



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ – UFPI
CAMPUS SENADOR HELVÍDIO NUNES DE BARROS – CSHNB



MARIA ÍRIS DA ROCHA

**ALGAS FITOPLANCTÔNICAS COMO BIOINDICADORAS NOS RIOS PARNAÍBA E
POTI NA CIDADE DE TERESINA, PIAUÍ.**

PICOS
2018

MARIA ÍRIS DA ROCHA

**ALGAS FITOPLANCTÔNICAS COMO BIOINDICADORAS NOS RIOS PARNAÍBA
E POTI NA CIDADE DE TERESINA, PIAUÍ.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Piauí, Campus Senador Helvídio Nunes de Barros, como requisito para obtenção do grau de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Paulo César Lima Sales

FICHA CATALOGRÁFICA
Serviço de Processamento Técnico da Universidade Federal do Piauí
Biblioteca José Albano de Macêdo

R672a Rocha, Maria Íris da.
Algas fitoplanctônicas como bioindicadores nos rios Parnaíba e Poti na cidade de Teresina, Piauí. / Maria Íris da Rocha. -- Picos,PI, 2018.
28 f.
CD-ROM: 4 ¾ pol.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Piauí, Picos, 2019.
“Orientador(A): Prof. Dr. Paulo César Lima Sales.”

1. Fitoplácton. 2. Algas - Bioindicador. 3. Rios – Teresina,PI. 4. Variáveis Ambientais. I. Título.

CDD 577.64

Elaborada por Rafael Gomes de Sousa CRB 3/1163

MARIA IRIS DA ROCHA

**ALGAS FITOPLANCTÔNICAS COMO BIOINDICADORAS NOS RIOS PARNAÍBA
E POTI NA CIDADE DE TERESINA, PIAUÍ.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Piauí, Campus Senador Helvídio Nunes de Barros, como requisito para obtenção do grau de licenciado em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Paulo César Lima Sales

Aprovado em 04/12/2018

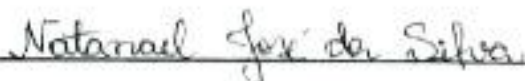
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Paulo César Lima Sales
Universidade Federal do Piauí, Campus Senador Helvídio Nunes de Barros



Prof. Esp. Vanderlan Feitosa de Macedo,
Universidade Federal do Piauí, Campus Senador Helvídio Nunes de Barros



Prof. Msc. Natanael José da Silva,
Universidade Federal do Piauí, Campus Universitário Ministro Petrônio Portella

AGRADECIMENTOS

A Jesus e a Nossa Senhora da Conceição que nos momentos difíceis abençoou minha família me permitindo continuar a minha jornada e chegar ao final desse curso. Agradeço também aos meus pais e irmãos, minha família que eu amo e em especial a minha sobrinha Rejane Maria Silva.

A meu professor orientador Paulo César Lima Sales e aos amigos Esdras e João Paulo pelo auxílio nesse trabalho. Aos professores Vanderlan Feitosa de Macedo e Natanael José da Silva por aceitar o convite para compor a banca examinadora.

As minhas amigas e amigos pelo companheirismo e carinho que recebi durante esses anos de convivência.

A todos, meus sinceros agradecimentos. Muito

Obrigada!

“Toda conquista começa com a decisão de tentar”

(Frases do bem)

RESUMO

Em ambientes aquáticos, o fitoplâncton desempenha um excelente papel como bioindicador pelo seu tamanho reduzido, crescimento rápido e respostas quase imediatas a mudanças nos parâmetros físicos químicos da água. A presente pesquisa visou testar se as variáveis físicas químicas interferem na estrutura da comunidade fitoplânctônica, nos rios Parnaíba e Poti, na cidade de Teresina, Piauí. Amostragens foram realizadas em 14 pontos de coletas nos rios, onde foram mensurados a temperatura da água, oxigênio saturado e dissolvido, pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos e transparência da água por disco de Secchi. Alíquotas de água foram coletadas para determinação do fósforo, amônia e fosfato. Para comparar os três setores dos rios em relação às respostas da composição de espécies às variáveis ambientais, uma análise de redundância (RDA) foi executada entre a matriz de dados ambientais e a matriz binária de espécies. A análise heurística dos dados nos fornece indícios de que os rios apresentam características físicas e químicas distintas e que um *pool* de táxons apresenta preferências biológicas para cada ambiente.

Palavras-chave: Bioindicador; fitoplâncton; táxons; variáveis ambientais.

ABSTRACT

In aquatic environments, phytoplankton plays an excellent role as bioindicator by their small size, rapid growth, and nearimmediate responses to changes in the physical and chemical parameters of water. The present test chemical physical variables interfere in the structure of phytoplankton communities in the Parnaíba and Poti rivers in the city of Teresina, Piauí. The samplings were performed at 14 collection points in the rivers, where the water temperature, saturated and dissolved oxygen, Ph, conductivity, dissolved solids and water transparency were determined by the Secchi disk. Aliquotas of water were collected for determination of phosphorus, ammonia and phosphate. To compare the three rivers sectors in relation to species composition responses to environmental variables, a redundancy analysis (RDA) was performed between the environmental data matrix and the binary matrix of species. The heuristic analysis of the data gives us indications that the rivers present distinct physical and chemical characteristics and that a pool of taxa presents biological preferences for each environment.

Keywords: bioindicator; phytoplankton; taxa; variables environmental.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 9 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 11 |
| 2.1 Bioindicadores | 11 |
| 2.3 O fitoplâncton e as variáveis ambientais | 12 |
| 3 MATERIA(IS) E MÉTODO(S)..... | 15 |
| 3.1 Área de estudo | 15 |
| 3.2. Amostragem | 16 |
| 3.3 Análise de dados | 16 |
| 3.4 Tratamento estatístico..... | 16 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 17 |
| 5 CONCLUSÃO..... | 21 |
| REFERÊNCIAS..... | 22 |
| APÊNDICE..... | 26 |

1 INTRODUÇÃO

Bioindicadores são fontes bióticas ou abióticas que reagem a mudanças ambientais (PARMAR; RAWTANI; AGRAWAL, 2003). Em seu sentido mais comum, são caracterizados por organismos ou comunidades de organismos que fornecem informações sobre a qualidade do meio ambiente ou a natureza das mudanças ambientais através de seu conteúdo químico, estrutura morfológica, histológica, celular, processos metabólicos bioquímicos, comportamento ou estrutura da população, incluindo as mudanças nesses parâmetros (MARKET, 2010).

Para ambientes aquáticos, grupos autotróficos, tais como algas e plantas, apresentam excelentes resultados como agentes de bioindicação (LUKÁCS; DÉVAI; TÓTHMÉRÉSZ; 2009; DOKULIL, 2003). Em ambientes aquáticos, o fitoplâncton desempenha um excelente papel como bioindicador pelo seu tamanho reduzido, crescimento rápido e respostas quase imediatas a mudanças nos parâmetros físicos e químicos da água. Onyema (2013) estudando o fitoplâncton em lagos, verificou que a estrutura da comunidade fitoplanctônica estava associada a qualidade da água, em resposta aos níveis de salinidade, pH, cátions, nutrientes e poluição. Pourafrazyabi e Ramezanpour (2014) pesquisando o potencial bioindicador do fitoplâncton em rio, constataram que a estrutura da comunidade em termos taxonômicos está associada à profundidade e transparência da água.

Por todo mundo, países apresentam um conjunto de leis e parâmetros que definem o uso de organismos bioindicadores em suas legislações. No Brasil, a abordagem biológica é essencial para a verificação da qualidade dos ambientes em estudos ambientais, definidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (BRASIL, 1986). O CONAMA estabelece que estudos de impacto ambiental (EIA) devem contemplar o meio biótico e os ecossistemas naturais, destacando as espécies indicadoras da qualidade ambiental, de valor científico e econômico, raras e ameaçadas de extinção e as áreas de preservação permanente.

Tendo em vista a importância da utilização de organismos bioindicadores na avaliação de qualidade ambiental e seu conhecimento para o manejo de ambientes ameaçados, bem como a fragilidade do bioma Cerrado frente ao avanço dos impactos das atividades humanas nessas comunidades, a presente pesquisa visou testar se as variáveis físicas químicas interferem na estrutura da comunidade fitoplânctônica, nos rios Parnaíba e Poti, na cidade de Teresina, Piauí. O presente trabalho está estruturado em quatro partes. A primeira consiste na revisão de literatura sobre os assuntos abordados na pesquisa. A segunda parte traz uma descrição detalhada da metodologia utilizada. A terceira parte é composta pelos resultados e

discussões sobre as alterações da comunidade fitoplantônica nos Rios Poti e Parnaíba frente as variáveis ambientais. A quarta e última parte consiste na conclusão do trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Bioindicadores

Os Bioindicadores são organismos capazes de indicar uma condição ambiental a curto e longo prazo, podendo ser utilizados na avaliação da integridade ecológica de um ecossistema através da sua presença e abundância e para diferenciar variações ambientais causadas pela ação do homem de estresses naturais (CALLISTO, 2000; LI ZHENG; LIU, 2010). O relacionamento entre os seres vivos e os fatores ambientais é essencial para a bioindicação (CALLISTO; MORENO, 2006).

Tradicionalmente estudos sobre a qualidade de águas superficiais são feitos através de análises de suas características físicas-químicas que consomem muito tempo e recursos financeiros, porém o uso de bioindicadores está surgindo como uma simples alternativa a baixos custos, sendo até mais aceitos pela comunidade científica (ILIOPOULOU-GEORGUDAKI, 2003; LI ZHENG; LIU, 2010).

Ribeiro e Uieda (2005) defendem a associação dos métodos físico-químicos com métodos biológicos. Segundo eles a caracterização seria mais ampla, pois abrangeria os aspectos biológicos e a interação entre o meio físico, necessária para o manejo dos recursos hídricos.

A primeira tentativa para considerar organismos aquáticos, de forma genérica, como bioindicadores foi feita por Cohn (1870) e depois alterada por Mez (1898). As comunidades de algas foram as primeiras que conseguiram ser nomeadas como bioindicadores, capazes de avaliar tanto as águas costeiras como as de transição (AR GALL et al., 2016).

De acordo com Shoubaky (2013) as comunidades de algas são reconhecidamente boas indicadoras de mudanças ambientais nos ambientes aquáticos. Os mais frequentes bioindicadores usados englobam o fitoplâncton, as macroalgas, as algas marinhas os macroinvertebrados e os peixes.

Sobre o fitoplâncton variáveis como: composição específica, biomassa e sua taxa de produtividade são as mais utilizadas como indicadoras do estado trófico da água (ESTEVES, 2011).

2.2 Composição do fitoplâncton

O fitoplâncton faz parte da comunidade planctônica que também apresenta o bacterioplâncton, zooplâncton e protozooplâncton como seus componentes (PEREIRA; SOARES, 2002).

O fitoplâncton encontra-se integrado por centenas de gêneros e milhares espécies de algas unicelulares significantes na ecologia dos ambientes aquáticos (KENNISH, 1990; BARNES, 1980). Estes microrganismos são habituados a viver em oceano aberto, em lagos (incluindo reservatórios), estuários e rios (BONEY, 1975; BOLD, 1985; ESKINAZI-LEÇA; KOENING; SILVA, 2004) e se deslocam de forma passiva com os movimentos de correntes e de massas d'água (BONEY, 1975).

As principais algas que compõem o fitoplâncton de água doce geralmente são algas verdes ou Chlorophytas, diatomáceas ou Bacillariophyta, as cianobactérias ou Cyanophyta, Dinophyta, Euglenophyta as quais podem ser encontradas também em águas salgadas (SOUZA, 2003; BUFORD, 1997).

As Cyanophytas apresentam um pigmento denominado de ficocianina a partir do qual se originou o seu nome. As Chlorophytas constituem a classe mais frequente do fitoplâncton de água doce apresentando as clorofilas “a” e “b” e amido como reserva. Já as Euglenophytas tem as clorofilas “a” e “b”, mas sua reserva energética é o paramilo. Os Dinoflagelados são organismos assimétricos unicelulares com flagelos de funções e morfologias diferentes (ESTEVES, 2011).

2.3 O fitoplâncton e as variáveis ambientais

O meio aquático oferece umidade suficiente para o desenvolvimento e manutenção de vida das algas (VIDOTTI; ROLLEMBERG, 2004). Na cadeia alimentar ocupam o primeiro nível trófico, alimentando outras espécies (SANTOS; CAMPOS, 2016), e determinando o fluxo de matéria e energia na maioria dos ecossistemas lacustres (HUSZAR et al., 1990).

Além de água as algas também necessitam de luz, gás carbônico, oxigênio e nutrientes. Os nutrientes são retirados pelas algas do local onde habitam, assim, elas são contaminadas diretamente quando existem agentes poluentes na água (SANTOS; CAMPOS, 2016).

Para o fitoplâncton o nitrogênio e o fósforo são os nutrientes mais essenciais (DI BERNARDO, 1995), pois, restringem o seu crescimento (REYNOLDS, 1997). No entanto, o acréscimo decorrente das concentrações desses nutrientes, ligados a condições de intensidades

altas de luminosidades, elevadas temperaturas e pH promovem o aumento da biomassa fitoplanctônica provocando o processo de eutrofização (PAERL; OTTEN, 2013).

A eutrofização ocorre comumente em todo o mundo provocando problemas como a redução da diversidade das espécies e a perda da qualidade da água (PAERL, 2009).

Segundo Esteves (1988) a disponibilidade de oxigênio na água é afetada diretamente pela redução da transparência da água devido a concentração de matéria orgânica que ocasiona uma baixa taxa de fotossíntese realizada pelo fitoplâncton. E assim, as variações das concentrações de gás carbônico e oxigênio dissolvidos na água afetam a qualidade desse habitat (WETZEL, 2001).

Dessa forma, nutrientes, temperatura e a quantidade de luz solar que penetra na água são fatores que podem interferir no desenvolvimento das algas determinando os tipos e as quantidades encontradas (PEREIRA, 2013).

Os nutrientes presentes na água podem ser oriundos de atividades antrópicas como: mineração, lançamento de esgotos não tratados industriais e domésticos, uso impróprio do solo em regiões ripárias e planícies de inundação (GOULART; CALLISTO, 2003).

No geral as comunidades planctônicas que são diversificadas e abundantes no meio aquático, estão dependentes das características abióticas e bióticas desse meio (DI BERNARDO, 1995). A sua estrutura encontra-se relacionada diretamente às características físicas e químicas da água que atuam conjuntamente com vários fatores ambientais, os quais, raramente atuam isolados e geralmente agem em conjunto, condicionando o estabelecimento de populações que se adaptam a estas variações (PHILIPS et al., 1980).

A seleção dessas populações de algas se deve ao fato que elas não somente apresentam pontos em comum entre elas, ou seja, cada população tem características próprias, sendo diversificadas do ponto de vista taxonômico, morfométrico e fisiológico e por isso reagem de formas diferentes as alterações dos diversos parâmetros físicos e químicos que os poluentes e a atividade humana acarretam aos corpos hídricos (SHOUBAKY, 2013; HUTCHINSON, 1961; SCHEFFER et al., 2003).

Diante disso, sabendo que a comunidade fitoplanctônica é ecologicamente importante, os ecossistemas aquáticos precisam ter sua dinâmica e qualidade ambiental estudadas, para que aconteça o gerenciamento e manejo dos sistemas hídricos, além do conhecimento sobre as atuações que interferem nas características da água, procurando à proteção dos mananciais por meio de iniciativas adequadas (SANT'ANNA et al., 2007).

No entanto, para a compreensão do funcionamento dos ambientes aquáticos é preciso, antes de tudo, ter certa noção sobre a taxonomia das populações fitoplanctônicas, além de conhecer, seus padrões espaciais e temporais (MELO; SUZUKI, 1998). Ou seja, estudos taxonômicos do fitoplâncton constituem uma ferramenta para indicar a qualidade da água, permitindo o monitoramento das águas utilizada para vários fins (CASE, 2017).

A taxonomia do fitoplâncton é complexa e se baseia principalmente na morfologia celular, ornamentação, cor, reservas alimentares e pigmentos fotossintéticos (PERREIRA, 2013).

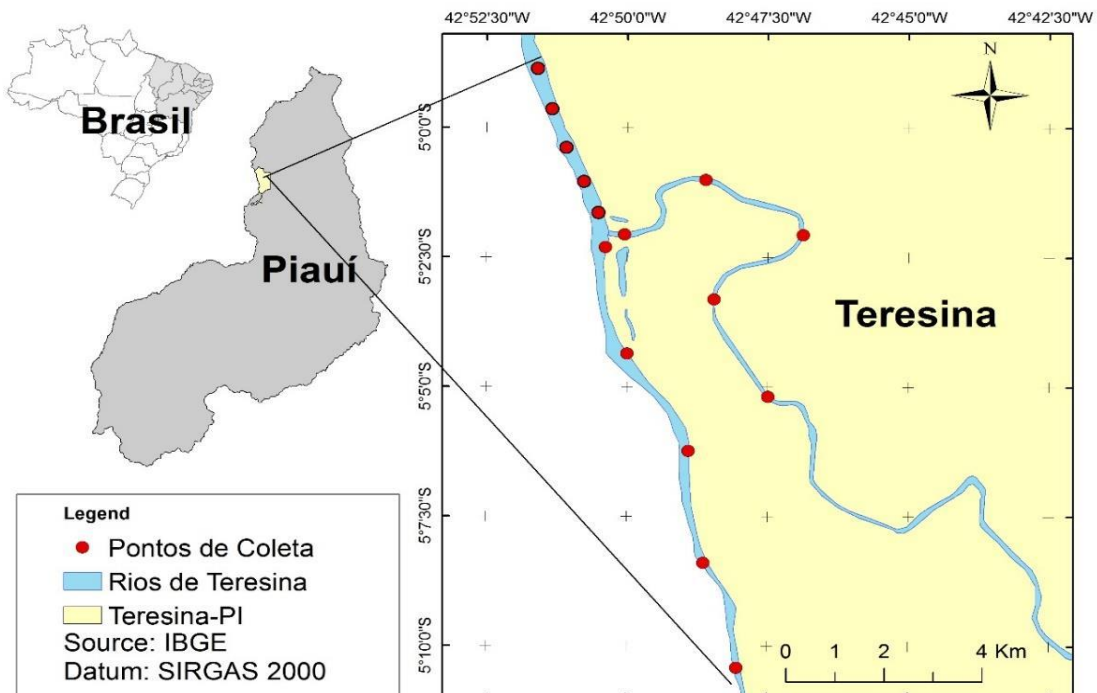
Nas últimas décadas tem-se aumentado os estudos sobre organismos fitoplanctônicos, pela sua importância em águas continentais, estuarinas e marinhas (CALIJURI et al., 2006; COSTA et al., 2006). Porém, de acordo com Rodrigues (2004), a dificuldade de medir variáveis ambientais em ambientes lóticos devido as rápidas alterações que sofrem ao longo do dia, faz com que, o fitoplâncton desses habitats sejam menos estudado.

3 MATERIA(IS) E MÉTODO(S)

3.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no mês de novembro de 2017 nos rios Parnaíba e Poti, no perímetro urbano da cidade de Teresina-PI, situada na sub-região Meio-Norte do nordeste brasileiro. O Rio Parnaíba tem suas origens na Serra das Mangabeiras, nos limites do estado do Piauí com o Tocantins, percorrendo 1.337 km até desembocar no Oceano Atlântico, em forma de Delta. O rio apresenta-se perene em todo o seu curso, por receber contribuições de vários grandes tributários e do lençol subterrâneo em todo o seu percurso, desde a nascente principal até próximo de sua foz (IBGE, 2016; LIMA, et al, 2016). O Parnaíba recebe, na cidade de Teresina, um de seus principais afluentes, o rio Poti. Este nasce na Serra dos Cariris Novos, a cerca de 600 metros de altitude na divisa dos Estados do Piauí e Ceará, penetra no Piauí formando um grande canyon nessa costa, descendo até Teresina onde desenha vários meandros, acompanhado de muitas lagoas, indo desaguar no Parnaíba na zona norte da cidade no bairro Poti Velho (LIMA et al., 2016).

Figura 1. Mapa da área de estudo, mostrando o local de coleta das amostras nos rios Parnaíba e Poti, Teresina, Piauí.



Fonte:

Google Earth.

3.2. Amostragem

As amostragens foram realizadas em 14 pontos de coletas: quatro no rio Poti, cinco no rio Parnaíba antes do encontro com o rio Poti, e cinco após o encontro dos rios (figura 1). Durante a amostragem, foram mensurados in situ: temperatura da água, oxigênio saturado e dissolvido, pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos e transparência da água por disco de Secchi. Alíquotas de 1 litro de água em triplicatas foram coletadas na subsuperfície da coluna de água para determinação dos nutrientes totais (fósforo) e dissolvidos (amônia e fosfato), este último após filtração em filtros de microfibras de vidro.

Tabela 1- Expondo as coordenadas de cada ponto de coleta.

| Pontos | Par- Pré | | Par - Pós | | Poti | |
|----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| | Latitude | Longitude | Latitude | Longitude | Latitude | Longitude |
| Ponto 1 | -5.038374 | -42.840769 | -4.972517 | -42.862865 | -5.034429 | -42.834513 |
| Ponto 2 | -5.072715 | -42.835580 | -4.986944 | -42.859495 | -5.017181 | -42.810493 |
| Ponto 3 | -5.103156 | -42.817465 | -4.999309 | -42.853616 | -5.034891 | -42.782061 |
| Ponto 4 | -5.139106 | -42.812170 | -5.012542 | -42.849426 | -5.065738 | -42.808336 |
| Ponto 5 | -5.173084 | -42.802598 | -5.024004 | -42.844539 | -5.087085 | -42.791890 |

Fonte: Dados da pesquisa

3.3 Análise de dados

Para os nutrientes, foram utilizados os métodos do fenato para amônia, do ácido ascórbico para fosfato e fósforo total, de acordo com o “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (APHA, 1998). Os táxons foram identificados utilizando as bibliográficas de Bicudo e Menezes (2006) e Wehr e Sheath (2003).

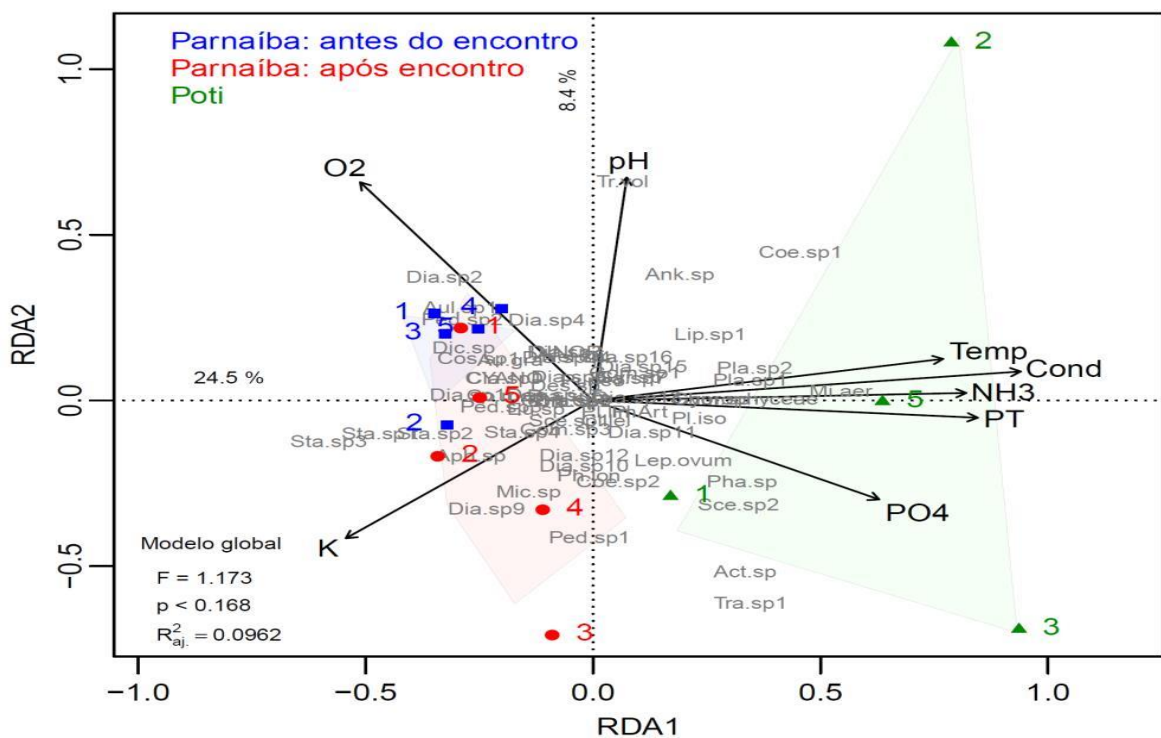
3.4 Tratamento estatístico

Para comparar os três setores dos rios em relação às respostas da composição de espécies às variáveis ambientais, uma análise de redundância (RDA) foi executada entre a matriz de dados ambientais e a matriz binária de espécies com padronização de Hellinger.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo realizado nos rios Parnaíba e Poti demonstrou uma clara separação dos dois rios em três setores distintos no perímetro urbano do município de Teresina: Poti, Parnaíba antes do Encontro dos Rios (Ppré) e Parnaíba após o Encontro dos Rios (Ppós). A análise de redundância (RDA) (Figura 2) ilustra essa divisão. O primeiro eixo da RDA corresponde a 8,4% da proporção da variância nos dados e o segundo eixo responde por 24,5% da proporção de variância. Juntos, os dois eixos são responsáveis por 32,9% da proporção de variância dos dados. O primeiro eixo da PCA divide claramente os rios Poti e Parnaíba. O setor Ppós mostra-se como uma maior área (polígono vermelho) em relação ao setor Ppré (polígono azul), que está nítido na área de Ppós. Isso indica que Ppós apresenta características físicas e químicas e de composição de espécies pertencentes à Ppré. Isso torna-se evidente porque os dois setores são do mesmo rio (Parnaíba), com o fluxo da corrente de água fluindo na direção Pré a Ppós.

Figura 2. Análise de redundância (RDA) sobre matriz de densidade de espécies em relação a matriz de variáveis ambientais entre os rios Parnaíba e Poti. Fósforo total (PT), fosfato (PO4), oxigênio dissolvido (O2), sólidos totais dissolvidos (TDS), coeficiente de atenuação vertical da radiação (k) e pH. Teste global do resultado da RDA com 1000 permutações: $F = 1,173$, $p < 0,168$.



Fonte: Dados da pesquisa

A maior variação em Ppós pode ser explicada pela influência recebida pelo rio Poti. O rio Parnaíba exerce sobre o rio Poti um efeito de barramento de suas águas no encontro dos rios no período seco. Nesse ponto ocorre uma mistura entre as águas dos dois rios, acarretando uma leve alteração física e química das águas de Ppós e em relação à composição de espécies.

O fluxo mais forte do rio Parnaíba e sua baixa profundidade em relação ao rio Poti, faz com que ocorra o revolvimento de seu sedimento arenoso, acarretando uma maior turbidez (K) e maior oxigenação, como ilustrado pelo triplot (Figura 2).

A difusão de oxigênio dentro de um corpo de água dá-se principalmente pelo seu transporte em massas d'água. A disponibilidade do oxigênio dissolvido na água está diretamente relacionada com a respiração, decomposição e com aos processos fotossintéticos e estas variáveis se relacionam com o fotoperíodo, intensidade luminosa e a temperatura, esse elo faz do oxigênio uma das variáveis limnológicas que mais sofre variações diárias (ESTEVES, 2011).

Em contrapartida, no período estudado o rio Poti apresenta sua turbidez de natureza biológica, ocasionada por uma alta taxa de biomassa algal, visivelmente caracterizada por sua cor esverdeada. Essa característica está relacionada à maior concentração de nutrientes (PO₄, PT e NH₃) no Poti, essencial para o crescimento algal.

Gianesella e Saldanha-Correa (2000) considera o fósforo um dos nutrientes mais importantes utilizados pelo fitoplâncton. O fósforo pode ser fornecido ao meio aquático por ambientes costeiros, e por detergentes em ambientes impactados. O fosfato também é indispensável ao crescimento das algas, a absorção de fosfato está relacionada com a atividade fotossintética fitoplanctônica (ESTEVES, 1988).

Outra característica é a maior temperatura registrada no rio Poti em relação ao Parnaíba. De acordo com Dennis (1978) a elevada atividade biológica a altas temperaturas contribui para reduzir o oxigênio disponível, e quanto maior a temperatura menor a solubilidade de oxigênio na água.

Dessa forma, o fato do rio Poti apresentar uma alta taxa de biomassa e uma temperatura mais alta, pode ter contribuído para que os níveis de oxigênio dissolvido na água do Poti se apresentasse menor em relação ao do Parnaíba.

Tabela 2 – Variáveis físicas e químicas dos rios Parnaíba e Poti. Coeficiente de atenuação vertical da radiação (K), sólidos totais dissolvidos (TDS).

| Setor | Pontos | NH ₃ µg/L | PO ₄ ⁻ µg/L | PT µg/L | K | pH | Temperatura °C | Condutividade de µS/cm ³ | TDS | O ₂ ppm | O ₂ % |
|--------------------------------------|--------|-------------------------|--------------------------------------|------------|----|------|----------------|--|-----|-----------------------|---------------------|
| Parnaíba antes do encontro | 1 | 8 | 10 | 12 | 70 | 6.72 | 29.7 | 34 | 17 | 6.57 | 95.1 |
| | 2 | 14 | 0 | 11 | 80 | 7.24 | 29.8 | 34 | 17 | 6.5 | 90.6 |
| | 3 | 29 | 1 | 29 | 60 | 7.28 | 29.7 | 44 | 23 | 5.92 | 85.3 |
| | 4 | 31 | 4 | 22 | 60 | 7.55 | 29.9 | 43 | 22 | 6.17 | 86.2 |
| | 5 | 71 | 2 | 19 | 70 | 7.56 | 30 | 44 | 21 | 6.03 | 86.7 |
| Parnaíba depois do encontro | 1 | 32 | 15 | 26 | 70 | 7.79 | 29 | 34 | 17 | 6.37 | 89.8 |
| | 2 | 14 | 3 | 19 | 70 | 7.76 | 29.1 | 33 | 16 | 6.59 | 91.7 |
| | 3 | 20 | 7 | 11 | 70 | 7.77 | 29.4 | 32 | 16 | 6.42 | 90.1 |
| | 4 | 10 | 2 | 11 | 60 | 7.78 | 29.9 | 31 | 16 | 6.9 | 98.4 |
| | 5 | 9 | 1 | 9 | 70 | 7.8 | 30.2 | 31 | 16 | 6.74 | 96.9 |
| Rio Poti | 1 | 115 | 2 | 67 | 55 | 7.06 | 30 | 165 | 82 | 5.62 | 80.5 |
| | 2 | 358 | 27 | 263 | 35 | 8.53 | 31 | 367 | 183 | 7.54 | 107.8 |
| | 3 | 461 | 164 | 418 | 70 | 6.78 | 30.6 | 376 | 188 | 2.23 | 30.6 |
| | 5 | 57 | 6 | 87 | 60 | 7.89 | 31.8 | 310 | 155 | 5.07 | 75.9 |

Fonte: Dados da Pesquisa

Em relação à composição algal registrada, *Planktothrix* spp. (Pla.sp), *Microcystis aeruginosa* (Mi.aer), *Phacus* sp. (Pha.sp) e *Scenedesmus* sp.2 (Sce.sp2) foram os táxons que estiveram mais relacionados com o rio Poti. Para o rio Parnaíba, observou-se uma predominância de *Diatomáceas penadas e cêntricas*, como *Aulacoseira* sp1. Observa-se também uma maior relação de *Staurastrum* sp. (Sta.sp), *Micrasterias* sp. (Mic sp) e *Pediastrum* spp.1 (Ped.sp1) com o rio Parnaíba após o encontro.

A RDA pode ser entendida como uma junção entre análise de componentes principais (PCA) e regressão multivariada. Apesar de podermos visualizar a separação entre os setores dos rios estudados em relação às variáveis ambientais e a resposta da composição das espécies, a análise não mostrou-se significativa ($P = 0,168$). Isso implica que não há evidência para apoiar a afirmativa de a composição das espécies está relacionada às características físicas e químicas dos rios.

Alguns fatores podem ter interferido na significância dos dados, como por exemplo a não inclusão de dados de nitrogênio e falta de dados de abundância das espécies. A não inclusão dos dados de nitrogênio foi decorrente da falta de reagentes para a realização das análises. A ausência de dados de abundância foi devido à falta de um microscópio invertido para a realização da contagem dos indivíduos. De qualquer forma, a RDA utilizada como

análise heurística nos informa que os rios apresentam características físicas e químicas distintas e que um *pool* de populações de algas indicam certas preferências a determinados ambientes.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo, que utiliza as Algas fitoplanctônicas como bioindicadores nos rios Parnaíba e Poti na cidade de Teresina, Piauí mostrou que:

- a) Dos ambientes estudados, o Ppós se apresenta com características físicas e químicas e de composição de espécies pertencentes à Ppré. As características físicas e químicas dos rios Parnaíba e Poti são distintas.
- b) Em relação à composição algal registrada, *Planktothrix* spp. (Pla.sp), *Microscystis aeruginosa* (Mi.aer), *Phacus* sp. (Pha.sp) e *Scenedesmus* sp.2 (Sce.sp2) foram os táxons que estiveram mais relacionados com o rio Poti. Para o rio Parnaíba, observou-se uma predominância de diatomáceas penadas e cêntricas, como *Aulacoseira* sp1. Observa-se também uma maior relação de *Staurastrum* sp. (Sta.sp), *Micrastérias* sp. (Mic sp) e *Pediastrum* ssp.1 (Ped.sp1) com o rio Parnaíba após o encontro.
- c) A maior variação ocorreu no rio Poti em comparação a os dois setores do rio Parnaíba; entre o Ppós e o Ppré o Ppós apresentou maior variação devido a influência do rio Poti.
- d) Os rios apresentam características físicas e químicas distintas e um *pool* de populações de algas indicam certas preferências a determinados ambientes. Não foi encontrada evidência estatística de que a estrutura da comunidade de algas fitoplanctônicas respondem às condições físicas e químicas dos ambientes analisados.

REFERÊNCIAS

- APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington: **American Public Health Association**, American Water Works Association, Water Environment Federal, 1998.
- ARAÚJO, C.S.F.; SOUZA, A.N. Estudo do processo de desertificação na caatinga: Uma proposta de educação ambiental. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 4, p. 975-986, 2011.
- ARGALL, E., et al. Implementation of a New Index to Assess Intertidal Seaweed Communities as Bioindicators for the European Water Framework Directory, **Ecological Indicators**, v. 60, p. 162-173, 2016.
- BARNES, R. S. K. Coastal lagoons: The natural history of a neglected habitat. Cambridge: **Cambridge University Press**, p.106, 1980.
- BICUDO, C.E.M.; MENEZES, M. **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil**. São Paulo: RiMa Editora, 2006.
- BOLD, H. C. Introduction to the algae: Structure and Reproductions. Second Edition. New Jersey: **Prentice-Hall**, p. 720, 1985.
- BONEY, A. D. **Phytoplankton**. Edward Arnold, London. Institute of Biology's Studies in Biology, 1975.
- BRASIL, **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução nº 1, de 23 de Janeiro de 1986. Diário Oficial da União, 17 fev. 1986. Seção 1, n.31, p. 2.548.
- BUFORD, M. Phytoplankton dynamics in shrimp ponds. **Aquaculture Research**, p.351-360, 1997.
- CALIJURI, M.C.; ALVES, M. S.A; SANTOS A.A. **Cianobactérias e Cianotoxinas em Águas Continentais**, São Carlos, Ed. Rima p.109, 2006.
- CALLISTO, M. **Macroinvertebrados bentônicos**. In: BOZELLI, R.L.; ESTEVES, F.A.; ROLAND, F. Lago Batata: impacto e recuperação de umecossistema amazônico. Eds. IB-UFRJ/SBL. Rio de Janeiro, p.139-152, 2000.
- CALLISTO, M.; MORENO, P. Bioindicadores como ferramenta para o manejo, gestão e conservação ambiental. In: Simpósio sul de gestão e conservação ambiental, **Erechim**. Anais... Erechim: URI-Campus de Erechim, 2006.
- CASE, M.C.C. **Análise da presença do fitoplâncton em bacia integrante do Projeto de Integração do Rio São Francisco, região semiárida, Nordeste brasileiro**. V 22 ,2017.
- COHN, F. **Über den Brunnenfaden (Crenothrix polyspora) mit Bemerkungen fiber die mikroskopischen Analyse des Brunnenwassers**. Cohn's Beiträge zur Biologie der Pflanzen, p. 1-108, 1870.

COSTA, V.M.F. Utilização da macroalga *Ulva lactuca* Linnaeus na redução de nutrientes (NH₄⁺, NO₃⁻ e PO₄⁻²) provenientes da carcinicultura. **Dissertação de mestrado**, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, p.62, 2003.

CUNHA., et al. **A Intensidade da Exploração Agropecuária como Indicador da Degradação Ambiental na Região dos Cerrados, Brasil**. RER: Piracicaba, vol. 46, n. 2, p. 291-323, 2008.

DI BERNARDO, L. **Algas e suas influências na qualidade das águas e nas tecnologias de tratamento**, ABES, p.140, 1995.

DOKULIL, M.T. Algae as ecological bio-indicators. In: MARKERT, B.A.; BRCURE, A.M. ZECHMEISTER, H.G. (Org.) **Bioindicators and biomonitors**. Elsevier Science Ltd, v.6, p.285-327, 2003.

ESKINAZI-LEÇA, E.; KOENING, M.L; SILVA-CUNHA, M.G.G. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplânctônica. p .353-373. In: ESKINAZI-LEÇA; S. NEWMANN-LEITÃO; M.F. Costa (org.). **Oceanografia um cenário tropical**. Recife, Edições Bagaço, 2004.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciências/FINEP. 2.ed. 1988. 507p.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciências/FINEP. 3.ed. 2011. P.377.

GIANESELLA, S.M.F.; SALDANHA-CORRÊA, F.M.P. Nutrientes, séston e biomassa fitoplânctônica na plataforma interna de São Sebastião-verão de 1994 e primavera de 1997. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, p. 161-172, 2003.

GOULART. M.D.C.; CALLISTO. M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta de estudo de impacto ambiental. **Revista FAPAM**, 2003.

HUSZAR, V.L.M.; SAMPAIO, L. H. S.; ESTEVES, F. A. Estrutura das comunidades fitoplânctônicas de 18 lagoas da região do Baixo Rio Doce, Linhares, Espírito Santo, Brasil. **Rev. Brasil.Biol.**, v. 50, n. 3, p. 585-598, 1990.

HUTCHINSON, G.E. The paradox of the plankton. **American Naturalist**, p. 137- 145, 1961.

ILIOPOULOU-GEORGUDAKI, J., et al. An application of different bioindicators for assessing water quality: a case study in the rivers Alfeios and Pineios (Peloponnisos, Greece). **Ecological Indicators**, [s.l.], v. 2, n. 4, p.345-360, 2003.

KENNISH, M. J. **Ecology of Estuaries: Anthropogenic Effects**. CRC Press, Boca Raton, Boston – USA, 1990.

LIMA, I. M. M. F. et al. **Diagnósticos e cenários: Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://www.teresina.pi.gov.br/portalmpt/orgao/SEMPLAN/doc/20080924-160-591-D.pdf>> Acesso em: 25 Out de 2017.

LI ZHENG, B.; LIU, L. Biomonitoring and Bioindicators Used for River Ecosystems: Definitions, Approaches and Trends. **Procedia Environmental Sciences**, [s.l.], v. 2, p.1510-1524, 2010.

LUKÁCS, B.A.; DÉVAI, G., TÓTHMÉRÉS, B. Aquatic macrophytes as bioindicators of water chemistry in nutrient rich backwaters along the Upper- Tisza river (in Hungary) **.Phytocoenologia**, v. 3, n. 39, 2009, p. 287- 293.

MARKERT, B. **Bioindication and Biomonitoring as Innovative Biotechniques for Controlling Heavy Metal Data of the Environment**. Department of Analytical Chemistry, Chemical Faculty, Gdansk University of Technology, p.19-23, 2010.

MEZ, C., Mikroskopische Wasseranalyse. **Springer Verlag**, Berlin, 1898.

ONYEMA, I.C. Phytoplankton Bio-indicators of Water Quality Situations in the Iyagbe Lagoon, South-Western Nigeria. **Acta Satech**, v. 4, n. 2, 2013, p. 93– 107.

PAERL, H. W. Controlling eutrophication along the estuarine-marine continuum: Dual nutrient (N and P) reductions are essential. **Estuar. Coast**, p. 593-601, 2009.

PAERL, H. W; OTTEN, T. G. Harmful cyanobacterial blooms: Causes, consequences and controls. **Microbial Ecology**, v.65, p.995-1010, 2013.

PARMAR, T.K.; RAWTANI, D.; AGRAWAL, Y.K. Bioindicators: the natural indicator of environmental pollution. **Frontiers in Life Science**, v. 9, n. 2, p. 110-118, 2003.

PEREIRA, R.C.; SOARES. G. A. (ORG.) Biologia marinha. Rio de Janeiro: **Interciência**, p. 382, 2002.

PEREIRA. L.D.A. **Saber Ecológico: O fitoplâncton e nossas água**. Belo Horizonte, 2013.

PHILIPS, D.J. Quantitative aquatic biological indicators. London: **Applied Science Publishers**, 1980.

POURAFRASYABI, M.; RAMEZANPOUR, Z. Phytoplankton as bio-indicator of water quality in Sefid Rud River, Iran (South of Caspian Sea). **Caspian J. Env. Sci.** v. 12, n.1, p.31-40,2014.

REYNOLDS, C.S. Vegetation processes in the pelagic: a model for ecosystem theory. Oldendorf: **Ecology Institute**,1997.

RIBEIRO, L. O.; UIEDA, V. S. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, n.3, p. 613-618, 2005.

RODRIGUES, S.C. **Estudo comparativo da estrutura da comunidade fitoplanctônica na foz dos rios formadores do delta do Jacuí, Rio Grande do Sul, Brasil**.2004.62f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

SANT'ANNA, C.L., et al. Planktic Cyanobacteria from upper Tietê basin reservoirs, SP, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 1-17,2007.

SANTOS, L. M. L.; CAMPOS, F. L. Macroalgas no Ensino de Ciências: Uma Abordagem Teórico-Prática em Escola Pública do Ensino Fundamental na Cidade de Parnaíba, Piauí. **Revista Espacios**, v. 37, n. 23, 2016.

SCHEFFER, M., et al. Why plankton communities have no equilibrium: solutions to the paradox. **Hydrobiologia**, p. 9-18, 2003.

SHOUBAKY, G. A. Comparison of the Impacts of Climate Change and Anthropogenic Disturbances on the El Arish Coast and Seaweed Vegetation After Ten Years in 2010, North Sinai, Egypt, **Oceanologia**, v. 55, n. 3, p. 663-685, 2013.

VIDOTTI, E. C.; ROLLEMBERG, M. C. Algas: Da Economia nos Ambientes Aquáticos à Bioremediação e à Química Analítica, **Química Nova**, v. 27, n.1, p. 139-145, 2004.

WEHR, J.D.; SHEATH, R.G. **Freshwater algae of North America: ecology and classification**. Academic Press, San Diego, 2003.

WETZEL, R. G. **Limnology**. San Diego: Academic Press, p. 1006, 2001.

APÊNDICE

Tabela 3. Lista de táxons do fitoplâncton dos rios Parnaíba e Poti no perímetro urbano de Teresina-PI.

| Táxons | Acrônimo | Ppré | Ppós | Poti |
|---------------------------------|----------|------|------|------|
| <i>Planktothrix isoethrix</i> | Pla.iso | | | X |
| <i>Aulcosera</i> sp1 | Aul.sp1 | | | X |
| <i>Staurastrum</i> sp1 | Sta.sp1 | | x | |
| <i>Pediastrum</i> sp1 | Ped. sp1 | | x | |
| <i>Microcystis aeruginosa</i> | Mic.aer | | | X |
| <i>Planktothrix</i> sp 1 | Pla.sp1 | | | X |
| <i>Trachelomonas volvocina</i> | Tra.vol | | | X |
| <i>Coelastrum</i> sp1 | Coe.sp1 | | | X |
| <i>Ankistrodesmus</i> | Ank.sp | | | X |
| <i>Dictyosphaerium</i> | Dic.sp | x | x | |
| <i>Staurastrum</i> sp2 | Sta.sp2 | x | x | |
| <i>Closterium leibleinii</i> | Clo.lei | | x | |
| <i>Eunotia</i> sp. | Eun.sp | x | | |
| <i>Aulacosera granulata</i> | Aul .gra | | x | |
| <i>Diatomácea</i> sp2 | Dia.sp2 | x | x | |
| <i>Pinnularia neomajor</i> | Pin.neo | | | |
| <i>Micrasterias</i> sp | Mic.sp | | x | |
| <i>Diatomácea</i> sp1 | Dia.sp9 | | x | |
| <i>Diatomácea</i> sp3 | Dia.sp3 | x | | |
| <i>Gomphonema</i> sp1 | Gom.sp1 | x | | |
| <i>Desmodesmus</i> | Des.sp | x | x | |
| <i>Staurastrum</i> sp3 | Sta.sp3 | | x | |
| <i>Diatomácea</i> sp4 | Dia.sp4 | x | | |
| <i>Cosmarium moniliforme</i> | Cos.mon | x | x | |
| <i>Diatomácea</i> sp5 | Dia.sp5 | x | | |
| <i>Pediastrum</i> sp2 | Ped.sp2 | x | x | |
| <i>dinoflagelado</i> | Din | x | | |
| <i>Trachelomona</i> sp1 | Tra.sp1 | | | X |
| <i>Clorophicea</i> | Clo | x | x | |
| <i>Cianococoides</i> | Cya | x | | |
| <i>Phacus longicauda</i> | Pha.lon | | x | X |
| <i>Planktolyngbia limnetica</i> | Pla. lim | x | | |
| <i>Aphanocapsa</i> | Aph.sp | | x | |
| <i>Staurastrum</i> sp4 | Sta.sp4 | | | |
| <i>Diatomácea</i> sp6 | Dia.sp6 | x | x | |
| <i>Diatomácea</i> sp7 | Dia.sp7 | x | x | |
| <i>Actinastrum</i> | Act.sp | | | X |

| | | | | |
|------------------------------------|-----------|---|---|---|
| <i>Lipocinlis sp1</i> | Lip.sp1 | | | X |
| <i>Gymnodinium (dinoflag.)</i> | Gym.sp | | x | |
| <i>Diatomácea sp8</i> | Dia. sp8 | x | x | |
| <i>Diatomácea sp9</i> | Dia sp9 | x | x | |
| <i>Diatomácea sp10</i> | Dia.sp10 | | x | |
| <i>Diatomácea sp11</i> | Dia. sp11 | x | | |
| <i>Diatomácea sp12</i> | Dia.sp12 | | x | X |
| <i>Planktothrix sp2</i> | Pla.sp2 | | | X |
| <i>Planktothrix ou Arthrospira</i> | Pla.art | | x | |
| <i>Diatomácea sp13</i> | Dia.sp3 | x | x | |
| <i>Scenedesmus sp2</i> | Sce. sp1 | | | X |
| <i>Cosmarium sp1</i> | Cos.sp1 | x | | |
| <i>Neidium</i> | Nei.sp | | x | |
| <i>Gyrosigma</i> | Gyr.sp | | x | |
| <i>Gomphonema sp2</i> | Gom.sp | x | | |
| <i>Cianobacteria sp1</i> | Cia.sp | | x | |
| <i>Diatomacea sp14</i> | Dia.sp14 | x | | |
| <i>Diatomácea sp15</i> | Dia.sp15 | x | | |
| <i>Gomphonema sp3</i> | Gom.sp3 | x | x | |
| <i>Pediastrum sp3</i> | Ped.sp3 | x | x | |
| <i>Desmideum</i> | Des.sp | x | x | |
| <i>Scenedesmus sp2</i> | Sce.sp2 | | | X |
| <i>Coelastrum sp2</i> | Coe.sp2 | | | X |
| <i>Phacus sp1</i> | Pha.sp1 | | | X |



TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DIGITAL NA BIBLIOTECA
"JOSÉ ALBANO DE MACEDO"

Identificação do Tipo de Documento

- () Tese
() Dissertação
(X) Monografia
() Artigo

Eu, Maria Inês da Rocha
autorizo com base na Lei Federal nº 9.610 de 19 de Fevereiro de 1998 e na Lei nº 10.973 de 02 de dezembro de 2004, a biblioteca da Universidade Federal do Piauí a divulgar, gratuitamente, sem ressarcimento de direitos autorais, o texto integral da publicação Algas fitoplanctônicas como bioindicadoras nos rios Paranaíba e Poti na cidade de Teresina, Piauí de minha autoria, em formato PDF, para fins de leitura e/ou impressão, pela internet a título de divulgação da produção científica gerada pela Universidade.

Picos-PI 16 de Outubro de 2019.

Maria Inês da Rocha
Assinatura

Maria Inês da Rocha
Assinatura