

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

KELLY DAYANE PEREIRA DA SILVA

Traços Funcionais Fitoplanctônicos em Tanques de Pedra: Estrutura em ecossistemas rasos no
semiárido brasileiro

AREIA – PB
SETEMBRO DE 2013

KELLY DAYANE PEREIRA DA SILVA

**TRAÇOS FUNCIONAIS FITOPLANCTÔNICOS EM TANQUES DE PEDRA:
ESTRUTURA EM ECOSISTEMAS RASOS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado ao curso de Licenciatura e
Bacharelado em Ciências Biológicas
da Universidade Federal da Paraíba,
em cumprimento às exigências para
obtenção do grau de Bacharel em
Ciências Biológicas.

ORIENTADORA: Prof. Dr^a Luciana Gomes Barbosa (CCA/UFPB)

KELLY DAYANE PEREIRA DA SILVA

**TRAÇOS FUNCIONAIS FITOPLANCTÔNICOS EM TANQUES DE PEDRA:
ESTRUTURA EM ECOSISTEMAS RASOS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso de Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Aprovado em: __/__/__

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr^a Luciana Gomes Barbosa (Orientadora)
DFCA-CCA-UFPB

Prof.Ms. Patrícia da Silva Cruz (Membro Externo)
UVA-UNAVIDA

Ms. Maria Cristina Santos Pereira de Araújo (Membro Interno)
DSER/UFPB

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu Bom Deus por tantas vezes me olhar nos olhos e me impulsionar a voltar a ter ânimo de caminhar e de não desistir.

E por meus familiares, mãe Maria das Neves Pereira da Silva, tia Maria Pereira Freire, irmãos Carmen Danielly, Sérgio Ricardo, Rita de Cassia, Daniel, Regina Celly que me ajudaram a enxergar que aquele que busca e espera no Senhor vê os milagres acontecer e prova do sabor da vitória.

E a Prof^a Dr^a. Luciana Gomes Barbosa que me orientou de forma a ensinar a buscar o foco principal e os objetivos educativos sem desespero, pois aquele que tem fé em Jesus Cristo é um vencedor.

Agradeço ao professor Dr. Reinaldo Lucena por sua contribuição e ajuda na realização deste trabalho.

A todos os meus colegas do Centro de Ciências Agrárias e alguns funcionários da UFPB-Areia que foram parceiros durante este tempo de aprendizagem e de formação.

“Tomai, portanto, a armadura de Deus, para que possais resistir nos dias maus, e manter-vos inabaláveis no cumprimento do vosso dever. Ficai alerta, a cintura cingidos com a verdade, o corpo vestido com a couraça da justiça, e os pés calçados de prontidão para anunciar o evangelho da paz”. Ef.6,12-15

APRESENTAÇÃO

As principais inovações provenientes do presente trabalho estão associadas a descrição da ecologia do fitoplâncton em tanques de pedra, com foco na escala espacial, no semiárido nordestino. Tais ecossistemas apresentam-se inéditos na descrição de habitats inseridos na classificação de grupos funcionais fitoplanctônicos. A dinâmica e estrutura da comunidade, além das interrelações com os fatores ambientais e morfológicos dos ecossistemas (medidas de comprimento e largura) são abordados em um total de vinte ambientes, onde incluiu-se o uso dos tanques pela população de entorno e suas tradições na transmissão do manejo desses ecossistemas em períodos de escassez hídrica. Destaca-se o incipiente conhecimento da variabilidade espacial das características estruturais e ecológicas do fitoplâncton em ambientes na Caatingabrasileira, ainda restrito.

A presente monografia apresenta um grande volume de dados e resultados gerados, redigidas a partir das normas da *Brazilian Journal of Biology* (antiga *Revista Brasileira de Biologia*). A abordagem abrange grupos funcionais fitoplanctônicos e sua distribuição espacial em 20 (vinte) tanques de pedra, com ênfase na distribuição espacial do fitoplâncton e fatores ambientais associados.

SUMÁRIO

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Traços Funcionais Fitoplanctônicos em Tanques de Pedra: Estrutura em ecossistemas rasos no semiárido brasileiro | |
| TRAÇOS FUNCIONAIS FITOPLANCTÔNICOS EM TANQUES DE PEDRA: ESTRUTURA EM ECOSSISTEMAS RASOS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO..... | |
| TRAÇOS FUNCIONAIS FITOPLANCTÔNICOS EM TANQUES DE PEDRA: ESTRUTURA EM ECOSSISTEMAS RASOS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO..... | |
| APRESENTAÇÃO..... | |
| RESUMO | |
| ABSTRACT | |
| 1. Introdução..... | 15 |
| 2. Materiais e Métodos | 17 |
| Área de estudo | 17 |
| <i>Amostragem</i> | 17 |
| <i>Variáveis hidrológicas e meteorológicas</i> | 18 |
| <i>Etnoecologia: Populações humanas e uso dos tanques de pedra</i> | 18 |
| <i>Variáveis limnológicas e das comunidades biológicas</i> | 18 |
| 3. Resultados..... | 21 |
| <i>Cenário físico e químico</i> | 21 |
| <i>Etnoecologia: Influência e uso de tanques pela população</i> | 21 |
| <i>Fitoplâncton: Traços funcionais</i> | 22 |
| 4. DISCUSSÃO..... | 25 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 29 |

RESUMO GERAL: TRAÇOS FUNCIONAIS FITOPLANCTÔNICOS EM TANQUES DE PEDRA: ESTRUTURA EM ECOSISTEMAS RASOS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. A escassez hídrica dificulta o desenvolvimento de atividades (agrícolas, pecuárias) e até mesmo a permanência da população no semiárido nordestino. Os objetivos do presente estudo foram inventariar os usos da água armazenada em tanques de pedra pela população residente no entorno e identificar grupos funcionais fitoplanctônicos presentes nesses ambientes e sua associação com fatores ambientais. As amostragens de entrevistas, Fitoplâncton (densidade e biovolume) e variáveis limnológicas foram realizadas durante as chuvas de 2011 em 20 tanques em Cabaceiras (Paraíba, Brasil). A transparência da água nos tanques foi baixa ($\geq 1,5$) com águas variando entre levemente ácidas a alcalinas. As entrevistas indicaram redução da transmissão do conhecimento entre gerações sobre o manejo dos referidos tanques em função da implantação de novas alternativas para armazenamento de água, dentre essas foi constatada preferência pelos tanques constituídos de “rocha dura” (20% dos entrevistados) e profundos ($Z_{max} \geq 5$)(30%). Mudanças no uso da água entre gerações são indicadas, sendo entre os pais a utilização associada a várias atividades (50%) e ausência de fontes alternativas de captação da água. Em relação a estrutura da comunidades e grupos funcionais os tanques foram associados a ambientes turbidos e rasos com dominância de cianobactérias em 50% dos casos. O grupo M_P associado a espécie produtora de toxinas *Microcystis* sp., dominante nos tanques próximos ao povoado (n=2), e grupos K (*Aphanocapsa* sp.) e S_1 (*Planktolyngbya limnetica*) melhor distribuídos espacialmente entre tanques. A presença de cianobactérias tóxicas registra condições de hábitat compatíveis com o processo de urbanização do entorno, identificando-se em dois tanques densidade e biomassa de cianobactérias acima do limite previsto na legislação. O fim da transmissão de conhecimento do manejo entre gerações humanas podem, a curto prazo, acarretar prejuízos em uma região cujas secas prolongadas são frequentes além de potencializar florações de algas tóxicas, influenciando negativamente a saúde da população em períodos de escassez hídrica.

Palavras-Chave: Tanques de pedra, semiárido, cianobactérias, ação antropogênica.

ABSTRACT: PHYTOPLANKTON FUNCTIONAL TRAITS TANKS IN STONE: ESTRUCTURE IN SHALLOW ECOSYSTEM IN BRAZILIAN SEMIARID.

The scarce availability of water is a limiting factor to the development of the rural semi-arid . The objectives of this study were to inventory the use of stone tanks by populations and identify phytoplankton functional groups and associated environmental factors . Sampling interviews, phytoplankton (density and biovolume) and limnological variables were performed during the rains of 2011 in 20 tanks in Cabaceiras (Paraíba, Brazil). The transparency of the water in the tanks was low ($\geq 1.5\text{m}$) with water ranging from slightly acidic to alkaline. Interviews indicated reducing the transmission of knowledge between generations due to new technologies and government programs implemented in the region and preference for tanks made of " hard rock" (20 % of respondents) and deep ($Z_{\text{max}} \geq 5$) (30 %). Changes in water use between generations are indicated, being among generations use associated with various activities (50 %) and lack of alternative sources of water catchments . Regarding the structure of the communities and functional groups associated with the tanks were turbid and shallow environments dominance of cyanobacteria in 50% of cases. Group M associated with toxin - producing species *Microcystis* sp., Dominant in tanks near the populations (n = 2) , and K groups (*Aphanocapsa* sp.) and S1 (*Planktolyngbya limnetica*) better spatially distributed between tanks. The presence of toxic cyanobacteria registers habitat conditions compatible with surrounding development of cities, identifying two tanks in density and biomass of cyanobacteria above the limit of the Brazilian law. The transmission of knowledge management among human generations may, in the short term, lead to losses in a region whose prolonged droughts are frequent addition to potentiate toxic algal blooms, which negatively affects the health of the population in times of water scarcity .

Keywords: Semiarid, cyanobacteria, anthropogenic

**TRAÇOS FUNCIONAIS FITOPLANCTÔNICOS EM TANQUES DE PEDRA:
ESTRUTURA EM ECOSISTEMAS RASOS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.**

Artigo a sersubmetido a Brazilian Journal of Biology (redigido nas Normas da revista

Brazilian Journal of Biology)

**TRAÇOS FUNCIONAIS FITOPLANCTÔNICOS EM TANQUES DE PEDRA:
ESTRUTURA EM ECOSISTEMAS RASOS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.**

Silva, K.D.P. da.Barbosa, L.G.

^a Laboratório de Limnologia

Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Fitotecnia, Campus II, Cep 58397-000.
Areia, PB, Brazil.

* e-mail: dayanecaps@hotmail.com

6 figuras e 4 tabelas

Título abreviado: **TRAÇOS FUNCIONAIS FITOPLANCTÔNICOS EM TANQUES DE
PEDRA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Autor para correspondência Kelly Dayane Pereira da Silva (Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal da Paraíba, Campus II, 58397-000. Areia, PB, Brazil.)

Resumo

Os tanques de pedra são reconhecidas formações rochosas no semiárido nordestino, que sofreram processos de intemperismo e que afloram na superfície, constituindo alternativas viáveis ao armazenamento da água da chuva. O objetivo do presente estudo foi analisar a comunidade fitoplanctônica e cianobactérias presentes em 20 tanques de pedra na Caatinga Brasileira (Nordeste, Brasil). As amostragens foram realizadas no período de chuvas em ponto único na subsuperfície, sendo coletados parâmetros físicos, químicos e biológicos entre os quais amostras qualitativas e quantitativa de fitoplâncton. Entrevistas com a população foram realizadas visando identificar o uso e transmissão técnicas de manejo entre gerações. Baixos valores de transparência da água (<1,5m; n=20) e pH variando de levemente ácido a alcalino foram identificados, sendo os tanques classificados como rasos e túrbidos. As entrevistas indicaram que os tanques constituídos de “rocha dura” (20% dos entrevistados), mais comprido e fundo é melhor para armazenamento e captação de água (30% dos entrevistados). A água desses reservatórios é utilizada para fins domésticos (85,7%), no entanto, com o advento das cisternas através do projeto "Um milhão de Cisternas" o consumo foi reduzido em até 50%, associando-se também a redução da transmissão das tradições de uso e manejo dos tanques. O grupo funcional fitoplanctônico L_M (*Microcystis* sp.), registrou elevadas biomassas em três tanques indicando uma tendência no gradiente espacial de dominância de cianobactérias e clorofíceas, microflora típica de ecossistemas rasos e túrbidos.

Palavras-chave: Cianobactéria, Tradição humana, Tanques rasos, Variáveis abióticas.

Abstract

The tanks are recognized stone formations in semiarid northeast, formed after weathering processes which emerge on the surface, providing viable alternative for the storage rainwater. The aim of this study was to analyze the phytoplankton and cyanobacteria present in 20 stone tanks in Brazilian Caatinga (Northeast Brazil). Samples were collected during the rainy season in single point in the subsurface, and collected physical, chemical and biological samples including qualitative and quantitative phytoplankton. Interviews were conducted with the population in order to identify the use and transmission management techniques between generations. Low values of water transparency (<1.5 m, $n = 20$), wich tanks classified as shallow and turbid. Interviews indicated that the tanks consist of "hard rock" (20% of respondents), longest and deepest better for storage (30% of respondents). The water from these reservoirs is used for domestic purposes (85.7%), however, with the advent of the project "One Million Cisterns" consumption was reduced by 50% by associating also reducing transmission traditions of use and management of tanks. The phytoplankton functional group M (*Microcystis* sp.) was found higher biomass in three tanks indicating a trend in the spatial gradient of dominance of cyanobacteria and green algae, typical shallow and turbid ecosystems.

Keywords: Cyanobacteria, human tradition, shallow tanks, abiotic variables.

1. Introdução

A água em quantidade e qualidade adequada se constitui componente essencial à vida, é na atualidade um dos maiores problemas sociais do mundo em função das ações antropogênicas desordenadas. No semi-árido nordestino, a chuva má distribuída espacial e temporalmente, com precipitação médio anual variando entre 300 e 800 mm, ainda apresenta uma predominância, os intra-anuais além de irregulares, há anos em que a concentração entre de um e dois meses, sendo constatadas chuvas torrenciais nesse período (ALMEIDA & SILVA, 2004). Mesmo na microrregião do Brejo paraibano, uma das mais chuvosas do estado, a precipitação é irregular, os desvios padrão, em alguns meses, superam a própria média, a distribuição é assimétrica e o coeficiente de assimetria é positivo (SILVA, ALMEIDA & COSTA FILHO, 2005).

Os tanques de pedra formados a partir de processos de intemperismo são utilizados como fonte alternativa ou complementar de captação da água de chuva é uma prática de grande importância de convivência com o semiárido, tendo em vista a utilização desta água para o beneficiamento humano e animal. O volume de água armazenado vai depender do tamanho e da profundidade do tanque.

Neste contexto, os tanques de pedra necessitam de mais estudos e abordagens acerca da qualidade da água que fornecem, sendo estas formações rochosas formadas a partir de processos de intemperismo e que afloraram na superfície da terra, servindo como uma alternativa viável ao armazenamento da água da chuva no semiárido nordestino. Embora, por ser um reservatório superficial, os tanques tornam-se vulneráveis às altas taxas de evaporação o que acarretam grandes perdas de água para a atmosfera na forma de vapor (CURI, 2001). Dentro do contexto de manutenção das populações de entorno, a conservação do estado ecológico destes ambientes é fundamental, no entanto, as elevadas taxas de evaporação, a proteção estrutural que a formação rochosa oferece contra o vento, além de elevadas

temperaturas podem favorecer ecologicamente o desenvolvimento de cianobactérias, altamente favorecidas em ambientes com elevada estabilidade.

A frequência de florações de cianobactérias constam entre as principais preocupações nos reservatórios destinados ao abastecimento humano, em função da potencial produção de toxinas (Azevedo *et al.* 1994). Os níveis elevados de microcistina em abastecimentos de água podem ser associados com gastroenterite (Hitzfeld *et al.*, 2000) e, em casos extremos, à morte ou toxicidade do fígado (CORO & BARTRAM, 1999). A crescente eutrofização e contaminação dos reservatórios redundou na portaria nº 518, de março de 2004 (Ministério da Saúde), que determina o monitoramento e a análise das cianotoxinas e das cianobactérias presentes na captação dos reservatórios, posteriormente atualizações foram incorporadas na Portaria 2914, de 2011 (Ministério da Saúde). Nesse contexto, a geração de modelos com caráter preditivo e capazes de determinar as variáveis-chave na dinâmica das cianobactérias em escalas espacial e temporal apropriadas (Dokulil & Teubner, 2000) torna-se relevante como estratégia de conservação.

No âmbito da indicação de condições ambientais, Reynolds (1984, 1997) contribuiu com a inserção dos agrupamentos funcionais fitoplanctônicos, baseados na morfologia, tipos de habitats e recursos nutricionais. Os grupos funcionais de fitoplâncton são identificados através de códigos alfa numéricos de acordo com as suas sensibilidades e tolerâncias (Padisak *et al.*, 2009). As diferentes formas de vida observadas no fitoplâncton são funcionalmente interpretadas como adaptações à combinação de velocidade por sedimentação com turbulência. Recentemente, uma atualização registrou 40 grupos funcionais em todo mundo (Padisak *et al.* 2009).

As decisões relativas à conservação sempre tiveram ênfase nos processos mais regionais, ou seja, se basearam em modelos neutros que desconsideraram as interações bióticas priorizando, dessa forma, a conservação de ambientes maiores e conectados entre si.

Entretanto, o mesmo não pode ser aplicado aos ambientes lênticos, desde que corpos d'água pequenos e isolados possuem uma grande biodiversidade devido à influência de interações ecológicas e efeitos indiretos (Lopes & Caliman 2008).

A caracterização sistêmica de tanques de pedra é uma contribuição inédita salientando-se a importância deste levantamento na elaboração de políticas de conservação, manejo destes ambientes bem como subsidiar manejos emergenciais em épocas de seca extrema. Dessa forma, entre os objetivos do presente projeto, destaca-se a caracterização física, química e biológica de vinte (20) tanques de pedra isoladamente dispostos, situados no município de Cabaceiras (Paraíba, Brasil) com ênfase, portanto, na escala espacial abrangendo tanques com diferentes morfologias.

2. Materiais e Métodos

Área de estudo

O município de Cabaceiras está localizado na Mesorregião da Borborema e microrregião do Cariri oriental, a 7°29'20''S de latitude e 36°17'14''W de longitude (Atlas Geográfico do estado da Paraíba, 1985) (Figura 1). A região é cortada por diversos rios, sendo o Taperoá o principal curso d'água. O clima é semiárido quente, com temperatura média anual superior a 20° C e o menor índice pluviométrico do Brasil, com valores inferiores a 300 mm de chuva durante o ano.

Amostragem

Os ecossistemas estudados foram selecionados após um estudo piloto com duas amostragens de reconhecimento e identificação de espécies, sendo os tanques estocásticos retirados da análise. Sendo escolhidos 20 tanques de pedra, amostrados no período chuvoso de 2011. O período de amostragem correlato as chuvas, foi escolhido a partir de análises e

amostragens de reconhecimento, uma vez que no período de seca ocorre a extinção local e temporária de vários tanques, sendo que estes apresentam profundidades inferiores a 5m.

Variáveis hidrológicas e meteorológicas

Informações hidrometeorológicas foram obtidos junto a técnicos da Gerência Executiva de Monitoramento e Hidrometria da AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba/SECTMA).

Etnoecologia: Populações humanas e uso dos tanques de pedra

Para realizar um inventário sobre a utilização dos tanques de pedra como escassez de água, gestão, distribuição irregular da água e utilizações, foram realizadas 14 entrevistas com formulários semi estruturados direcionados aos chefes domiciliares, sendo entrevistados nove mulheres e cinco homens representando 100% dos chefes domiciliares residentes no entorno dos tanques de pedra (Com o intuito de inferir pra quê de fato os tanques são utilizados e de que forma).

Variáveis limnológicas e das comunidades biológicas

A amostragem foi realizada em um único ponto de cada tanque, considerando a variação de tamanho e largura na subsuperfície, onde foram determinados a temperatura (°C), pH, oxigênio dissolvido (mg L^{-1}), turbidez e sólidos totais dissolvidos *in situ* através de sonda multiparamétrica.

A transparência da água (m) dos tanques foi calculada através da profundidade de desaparecimento visual do disco de Secchi (Z_{ds}), correspondente a 10% da luz incidente na superfície (COLE, 1994). O coeficiente de atenuação vertical da luz (k) foi calculado por meio da relação $k = 1,7 \times Z_{DS}^{-1}$ (POOLE & ATKINS, 1929). A zona eufótica (Z_{eu}) foi

calculada empiricamente multiplicando o valor obtido pelo disco de Secchi (10% de incidência de luz) por 2,7 (COLE, 1994).

A avaliação do Índice de Estado Trófico (IET) foi determinada pela equação:

$$\text{IET(Transp.)} = 10 \left(6 - 0,64 + \frac{\ln(\text{Tranp.})}{\ln 2} \right)$$

Onde:

IET (Transp.) = índice de estado trófico para a transparência.

De acordo com os valores encontrados na expressão do IET, as águas do corpo aquático podem ser classificadas como:

- Oligotrófico: $\text{IET} \leq 44$
- Mesotrófico: $44 < \text{IET} \leq 54$
- Eutrófico: $54 < \text{IET} \leq 74$
- Hipereutrófico: $\text{IET} > 74$

A amostragem do material fitoplanctônico para análise florística do fitoplâncton foram realizadas através de arrastos horizontais e verticais de rede de 20 μm de abertura. A rede será passada nas camadas superficiais e em profundidades variadas, tantas vezes quantas foram necessárias para a obtenção de razoável quantidade de material. A análise taxonômica do material foi providenciada utilizando microscópio binocular e os organismos identificados com auxílio de bibliografia especializada e, sempre que possível, em nível específico ou infraspecífico.

Para a análise quantitativa da comunidade fitoplanctônica, as amostras foram coletadas com amostrador do tipo van Dorn e fixadas com solução aquosa de lugol acético a 1%. A quantificação do fitoplâncton foi realizada conforme Utermöhl (1958) e o tempo de sedimentação de acordo com Lund *et al.* (1958). A contagem do material foi realizada em microscópio invertido, sendo o cálculo para a densidade dos organismos segundo Ros (1979). O biovolume ($\mu\text{m}^3 \text{ ml}^{-1} \rightarrow \text{mm}^3 \text{ L}^{-1}$) de cada espécie será calculado segundo Sun & Liu (2003) e Hillebrand *et al.* (1999). O objetivo da identificação e quantificação é fornecer informações

sobre as condições atuais, salientando aspectos de distribuição espacial de composição em espécies e dominância.

Crêterios para classifica o das espécies

- Descritores biológicos: as espécies que totalizaram biovolume relativo $\geq 5\%$ e densidade total da ordem de 80%.
- Espécies abundantes (Lobo & Leighton 1986): as espécies cujas densidades m dias superaram a densidade média total da amostra. A densidade média é obtida dividindo o número total de indivíduos da amostra pelo número de espécies nela encontradas.
- Espécies dominantes (Lobo & Leighton 1986): as espécies cuja densidade foi $> 50\%$ da densidade total da amostra.
- Hábito ou forma de vida: unicelular flagelado (UF), colonial flagelado (CF), unicelular não flagelado (UNF), colonial não flagelado, inclusive cen bios (CNF) e filamentosos (Fi).
- Estratégias C-R-S (Reynolds 1997, Reynolds 2006).
- Grupos funcionais (Reynolds *et al.* 2002; Padiak *et al.*, 2009; Kruk 2010): a classifica o das espécies foi realizada para todas as que contribuíram com, pelo menos, 5% do biovolume total.

Análises estatísticas

Foi realizada análise descritiva multivariada das variáveis ambientais e grupos funcionais fitoplanctônicos através da Análise de Componentes Principais (ACP), a partir das matrizes de covariância, com os dados transformados por Ranging (variáveis abióticas) e Log (x + 1), para o fitoplâncton evitando-se colinearidade. Os programas utilizados foram o FITOPAC (SHEPHERD 1996) para a transforma o dos dados e execu o da análise.

Resultados

Cenário físico e químico

As temperaturas subsuperficiais mostraram-se elevadas, conforme esperado (mínima de 23,9 no Tanque I e máxima de 34,6 °C no tanque XIX) (Tabela 1). Os valores de pH registraram ampla variação entre águas ácidas a levemente alcalinas (mínimo de 5,8 no tanque I e máxima de 10,28 no tanque X).

Em relação ao tamanho, os tanques foram classificados como pequenos em tamanho e rasos com profundidade máxima de aproximadamente 5m, sendo o tanque XIX o menor em tamanho e o tanque II o maior (Tabela 1).

Em geral foram observados baixos valores de transparência da água, variando entre mínimas de 0,21 a máxima de 1,5 m, onde o menor valor de visibilidade identificado para o tanque XIV e o maior no tanque XIII (Tabela 1). Em relação a Zona eufótica, os tanques III e XX registraram os menores valores, enquanto no tanque XIII a transparência alcançou 1,5 m. (Figura 2).

Os resultados do IET (calculado através da transparência) para os tanques revelam que 90% dos tanques monitorados foram classificados como eutróficos provenientes da decomposição de material alóctone, uma potencial eutrofização, acima da capacidade de depuração do corpo aquático (Figura 3).

Etnoecologia: Influência e uso de tanques pela população

As informações registradas nas entrevistas indicaram que, preferencialmente, o tanque constituído de “rocha dura” (20% dos entrevistados; n=14), mais comprido e fundo é o melhor para armazenamento e captação de água (30% dos entrevistados; n=14). A água desses reservatórios de "pedra" é bastante utilizada para fins domésticos (86%) e uso menos intenso para dessedentação animal (14% dos entrevistados). No entanto, com o advento das cisternas, o uso para fins domésticos foi reduzido em até 50% (n=14), permanecendo a

percepção da possibilidade de utilização como fonte de água potável (7%). Os resultados também registraram que os tanques maiores são os mais visitados e passíveis de manejo, chamado de “tanque de emergência”, um dos mais utilizados pela população, com dimensões de 43,2 x 10m, estando localizado mais distante da comunidade.

Quanto ao conceito de potabilidade considerado pela população de entorno dos tanques, a maioria dos entrevistados apresentaram conceitos associados ao teor de sal (57,1%), sendo o sabor “doce” considerado o mais próprio para uso (35,7%).

Fitoplâncton: Traços funcionais

Ao todo foram identificados 72 espécies e morfoespécies, sendo apenas 23 espécies acomodadas em 13 grupos funcionais: L_M, S₁, K, L_O, Sn, M_P, X₁, N, J, W₂, A, D, T pela classificação de Reynolds.

As maiores biomassas foram identificadas nos pontos associados à máxima biomassa de *Microcystis* sp. nos tanques I (máximo de 22,8 mg.l⁻¹), II (máximo de 269,5 mg.l⁻¹) e VII (máximo de 2365,2 mg.l⁻¹) (Figura 4 A). Já nos outros tanques, na ausência de *Microcystis* sp., morfoespécies pertencentes a família *Chlorococcales* se destacaram no tanque XV e no tanque XIII sobressaiu a espécie *Aphanocapsa* sp. (Figura 4 B). No entanto, os valores de biomassa estiveram muito abaixo do identificado para *Microcystis* sp.

Em geral os tanques apresentaram baixa variação na composição de espécies e grupos funcionais entre tanques (Tabela 2). No tanque I, foi identificada a presença de cianobactérias coloniais cocóides produtoras de toxina (grupo L_M), pequenas clorofíceas unicelulares (X₁) e diatomáceas penadas de pequeno tamanho (M_P). No tanque II, apresentaram-se as cianobactérias coloniais cocóides (L_M) e pequenas clorofíceas fizeram parte da composição deste tanque. A riqueza de grupos funcionais mostrou-se mais elevada no tanque III, com desmídeas de pequeno tamanho, clorofíceas coloniais cocóides (J) e unicelulares (X₁), euglenofitas (W₂). No tanque IV foram registradas diatomáceas penadas (M_P) e cianobactéria

colonial cocóide não produtoras de toxina (K). Euglenófitas unicelulares flageladas e Desmídeas de pequeno tamanho foram identificadas no Tanque V, onde a baixa riqueza de espécies refletiu nos grupos funcionais. Esse último fator também foi identificado no Tanque VI onde a presença do grupo W₂, composto por euglenofitas e K por uma única cianobactéria colonial cocóide (*Aphanocapsa* sp.) foi identificado. No tanque VII, observou-se novamente a presença do grupo L_M (composto por *Microcystis* sp.), grupo K (*Aphanocapsa* sp.) e pequenas clorofíceas (X₁). No tanque VIII observou a inserção de grupos não anteriormente identificados, tais grupo composto por uma cianobactéria filamentosa (S₁), cianobactérias coloniais de pequeno tamanho (L₀), clorofíceas coloniais cocóides (J), pequenas clorofíceas unicelulares (X₁) e novamente uma cianobactéria colonial cocóide (K).

No tanque IX, o grupo S_n, composto pela cianobactéria filamentosa heterocitada *Cylindrospermopsis raciborskii*, surge com baixa biomassa acompanhada por clorofíceas unicelulares (X₁) e coloniais cocóides (J), cianobactérias filamentosas (S₁) e colonial cocóide (K). O tanque X apresentou o registro de grupos funcionais compostos por desmídias (N) e pequenas diatomáceas (M_P) enquanto no tanque XI, Desmídeas (N), euglenofitas (W₂) e cianobactéria colonial cocóide (K) foram as mais relevantes em biomassa. O grupo D associado a diatomácea *Aulacoseira* sp., clorofíceas coloniais cocóides (J) e unicelulares (X₁) bem como cianobactérias filamentosa (S₁) e colonial cocóide (K) ocorreram no Tanque XII. No tanque XIII apenas o grupo K (cianobactérias coloniais cocóides) foi identificado, refletindo baixa diversidade.

No tanque XIV os grupos das diatomáceas penadas (M_P), euglenofitas (W₂) e clorofíceas coloniais cocóides (J) foram as mais representativas. Espécies tais como cianobactérias coloniais cocóides (K) e filamentosas (S₁) e clorofíceas coloniais cocóides (J) se adaptaram as condições ambientais identificadas no tanque XV.

No tanque XVI a ocorrência de três grupos foi identificada, entre eles as euglenofitas (W_2) presentes também no tanque XVIII, cianobactérias coloniais cocóides (K) e diatomáceas penadas (M_P). O tanque XIX registrou elevada biomassa do grupo K, composto pelas cianobactérias coloniais cocóides associado à *Desmídea* filamentosa (T). No tanque XX, apenas o grupo K foi identificado (Tabela 2).

Em relação aos grupos na morfologia (MBGF) identificou-se a dominância do grupo IV, composto por *Actinastrum hantzschii*, *Coelastrum sphaericum*, *Desmodesmus* sp., *Mougeotia* sp., *Planktolynghya limnetica*, *Scenedesmus* sp. e *Staurastrum leptocladum*. No grupo VII foram acomodadas 6 (seis) espécies, *Aphanocapsa* sp., *Chlorococcales* NI 3, *Chlorococcales* NI 4, *Chlorococcales* NI 1, *Chlorococcales* NI 2, *Microcystis* sp. O Grupo I, representado por espécie de pequeno tamanho foi representado por *Chlorella vulgaris*, *Closteriopsis* sp., *Cosmarium* sp., *Crucigenia* sp., *Merismopedia* sp. e *Monohaphidium* sp. Grupo V apresentou *Aulacoseira* sp., *Hyalophacus ocelatus*, *Trachelomona volvocina* e *Trachelomona armata* (Tabela 2).

O grupo funcional L_M , composto por *Microcystis* sp. foi dominante nos tanques I, II e VII, com biomassa elevada, ou seja, até $317.430,31 \text{ mg.L}^{-1}$ (Figura 5 a). O grupo funcional S_1 foi bem distribuído entre tanques, composto por *Planktolynghya limnetica* foi dominante nos tanques III, VIII, IX, XII e XV, com biomassa de até $31,430481 \text{ mg.L}^{-1}$ (Figura 3A).

O grupo funcional K (*Aphanocapsa* sp.) foi dominante nos tanques IV, VI, VII, VIII, IX, XI, XII, XIII, XV, XVI, XIX e XX, com biomassa de até $2517,7966 \text{ mg.L}^{-1}$ (Figura 5A).

O grupo funcional L_o , composto por *Merismopedia* está presente no tanque VIII, com biomassa de até $1,097 \text{ mg.L}^{-1}$ (Figura 5 A). O grupo funcional S_n , composto por *Cylindrospermopsis raciboskii* está presente no tanque IX, com biomassa de até $0,28 \text{ mg.L}^{-1}$ (Figura 5A).

O Grupo funcional fitoplanctônico W2, composto pela espécie *Trachelomona volvocina* foi dominante nos tanques III, IV, V, VI, XI, XIV, XVI e XVIII, com biomassa de até 34,707118 mg.L⁻¹ (Figura 5 B).

Análise integrada das variáveis abióticas: tendências em escala espacial

A figura 6 mostra a ordenação, através da ACP (Análise de Componentes Principais), das unidades amostrais dos vinte tanques de pedra. A análise resumiu 66,1% da variabilidade total dos dados em seus dois primeiros eixos. Quatro variáveis (temperatura do ar, OD, Temperatura da água e pH) contribuíram de maneira efetiva para a ordenação do primeiro eixo (Tab. 3). Para a ordenação do segundo eixo, Transparência da água ($r = -0,57$), Coeficiente de atenuação de luz ($r = -0,57$), Comprimento ($r = 0,35$), Velocidade do vento ($r = 0,35$) (Tab.3).

Análise integrada dos grupos funcionais fitoplanctônicos: tendências em escala espacial

A figura 7 mostra a ordenação dos grupos funcionais, através da ACP (Análise de Componentes Principais) das unidades amostrais dos vinte tanques de pedra. A análise resumiu 48,83% da variabilidade total dos dados em seus dois primeiros eixos. Apesar da baixa explicação. Três grupos funcionais (S₁, X₁ e N) contribuíram de maneira efetiva para a ordenação do primeiro eixo (Tab. 4). Para a ordenação do segundo eixo, K ($r = 0,23$), J ($r = 0,46$), S_N ($r = 0,53$)(Tab.4).

DISCUSSÃO

Lagos rasos são extremamente vulneráveis a eventos estocásticos, constituindo doseossistemas mais frágeis do planetae são geralmente os primeiros a passar por drásticas alterações mediante as atividades de desenvolvimento (Barbier et al., 1997). Dessa forma, as

variações associadas ao Fitoplâncton tendem a ser mais previsíveis e menos dependentes dos eventos estocásticos em sistemas grandes e inertes do que nos ambientes rasos (Salmaso 2003). Por causa de suas estruturas ecológicas complexas e alta taxa de produtividade, suportam a maior parte da diversidade associada às águas doces (Jeppensen et al., 1997a). No entanto, a eutrofização de lagos rasos, frequentemente associada com a abundância de biomassa de fitoplâncton, aumentando a turbidez resultando em rápido declínio de macrófitas submersas (Scheffer, 1998; Hootsmans, 1994) têm sido reportado frequentemente no semiárido brasileiro.

A turbidez da água associada à elevada biomassa fitoplanctônica dificulta a entrada de luz na coluna de água, limitando o estabelecimento de plantas submersas (BLINDOW ET AL., 1993). Espécies da macroalga Characeae (*Chara martiniana*) foram identificadas nos tanques VIII ($Z_{eu} \leq 3$) e IX ($Z_{eu} \leq 1,5$), onde a luz não foi limitante e a dominância foi associada a Clorofíceas cocóides (J) e unicelulares (X1). Essas macrófitas podem atuar na estabilização do estado de águas claras desses ecossistemas, através da liberação de substâncias alelopáticas que reduzem a biomassa fitoplanctônica (destacando-se a ação deste controle sobre cianobactérias potencialmente tóxicas já amplamente distribuídas entre os tanques (MULDERIJ ET AL., 2006).

Plantas aquáticas submersas são reconhecidas pela associação com altos valores de transparência da água, aumentando nessas condições a taxa de crescimento. Isso faz com que o estado claro para ser uma alternativa auto-estabilizadora para a situação turva e, portanto, influencia a resistência do sistema contra as condições ambientais em mudança (Scheffer et al., 1998). As mudanças entre estados alternativos podem ser induzidos por ação antropogênica, onde alterações nas flutuações no nível da água e avanço dos processos associados a eutrofização e ocupação humana com uso desordenado da água podem induzir a mudança do estado de águas claras para o estado turbido (dominância de algas

fitoplanctônicas) (Scheffer, 1998). Nesse contexto, as macrófitas aquáticas submersas como as aqui identificadas, nos tanques VIII e IX podem atuar na estabilização do estado de águas claras desses ecossistemas, através da liberação de substâncias alelopáticas que reduzem a biomassa fitoplanctônica (destacando-se a ação deste “controle” sobre cianobactérias potencialmente tóxicas já amplamente distribuídas entre os tanques (Mulderij *et al.*, 2006). Nesse contexto, os vinte tanques de pedra em Cabaceiras foram considerados lagos rasos com águas turvas, pouca incidência de luz até o fundo, com mistura completa.

Além do sucesso ecológico relacionado com fatores autecológicos (habilidade em utilizar fontes alternativas de fósforo e migração na coluna d’água, entre outros), espécies como *Cylindrospermopsis raciborskii* apresentam elevada capacidade de dispersão devido à produção de acinetos resistentes via curso d’água ou aves (Padisák 1997). Os novos registros de ocorrência aqui identificados alertam para a necessidade de investigação em populações de diferentes regiões geográficas que venham a subsidiar o entendimento sobre a produção de toxinas e sobre os limites ecofisiológicos à dispersão, visando ao manejo destas populações na natureza (Bittencourt-Oliveira & Molica 2003).

A adoção de outras formas de armazenamento de água pela população residente no semiárido favoreceu a diminuição do uso e do manejo adequado dos tanques de pedra, e conseqüentemente, a transmissão do conhecimento entre gerações sobre esse reservatório. No entanto, de abandono desses reservatórios, aliada a ocupação desordenada da área do entorno pode ter contribuído com a diminuição da diversidade fitoplanctônica, aumentando em alguns tanques a predominância de cianobactérias produtoras de toxina. Esse cenário pode prejudicar não apenas a disponibilidade hídricas em épocas de estiagem prolongada, forçando o uso dessa água, muitas vezes, imprópria ao consumo, afetando diretamente a saúde da população.

Os tanques maiores são os mais usados e passíveis de manejo, embora estejam localizados mais distantes da comunidade, chamado de “tanque de emergência”. Dessa forma,

as cargas de nutrientes e compostos inorgânicos provenientes do entorno podem alterar as características ópticas dos tanques bem como estado trófico promovendo o desaparecimento de macrófitas aquáticas submersas, a ressuspensão dos sedimentos e consequente eutrofização do hábitat.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desuso dos tanques em decorrência da utilização de novas tecnologias indicam perda das tradições e geram efeito sobre a qualidade da água em decorrência da falta de manejo.

Os tanques de pedras foram classificados como lagos rasos e túrbidos com grupos funcionais compatíveis com a classificação de Reynolds et al (2002), apresentando composição predominante de Clorofíceas, Cianobactérias e Euglenófitas.

A classificação dos grupos funcionais de Reynolds et al (2002), está relacionado ao fato de que as espécies refletem o que acontece no ambiente, sua morfologia, sensibilidades e estratégia de vida respondem de acordo com o habitat e suas interações. Enquanto os grupos funcionais de Kruk et al. (2010) se volta para agrupar espécies de grupos diferentes com características diferentes, tais como morfologia, estratégias de vida e captação de nutrientes.

Dessa forma, a classificação de Reynolds se mostrou mais eficiente, pois as espécies respondem ao ambiente e as suas várias estratégias de vida no ecossistema. Kruk (2010) com o grupo funcional MBGF aplica e agrupa espécies com características diferentes, confundindo e deixando brechas na conformidade dos dados, pois espécies diferentes têm estratégias, morfologias e dinâmicas diferentes não podendo assim serem agrupadas como sendo espécies semelhantes.

REFERÊNCIAS

- AESA.2006.Agência Executiva de Gestão das Águas e Recursos Hídricos do Estado da Paraíba. Plano Estadual de Recursos Hídricos: Relatório Final. João Pessoa.
- ALMEIDA, H. A. de, SILVA, L. Modelo de distribuição de chuvas para a cidade de Areia, PB. In: I CONGRESSO INTERCONTINENTAL DE GEOCIÊNCIAS, Fortaleza, CE, 2004, Anais, Fortaleza: CD-ROM.
- ATLAS GEOGRÁFICO DO ESTADO DA PARAÍBA. 1985. João Pessoa: GRAFSET.
- AZEVEDO, S.M.F.O., EVANS, W.R., CARMICHAEL, W.W. & NAMIKOSHI, M. 1994. First report of microcystins from a Brazilian isolate of the cyanobacterium *Microcystisaeruginosa*. *Journal of Applied Phycology* 6: 261-265.
- BARBIER, E.B., ACREMAN, M., KNOWLER, D. (1997). Economic valuation of wetlands: a guide for policy makers and planners. Ramsar Convention Bureau, Switzerland.
- BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.C. & MOLICA, R. 2003. Cianobactéria invasora: aspectos moleculares e toxicológicos de *Cylindrospermopsis raciborskii* no Brasil. *Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento* 30:82-90.
- BLINDOW, I. Anderson, G. Hargeby, A. & Hansson, S. (1993). Long term pattern for alternative stable states in two shallow eutrophic lakes. *Freshwater Biol.* 30, 159-167.
- BRASIL. Portaria n° 518 de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seus padrões de potabilidade, e dá outras providências. Ministério da Saúde. Brasília, DF, 2004. Disponível em: <<http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2004/GM/GM-518.htm>>. Acesso em 10 jan. 2011.

- CHORUS, I. & BARTRAM, J., 1999. Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring, and Management. World Health Organization and E. & F.N. Spon, London.
- COLE, G. 1994. Textbook of limnology. The C.V. Mosby Co., London. 436 p. (3ª edição).
- CURI, R. C.; ALBUQUERQUE, A. S. O. Planejamento integrado do uso da água em propriedades rurais: considerações. UFPB, Campina Grande, PB, 2001, CD-ROM.
- DOKULIL, M.T. & TEUBNER, K. 2000. Cyanobacterial dominance in lakes. *Hydrobiologia* 438: 1-12.
- HILLEBRAND, H., DÜRSELEN, C.D., KIRSCHTEL, D., POLLINGHER, D. & ZOHARY, T. 1999. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *Journal of Phycology* 35: 403-424.
- HITZFELD, B.C.; HOGGER, S.J.; & DIETRICH, D.R., 2000. Cyanobacterial Toxins: Removal During Drinking Water Treatment and Human Risk Assessment. *Envir. Health Perspectives*, 108:1:113.
- HOOTSMANS, M.J.M & BLINDOW, I. (1994). Allelopathic limitation of algal growth by macrophytes, Lake Veluwe, a macrophyte dominated system under eutrophicated stress, eds. W. Van Vierssen, M.J.M. Hootsmans & J. Vermaat, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 175-192 pp.
- JAMES, W.F. & BARKO, J.W. (1990). Macrophytes influence on the zonation of sediment accretion and composition in a north temperate reservoir. *Arch. Hydrobiol.* 120, 129-142.
- JEPPENSEN, E. LAURIDSEN, T.L., KAIRESAALO, T. PERROW, M.R. (1997). Impact of submerged macrophytes on fish-zooplankton interactions in lakes. In: Jeppensen, E. ed. *The structuring role of submerged macrophytes in lakes*. New York: Springer-Verlag. pp 91-114.

- KRUK, C., HUSZAR, V. L. M., PEETERS, E. T. H. M., BONILLA, S., COSTA, L., LURLING M., REYNOLDS, C. S. & SCHEFFER, M. 2010. A morphological classification capturing functional variation in phytoplankton. *Freshwater Biology* 55, 614–627.
- LOBO, E. & LEIGHTON, G. 1986. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de ríos y esteros de la zona central de Chile. *Revista de Biología Marina* 22(1): 1-29.
- LOPES, P.M. & CALIMAN, A. 2008. A contribuição de ecossistemas lênticos para o entendimento da importância de processos regionais e locais sobre padrões geográficos de biodiversidade. Sociedade Brasileira de Limnologia, Rio de Janeiro.
- LUND, J.W.G., KIPLING, C. & LECREN, E.D. 1958. The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiologia* 11: 143-170.
- MULDERIJ, G., A. J. P. SMOLDERS & E. VAN DONK, 2006: Allelopathic effect of the aquatic macrophyte, *Stratiotes aloides*, on natural phytoplankton. – *Freshwater Biol.* 51: 554–561.
- PADISAK, J. 1997. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & SubbaRaju, an expanding, highly adaptive cyanobacterium: worldwide distribution and review of its ecology. *Archiv für Hydrobiologie* 107: 563-593.
- PADISÁK, J., L. O. CROSSETTI & L. NASELLI-FLORES, 2009. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. *Hydrobiologia* 621: 1–19.
- POOLE, H.H. & ATKINS, W.R.G. 1929. Photo-electric measurements of submarine illumination throughout the year. *Journal of the Marine Biological Association of India* 16: 297-324.

- REYNOLDS, C.S. 1997. Vegetation processes in the pelagic: a model for ecosystem theory. Ecology Institute, Oldendorf. 371 p.
- REYNOLDS, C.S. 2006. Ecology of phytoplankton. Cambridge University Press, Cambridge. 535 p.
- REYNOLDS, R.C., HUZSAR, V., KRUK, C., NASELLI-FLORES, L. & MELO, S. 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 24(5): 417-428.
- SALMASO, N., 2003. Life strategies, dominance patterns and mechanisms promoting species coexistence in phytoplankton communities along complex environmental gradients. *Hydrobiologia* 502: 13–36
- SCHEFFER, M. 1998. Ecology of shallow lakes. Chapman and Hall, London.
- SHEPHERD, G.J. 1996. FITOPAC 1: manual do usuário. Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 95 p.
- SILVA, L., ALMEIDA, H. A., COSTA FILHO, J. F. Captação de água de chuvas na zona rural: uma alternativa para a convivência no semi-árido nordestino. In: Simpósio de Captação de água de chuvas no semi-árido, 5, Teresina, PI. CD-ROM, 2005.
- SUN, J. & LIU, D. 2003. Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 25: 1331-1346.
- TOLEDO-JR, A.P.T. 1990. Informe preliminar sobre os estudos para a obtenção de um índice para a avaliação simplificada do estado trófico de reservatórios de regiões quentes tropicais. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo. 12 p. (Relatório Interno CETESB).
- UTERMÖHL, H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitative Phytoplankton: Methodik. *Mitteilung Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 9: 1-38.

WETZEL, R. G. (1993). Limnology. 2nd.ed. Saunders, Coll.Publ., Fort Worth.

WIUM-ANDERSEN, S. (1987). Allelopathy among aquatic plants. Archiv.
HydrobiologieBeith., 27: 167-172.

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Figuras

Figura 1. Área de estudo: (A) mapa do estado da Paraíba com município de Cabaceiras destacado em vermelho e (B) Povoado Rio Direito.

Figura 2: Transparência (m) e Zona eufótica nos vinte Tanques de Pedra no Nordeste do Brasil

Figura 3: (A) Biomassa total (mg.l^{-1}) dos grupos funcionais em 20 tanques de Pedra (Nordeste, Brasil), considerando presença de *Microcystis* sp. (B): Biomassa total dos grupos funcionais em 20 tanques de Pedra (Nordeste, Brasil), na ausência de *Microcystis* sp.

Figura 4. (A) Grupos funcionais de Cianobactérias presentes em 20 tanques de pedra, Cabaceiras (Paraíba, Brasil). (B). Grupos funcionais fitoplanctônicos em 20 tanques de pedra, Cabaceiras (Paraíba, Brasil).

Figura 5. Análise físico-químico nos 20 tanques de pedra, Cabaceiras (Paraíba, Brasil).

Figura 6. Análise biológica nos 20 tanques de pedra, Cabaceiras (Paraíba, Brasil).

Tabelas

Tabela 1. Dados morfométricos, de Temperatura do ar e físico-químicos dos 20 tanques de pedra no Nordeste do Brasil

Tabela 2. Grupos funcionais fitoplanctônicos em vinte (20) tanques de pedra (Cabaceiras, Paraíba, Brasil), com os respectivos espécies e classificações de acordo com grupos funcionais Reynolds et al. (2002), Kruk (2010) (MBGF), Hábito de vida e estrategistas CRS.

Tabela 3. Coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis abióticas dos vinte tanques de pedra e os dois primeiros eixos de ordenação na ACP.

Tabela 4. Coeficiente de correlação de Pearson entre grupos funcionais dos vinte tanques de pedra e os dois primeiros eixos de ordenação na ACP.

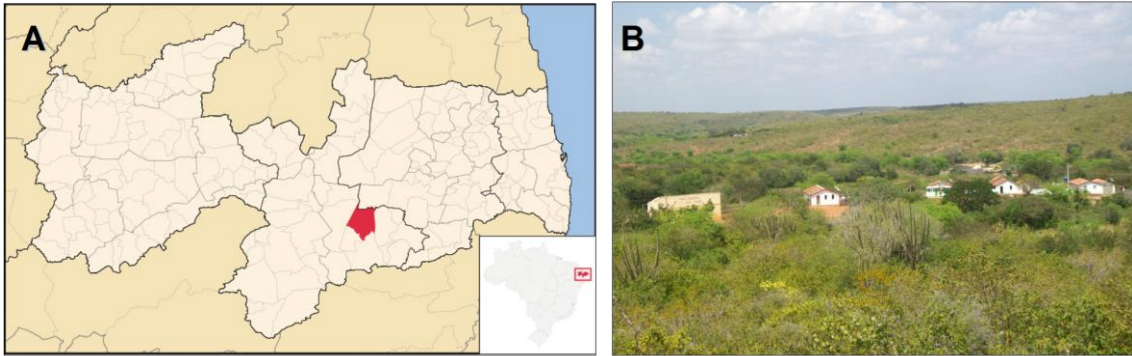


Figura 1. Área de estudo: (A) mapa do estado da Paraíba com município de Cabaceiras destacado em vermelho e (B) Povoado Rio Direito.

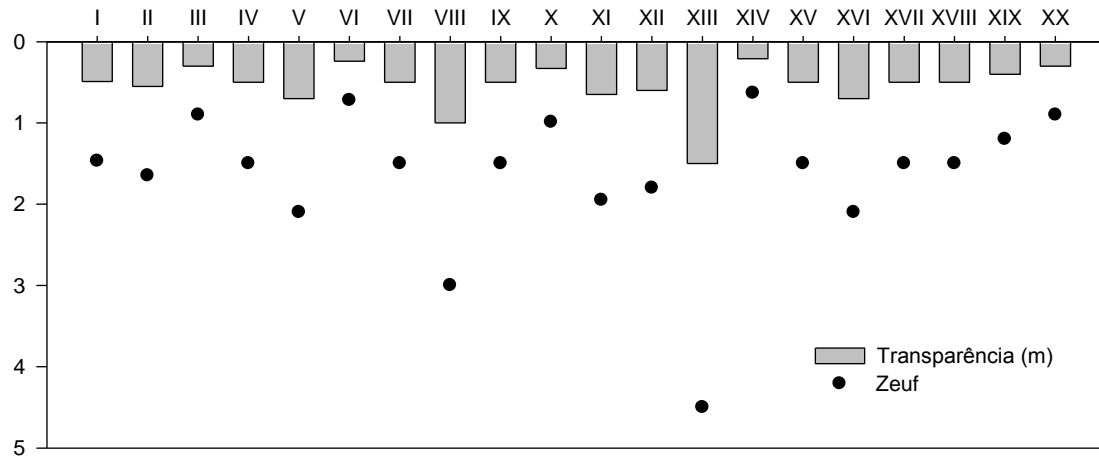


Figura 2: Transparência (m) e Zona eufótica nos vinte Tanques de Pedra no Nordeste do Brasil

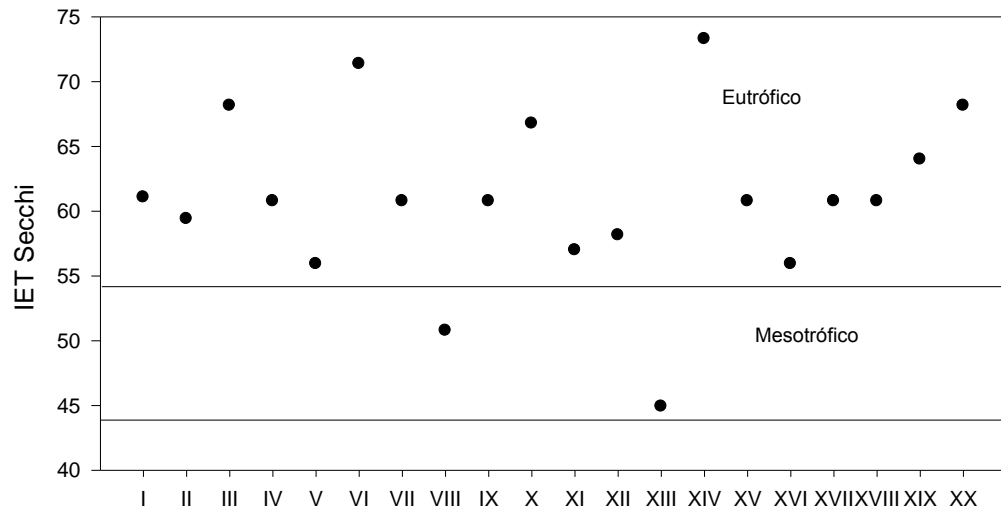


Figura 3. Valores do IET dos tanques de pedra (Cabaceiras, Paraíba, Brasil).

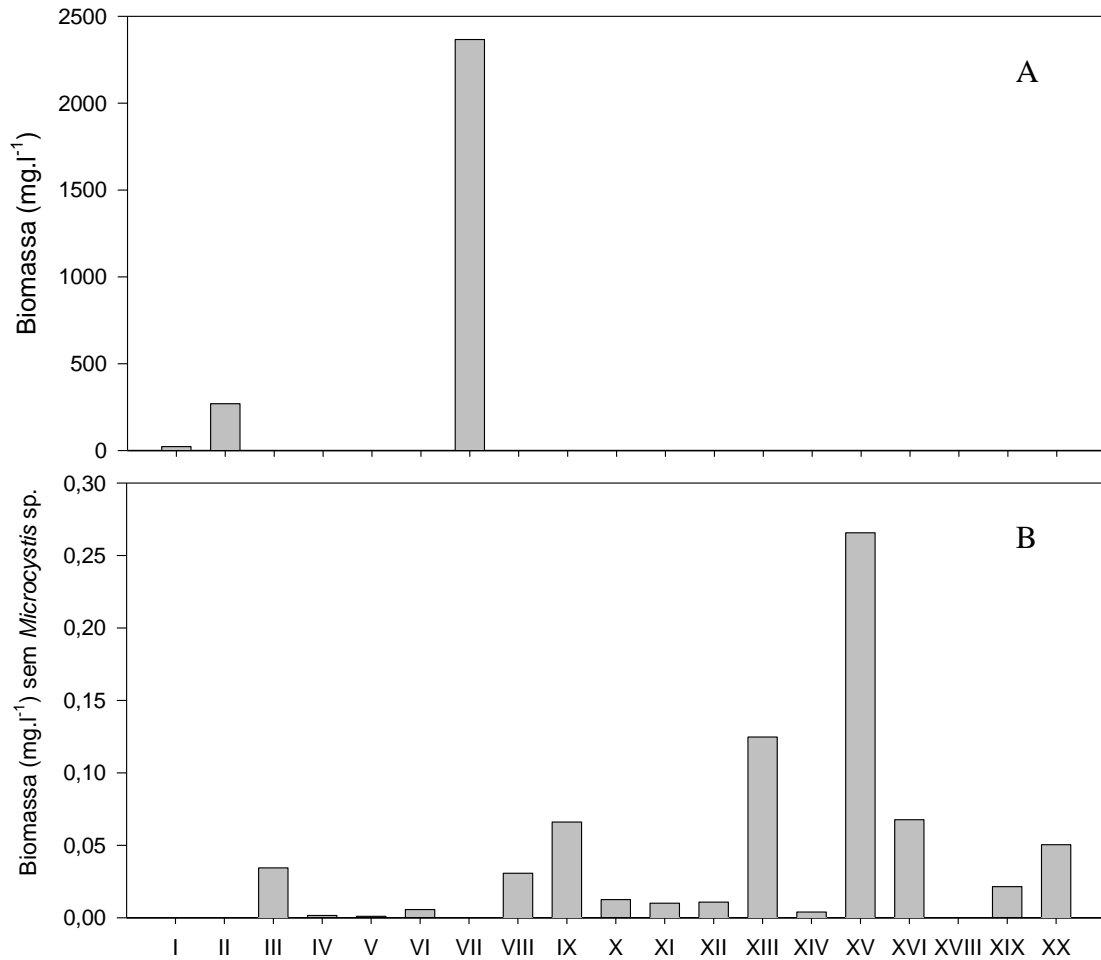


Figura 4. (A) Biomassa total (mg.l⁻¹) dos grupos funcionais em 20 tanques de Pedra (Nordeste, Brasil), considerando presença de *Microcystis* sp. (B): Biomassa total dos grupos funcionais em 20 tanques de Pedra (Nordeste, Brasil), na ausência de *Microcystis* sp.

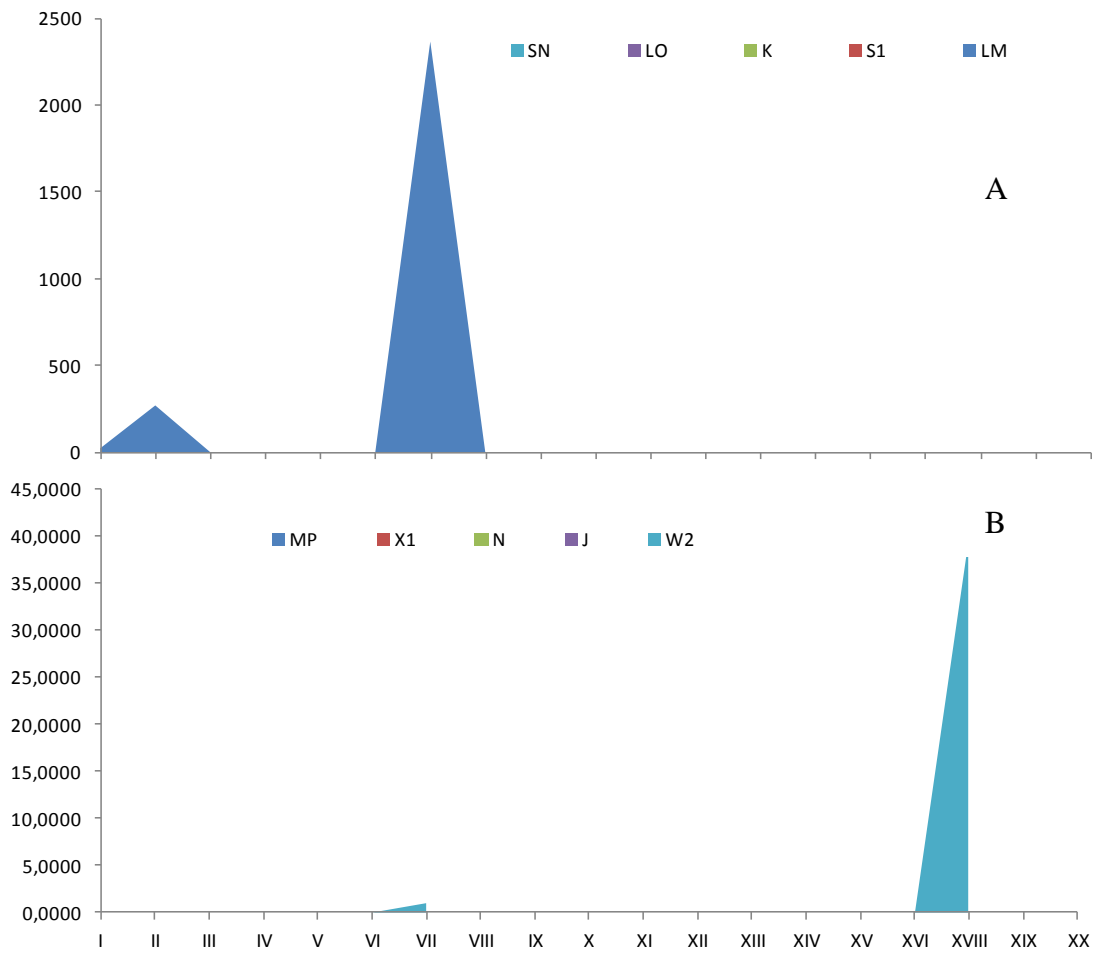


Figura 5. (A) Grupos funcionais de Cianobactérias presentes em 20 tanques de pedra, Cabaceiras (Paraíba, Brasil). (B). Grupos funcionais fitoplanctônicos em 20 tanques de pedra, Cabaceiras (Paraíba, Brasil).

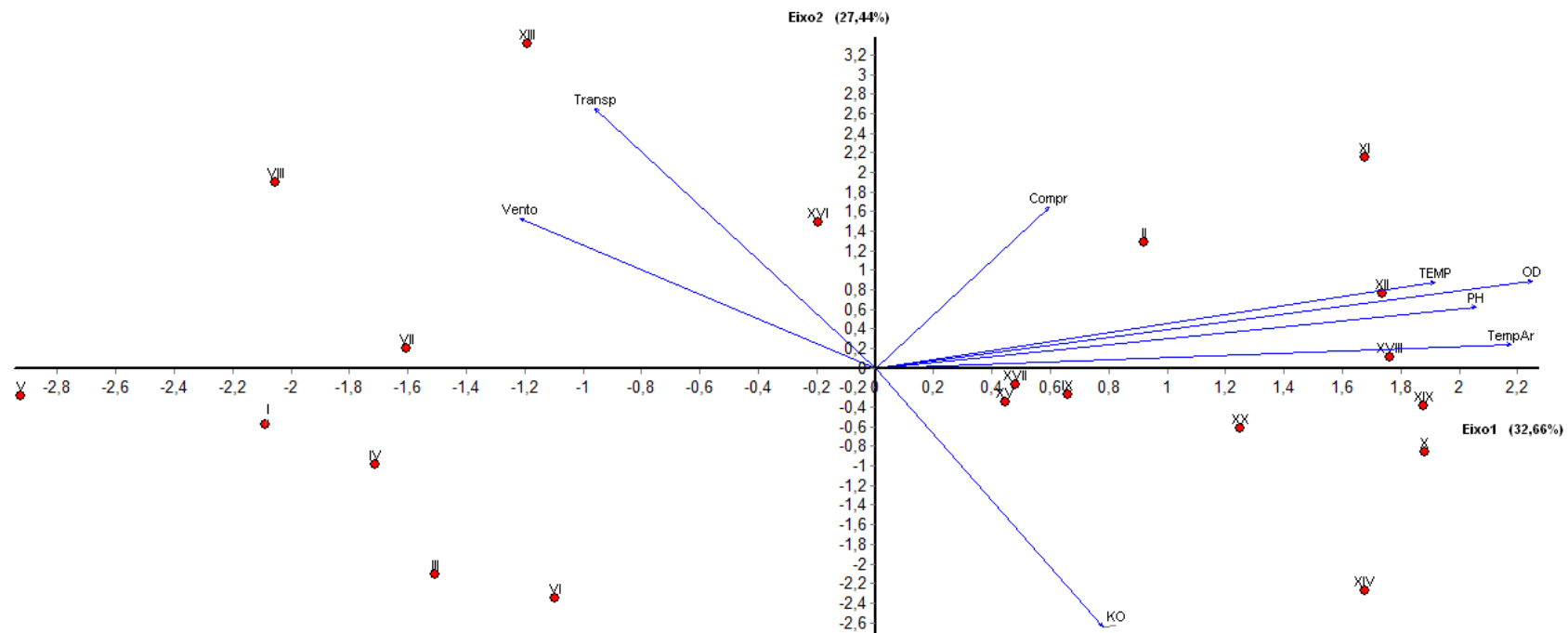


Figura6. Análise físico-químico nos 20 tanques de pedra, Cabaceiras (Paraíba, Brasil).

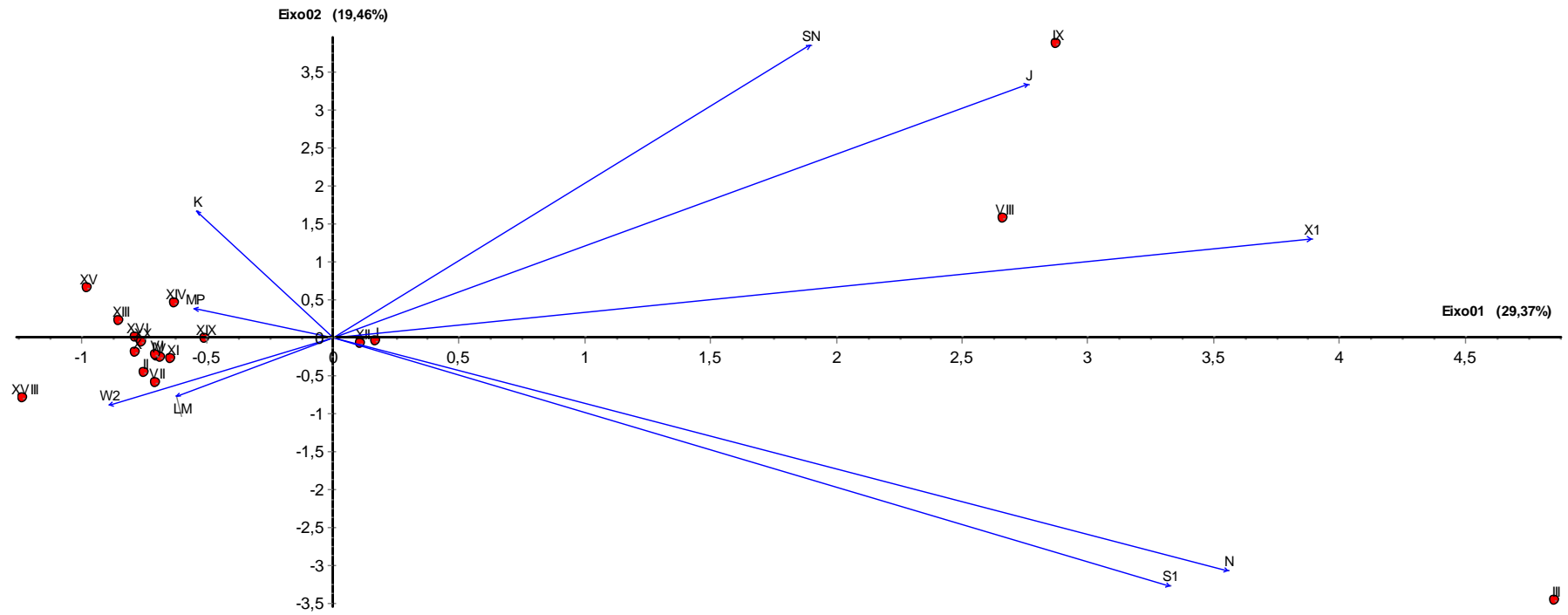


Figura 7. Análise biológica nos 20 tanques de pedra, Cabaceiras (Paraíba, Brasil).

Tabela 1. Dados morfométricos, de Temperatura do ar e físico-químicos dos 20 tanques de pedra no Nordeste do Brasil

| Tanque | Comprimento (m) | Largura (m) | Temperatura Ar (°C) | Transparência (m) | Zeuf | Oxigênio (mg.L ⁻¹) | Temperatura (°C) | pH |
|--------|--------------------|----------------|------------------------|----------------------|------|-----------------------------------|---------------------|-------|
| I | 17,40 | 4,40 | 26 | 0,49 | 1,47 | 16,23 | 23,9 | 5,8 |
| II | 43,20 | 10 | 27 | 0,55 | 1,65 | 20 | 29,5 | 9,3 |
| III | 5 | 2,30 | 27,2 | 0,3 | 0,9 | 4,38 | 27,8 | 6,89 |
| IV | 4 | 2,60 | 25,8 | 0,5 | 1,5 | 6,25 | 27,8 | 7,37 |
| V | 6 | 1 | 25,7 | 0,7 | 2,1 | 6,3 | 25,1 | 6,3 |
| VI | 6,20 | 3,20 | 29,6 | 0,24 | 0,72 | 4,84 | 29,6 | 6,2 |
| VII | 7,20 | 5,70 | 29,5 | 0,5 | 1,5 | 5,66 | 31,1 | 6,77 |
| VIII | 13 | 4 | 31,6 | 1 | 3 | 4,4 | 30,6 | 6,45 |
| IX | 8,50 | 1,40 | 32,3 | 0,5 | 1,5 | -* | 28,9 | 7,9 |
| X | 6,20 | 1,80 | 32 | 0,33 | 0,99 | - | 30 | 10,28 |
| XI | 33,40 | 9,70 | 33 | 0,65 | 1,95 | - | 32,9 | 9,42 |
| XII | 13,10 | 4,40 | 34,6 | 0,6 | 1,8 | - | 33,4 | 8,4 |
| XIII | 10,9 | 3,90 | 29 | 1,5 | 4,5 | - | 30,8 | 7,38 |
| XIV | 7 | 2,80 | 34,8 | 0,21 | 0,63 | - | 31,1 | 7,2 |
| XV | 6,70 | 3,30 | 33,9 | 0,5 | 1,5 | - | 28,6 | 7,07 |
| XVI | 14,80 | 1,70 | 32,4 | 0,7 | 2,1 | - | 30,5 | 7,03 |
| XVIII | 14 | 4 | 36,7 | 0,5 | 1,5 | - | 32,6 | 7,33 |
| XIX | 3 | 1,70 | 35,8 | 0,4 | 1,2 | - | 34,6 | 7,58 |
| XX | 4,90 | 2,60 | 30,2 | 0,3 | 0,9 | - | 32,2 | 9,28 |

* Erro na calibragem do equipamento

Tabela 2. Grupos funcionais fitoplanctônicos em vinte (20) tanques de pedra (Cabaceiras, Paraíba, Brasil), com os respectivos espécies e classificações de acordo com grupos funcionais Reynolds et al. (2002), Kruk (2010) (MBGF), Hábito de vida e estrategistas CRS.

| | Grupos funcionais Reynolds et al. (2002) | Grupos Funcionais MBGF Kruk (2010) | Hábito de vida | CRS(estrategias) |
|---------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------|----------------|------------------|
| <i>Actinastrum hantzschii</i> | J | IV | CNF | S |
| <i>Aphanocapsa</i> | K | VII | CNF | S |
| <i>Aulacoseira</i> sp. | D | V | FIL | R |
| <i>Chlorella vulgaris</i> | X1 | I | UM | C |
| <i>Chlorococcales</i> NI 3 | J | VII | CNF | S |
| <i>Chlorococcales</i> NI 4 | J | VII | CNF | S |
| <i>Chlorococcales</i> NI 1 | J | VII | CNF | S |
| <i>Chlorococcales</i> NI 2 | J | VII | CNF | S |
| <i>Closteriopsis</i> sp. | X1 | I | FIL | C |
| <i>Coelastrum sphaericum</i> | J | IV | CNF | S |
| <i>Cosmarium</i> sp. | N | I | UN | C |
| <i>Crucigenia</i> sp. | J | I | UN | C |
| <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> | SN | III | FIL | R |
| <i>Desmodesmus</i> sp. | J | IV | UN | C |
| <i>Diatomácea</i> NI 2 | Mp | VI | UM | R |
| <i>Diatomácea</i> NI 3 | Mp | VI | UM | R |
| <i>Diatomaceae</i> NI 1 | Mp | VI | UM | R |
| <i>Hyalophacus ocelatus</i> | W2 | V | UNF | S |
| <i>Merismopedia</i> sp. | LO | I | CNF | C |
| <i>Microcystis</i> sp. | Lm | VII | CNF | S |
| <i>Monohaphidium</i> sp. | X1 | I | FIL | C |
| <i>Mougeotia</i> sp. | T | IV | FIL | R |
| <i>Planktolingbya limnetica</i> | S2 | IV | FIL | R |
| <i>Scenedesmus</i> sp. | J | IV | UN | C |
| <i>Staurastrum leptocladum</i> | N | IV | UN | S |
| <i>Trachelomona armata</i> | W2 | V | UNF | C |
| <i>Trachelomona volvocina</i> | W2 | V | UNF | C |

Tabela 3. Coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis abióticas dos vinte tanques de pedra e os dois primeiros eixos de ordenação na ACP.

| <i>Variável</i> | <i>Legenda do gráfico de ordenação</i> | <i>Eixo 1</i> | <i>Eixo 2</i> |
|---------------------------------|----------------------------------------|---------------|---------------|
| Comprimento | Compr. | 0,12 | 0,35 |
| Vento | Vento | -0,26 | 0,35 |
| Temperatura do ar | TempAr | 0,47 | 0,33 |
| Transparência da água | Transp. água | -0,2 | -0,57 |
| Coeficiente de atenuação de luz | KO | 0,16 | -0,57 |
| Oxigênio Dissolvido | OD | 0,49 | 0,19 |
| Temperatura da água | Temp. água | 0,41 | 0,19 |
| pH | pH | 0,44 | 0,13 |

Tabela 4. Coeficiente de correlação de Pearson entre grupos funcionais dos vinte tanques de pedra e os dois primeiros eixos de ordenação na ACP.

| <i>Variável</i> | <i>Eixo 1</i> | <i>Eixo 2</i> |
|-----------------|---------------|---------------|
| L _M | -0,08 | -0,10 |
| S ₁ | 0,46 | -0,45 |
| K | -0,07 | 0,23 |
| M _P | -0,07 | 0,05 |
| X ₁ | 0,53 | 0,18 |
| N | 0,49 | -0,42 |
| J | 0,38 | 0,46 |
| W ₂ | -0,12 | -0,12 |
| S _N | 0,26 | 0,53 |