



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS V- MINISTRO ALCIDES CARNEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS SOCIAIS E APLICADAS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

NATÁLIA MIGUEL DE CARVALHO

**PAPEL DAS PLANTAS AQUÁTICAS NA ESTRUTURAÇÃO FICOPERIFÍTICA EM
DIFERENTES CONDIÇÕES CLIMÁTICAS.**

**JOÃO PESSOA
2016**

NATÁLIA MIGUEL DE CARVALHO

**PAPEL DAS PLANTAS AQUÁTICAS NA ESTRUTURAÇÃO FICOPERIFÍTICA EM
DIFERENTES CONDIÇÕES CLIMÁTICAS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
Universidade Estadual da Paraíba, como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Ciências Biológicas.

Área de concentração: Botânica

Orientador: Prof. Dr. Ênio Wocylí Dantas
Coorientador: Me. Davi Freire da Costa.

JOÃO PESSOA
2016

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

C331p Carvalho, Natália Miguel de

Papel das plantas aquáticas na estruturação ficoperifítica em diferentes condições climáticas [manuscrito] / Natalia Miguel de Carvalho. - 2016.

22 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e Sociais Aplicadas, 2016.

"Orientação: Prof. Dr. Ênio Wocylí Dantas, Departamento de Biologia".

"Co-Orientação: Prof. Me. Davi Freire da Costa, Departamento de Biologia".

1. Algas perifíticas. 2. Semiárido. 3. Tropical úmido. I.

Título.

21. ed. CDD 579.8

NATÁLIA MIGUEL DE CARVALHO

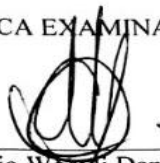
PAPEL DAS PLANTAS AQUÁTICAS NA ESTRUTURAÇÃO FICOPERIFÍTICA EM DIFERENTES CONDIÇÕES CLIMÁTICAS.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Área de concentração: Botânica

Aprovada em: 15/12/2016.

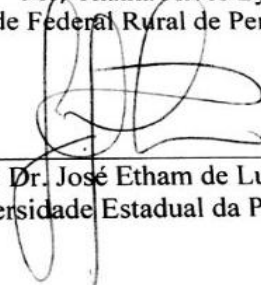
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Ênio Wocylly Dantas (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Me. Thainá Alves Lycarião
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)



Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Prof. Dr. Sergio Romero da Silva Xavier (Suplente)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Aos meus pais pela dedicação, companheirismo, carinho, paciência e apoio durante todo o período do curso e execução deste trabalho DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Deus por minha vida, família e amigos e por ter permitido que tudo isso acontecesse apesar das dificuldades, pois sem Ele eu não teria forças para suportar essa longa jornada.

À Universidade Estadual da Paraíba, seu corpo docente, direção e administração pela oportunidade de fazer um curso em um ambiente amigável.

Ao CNPq pelo apoio financeiro que foi essencial nas coletas em campo e para a compra dos materiais necessários para o estudo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Ênio Wocyli Dantas, pela oportunidade, pelo empenho, apoio e confiança dedicados à elaboração deste trabalho.

Aos Mes. Davi Freire da Costa e Thainá Alves Lycarião pelas contribuições e incentivos.

A todos os professores do curso que me acompanharam durante a graduação, por seus ensinamentos e contribuição na minha formação, proporcionando conhecimento racial, bem como a afetividade da educação no processo de formação profissional.

Agradeço aos meus pais, Ricardo Silva de Carvalho e Celeida Avelino Miguel de Carvalho, e meu irmão Ricardo Silva de Carvalho Filho, pelo amor, carinho, incentivo e apoio em todas as horas, principalmente naquelas mais difíceis, de desânimo e cansaço, o que me fortaleceu para que eu enfrentasse todas as dificuldades.

Ao meu namorado, Rodrigo Elias de Lima, que incentivou de maneira especial, me apoiando nos momentos difíceis.

Aos meus avós maternos Francisco Luiz Miguel e Maria Rita Avelino Miguel, e paternos José Carlos Nascimento de Carvalho e Maria José da Silva, assim como todos os outros membros da família, pela compreensão por minha ausência nas reuniões familiares.

Aos colegas de classe e a todos os integrantes do Laboratório de Botânica (LABOT), em especial os Drs. Ênio Wocyli Dantas e Sérgio Romero da Silva Xavier e os companheiros de trabalho Davi, Thainá, Irma, Milena, Juliane, Alison, Alan, Davi Gomes, Scarlet e Amanda, com os quais dividi alegrias e tristezas e que me fizeram adquirir a experiência de uma produção compartilhada.

Finalmente, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para minha formação, o meu muito obrigada.

“Quando o homem aprender a respeitar até o menor ser da criação, seja animal ou vegetal, ninguém precisará ensiná-lo a amar seu semelhante”.

(Albert Schweitzer, 1952).

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 7 |
| 2.1 Área de estudo..... | 8 |
| 2.2 Desenho amostral..... | 9 |
| 2.3 Parâmetros hidrológicos analisados | 9 |
| 2.4 Ficoperifíton | 10 |
| 2.5 Tratamento dos dados | 10 |
| 3 RESULTADOS | 11 |
| 3.1 Dados ambientais..... | 11 |
| 3.2 Composição | 12 |
| 3.3 Estrutura | 12 |
| 3.4 Análise estatística..... | 14 |
| 4 DISCUSSÃO | 15 |
| REFERÊNCIAS | 18 |
| APÊNDICE A- TABELA DE DADOS AMBIENTAIS | 21 |
| APÊNDICE B- TABELA DE DENSIDADE DAS ESPÉCIES FICOPERIFÍTICAS | 22 |

PAPEL DAS PLANTAS AQUÁTICAS NA ESTRUTURAÇÃO FICOPERIFÍTICA EM DIFERENTES CONDIÇÕES CLIMÁTICAS.

Natália M. de Carvalho¹, Davi F. da Costa², Ênio W. Dantas³

RESUMO

O trabalho objetivou caracterizar a variação na estrutura ficoperifítica de diferentes plantas aquáticas de reservatórios rasos de quatro bacias hidrográficas da Paraíba, sob distintas condições climáticas. A amostragem ocorreu nos períodos de estiagem (2014) e chuvoso (2015). Em cada ecossistema foram selecionados até quatro plantas, conforme sua abundância local e retiradas partes destas para o estudo quali-quantitativo. A densidade ficoperifítica (ind/gMS) foi adaptada para o peso seco do substrato. Foi realizada uma PERMANOVA a fim de verificar a variação das variáveis abióticas e da estrutura da comunidade aquática, utilizando a matriz de densidade ficoperifítica, considerando como fatores investigativos aspectos sazonais (período e clima) e do substrato (forma biológica e espécie da planta aquática). Para verificar quais espécies eram indicadoras de cada clima (tropical úmido e semiárido) foi realizada Análise de Espécies Indicadoras. Para relacionar os fatores bióticos e abióticos foi feito uma ACC. O teste-t mensurou a variação entre fatores abióticos. A estruturação do ficoperifiton não teve relação com aspectos do substrato ($p > 0,05$), mas com aspectos sazonais: clima ($p < 0,05$) e período ($p < 0,05$). Cinco espécies foram indicadoras do clima BSh, e apenas uma espécie do clima AS. A ACC mostrou que apenas 23,2% dos dados puderam ser explicados pelos fatores ambientais, sendo pH, secchi, profundidade, infestação de macrófitas e temperatura, os parâmetros mais explicativos na separação das espécies e dos ambientes. As plantas possuem reconhecido papel no desenvolvimento ficoperifítico, entretanto os fatores em macroescala como os tipos e períodos climáticos foram mais relevantes na estruturação da comunidade ficoperifítica.

Palavras-Chave: Algas perifíticas, semiárido, tropical úmido.

1 INTRODUÇÃO

As algas são organismos mais abundantes e mais estudados da comunidade perifítica, as quais são importantes produtoras primárias da zona litorânea (sendo responsáveis por cerca de 90% da produção primária total dos ambientes onde ocorrem), influenciando no estado nutricional da comunidade; além de promoverem uma interligação entre os componentes bióticos e abióticos (FERNANDES, 1997; WETZEL, 1990). As taxas de produção primária algal dependem da área do substrato disponível para a colonização, das características dos substratos, das condições físicas e químicas da água, da morfometria dos sistemas aquáticos, entre outros (MOSCHINI - CARLOS, 1999). Diferentes tipos de substratos (artificiais e naturais vivos ou mortos) podem ser utilizados no estudo da estrutura e dinâmica da comunidade perifítica (CAVATI & FERNANDES, 2008). Em um estudo Cattaneo & Kalff

(1979), mostraram que as algas que crescem em plantas naturais são menos limitadas pelo fósforo do que aquelas que crescem em plantas de plástico.

As plantas aquáticas competem com as algas pelos mesmos recursos (luz e nutrientes), também podem produzir metabólitos que, neste caso, tem reconhecido papel na inibição do crescimento fitoplanctônico (HU & HONG, 2008). Neste sentido, macrófitas submersas são mais ágil algas na exploração de nutrientes, pois obtém o recurso tanto da coluna d'água como do sedimento, de acordo com a concentração de nutrientes de cada fase (SAND JENSEN & BORUM, 1991). Macrófitas flutuantes são mais eficientes que as algas na exploração de luz, pois como suas folhas estão em contato com a superfície, acabam por reduzir a disponibilidade de luz na coluna d'água (SETO *et al.* 2013). Entretanto, apesar da grande competição por recursos, as macrófitas aquáticas são consideradas os substratos mais favoráveis à colonização do perifiton, podendo fornecer uma ampla área de colonização, como também disponibilizar nutrientes durante os processos de excreção e senescência. (SAND-JENSEN & BORUM, 1991).

Em ecossistemas aquáticos, as macrófitas servem como estruturas físicas, aumentando a complexidade de habitats ou heterogeneidade (THOMAZ & CUNHA, 2010). Cada espécie de macrófita possui características morfológicas, fisiológicas e ecológicas ímpares, através das quais a estrutura da comunidade perifítica deve ser intimamente associada (SANTOS *et al.* 2013). Além deste, há os fatores que agem em macroescala, tais como a geologia e o clima, que afetam os fatores bióticos e abióticos, influenciando diretamente a função e estrutura das comunidades ficoperifíticas (STEVENSON,1997). Em um estudo, Pellegrini & Ferragut (2012) verificaram que a principal fonte de variabilidade da estrutura ficoperifítica foram os períodos climáticos. Evidenciando que as características estruturais da comunidade ficoperifítica como a composição florística, diversidade e densidade dependem principalmente das condições do meio e estações do ano (MOSCHINI-CARLOS,1999). Neste sentido, este estudo objetivou caracterizar a variação na estrutura ficoperifítica de diferentes plantas aquáticas de reservatórios rasos de quatro bacias hidrográficas da Paraíba, sob distintas condições climáticas, dentro do mesmo clima (sazonalidade) e entre os climas tropicais AS e BSh.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

As coletas foram realizadas em quatro bacias hidrográficas representativas do estado da Paraíba, sendo estas Curimataú (3.313km²), Mamanguape (3.522km²), Paraíba (sub-bacia do rio Taperoá – 5.666km²; e sub-bacia do baixo Paraíba – 3.925km²) e Piranhas (sub-bacia do rio Espinharas – 2.821km²), cujas áreas selecionadas habitam dois milhões de pessoas (57% da população do Estado) (Figura 01). Na faixa litorânea e ocidental das bacias do rio Curimataú, Mamanguape e Paraíba predominam clima tropical úmido (AS) com precipitações anuais superiores a 1500 mm, enquanto no setor a montante destas bacias e no trecho paraibano da bacia do rio Piranhas, clima seco do tipo estepe (BSh), chegando a 300 mm.ano¹ de chuvas na região do Cariri (PERH-PB, 2006).

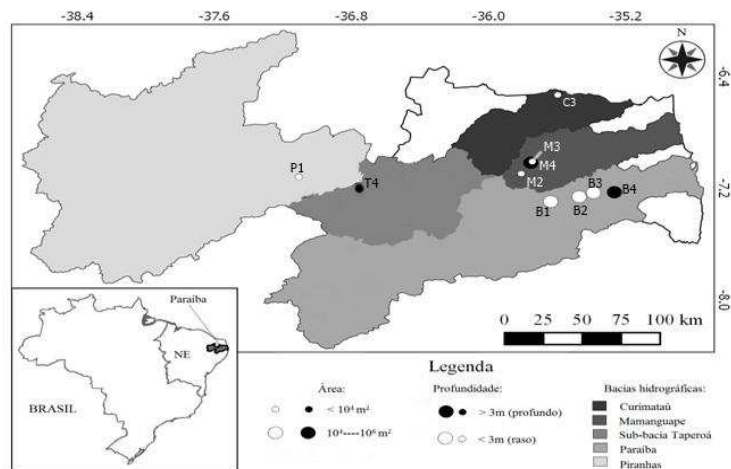


Figura 01: Mapa das Bacias Hidrográficas da Paraíba, enfatizando os dez ecossistemas estudados.

2.2 Desenho amostral

Foram escolhidos por sub-bacia até quatro ecossistemas aquáticos rasos, totalizando 10 reservatórios (Tabela 1) cuja característica principal foi apresentar largura ou comprimento inferior a 100 m. A maioria serve para uso local e na dessedentação de animais. Em cada ecossistema escolhido foi definido uma estação amostral na região litorânea, onde foi feito coleta de água e da comunidade ficoperifítica. A comunidade em questão foi coletada em até quatro substratos naturais, dependendo da abundância da planta no ambiente. A amostragem ocorreu nos períodos de estiagem e chuvoso, cujas coletas ocorreram entre os meses de setembro e dezembro de 2014 (período de estiagem) e abril e julho de 2015 (período chuvoso) (Tabela 1).

2.3 Parâmetros hidrológicos analisados

Foram medidos *in situ* dados apenas de transparência da água, através da extinção do disco de Secchi e temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH e condutividade, por uma sonda multiparamétrica. Amostras de água foram coletadas para determinação em laboratório

dos teores de nutrientes fosfatados (fósforo total e ortofosfato) e nitrogenados (nitrogênio total, nitrito, nitrato e amônia), a partir da metodologia expressa em Standard Methods (APHA, 1992) e Mackereth et al. (1978), respectivamente.

2.4 Ficoperifíton

Para a análise da comunidade perifítica, foram coletadas folhas das plantas para o estudo qualitativo das algas perifíticas. O biofilme perifítico foi cuidadosamente retirado da planta com uso de pincéis e jatos de água destilada, sendo posteriormente acondicionados em potes de plástico com capacidade de 100 mL e fixadas por meio de FAA (formol, ácido acético e álcool). A análise ocorreu no laboratório do Campus V da UEPB, a partir da confecção de lâminas semi-permanentes e posteriores observações em microscópio óptico da marca Bioval, modelo L2000A. A identificação foi feita baseada em chaves de identificação disponíveis em artigos e livros especializados para cada grupo algal.

Para a quantificação o biofilme ficoperifítico das folhas das plantas selecionadas foi cuidadosamente retirado das plantas com uso de pincéis e jatos de água destilada. As alíquotas foram fixadas com FAA até a contagem em câmara de Neubauer, com o auxílio de um microscópio óptico Bioval, modelo L2000A, no laboratório de Botânica do Campus V da UEPB. O substrato utilizado foi submetido à secagem em estufa para determinação da massa seca (g) em balança de precisão. A densidade final do ficoperifíton (ind/gMS) foi calculada utilizando a metodologia descrita por ROS (1979) adaptada para amassa seca do substrato. A determinação da estrutura da comunidade ficoperifítica foi baseada na riqueza de táxons, abundância (densidade acima de 10% da densidade total) e dominância (densidade igual ou maior que 50% da densidade total) de espécies (LOBO & LEIGHTON, 1986).

2.5 Tratamento dos dados

Inicialmente, todos os dados coletados foram tratados por meio de estatística descritiva, de maneira a compreender a variabilidade dos fatores em torno das médias e variâncias na dimensão espacial. A dimensão espacial foi analisada por bacia, considerando cada ecossistema como uma réplica espacial. Para a comunidade ficoperifítica, os diferentes tipos de substratos naturais, bem como a forma biológica das plantas aquáticas (flutuante ou submersa) também foram considerados como escalas de variação.

Análise de PERMANOVA foi utilizada para verificar a variação das variáveis abióticas e da estrutura (valores de densidade) da comunidade aquática nas dimensões espaciais adotadas. Um teste- t foi realizado para comprovar as diferenças entre as variáveis abióticas nos períodos climáticos amostrados.

Para verificar quais espécies eram indicadoras de cada clima (tropical úmido e semiárido) foi realizada a Análise de Espécies Indicadoras. As espécies que alcançaram densidades superiores a 10%, em pelo menos uma estação de amostragem, foram selecionadas para a Análise de Correspondência Canônica (ACC) de modo a verificar as relações das variáveis bióticas com os fatores ambientais. Todas as análises foram feitas no programa estatístico R versão 2.15, usando uma matriz biótica e uma abiótica a qual foi padronizada para manter a uniformidade dos dados.

Tabela 1: Localização dos ecossistemas coletados em cada sub-bacia, bem como as plantas aquáticas utilizadas para a análise da comunidade periférica. Legenda: * Ausência de macrófitas

| Bacia hidrográfica | Ecossistema/código | Coordenadas | Planta aquática coletada (estiagem)/ código | Planta aquática coletada (chuvoso)/ código |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---|--|
| Piranhas | Cacimba de Areia/ P1 | 7°04'23"S, 37°09'13"W | <i>Nitella</i> sp./ S1 | Pontedericeae sp./F10 |
| Taperoá | Cosme Pinto/ T4 | 7°09'01"S, 36°47'57"W | <i>Najas</i> sp./ S2 | * |
| | | | <i>Nitella</i> sp. / S1 | * |
| Curimataú | Araruna/ C3 | 6°31'03"S, 35°42'20"W | <i>Salvinia minima</i> / F1 | <i>Salvinia auriculata</i> / F3 |
| | | | <i>Azolla</i> sp./ F2 | * |
| | | | <i>Salvinia auriculata</i> / F3 | * |
| | | | <i>Egeria</i> sp./ S2 | * |
| Mamanguape | Esperança/M2 | 7°03'04"S, 35°51'19"W | <i>Nymphaea</i> sp./ F4 | * |
| | Palma/ M3 | 6°58'17"S, 35°47'56"W | <i>Salvinia minima</i> / F1 | <i>Salvinia minima</i> / F1 |
| | | | <i>Eichhornia</i> sp./ F5 | <i>Eichhornia</i> sp./ F5 |
| | Açudinho/ M4 | 6°57'49"S, 35°47'27"W | <i>Ludwigia helminthorrhiza</i> /F6 | Characeae sp./S5 |
| | | | <i>Nymphoides indica</i> / F7 | <i>Ludwigia helminthorrhiza</i> /F6 |
| <i>Pistia</i> sp./ F8 | | | <i>Ludwigia helminthorrhiza</i> /F6 | |
| Baixo Paraíba | Maringá/ B1 | 7°15'67"S, 35°41'95"W | <i>Najas marina</i> / S3 | <i>Najas marina</i> / S3 |
| | | | <i>Salvinia minima</i> / F1 | Characeae sp./S5 |
| | São Pedro do Mato/ B2 | 7°12'56"S, 35°31'68"W | <i>Najas marina</i> / S3 | <i>Najas marina</i> / S3 |
| Baixo Paraíba | Garças/ B3 | 7°11'12"S, 35°26'71"W | <i>Eichhornia</i> sp./ F5 | <i>Marsilea</i> sp./F9 |
| | | | <i>Salvinia auriculata</i> / F2 | <i>Ludwigia helminthorrhiza</i> /F6 |
| | Riacho da Serra/ B4 | 7°11'01"S, 35°18'65"W | <i>Najas arguta</i> /S4 | <i>Nymphoides indica</i> / F7 |
| | | | <i>Nymphaea</i> sp./ F4 | * |

3 RESULTADOS

3.1 Dados ambientais

Os ecossistemas estudados apresentaram sempre profundidade inferior a 1,4m nos pontos de amostragem, águas quentes (temperatura > 24,5°C), baixa salinidade e boa disponibilidade de luz subaquática (zona eufótica [transparência x 3,0] > profundidade) salvo os reservatórios Cosme Pinto e Esperança, onde a zona eu fótica foi menor que a profundidade. Os teores de oxigênio dissolvido se mantiveram elevados na maioria dos

reservatórios, excetuando Araruna (6,0mg/L) e Riacho da Serra (6,8mg/L). A concentração de fósforo total foi maior no período chuvoso quando comparado ao seco ($t= 3,26$ e $p<0,01$), chegando a 414,5 mg/L no reservatório São Pedro do Mato da sub-bacia Baixo Paraíba. Condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos não tiveram variação acentuada entre os períodos amostrados. Os maiores valores médios de nitrogênio total foram observados no período de estiagem ($t= 6,34$ e $p<0,001$). Enquanto que o íon nitrato teve menor concentração neste mesmo período, exceto Esperança, que apresentou 282,8 mg/L deste composto. O pH se manteve alcalino na maioria dos ambientes, com exceção dos reservatórios Palma e Araruna que tiveram pH levemente ácido. Ambientes mais turbidos foram verificados durante o período chuvoso ($t= 2,88$ e $p <0,001$), exceto os localizados na bacia do rio Mamanguape que apresentaram os menores valores para este período (Tabela 2- Apêndice A).

3.2 Composição

Foram analisados dez ambientes no período de estiagem (2014), destes apenas oito foram estudados no chuvoso (2015). Estes totalizaram 65 táxons de algas perifíticas, sendo 19 de Chlorophyta, 30 de Bacillariophyta, 15 de Cyanophyta e 1 Euglenophyta. Os ambientes de clima AS e BSh apresentaram número de espécies semelhantes, (média de 11,6 ind./Substrato) e (média de 11,2 ind./Substrato) respectivamente, podendo ser relacionado à diversidade de substratos os quais podem ter favorecido uma colonização de diversos tipos algais. Na maioria dos ambientes presentes no clima AS, Bacillariophyta foi o grupo que teve o maior número de táxons (>30%), exceto em três substratos do Baixo Paraíba onde cianobactérias e clorófitas tiveram maior número de espécies. Cyanophyta foi o grupo com maior número de táxons em ambientes do semiárido, enquanto que Euglenophyta foi o grupo com menor riqueza (< 20%), ocorrendo apenas no período chuvoso (Figura 1- A, B).

3.3 Estrutura

A densidade ficoperifítica variou de $0,014 \times 10^6$ ind.MS⁻¹ em folhas de *Nymphaea* sp, no reservatório Riacho da Serra da sub-bacia do Baixo Paraíba a $74,23 \times 10^6$ ind.MS⁻¹ em folhas de Characeae sp, no reservatório de Açudinho da bacia do Mamanguape, ambas no período chuvoso.

As menores densidades médias foram registradas em ambientes do clima AS (média de $25,58 \times 10^6$ ind.MS⁻¹) e as maiores no clima BSh (média de $40,84 \times 10^6$ ind.MS⁻¹). As densidades dos períodos de estiagem (média de $30,10 \times 10^6$ ind.MS⁻¹) e chuvoso (média de $29,56 \times 10^6$ ind.MS⁻¹) foram semelhantes. Os substratos de plantas flutuantes tiveram as

menores densidades médias de algas perifíticas (média de $22,64 \times 10^6$ ind. MS^{-1}), comparadas com às aderidas em substratos de plantas submersas (média de $45,39 \times 10^6$ ind. MS^{-1}).

Cyanophyta foi o grupo algal de maior densidade no ficoperifiton em quase todos os substratos e reservatórios estudados nos dois períodos e climas, exceto em plantas flutuantes fixas (*Nymphaea* sp.- F4; *Ludwigia helminthorrhiza*- F6) dos ecossistemas Esperança e Açudinho da Bacia do Mamanguape e Maringá do Baixo Paraíba. Nestes substratos, Bacillariophyta tiveram destaque. As Chlorophyta apresentaram contribuição numérica menor que 20% em grande parte dos substratos no período seco, sendo mais elevada em Curimataú e em três substratos do Baixo Paraíba. No período chuvoso esse grupo teve representatividade numérica maior que 20% em substratos do Baixo Paraíba e Curimataú. Mamanguape manteve contribuição de clorófitas inferior a 10% na estação chuvosa, com maior densidade de cianobactérias. (Figura 1- C, D).

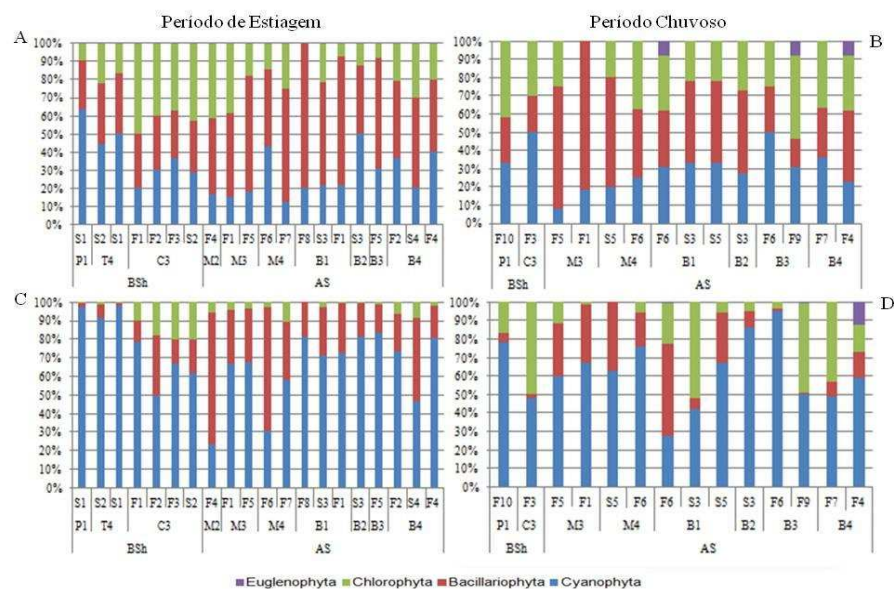


Figura 1: Valores de riqueza relativa - % (A,B), densidade relativa - % (C,D) da comunidade ficoperifítica nos diferentes substratos e reservatórios coletados de cinco sub-bacias da Paraíba nos períodos de estiagem (2014) e chuvoso (2015). As legendas dos códigos podem ser encontradas na Tabela 1.

Vinte e quatro táxons foram considerados abundantes (densidades maiores que 10% da densidade total), sendo estes: Cyanophyta: *Calothrix* sp.1, *Calothrix* sp.2, *Geitlerinema* sp., *Microcystis* sp.1; *Oscillatorae* sp., *Phormidium* sp, *Planktothrix* sp.1, *Planktothrix* sp.2; *Pseudoanabaena* sp., Chlorophyta: *Bulbochaete* sp., *Oedogonium* sp.1, *Oedogonium* sp.2., *Spirogyra* sp; Bacillariophyta: *Eunotia* sp., nove táxons supragenéricos reconhecidos apenas como sendo diatomácea, Euglenophyta: *Euglena* sp. Destes táxons apenas as cianobactérias *Planktothrix* sp.1 (P1/F10; C3/F1 M3/F1,F5; M4/S5;F6,F7; B1/F1,F8,S5; B2/S3 e B4/F4), *Planktothrix* sp.2 (B3/F5) e *Phormidium* sp. (T4/S2), a clorófitas *Bulbochaete* sp. (B3/F6) e as

diatomácea Taxon 1 (M2/F4) e Taxon 2 (M4/F6) foram considerados dominantes (>50% da densidade total) em pelo menos um ambiente (Tabela 3- Apêndice B).

3.4 Análise estatística

Com relação às variáveis abióticas a PERMANOVA mostrou não haver variação significativa das características abióticas entre os climas AS e BSh ($F=1.41$; $R^2=0.042$; $p>0.05$), no entanto, as diferenças são altamente evidentes quando utilizamos os períodos (seco e chuvoso) como fator de variação ($F=20,90$; $R^2=0,39$; $p<0,01$).

A análise de PERMANOVA mostrou que a estruturação da comunidade ficoperifítica, não teve relação com aspectos do substrato (forma biológica [$F=0,98$; $R^2=0,03$; $p>0,05$] e espécie de macrófita [$F=0,97$; $R^2=0,41$; $p>0,05$]). A diferença da comunidade algal foi verificada em função dos fatores climáticos (clima [$F=1,87$; $R^2=0,05$; $p<0,05$] e período [$F=6,38$; $R^2=0,16$; $p<0,05$]). A Análise de Espécie Indicadora (ISA) mostrou que cinco espécies foram indicadoras do clima BSh (*Eunotia* sp.; *Desmideae*; *Microcystis* sp.; *Oedogonium* sp.; *Spirogyra* sp.) e uma do clima AS (*Pinnularia* sp.). Cinco espécies foram consideradas indicadoras dos períodos de estiagem (*Cymbella* sp.; *Eunotia* sp.; *Planktothrix* sp.; Táxons 1 e 2) e chuvoso (*Bulbochaete* sp.; *Coleochaete* sp.; *Euglena* sp.; *Pseudoanabaena* sp.; Táxon 6).

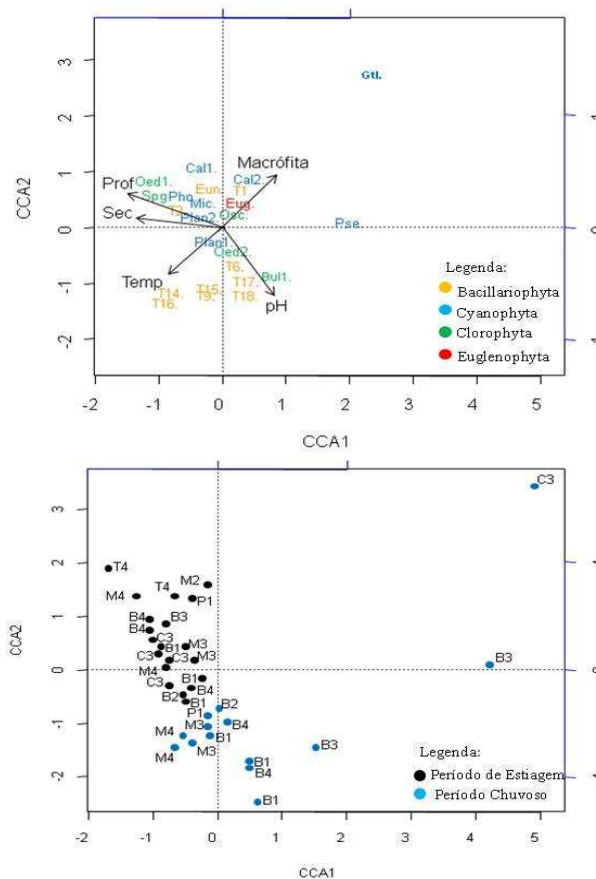


Figura 2: Análise de correspondência canônica da comunidade ficoperifítica em quatro bacias da Paraíba durante os períodos de estiagem (2014) e chuvoso (2015). Legenda: Prof = profundidade; Sec = transparência da água; Temp = temperatura. As legendas referentes aos cófigos das unidades amostrais podem ser encontradas na Tabela 1.

A CCA apresentou autovalores para o eixo 1 ($\lambda=0,384$) e 2 ($\lambda=0,287$) que explicaram 23,2% da variabilidade dos dados pelos fatores abióticos, enquanto cerca de 74,8% da estruturação da comunidade ficoperifíticas se dá por outros fatores. Evidenciou-se uma nítida separação entre as amostragens da estação seca e da estação chuvosa, pelo eixo 2. Os eixos um e dois foram significativos (p - valor: CCA1=0,003; CCA2= 0,041), sendo transparência da água – Secchi ($p=0,015$), e pH ($p=0,025$), os vetores mais explicativos na separação das espécies e dos ambientes. Enquanto que infestação de macrófita ($p=0,06$), temperatura ($p=0,06$) e profundidade ($p=0,08$) foram marginalmente significativas nesta separação. As unidades amostrais do Baixo Paraíba (chuvoso), bem como as clorófitas *Oedogonium* sp.2 e *Bulbochaete* sp.; as diatomáceas não identificadas (Táxons: 6,9,14,15,16,17 e 18) e a cianobactéria *Planktothrix* sp.1 e o pH se relacionaram negativamente ao eixo dois. As unidades amostrais de Taperoá, Piranhas, Mamanguape, Curimataú e algumas do Baixo Paraíba (estiagem), assim como as cianobactérias *Calothrix* sp1, *Calothrix* sp2., *Geitlerinema* sp., *Microcystis* sp., *Oscillatoreae* sp., *Phormidium* sp., *Planktothrix* sp.2; *Pseudoanabaena* sp., as clorófitas: *Oedogonium* sp.1., *Spirogyra* sp, as diatomáceas: *Eunotia* sp., Táxon 1 e 2, e uma Euglenophyta (*Euglena* sp), e os coeficientes explicativos profundidade e transparência da água (Sec), tiveram relação negativa com o eixo um. (Figura 2).

4 DISCUSSÃO

A estruturação ficoperifítica variou de acordo com os climas BSh e AS e períodos climáticos. Uma vez que cada um destes fatores possuem características pertinentes que promoveram condições diversas para o desenvolvimento e a seletividade do ficoperifiton associados às macrófitas. O que foi comprovado a partir do ISA (índice de espécies indicadoras) que mostrou as espécies chaves de cada clima e período, indicando que estas são bem adaptadas a tais condições. As plantas aquáticas não tiveram um papel tão evidente na estruturação da comunidade em questão, mas isso não exclui a importância dos processos entre o complexo perifiton-substrato, uma vez que estudos comprovaram que apesar da competição existente entre macrófitas e algas, estas ainda são consideradas os melhores

substratos para adesão ficoperifítica (e.g. BROW, 1976; CAMARGO & FERRAGUT, 2014; SAND-JENSEN & BORUM, 1991).

Os fatores abióticos analisados também foram influenciados pela sazonalidade, como demonstrado pela PERMANOVA. No período chuvoso encontrou-se maiores valores de fósforo e ambientes mais turbidos. Enquanto que no período de estiagem verificaram-se maiores valores de nitrogênio total. Esses resultados puderam ser explicados pelo carreamento de substâncias alóctones para os ambientes e resuspensão dos sedimentos durante o período chuvoso e pela redução no volume de água no período de estiagem que resultou na concentração de nutrientes.

A maior densidade algal em plantas submersas possivelmente se deu porquê estas disponibilizam mais área para colonização, assim como nutrientes durante os processos de excreção e senescência. Enquanto que as flutuantes são competidoras mais eficientes na absorção de luz sombreando a superfície do corpo aquático. (CATTANEO & KALFF, 1979; SETO *et al.* 2013). Além de possuírem menos área disponível para adesão ficoperifítica, pois estas se aderem apenas na região abaxial das folhas e nas raízes, ou no caso de flutuantes fixas como nymphaeaceae em seus caules.

A constante dominação das Cyanophyta durante os períodos de estiagem e chuvoso e nos climas BSh e AS, pode ser explicada pelo fato desse grupo ser considerado oportunista podendo se estabelecer em condições não tão favoráveis a outros grupos algais. A ocorrência de indivíduos desse grupo é comum em todos os climas e estações do ano, apesar de serem sensíveis à mudanças abruptas (RODRIGUES *et al.* 2005). No entanto, a ocorrência da classe Euglenophyceae foi influenciada pela sazonalidade, como observado no estudo de Taniguchi *et al.* (2005), onde este grupo teve desenvolvimento significativo apenas no período chuvoso. Isso pode ter ocorrido porque os indivíduos dessa classe relacionam-se positivamente com a matéria orgânica que entra no corpo aquático oriunda do solo ou decomposição vegetal (REYNOLDS *et al.* 2002). Como os ambientes estudados se localizam em áreas rurais, a chuva ocasionou um carreamento de substâncias orgânicas presentes no solo, aumentando a entrada de matéria orgânica para o ecossistema e consequentemente o aparecimento e desenvolvimento de euglenófitas.

Estudos consideraram as macrófitas como um dos principais fatores estruturadores do ficoperifiton, principalmente no que diz respeito à complexidade estrutural dos substratos como um importante influenciador na riqueza e abundância de táxons (MOYA & DUGGA, 2011; WARFE & BARMUTA, 2006). Entretanto, estes autores analisaram a relação dos fatores em microescala, desconsiderando os efeitos dos fatores em macroescala, levando em

consideração apenas as interações biológicas entre perifiton-hospedeiro submetidos às mesmas condições ambientais.

A CCA explicou cerca de 23% da variabilidade total dos dados. Dos fatores selecionados por esta, o pH e a temperatura são apontados por afetar diretamente as reações metabólicas (STEVENSON,1997). A transparência da água foi um fator bastante relevante, a qual exerce influência na disponibilidade de luz, e segundo Inoue & Nunokava (2005), a luz age positivamente no desenvolvimento do ficoperifiton, desde que não haja liimitação de nutrientes. A separação das unidades amostrais entre os períodos climáticos seco e chuvoso pode ter sido influenciada pelo regime de chuvas que ocasionou modificações nos fatores abióticos, os quais demonstraram influência na variação temporal da comunidade de algas (CAVATI & FERNANDES, 2008). O fato do substrato não ter sido tão relevante na estruturação do ficoperifiton se deu porque fatores em macroescala como o clima, estresse, entre outros, podem prejudicar ou inibir os efeitos dos fatores em microescalas (interações biológicas) (STEVENSON,1997).

6 CONCLUSÃO

Apesar das macrófitas possuírem um reconhecido papel na estruturação ficoperifítica, sendo consideradas os melhores substratos para a adesão das algas epífitas, as condições do meio, associadas aos tipos e períodos climáticos foram mais relevantes na determinação da estrutura da flora perifítica, significando que os fatores em macroescala podem exercer maior influência na comunidade que os fatores em escalas menores.

THE ROLE OF AQUATIC PLANTS IN PHYCOPERIPHYTE STRUCTURING IN DIFFERENT CLIMATE CONDITIONS.

Natália M. de Carvalho¹, Davi F. da Costa², Ênio W. Dantas³

ABSTRACT

The objective of this work was to characterize the variation in the phycoperiphytic structure of different aquatic plants of shallow reservoirs of four basins of Paraíba, under different climatic conditions. Sampling occurred during drought (2014) and rainy (2015) periods. In each ecosystem, up to four plants were selected, according to their local abundance and parts of them were withdrawn for the qualitative-quantitative study. The phycoperiphytic density (ind/gMs) was adapted to the dry weight of the substrate. A PERMANOVA was carried out in order to verify the variation of the abiotic variables and the aquatic community structure, using the phycoperiphytic density matrix, considering as investigative factors seasonal aspects

(period and climate) and substrate (biological form and aquatic plant species). To verify which species were indicative of each climate (tropical humid and semi-arid), Species Indicator Analysis was performed. To relate the biotic and abiotic factors, a CCA performed. The t-test measured the variation between abiotic factors. The structure of the phycoperiphytic community was not related to substrate aspects ($p > 0.05$), but with seasonal aspects: climate ($p < 0.05$) and period ($p < 0.05$). Five species were indicative of the BSh climate, and only one species of the AS climate. The ACC showed that only 23.2% of the data could be explained by the environmental factors, being pH, secchi, depth, macrophyte infestation and temperature, the most explanatory parameters in the separation of species and environments. Plants have a recognized role in phycoperiphytic development, however macroscale factors such as climate types and periods were more relevant in the structuring of the phycoperiphytic community.

Keywords: Periphytic algae, semi-arid, tropical humid.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION et al. **APHA Standard methods for the examination of water and wastewater**. American Water Works Association and Water Environment Federation, 1992.

BROWN, H.D. A. **Comparison of the attached algal communities of a natural and an artificial substrate**. J. Phycol., 12: 301-306, 1976.

CAMARGO, V. M; FERRAGUT, C. **Estrutura da comunidade de algas perifíticas em Eleocharis acutangula (Roxb.) Schult (Cyperaceae) em reservatório tropical raso, São Paulo, SP, Brasil**. Hoehnea, v. 41, n. 1, p. 31-40, 2014.

CATTANEO, A.; KALFF, J. **Primary production of algae growing on natural and artificial aquatic plants: a study of interactions between epiphytes and their substrate**. Limnology and Oceanography, v. 24, n. 6, p. 1031-1037, 1979.

CAVATI, B; FERNANDES, O.V. **Algas perifíticas em dois ambientes do baixo rio Doce (lagoa Juparanã e rio Pequeno—Linhares, Estado do Espírito Santo, Brasil): variação espacial e temporal**. Acta Scientiarum. Biological Sciences, v. 30, n. 4, p. 439-448, 2008.

FERNANDES, V. O. **Varição temporal da estrutura e dinâmica da comunidade perifítica em dois tipos de substrato na Lagoa Imboassica, Macaé (RJ). 1997**. 198 p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1997.

HU, H.; HONG, Y. **Algal-bloom control by allelopathy of aquatic macrophytes – a review**. Frontiers of Environmental Science and Engineering in China, v.2, n.4, p.421-438. 2008.

INOUE, M.; NUNOKAWA, M. **Spatial variation in density of stream benthic fishes in northern Hokkaido, Japan: does riparian vegetation affect fish density via food availability?** *Limnology*, v. 6, n. 1, p. 7-14, 2005.

LOBO, E.; LEIGHTON, G. **Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctonicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile.** *Rev. Biol. Mar.*, v. 22, n. 1, p. 1-29, 1986.

MACKERETH, F. J. H.; HERON, J.; TALLING, J. F., & FRESHWATER. **Water analysis: some revised methods for limnologists.** 1978.

MOSCHINI-CARLOS, V. **Importância, estrutura e dinâmica da comunidade perifítica nos ecossistemas aquáticos continentais.** *Perspectivas na Limnologia no Brasil.* Gráfica e Editora União, São Luís, p. 1-11, 1999.

MOYA, L. P.; DUGGAN, I. C. **Macrophyte architecture affects the abundance and diversity of littoral microfauna.** *Aquatic Ecology*, v. 45, n. 2, p. 279-287, 2011.

PELLEGRINI, B. G.; FERRAGUT, C. **Varição sazonal e sucessional da comunidade de algas perifíticas em substrato natural em um reservatório mesotrófico tropical.** *Acta Botanica Brasilica*, v. 26, n. 4, p. 810-821, 2012.

PERH-PB (**Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba**), João Pessoa. 2006.

REYNOLDS, C. S., HUSZAR, V., KRUK, C., NASELLI-FLORES, L., & MELO, S. **Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton.** *Journal of plankton research*, v. 24, n. 5, p. 417-428, 2002.

RODRIGUES, L., LEANDRINI, J.A., FONSECA, I.A., RUSSO, A.D.P.G. & ALGARTE, V.M. **Algas perifíticas.** *Peld UEM.* p.15-22. 2005.

ROS, J. **Práticas de Ecologia.** Barcelona: Ômega S. A., 1979.

SAND-JENSEN, K.; BORUM, J. **Interactions among phytoplankton, periphyton, and macrophytes in temperate freshwaters and estuaries.** *Aquatic Botany*, v.41, p.137-175. 1991.

SANTOS, R. T.; FERRAGUT, C.; BICUDO, M. E. C. **Does macrophyte architecture influence periphyton? Relationships among *Utricularia foliosa*, periphyton assemblage structure and its nutrient (C, N, P) status.** *Hydrobiologia* 714:71–83. 2013

SETO, M.; TAKAMURA, N.; IWASA, Y. **Individual and combined suppressive effect of submerged and floating-leaved macrophytes on algal blooms.** *Journal of Theoretical Biology*, v.319, p.122-133. 2013.

STEVENSON, R. J. **Scale-dependent determinants and consequences of benthic algal heterogeneity.** *Journal of the North American Benthological Society*, p. 248-262, 1997.

TANIGUCHI, G. M.; BICUDO, D. C.; SENNA, P. A. C. **Gradiente litorâneo-limnético do fitoplâncton e ficoperifíton em uma lagoa da planície de inundação do Rio Mogi-Guaçu.** *Revista Brasileira de Botânica*, v. 28, n. 1, p. 137-147, 2005.

THOMAZ, M. S.; CUNHA, R. E. **The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages composition and biodiversity.** *Acta Limnologica Brasiliensia*, vol. 22, no. 2, p. 218-236. 2010.

WARFE, D. M.; BARMUTA, L. A. **Habitat structural complexity mediates food web dynamics in a freshwater macrophyte community.** *Oecologia*, v. 150, n. 1, p. 141-154, 2006.

WETZEL, R. G. **Land-water interfaces: metabolic and limnological regulators.** *Internationale Vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie. Verhandlungen IVTLAP*, v. 24, n. 1, p.6-24, 1990.

APÊNDICE A- TABELA DE DADOS AMBIENTAIS

Tabela 2: Dados ambientais (média) em quatro bacias hidrográficas do estado da Paraíba durante os períodos de estiagem (2014) e chuvoso (2015).

| Variáveis | Estiagem | | | | | | | | | | | | Chuvoso | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|
| | P1 | C3 | T4 | M2 | M3 | M4 | B1 | B2 | B3 | B4 | P1 | C3 | M3 | M4 | B1 | B2 | B3 | B4 | | |
| Temperatura (°C) | 25,8 | 26,7 | 27,1 | 24,5 | 27,6 | 26,0 | 27,9 | 28,8 | 28,6 | 28,0 | 27,9 | 25,6 | 30,6 | 31,9 | 27,5 | 26,2 | 24,8 | 25,4 | | |
| Ph | 7,0 | 8,0 | 9,3 | 6,7 | 7,3 | 7,6 | 7,7 | 8,6 | 8,0 | 7,5 | 8,7 | 6,9 | 8,0 | 7,7 | 9,6 | 10,4 | 10,3 | 10,0 | | |
| Condutividade elétrica (mS/cm) | 0,8 | 0,3 | 0,4 | 7,0 | 1,2 | 0,9 | 2,2 | 3,2 | 1,0 | 3,1 | 0,1 | 0,1 | 0,5 | 0,1 | 2,6 | 7,1 | 1,0 | 3,5 | | |
| Turbidez (NTU) | 47,1 | 25,6 | 0,3 | 78,9 | 17,6 | 9,8 | 18,7 | 49,0 | 24,8 | 57,4 | 41,2 | 159,0 | 23,0 | 26,0 | 46,4 | 271,0 | 135,9 | 113,5 | | |
| Oxigênio dissolvido (mg/L) | 10,2 | 11,1 | 12,4 | 11,9 | 10,8 | 9,9 | 10,4 | 12,6 | 12,3 | 8,4 | 7,6 | 6,0 | 5,2 | 5,7 | 14,7 | 11,5 | 11,0 | 6,8 | | |
| TDS (g/L) | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 4,4 | 0,8 | 0,6 | 1,4 | 2,0 | 0,6 | 2,0 | 0,1 | 0,1 | 0,3 | 0,1 | 1,7 | 4,4 | 0,7 | 2,3 | | |
| Salinidade (%) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,4 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,0 | 0,1 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,4 | 0,1 | 0,2 | | |
| Profundidade (m) | 0,4 | 1,3 | 1,2 | 0,3 | 1,0 | 1,1 | 0,8 | 0,6 | 0,7 | 0,6 | 0,7 | 0,3 | 0,4 | 0,7 | 0,6 | 0,2 | 0,2 | 0,8 | | |
| Secchi (m) | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,1 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | | |
| Infestação de macrófita | 3,0 | 2,0 | 5,0 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 3,0 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 2,0 | 5,0 | 2,0 | 2,0 | 4,0 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | | |
| NH3 | 72,0 | 47,0 | 31,0 | 57,7 | 82,0 | 48,0 | 42,0 | 21,0 | 51,0 | 18,0 | 46,6 | 32,3 | 47,5 | 42,3 | 45,2 | 45,4 | 45,9 | 34,0 | | |
| NO3 | 23,8 | 18,6 | 18,6 | 282,8 | 17,9 | 14,5 | 20,5 | 20,7 | 35,4 | 16,4 | 44,3 | 61,4 | 43,5 | 52,3 | 48,7 | 46,9 | 72,4 | 54,1 | | |
| NO2 | 3,8 | 11,8 | 1,1 | 7,7 | 1,8 | 2,3 | 1,3 | 1,8 | 2,1 | 1,1 | 4,3 | 4,8 | 4,4 | 4,6 | 4,5 | 4,5 | 4,7 | 4,7 | | |
| NT | 427,8 | 293,5 | 218,3 | 397,8 | 387,2 | 418,5 | 306,1 | 359,1 | 137,2 | 354,3 | 78,2 | 230,2 | 170,2 | 230,2 | 171,4 | 262,4 | 61,3 | 186,8 | | |
| PO4 | 71,5 | 36,5 | 61,5 | 21,5 | 26,5 | 11,5 | 11,5 | 21,5 | 16,5 | 11,5 | 38,3 | 76,5 | 11,5 | 41,5 | 26,5 | 111,5 | 21,5 | 66,5 | | |
| PT | 109,5 | 82,0 | 62,0 | 114,5 | 37,0 | 49,5 | 97,0 | 107,0 | 62,0 | 129,5 | 117,0 | 159,5 | 114,5 | 89,5 | 197,0 | 414,5 | 84,5 | 66,5 | | |

