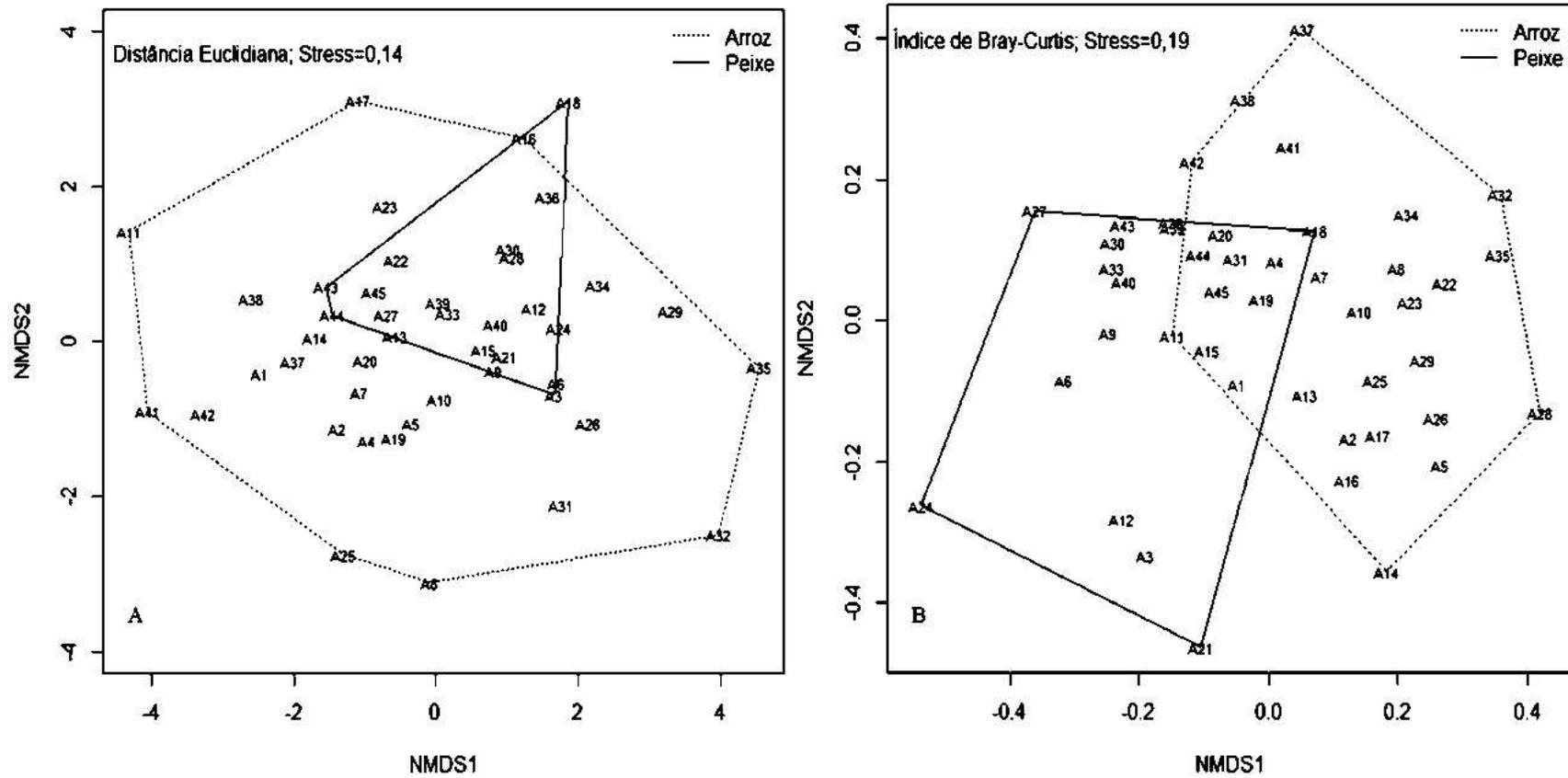
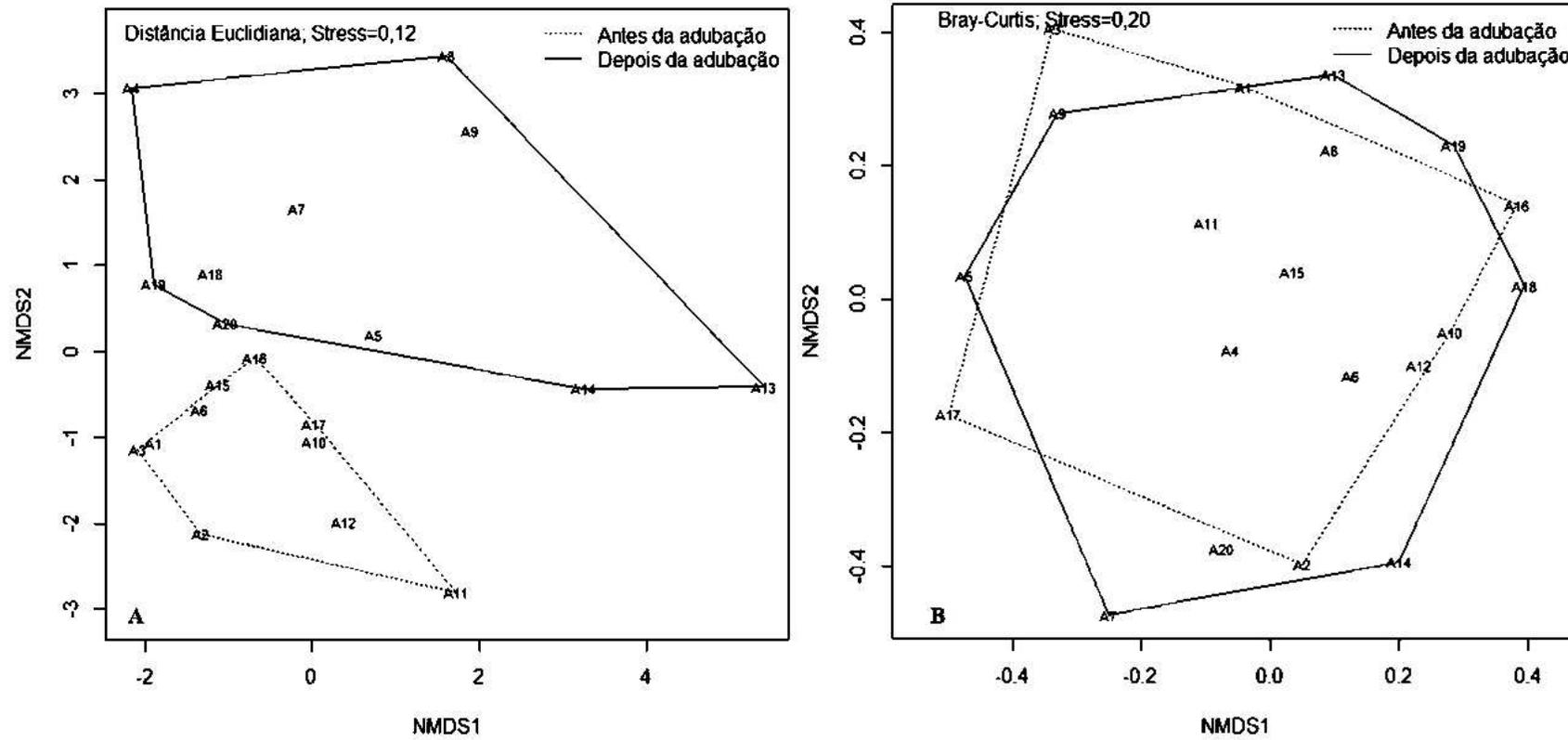


Figura 9 – Escalonamento multidimensional não métrico (nMDS) realizado com a medida da distância euclidiana para as variáveis físico-químicas (A), e Índices de Bray-Curtis (B) para o perifíton.



Tabelas

Tabela 2 – Comparação das características físico-químicas da água entre lavouras de arroz e tanques de peixe.

Ano 2012					
	Arroz	Peixe	t-value	Df	<i>p</i>
NO ₃ ⁻ ^a	30.32	25.37	-1.4433	137	0.1512
			z-value		<i>p</i>
pH*	6.40	6.91	-6.2582	190	<0.001
COND*	67.46	89.28	-6.0736	190	<0.001
OD.mg*	5.23	4.48	1.5943	190	0.1109
NO ₃ ⁻ * ^a	30.32	25.37	2.2737	190	0.0230
NH ₄ ⁺ * ^a	7.06	1.36	6.9349	190	<0.001
T*	30.63	29.77	-0.5629	190	0.5735
Ano 2013					
	Arroz	Peixe	t-value	Df	<i>p</i>
pH**	6.50	6.39	2.4606	54	0.0171
OD.mg**	4.90	0.98	6.5030	54	<0.001
			z-value		<i>p</i>
COND*	39.47	43.53	-2.4090	54	0.0160
NH ₄ ⁺ * ^a	0.29	0.53	-2.5514	54	0.0107
T*	29.69	29.23	0.8616	54	0.3889

^aTeste t entre arroz e peixe na superfície; *Teste de Mann-Whitney para dados não normais; **Teste t (dados transformados para ln(x+1)).

Tabela 4 – Características físico-químicas da água em lavouras de arroz e tanques de piscicultura entre os dois anos de avaliação.

Arroz					
	2012	2013	z-value	Df	<i>P</i>
pH	6.40	6.50	-3.2281	138	0.0012
COND	67.46	39.47	6.0418	138	<0.001
OD.mg	5.23	4.90	0.3350	138	0.7377
NH ₄ ⁺	7.06	0.29	7.9870	138	<0.001
T	30.63	29.69	-0.2878	138	0.7735
Peixe					
	2012	2013	z-value	df	<i>P</i>
pH	6.91	6.39	5.3835	106	<0.001
OD.mg	89.28	43.53	6.9797	106	<0.001
COND	4.48	0.98	5.3022	106	<0.001
NH ₄ ⁺	1.36	0.53	4.6888	106	<0.001
T	29.77	29.23	0.5579	106	0.5769

Teste de Mann-Whitney para dados não normais;

Tabela 5 – Abundância relativa de táxons fitoplanctônicos nas diferentes épocas do calendário agrícola, amostradas nas lavouras de arroz e tanques de piscicultura no povoado de Arraial –MA, Brasil, em dois anos de amostragem.

Táxons	2012		2013	
	Arroz	Peixe	Arroz	Peixe
Bacillariophyceae	134	0	21	32
Chlorophyceae	185	1023	36	21
Cyanobacteria	12	25	3	0
Euglenophyceae	456	964	297	108
Xanthophyceae	0	3	0	0
Zygnematophyceae	188	51	126	34

Tabela 6 – Abundância, densidade e riqueza de espécies de fitoplâncton em lavouras de arroz e tanques de piscicultura no ano de 2012.

Abundância (nº de indivíduos/amostra)					
	Arroz	Peixe	t-value	Df	<i>P</i>
Chloro*	5,75	60,24	-3,2879	43	0,0020
Eugleno*	13,96	56,71	-3,1417	43	0,0030
Total*	40,46	121,59	-3,1014	43	0,0054
	Rank Grupo 1	Rank Grupo 2	z-value		<i>P</i>
Bacillario**	839,50	195,50	2,1069	43	0,0351
Cyano**	682,50	352,50	0,8896	43	0,3737
Zygnemato**	734,50	300,50	4,5650	43	<0,001
Densidade (nº de organismos/mL)					
	Arroz	Peixe	t-value	Df	<i>P</i>
Eugleno	42015,25	130078,37	-3,6877	43	0,0016
Total	122984,60	282834,90	-3,2885	43	0,0040
	Rank Grupo 1	Rank Grupo 2	z-value		<i>P</i>
Bacillario**	839,50	195,50	4,5650	43	<0,001
Chloro**	529,50	505,50	-2,6688	43	0,0076
Cyano**	682,50	352,50	0,8896	43	0,3737
Zygnemato**	734,00	301,00	2,0952	43	0,0362
Riqueza (nº de espécies/amostra)					
	Arroz	Peixe	t-value	Df	<i>P</i>
Qualitativa	8,14	7,47	0,4473	43	0,6569
Quantitativa	8,25	8,59	-0,2216	43	0,8257
Índices de diversidade					
	Arroz	Peixe	t-value	Df	<i>P</i>
Shannon	2,81	2,09	5,7077	43	<0,001
Simpson	11,50	5,18	10,728	43	<0,001

Foi usado o teste t para comparação de grupos de médias independentes; *Dados transformados para $\ln(x+1)$; **Teste de Mann-Whitney para dados não normais.

Tabela 7 – Abundância, densidade, riqueza e diversidade de grupos de perífiton antes e após adubação nitrogenada.

Abundância (n° de indivíduos/amostra)					
	Antes da adubação	Após a adubação	t-value	df	<i>p</i>
Bacillario*	15.90	15.00	0.6044	18	0.5531
Eugleno*	1.80	1.50	1.0398	18	0.3122
Zygnemato*	8.20	16.60	-1.9663	18	0.0649
	Rank Grupo 1	Rank Grupo 2	z-value		<i>p</i>
Chloro**	107.50	102.50	0.1512	18	0.8798
Cyano**	105.00	105.00	-0.0378	18	0.9699
Total**	96.50	113.50	-0.6047	18	0.5454
Densidade (n° de organismos/mL)					
	Antes da adubação	Após a adubação	t-value	df	<i>p</i>
Bacillario*	68642.70	55050.17	1.0397	18	0.3122
Eugleno*	6775.92	4709.03	1.7219	18	0.1022
Zygnemato*	36235.23	49171.13	-1.3448	18	0.1954
Total*	133324.41	125549.05	0.2836	18	0.7800
	Rank Grupo 1	Rank Grupo 2	z-value		<i>p</i>
Chloro**	116.50	93.50	0.8315	18	0.4057
Cyano**	106.00	104.00	0.0378	18	0.9699
Riqueza (n° de espécies/amostra)					
	Antes da adubação	Após a adubação	t-value	df	<i>p</i>
Qualitativa*	9.30	7.10	1.0307	18	0.3163
Quantitativa*	5.50	4.80	0.2139	18	0.8330
Diversidade					
	Rank Grupo 1	Rank Grupo 2	z-value	df	<i>p</i>
Shannon	94.00	116.00	-0.7937	18	0.4274
Simpson	93.00	117.00	-0.8693	18	0.3847

*Teste t para dados transformados para $\ln(x+1)$; **Teste de Mann-Whitney para dados não normais. Ano 2012.

Tabela 8 – Densidade total e média de grupos funcionais do fitoplâncton em lavouras de arroz, refúgios e tanques de peixe no ano de 2012 e na rizipiscicultura em 2013 e os representantes típicos com seus respectivos habitats.

Grupo	Representantes	Habitat	Densidade	Arroz	Refúgio	Piscicultura	Rizipiscicultura	Obs.	Referências
MP	<i>Navícula</i> spp, <i>Achnantes</i> spp, <i>Pinnularia</i> spp	Ambientes frequentemente agitados, lagos túrbidos com cargas inorgânicas	Total	35413,69	0	0	11339,97		Degefu & Schagerl, 2015; Padisák et al, 2009.
			Média	3541,37	0	0	1134,00		
F	<i>Botryococcus</i> sp, <i>Oocystis lacustres</i> , <i>Oocystis solitaria</i> , <i>Dictyosphaerium</i> sp.	Eplímnio claro, lagos meso-eutróficos profundamente mistos	Total	358,34	13093,27	1560,76	3635,3		Degefu & Schagerl, 2015; Padisák et al, 2009; Reynolds et al, 2006; Franceschini et al, 2010.
			Média	51,19	1870,47	222,97	519,33		
G	<i>Volvox</i> sp, <i>Eudorina</i> sp.	Ambientes com estreitas colunas d'água, ricos em nutrientes	Total	0	0	0	0	Apenas no qualitativo	Degefu & Schagerl, 2015; Padisák et al, 2009; Reynolds et al, 2006; Franceschini et al, 2010.
			Média	0	0	0	0		
J	<i>Coelastrum</i> spp., <i>Desmodesmus armatus</i> var. <i>armatus</i> , <i>D. armatus</i> var. <i>bicaudatus</i> , <i>D. brasiliensis</i> , <i>D.</i> <i>granulatus</i> , <i>D. intermedius</i> , <i>Pediastrum</i> <i>duplex</i> , <i>P. tetraspora</i> , <i>Pediastrum</i> spp., <i>Scenedesmus arcuatus</i> , <i>S. obtusus</i> , <i>S.</i> <i>pectinatus</i> , <i>Scenedesmus</i> sp1, <i>Crucigenia tetrapedia</i> , <i>Crucigenia</i> <i>quadrata</i> , <i>Actinastrum</i> sp., <i>Tetraedron</i> <i>minimum</i> .	Lagos rasos, enriquecidos, incluindo lagos artificiais e alguns rios	Total	9968,94	60823,79	24024,53	1813,28		Degefu & Schagerl, 2015; Padisák et al, 2009; Reynolds et al, 2006; Franceschini et al, 2010.
			Média	498,45	3041,19	1201,23	90,66		
X ₁	<i>Chlorella vulgaris</i> , <i>Monoraphidium</i> <i>arcuatum</i> , <i>Monoraphidium contortum</i>	Ambientes rasos, enriquecidos, com camadas mescladas.	Total	4739,21	87381,75	0	0		Padisák et al, 2009; Reynolds et al, 2006; Franceschini et al, 2010.
			Média	1184,80	21845,44	0	0		

FG (Cont.)	Representantes	Habitat	Densidade	Arroz	Refúgio	Piscicultura	Rizipiscicultura	OBS	Referências
N	<i>Spondylosium planum</i> , <i>Pleurotaenium nodosum</i> , <i>Pleurotaenium</i> sp2, <i>Pleurotaenium</i> sp3, <i>Xanthidium</i> sp1.	Eplímnio mesotrófico, com camada de mistura contínua ou semi-contínua.	Total	93,17	0	0	590,37		Degefu & Schagerl, 2015; Padisák et al, 2009; Reynolds et al, 2006; Franceschini et al, 2010.
			Média	23,29	0	0	147,59		
N _A	<i>Cosmarium absoletum</i> , <i>C. contractum</i> , <i>C. medioretusum</i> , <i>C. portianu</i> , <i>C. rectangulare</i> , <i>C. subtumidium</i> , <i>Cosmarium</i> spp., <i>Staurodesmus</i> sp, <i>Staurastrum cyrtocerum</i> var. <i>inflexum</i> , <i>Staurastrum elegantissimum</i> var. <i>brasiliense</i> , <i>Staurastrum punctulatum</i> , <i>Staurastrum corbula</i> var. <i>pulchrum</i> , <i>Staurastrum muticum</i> , <i>Euastrum</i> sp1, <i>Euastrum verrucosum</i> , <i>Euastrum elegans</i> , <i>Euastrum evolutum</i> , <i>Micrasterias radians</i> , <i>Micrasterias mahabuleshwariensis</i> .	Eplímnio mesotrófico, atelímnicos (que possuem processo diurno de estratificação térmica e formação de termoclinas secundárias).	Total	2456,59	5732,6	0	10801,21		Degefu & Schagerl, 2015; Padisák et al, 2009.
			Média	94,48	220,48	0	415,43		
P	<i>Closteriopsis</i> sp2, <i>Closterium</i> spp, <i>C.costatum</i> , <i>C. setaceum</i> , <i>C. parvulum</i> .	Similar ao códon N, mas em estados tróficos superiores.	Total	12290,97	6520,15	0	12117,2		Degefu & Schagerl, 2015; Padisák et al, 2009; Reynolds et al, 2006; Franceschini et al, 2010.
			Média	1755,85	931,45	0	1731,03		
L ₀	<i>Merismopedia</i> sp 1, <i>Woronichinia naegeliana</i>	Lagos mesotróficos com eplímnio de verão	Total	0	2078,75	0	258,83		Degefu & Schagerl, 2015; Padisák et al, 2009; Reynolds et al, 2006; Franceschini et al, 2010.
			Média	0	1039,38	0	129,42		

FG (Final)	Representantes	Habitat	Densidade	Arroz	Refúgio	Piscicultura	Rizipiscicultura	OBS	Referências
H1	<i>Anabaena</i> sp1, <i>Anabaena</i> sp2.	Lagos eutróficos, tanto estratificados e rasos como com baixo teor de nitrogênio.	Total Média	5268,16 2634,08	366,3 183,15	0 0	0 0		Padisák et al, 2009; Reynolds et al, 2006; Franceschini et al, 2010.
S₁	<i>Pseudoanabaena</i> sp	Camadas turvas, mescladas	Total Média	1516,96 1516,96	0 0	0 0	0 0		Padisák et al, 2009; Reynolds et al, 2006; Franceschini et al, 2010.
S₂	<i>Spirulina</i> sp1	Ambientes rasos, turvos, camadas mescladas	Total Média	1378,4 1378,4	0 0	0 0	0 0		Padisák et al, 2009; Reynolds et al, 2006; Franceschini et al, 2010.
S_N	<i>Cylindrospermopsis</i> sp	Camadas mornas, mescladas	Total Média	382,23 382,23	0 0	0 0	0 0		Padisák et al, 2009; Reynolds et al, 2006; Franceschini et al, 2010.
W₁	<i>Euglena</i> sp1, <i>Euglena</i> sp2, <i>Euglena</i> sp3, <i>Phacus</i> sp 1, <i>Phacus</i> sp 2, <i>Phacus</i> sp 3	Lagos artificiais pequenos, temporários, ricos em matéria orgânica de criações ou despejos	Total Média	6935,62 1155,94	0 0	0 0	1281,08 213,51		Padisák et al, 2009; Reynolds et al, 2006; Franceschini et al, 2010.
W₂	<i>Trachelomonas armata</i> , <i>T. balechi</i> , <i>T. caudata</i> , <i>T. hystrix</i> , <i>T. pseudocaudata</i> , <i>T. raciborski</i> , <i>T. robusta</i> , <i>T. volvocina</i> , <i>Trachelomonas</i> sp3, <i>Trachelomonas</i> spp., <i>Strombomonas</i> spp.	Lagos rasos, meso-eutróficos, temporários	Total Média	35079,63 2505,69	133475,47 9533,96	114225,19 8158,94	69054,10 4932,44		Padisák et al, 2009; Reynolds et al, 2006; Franceschini et al, 2010.

Tabela 9 – Agrupamentos taxonômicos e funcionais de algas perifíticas encontradas em lavouras de arroz e tanques peixe, Arari – MA, Brasil.

Classe	Família	Gêneros	Agrupamento Funcional¹
Bacillariophyta	Concinodiscaceae	<i>Aulacoseira</i>	C
	Amphipleuraceae	<i>Frustulia</i>	R
	Naviculaceae	<i>Navicula</i>	R
	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i>	R
	Bacillariophyceae	<i>Nupela</i>	NC
	Diatomaceae	<i>Gramatophora</i>	NC
Chlorophyceae	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus</i>	C-S
	Scenedesmaceae	<i>Desmodesmus</i>	C-S
	Chlorellaceae	<i>Closteriopsis</i>	NC
	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium</i>	NC
Cyanophyceae	Nostocaceae	<i>Anabaena</i>	S
	Nostocaceae	<i>Nostoc</i>	S
Eugleophyceae	Euglenaceae	<i>Euglena</i>	NC
	Euglenaceae	<i>Trachelomonas</i>	NC
Zygnematophyceae	Desmidiaceae	<i>Desmidium</i>	C
	Desmidiaceae	<i>Staurodesmus</i>	C
	Desmidiaceae	<i>Cosmarium</i>	NC
	Desmidiaceae	<i>Closterium</i>	NC
	Desmidiaceae	<i>Docidium</i>	NC
	Desmidiaceae	<i>Euastrum</i>	NC
	Desmidiaceae	<i>Pleurotaenium</i>	NC
	Zygnemataceae	<i>Spirogyra</i>	C-S
Desmidiaceae	<i>Staurastrum</i>	NC	

¹ NC= não classificado; C- estrategistas C; S- estrategistas S; C-S – estrategistas C-S; R- ruderais.

Referências

- Ács, É.; Kiss, K. T.; Szabó-Taylor, K.; Makk, J. 2000. Short-term colonization sequence of periphyton on glass slides in a large river (River Danube, near Budapest). *Acta Botanica Croatia*, 135-156.
- Alves-da-Silva, S. M.; Cabreira, J. da C.; Voos, J.; Lobo, E. A. 2013. Species richness of the genera *Trachelomonas* and *Strombomonas* (pigmented Euglenophyceae) in a subtropical urban lake in the Porto Alegre Botanical Garden, RS, Brazil. *Acta Bot. Bras.*, vol.27, n.3, pp. 526-536.
- Alves-da-Silva, S. M. & Bridi, F. C. 2004. Euglenophyta no Parque Estadual Delta do Jacuí, Rio Grande do Sul, Sul do Brasil. 3. Gênero *Strombomonas* Defl. *Acta Bot. Bras.*, vol.18, n.3, pp. 555-572.
- Alves-da-Silva, S. M. & Schuler-da-Silva, A. 2007. Novos registros do gênero *Trachelomonas* Ehr. (Euglenophyceae) no Parque Estadual Delta do Jacuí e no Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Bot. Bras.*, vol.21, n.2, pp. 401-409..
- Alves-da-Silva, S. M. e Tamanaha, M. da S. Ocorrência de Euglenophyceae pigmentadas em rizipiscicultura na Região do Vale do Itajaí, SC, Sul do Brasil. *Acta Bot. Bras.* 2008, vol.22, n.1, pp. 145-163. ISSN 1677-941X.
- Aminot, A.; Chausspeid, M. 1983. *Manuel des analyses chimiques en milieu marin*. Centre National pour l'Exploitation des Océans, 395p.
- 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.
- Bicudo, C. E. M & Menezes, M. 2006. *Gêneros de águas continentais do Brasil. Chave para identificação e descrições*. São Carlos: RiMa,
- Biggs, B. J. F.; Kirov, C.; Lowe, R. L. 1998. Periphyton development in three valley segments of a New Zeland grassland river: test of a habitat matrix conceptual model within a catchment. *Archiv für Hydrobiologie, Algological Studies*, v. 143, n 2,p. 147-177.
- Boyd, C. 1992. *Water quality management for ponds fish culture in developments in aquaculture and fisheries science*. 9. ed. New York, Elsevier.
- Bortolini, J. C.; Moresco, C.; Siqueira, N. S.; Biolo, S. & Bueno, N. C. 2009. *Closterium* Nitzsch ex Ralfs (Desmidiaceae) em um lago artificial urbano, Paraná, Brasil. *Hoehnea*. vol.36, n.3, pp. 445-454.
- Bortolini, J. C.; Bueno, N. C.; Moresco, C.; Biolo, S. e Siqueira, N. S. 2010. *Cosmarium* Corda ex Ralfs (Desmidiaceae) em um lago artificial urbano, Paraná, Brasil. *R. bras. Bioci.* Porto Alegre, v. 8, n. 3, p. 229-237, jul./set.
- Brasil. 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 357, de 17 de março de 2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e

dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente, 23p. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>> Acesso em: 12. set. 2015.

Calijuri, M.C.; Alves, MSA; Santos, A.A. 2006. *Cianobactérias e Cianotoxinas em Águas Continentais*. São Carlos, Ed. Rima, 109p.

Cassol, A. P. V.; Oliveira, M. A.; Figueiredo, M. C. dos S.; Luz, D.S. da, G. M. S. & Marchezan, E. 2013. Microalgas em cultura de arroz: influência de diferentes manejos de adubação em áreas com residual de herbicidas (imidazolinonas). *Iheringia, Sér. Bot.*, Porto Alegre, v. 68, n. 2, p. 261-271.

Cleto Filho, S. E. N. O clima e a vida no ambiente aquático, *Limnologia: Eventos térmicos em corpos d'água afetam organismos que ali vivem. Ciência Hoje*, vol. 38, nº 224, 62-65p, 2006.

Colwell, R.K. *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples*. (Software and User's Guide), Version 9 and earlier. 2013. Disponível em: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/>

Cordeiro-Araújo, M. K.; Ogava, L. E.; Moura, A. do N.; Piccin-Santos, V. e Bittencourt-Oliveira, M. do C. 2010. Cianobactérias planctônicas de reservatórios do Oeste Paulista, Brasil: condições naturais *versus* controladas. *Rev. Bras. Eng. Pesca*. 5(3): 74-88.

Cunha, D. G. F. & Calijuri, M. do C. Variação sazonal dos grupos funcionais fitoplantônicos em braços de um reservatório tropical de usos múltiplos no estado de São Paulo (Brasil). *Acta Bot. Bras.* 2011, vol.25, n.4, pp. 822-831.

Dellamano-Oliveira, M. J.; Senna, P. A. C & Taniguchi, G. M. Limnological characteristics and seasonal changes in density and diversity of the phytoplanktonic community at the Caçó pond, Maranhão State, Brazil. *Braz. arch. biol. technol.* 2003, vol.46, n.4, pp. 641-651.

Dellamano-Oliveira, M. J.; Sant'anna, C. L.; Taniguchi, G. M. & Senna, P. A. C. 2008. Os gêneros *Staurastrum*, *Staurodesmus* e *Xanthidium* (Desmidiaceae, Zygnemaphyceae) da Lagoa do Caçó, Estado do Maranhão, Nordeste do Brasil. *Hoehnea*. vol.35, n.3, pp. 333-350.

Estrela, L. M. B.; Fonseca, B. M. & Bicudo, C. E. de M. 2011. Desmídias perifíticas de cinco lagoas do Distrito Federal, Brasil: I Gênero *Cosmarium* Corda *ex* Ralfs. *Hoehnea*. vol.38, n.4, pp. 527-552.

Farias Filho, M. S.; Ferraz Júnior, A. S. de L.; Nascimento, M. de P. 2013. Uso agrícola dos campos inundáveis da Baixada Maranhense com a cultura do arroz frente à degradação das áreas altas. In: Farias Filho, M S (org.). 2013. *O Espaço Geográfico da Baixada Maranhense*. São Luís, MA: EDUFMA, 236p. 2ª Edição – Revista e Ampliada.

Felisberto, S. A.; Rodrigues, L. & Santos, H. S. dos. 2014. Taxonomical and ecological characteristics of the desmids placoderms in reservoir: analyzing the spatial and temporal distribution. *Acta Limnol. Bras.* vol.26, n.4, pp. 392-403.

Franceschini. I. M.; Burliga, A. L.; Reviere, B.; Prado, J. F.; Rézig, S. H. 2010. *Algas: uma abordagem filogenética, taxonômica e ecológica. / Iara Maria Franceschini ...[et al.]*. – Porto

Alegre: Artmed, 332p.

Frei, M.; Razzak, M.A.; Hossain, M. M.; Oehme, M; Dewan, S.; Becker, K. 2007. Performance of common carp, *Cyprinus carpio*, L. and Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L) in integrated rice-fish culture in Bangladesh. *Aquaculture*. 262: 250-259.

Gemelgo, MCP., Mucci, JLN., Navas-Pereira, D. 2009. Population Dynamics: Seasonal Variation of Phytoplankton Functional Groups in Brazilian Reservoirs (Billings and Guarapiranga, São Paulo). *Revista Brasileira de Biologia*. 64(9)1001-1013.

Grime, J. P. 1979. *Plant strategies and vegetation processes*. Chichester: John Wiley & Sons, 222p. In: Franceschini, I. M.; Burliga, A. L.; Reviers, B.; Prado, J. F.; Rézig, S. H. 2010. *Algas: uma abordagem filogenética, taxonômica e ecológica. / Iara Maria Franceschini ...[et al.]*. – Porto Alegre: Artmed, 332p.

Kochba, M; Diab, S.; Avnimelech, Y. 1994. Modeling of nitrogen transformation in intensively aerated fish ponds. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 120, p. 95-104.

Kubitza, F. 1999. Qualidade da água na produção de peixes. 3. ed. Jundiaí: Degaspari, 97 p.

Macedo, C. F. e Sipaúba-Tavares, L. H. 2005. Comunidade planctônica em viveiros de criação de peixes, em disposição sequencial. *B. Inst. Pesca*. São Paulo, 31(1): 21 – 27.

Mainardes-Pinto, C. S. R. & Mercante, C. T. J. 2003. Avaliação de variáveis limnológicas e suas relações com uma floração de Euglenaceae pigmentada em viveiro povoado com tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus), São Paulo, Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*. Maringá, v. 25, no. 2, p. 323-328.

Mateucci, S.D.; Colma, A. 1982. *La Metodología para estudio de la vegetación. Coleccion de Monografías Científicas*. n. 22. p.168.

Matos, J. B.; Silva, N. I. S. da; Pereira, L. C. C. e Costa; R. M. da. 2012. Caracterização quali-quantitativa do fitoplâncton da zona de arrebentação de uma praia amazônica. *Acta Botanica Brasilica*. 26(4): 979-990.

Melo, K. R. P. da S. 2012. Estratégias adaptativas do fitoplâncton e aplicação do índice de grupos funcionais: ferramentas para a conservação de ecossistemas rasos do semiárido brasileiro. *Dissertação* (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental), Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Estadual da Paraíba.

Menezes, V. C. de; Bueno, N. C.; Bortolini, J. C., Biolo, S. & Siqueira, N. S. 2011. O gênero *Cosmarium* Corda ex Ralfs (Desmidiaceae) no reservatório de Itaipu, PR, Brasil. *Hoehnea*. vol.38, n.3, pp. 483-493.

Millan, R. N. 2009. Dinâmica da qualidade da água em tanques de peixes de sistema pesque-pague: aspectos físico-químicos e plâncton. *Dissertação*. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP).

- Moraes, R. A.; Sawaya, R. J.; Barrella, W. 2007. Composição e diversidade de anfíbios anuros em dois ambientes de Mata Atlântica no Parque Estadual Carlos Botelho, São Paulo, sudeste do Brasil. *Biota Neotropica*, Vol.7 (number 2): 2007; p. 27-36.
- Moresco, G. A.; Paula, A. C. M. de; Bortolini, J. C.; Jati, S.; Reis, L. M. & Rodrigues, L. C. 2015. *Zygnemaphyceae* em um lago de várzea na planície de inundação do alto rio Paraná: gêneros *Closterium*, *Cosmarium*, *Euastrum*, *Micrasterias* e *Pleurotaenium*. *Iheringia, Sér. Bot.*, Porto Alegre, v. 70, n. 1, p. 143-155.
- Nardelli, M. S.; Bueno, N. C.; Ludwig, T. A. V.; Tremarin, P. I. & Bartozek, E. C. R. 2014. Coscinodiscophyceae and Fragilariophyceae (Diatomeae) in the Iguaçu River, Paraná, Brazil. *Acta Bot. Bras.*, vol.28, n.1, pp. 127-140.
- Nascimento, E. C. 2010. Variação Espaço-Temporal da comunidade fitoplanctônica em um reservatório eutrófico do Semi-árido do Nordeste (Pernambuco - Brasil). *Dissertação* (Mestrado em Botânica). Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- Oliveira, I. B. de; Bicudo, C. E. de M. and Moura, C. W. do N. 2014. Desmids (Desmidiaceae, Zygnematophyceae) with cylindrical morphologies in the coastal plains of northern Bahia, Brazil. *Acta Bot. Bras.* vol.28, n.1, pp. 17-33.
- Padisák, J.; Crossetti, L. O.; Naselli-Flores, L. 2009. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. *Hydrobiologia*.
- Pavão, B. Q.; Farias Filho, M. S. 2013. Importância econômica e problemáticas ambientais da pesca e produção de pescado na Baixada Maranhense. In: Farias Filho, M. S. (org.). 2013. *O Espaço Geográfico da Baixada Maranhense*. São Luís, MA: EDUFMA, 236p. 2ª Edição – Revista e Ampliada.
- Pei, G.; Wanga, Q.; Liub, G., 2015. The role of periphyton in phosphorus retention in shallow lakes with different trophic status, China. *Aquatic Botany*. 125. 17–22.
- Pereira, L. & Mercante, C. T. J. 2005. A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 31 (1):81-8.
- Pereira, I.; Reyes, G. & Kramm, V. 2000. Cyanophyceae, Euglenophyceae, Chlorophyceae, Zygnematophyceae y Charophyceae en arrozales de Chile. *Gayana Bot.*, vol.57, n.1, pp. 29-53.
- Pompeo, M. L. M. & Moschini-Carlos, V. 2003. *Macrófitas Aquáticas e Perifiton: Aspectos Ecológicos e Metodológicos*. – São Carlos: Ed. Rima.
- R Core Team. 2015. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- Reynolds, C. S., V. Huszar, C. Kruk, L. Naselli-Flores & S. Melo, 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research*. 24: 417–428.
- Roger, P.A.; Heong, K.L. and Teng, P.S. 1991. Biodiversity and sustainability of wetland rice production: role and potential of microorganisms and invertebrates. In: D.L. Hawksworth

(ed.). *The biodiversity of microorganisms and invertebrates: its role in sustainable agriculture*. Manila, Philippines, CAB International.

Roger, P.A. 1996. *Biology and management of the floodwater ecosystem in rice fields*. International Rice Research Institute, Manila, Philippines. 250p.

Ros, J. 1979. *Práctica de ecología*. Barcelona: Omega, 181p.

Saikia, S. K. & Das, D. N. 2009. Feeding ecology of common carp (*Cyprinus carpio* L.) in a rice–fish culture system of the Apatani plateau (Arunachal Pradesh, India). *Aquat Ecol.* 43:559–56.

Silva L. H. S. 1999. Fitoplâncton de um reservatório eutrófico lago Monte Alegre Ribeirão Preto SP Brasil. *Rev. Bras. Biol.* 59(2): 281-303.

Soares, F.S.; Konoplya, B.I.B.; Silva, J.F.M. e Andrade, C.G.T.J. 2011. Amphipleuraceae (Bacillariophyceae) do alto da bacia do Ribeirão Cambé, Londrina, Brasil. *Rev. bras. Bot.*, vol.34, n.1, pp. 39-49.

Souza, D. B. da S. & Felisberto, S. A. 2014. *Comasiella*, *Desmodesmus*, *Pectinodesmus* e *Scenedesmus* na comunidade perifítica em ecossistema lêntico tropical, Brasil Central. *Hoehnea*. vol.41, n.1, pp. 109-120.

StatSoft, Inc. 2013. *Electronic Statistics Textbook*. Tulsa. OK: StatSoft. WEB: <http://www.statsoft.com/textbook/>.

Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkomrnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Int. Verein. Limnol.*, 9: 1-38.

Vallejos, S.V.; Domitrovic, DE Y.Z. Martínez, M.S. 2015. Periphytic algae of two bioforms of macrophytes in a subtropical shallow lake of Argentina. *Iheringia, Sér. Bot.*, Porto Alegre, v. 70, n. 1, p. 129-142.

ANEXO

Anexo 1 – Normas da Revista



Foco e Escopo

A Revista publica gratuitamente artigos científicos originais, de revisão, de opinião e notas científicas em diversas áreas da Biologia Vegetal (taxonomia, sistemática e evolução, fisiologia, fitoquímica, ultraestrutura, citologia, anatomia, palinologia, desenvolvimento, genética, biologia reprodutiva, ecologia, etnobotânica e filogeografia), bem como em História da Botânica e atividades ligadas a Jardins Botânicos.

Preconiza-se que os manuscritos submetidos à *Rodriguésia* excedam o enfoque essencialmente descritivo, evidenciando sua relevância interpretativa relacionada à morfologia, ecologia, evolução ou conservação.

Artigos de revisão ou de opinião poderão ser aceitos mediante demanda voluntária ou a pedido do corpo editorial.

Os manuscritos deverão ser preparados em Português, Inglês ou Espanhol. Ressalta-se que os manuscritos enviados em Língua Inglesa terão prioridade de publicação.

A *Rodriguésia* aceita o recebimento de manuscritos desde que:

- todos os autores do manuscrito tenham aprovado sua submissão;
- os resultados ou ideias apresentados no manuscrito sejam originais;
- o manuscrito enviado não tenha sido submetido também para outra revista, a menos que sua publicação tenha sido recusada pela *Rodriguésia* ou que esta receba comunicado por escrito dos autores solicitando sua retirada do processo de submissão;
- o manuscrito tenha sido preparado de acordo com a última versão das Normas para Publicação da *Rodriguésia*.

Se aceito para publicação e publicado, o artigo (ou partes do mesmo) não deverá ser publicado em outro lugar, exceto:

- com consentimento do Editor-chefe;
- se sua reprodução e o uso apropriado não tenham fins lucrativos, apresentando apenas propósito educacional.

Qualquer outro caso deverá ser analisado pelo Editor-chefe. O conteúdo científico, gramatical e ortográfico de um artigo seja de total responsabilidade de seus autores.

Processo de Avaliação por Pares

Os manuscritos submetidos à *Rodriguésia*, serão inicialmente avaliados pelo Editor-Chefe e Editor(es) Assistente(s), os quais definirão sua área específica; em seguida, o manuscrito será enviado para o respectivo Editor de Área. O Editor de Área, então, enviará o mesmo para dois consultores ad hoc. Os comentários e sugestões dos revisores e a decisão do Editor de Área serão enviados para os respectivos autores, a fim de serem, quando necessário, realizadas modificações de forma e conteúdo. Após a aprovação do manuscrito, o texto completo com os comentários dos ad hoc e Editor de

Área serão avaliados pelo Editor-Chefe. Apenas o Editor-chefe poderá, excepcionalmente, modificar a recomendação dos Editores de Área e dos revisores, sempre com a ciência dos autores.

Uma prova eletrônica será enviada, através de correio eletrônico, ao autor indicado para correspondência, para aprovação. Esta deverá ser devolvida, em até cinco dias úteis a partir da data de recebimento, ao Corpo Editorial da Revista. Os manuscritos recebidos que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidos.

Os trabalhos, após a publicação, ficarão disponíveis em formato PDF neste site. Além disso, serão fornecidas gratuitamente 10 separatas por artigo publicado.

Periodicidade

Publicação trimestral

Política de Acesso Livre

Esta revista oferece acesso livre imediato ao seu conteúdo, seguindo o princípio de que disponibilizar gratuitamente o conhecimento científico ao público proporciona maior democratização mundial do conhecimento.

Diretrizes para Autores

Envio dos manuscritos:

Os manuscritos devem ser submetidos eletronicamente através do site <https://mc04.manuscriptcentral.com/rod-scielo>
[ATENÇÃO! Este sistema não funciona bem no navegador CHROME.](#)

Forma de Publicação:

Os artigos devem ter no máximo 30 laudas, aqueles que ultrapassem este limite poderão ser publicados após avaliação do Corpo Editorial. O aceite dos trabalhos depende da decisão do Corpo Editorial.

Artigos Originais: somente serão aceitos artigos originais nas áreas anteriormente citadas para Biologia Vegetal, História da Botânica e Jardins Botânicos.
Artigos de Revisão: serão aceitos preferencialmente aqueles convidados pelo corpo editorial, porém, eventualmente, serão aceitos aqueles provenientes de contribuições voluntárias.

Artigos de Opinião: cartas ao editor, comentários a respeito de outras publicações e idéias, avaliações e outros textos que caracterizados como de opinião, serão aceitos.

Notas Científicas: este formato de publicação compõe-se por informações sucintas e conclusivas (não sendo aceitos dados preliminares), as quais não se mostram apropriadas para serem incluídas em um artigo científico típico. Técnicas novas ou modificadas podem ser apresentadas.

Artigos originais e Artigos de revisão

Os manuscritos submetidos deverão ser formatados em A4, com margens de 2,5 cm e alinhamento justificado, fonte Times New Roman, corpo 12, em espaço duplo, com no máximo 2MB de tamanho. Todas as páginas, exceto a do título, devem ser numeradas, consecutivamente, no canto superior direito. Letras maiúsculas devem ser utilizadas apenas se as palavras exigem iniciais maiúsculas, de acordo com a respectiva língua do manuscrito. Não serão considerados manuscritos escritos inteiramente em maiúsculas. Palavras em latim devem estar em itálico, bem como os nomes científicos genéricos e infragenéricos.

Utilizar nomes científicos completos (gênero, espécie e autor) na primeira menção, abreviando o nome genérico subsequentemente, exceto onde referência a outros gêneros cause confusão. Os nomes dos autores de táxons devem ser citados segundo Brummitt & Powell (1992), na obra ““Authors of Plant Names” ou de acordo com o site do IPNI (www.ipni.org).

Primeira página - deve incluir o título, autores, instituições, apoio financeiro, autor e endereço para correspondência e título abreviado. O título deverá ser conciso e objetivo, expressando a idéia geral do conteúdo do trabalho. Deve ser escrito em negrito com letras maiúsculas utilizadas apenas onde as letras e as palavras devam ser publicadas em maiúsculas.

Segunda página - deve conter Resumo (incluindo título em português ou espanhol), Abstract (incluindo título em inglês) e palavras-chave (até cinco, em português ou espanhol e inglês, em ordem alfabética). Resumos e Abstracts devem conter até 200 palavras cada.

Texto – Iniciar em nova página de acordo com seqüência apresentada a seguir: Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão, Agradecimentos e Referências. O item Resultados pode estar associado à Discussão quando mais adequado. Os títulos (Introdução, Material e Métodos etc.) e subtítulos deverão ser apresentados em negrito.

As figuras e tabelas deverão ser enumeradas em arábico de acordo com a seqüência em que as mesmas aparecem no texto.

As citações de referências no texto devem seguir os seguintes exemplos: Miller (1993), Miller & Maier (1994), Baker et al. (1996) para três ou mais autores; ou (Miller 1993), (Miller & Maier 1994), (Baker et al. 1996), (Miller 1993; Miller & Maier 1994). Artigos do mesmo autor ou seqüência de citações devem estar em ordem cronológica. A citação de Teses e Dissertações deve ser utilizada apenas quando estritamente necessária. Não citar trabalhos apresentados em Congressos, Encontros e Simpósios. O material examinado nos trabalhos taxonômicos deve ser citado obedecendo a seguinte ordem: local e data de coleta, bot., fl., fr. (para as fases fenológicas), nome e número do coletor (utilizando et al. quando houver mais de dois) e sigla(s) do(s) herbário(s) entre parêntesis, segundo Index Herbariorum (Thiers, continuously updated). Quando não houver número de coletor, o número de registro do espécime, juntamente com a sigla do herbário, deverá ser citado. Os nomes dos países e dos estados/províncias deverão ser citados por extenso, em letras maiúsculas e em ordem alfabética, seguidos dos respectivos materiais estudados.

Exemplo: BRASIL. BAHIA: Ilhéus, Reserva da CEPEC, 15.XII.1996, fl. e fr., R.C. Vieira et al. 10987 (MBM, RB, SP).

Para números decimais, use vírgula nos artigos em Português e Espanhol (exemplo: 10,5 m) e ponto em artigos em Inglês (exemplo: 10.5 m). Separe as unidades dos valores por um espaço (exceto em porcentagens, graus, minutos e segundos). Use abreviações para unidades métricas do Systeme International d'Unités (SI) e símbolos químicos amplamente aceitos. Demais abreviações podem ser utilizadas, devendo ser precedidas de seu significado por extenso na primeira menção.

Ilustrações - Mapas, desenhos, gráficos e fotografias devem ser denominados como Figuras.

Fotografias e ilustrações que pertencem à mesma figura devem ser organizados em

pranchas (Ex.: Fig. 1a-d – A figura 1 possui quatro fotografias ou desenhos). Todas as figuras devem ser citadas na sequência em que aparecem e nunca inseridas no arquivo de texto.

As pranchas devem possuir 15 cm larg. x 19 cm comp. (altura máxima permitida); também serão aceitas figuras que caibam em uma coluna, ou seja, 7,2 cm larg.x 19 cm comp.

Os gráficos devem ser elaborados em preto e branco.

No texto as figuras devem ser sempre citadas de acordo com os exemplos abaixo: “Evidencia-se pela análise das Figuras 25 e 26....”

“Lindman (Fig. 3a) destacou as seguintes características para as espécies...”

Envio das imagens para a revista:

- **FASE INICIAL – submissão eletrônica** (<https://mc04.manuscriptcentral.com/rod-scielo>): as imagens devem ser submetidas em formato PDF ou JPEG, com tamanho máximo de 2MB. Os gráficos devem ser enviados em arquivos formato Excel. Caso o arquivo tenha sido feito em Corel Draw, ou em outro programa, favor transformar em imagem PDF ou JPEG. Ilustrações que não possuírem todos os dados legíveis resultarão na devolução do manuscrito.
- **SEGUNDA FASE** – somente se o artigo for aceito para publicação: nessa fase todas as imagens devem ser enviadas para a Revista Rodriguésia do seguinte modo:
 - através de sites de uploads da preferência do autor (disponibilizamos um link para um programa de upload chamado MediaFire como uma opção para o envio dos arquivos, basta clicar no botão abaixo). O autor deve enviar um email para a revista avisando sobre a disponibilidade das imagens no site e informando o link para acesso aos arquivos.

Neste caso, as imagens devem ter 300 dpi de resolução, nas medidas citadas acima, em formato TIF. No caso dos gráficos, o formato final exigido deve ser Excel ou Illustrator.

IMPORTANTE: Lembramos que as IMAGENS (pranchas escaneadas, fotos, desenhos, bitmaps em geral) não podem ser enviadas dentro de qualquer outro programa (Word, Power Point, etc), e devem ter boa qualidade (obs. caso a imagem original tenha baixa resolução, ela não deve ser transformada para uma resolução maior, no Photoshop ou qualquer outro programa de tratamento de imagens. Caso ela possua pouca nitidez, visibilidade, fontes pequenas, etc., deve ser escaneada novamente, ou os originais devem ser enviados para a revista.)

Imagens coloridas serão publicadas apenas na versão eletrônica.

*** Use sempre o último número publicado como exemplo ao montar suas figuras.***

Legendas – devem vir ao final do arquivo com o manuscrito completo. Solicita-se que as legendas, de figuras e gráficos, em artigos enviados em português ou espanhol venham acompanhadas de versão em inglês.

Tabelas – não inserir no arquivo de texto. Incluir a(s) tabela(s) em um arquivo separado. Todas devem ser apresentadas em preto e branco, no formato Word for Windows. No texto as tabelas devem ser sempre citadas de acordo com os exemplos abaixo:

“Apenas algumas espécies apresentam indumento (Tab. 1)...”

“Os resultados das análises fitoquímicas são apresentados na Tabela 2...”

Solicita-se que os títulos das tabelas, em artigos enviados em português ou espanhol, venham acompanhados de versão em inglês.

Referências - Todas as referências citadas no texto devem estar listadas neste item. As referências bibliográficas devem ser relacionadas em ordem alfabética, pelo sobrenome do primeiro autor, com apenas a primeira letra em caixa alta, seguido de todos os demais autores. Quando o mesmo autor publicar vários trabalhos num mesmo ano, deverão ser acrescentadas letras alfabéticas após a data. Os títulos de periódicos não devem ser abreviados.

Exemplos:

Tolbert, R.J. & Johnson, M.A. 1966. A survey of the vegetative shoot apices in the family Malvaceae. *American Journal of Botany* 53: 961-970.

Engler, H.G.A. 1878. Araceae. In: Martius, C.F.P. von; Eichler, A. W. & Urban, I. *Flora brasiliensis*. Munchen, Wien, Leipzig. Vol. 3. Pp. 26-223.

Sass, J.E. 1951. *Botanical microtechnique*. 2ed. Iowa State College Press, Iowa. 228p.

Punt, W.; Blackmore, S.; Nilsson, S. & Thomas, A. 1999. Glossary of pollen and spore Terminology. Disponível em <<http://www.biol.ruu.nl/~palaeo/glossary/glos-int.htm>>. Acesso em 15 outubro 2006.

Costa, C.G. 1989. Morfologia e anatomia dos órgãos vegetativos em desenvolvimento de *Marcgravia polyantha* Delp. (Marcgraviaceae). Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo. 325p.

Notas Científicas

Devem ser organizadas de maneira similar aos artigos originais, com as seguintes modificações:

Texto – não deve ser descrito em seções (Introdução, Material e Métodos, Discussão), sendo apresentado como texto corrido. Os Agradecimentos podem ser mencionados, sem título, como um último parágrafo. As Referências Bibliográficas são citadas de acordo com as instruções para manuscrito original, o mesmo para Tabelas e Figuras.

Artigos de Opinião

Deve apresentar resumo/abstract, título, texto, e referências bibliográficas (quando necessário). O texto deve ser conciso, objetivo e não apresentar figuras (a menos que absolutamente necessário).

Conflitos de Interesse

Os autores devem declarar não haver conflitos de interesse pessoais, científicos, comerciais, políticos ou econômicos no manuscrito que está sendo submetido. Caso contrário, uma carta deve ser enviada diretamente ao Editor-chefe.

Declaração de Direito Autoral

Os autores concordam: (a) com a publicação exclusiva do artigo neste periódico; (b) em transferir automaticamente direitos de cópia e permissões à publicadora do periódico. Os autores assumem a responsabilidade intelectual e legal pelos resultados e pelas considerações apresentados.

Política de Privacidade

Os nomes e endereços informados nesta revista serão usados exclusivamente para os serviços prestados por esta publicação, não sendo disponibilizados para outras finalidades ou a terceiros.