

ALGAS E CIANOBACTÉRIAS DE AMBIENTES EXTREMOS DO PANTANAL BRASILEIRO

Camila Francieli da Silva Malone^{1, 2*}, Kleber Renan de Souza Santos^{1, 2} & Célia Leite Sant'Anna¹

¹ Instituto de Botânica (IBt), Núcleo de Pesquisa em Ficologia. Av. Miguel Estefano 3687, Água Funda, São Paulo, SP, Brasil. CEP: 04301912.

² Instituto de Botânica (IBt), Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente. Av. Miguel Estefano 3687, Água Funda, São Paulo, SP, Brasil. CEP: 04301912.

Emails: cfsmalone@yahoo.com.br, santoskrs@gmail.com, celialsant@yahoo.com.br.

RESUMO

As lagoas alcalinas do Pantanal da Nhecolândia, denominadas “salinas”, são exemplos típicos de ambientes extremos por apresentarem elevados valores de pH (>9). Este estudo mostrou as particularidades da microflora das “salinas” que é composta por espécies alcalífilas tais como *Anabaenopsis elenkinii*, *Anomoeoneis sphaerophora* var. *sphaerophora* e *Nitzschia intermedia*. Além disso, foi observado que alterações naturais e/ou antrópicas, que permitem a entrada de água doce de sistemas adjacentes às “salinas”, descaracterizam a flora típica desses ambientes. Assim, o presente estudo enfatiza que as características naturais de isolamento das “salinas” devem ser preservadas e que a composição da sua microflora é uma importante ferramenta para avaliar mudanças nestes sistemas.

Palavras-chave: Pantanal; lagoas alcalinas; biodiversidade; microflora.

ABSTRACT

ALGAE AND CYANOBACTERIA FROM EXTREME ENVIRONMENT OF THE BRAZILIAN PANTANAL. The alkaline lakes, known as “salinas”, in Pantanal are typical examples of extreme environments due to their high pH (>9) values. The present study showed the particularities of the microflora in these alkaline lakes that is composed of alkaliphilic species such as *Anabaenopsis elenkinii*, *Anomoeoneis sphaerophora* var. *sphaerophora* and *Nitzschia intermedia*. Besides, it was detected that natural or anthropogenic disturbances that allowed freshwater from adjacent lakes go into the “salinas”, totally modified the typical flora of these systems. Thus, our study indicates that the natural condition of isolation of the alkaline lakes should be preserved and that the composition of its microflora is a very important tool to evaluate the changes in these systems.

Keywords: Pantanal; alkaline lakes; biodiversity; microflora.

RESUMEN

ALGAS Y CIANOBACTERIAS DE AMBIENTES EXTREMOS DEL PANTANAL BRASILEÑO. Los lagos alcalinos del Pantanal, conocidos como “salinas”, son ejemplos típicos de ambientes extremos debido a sus elevados valores de pH (>9). El presente estudio mostró las particularidades de la microflora de estos lagos alcalinos que está compuesta por especies alcalófilas tales como *Anabaenopsis elenkinii*, *Anomoeoneis sphaerophora* var. *sphaerophora* y *Nitzschia intermedia*. Además, se observó que los disturbios naturales y/o antrópicos, que permiten el ingreso de agua dulce de los sistemas adyacentes a las “salinas”, modifican totalmente la flora típica de los estos ambientes. De esta manera, este estudio enfatiza en que las condiciones naturales de aislamiento de las “salinas” debe ser preservado y que la composición de su microflora es una herramienta importante para evaluar los cambios en estos sistemas.

Palabras-clave: Pantanal; lagos alcalinos; biodiversidad; microflora.

INTRODUÇÃO

As lagoas alcalinas do Pantanal, conhecidas regionalmente como “salinas”, são um exemplo típico de ambientes extremos devido aos elevados valores de pH (>9) (Seback & Oren 2007). As salinas apresentam uma microflora particular composta por espécies alcalifílicas e pertencentes principalmente à Cyanobacteria (Mourão *et al.* 1988, Santos *et al.* 2004, Medina-Júnior & Rietzler 2005, Malone *et al.* 2007, Santos & Sant'Anna 2010).

De acordo com Almeida *et al.* 2011, fatores inerentes a planície pantaneira como a alta evaporação durante o período de seca (déficit hídrico) e os simultâneos processos biogeoquímicos aumentam a salinidade e alcalinidade a níveis adversos para a maioria das espécies fitoplanctônicas, selecionando assim organismos tolerantes a estes ambientes inóspitos. Tal fato corrobora o conceito de que ambientes extremos apresentam baixa biodiversidade e elevadas densidades de alguns organismos (Sergev *et al.* 2002).

Além da peculiar biodiversidade, as lagoas alcalinas do Pantanal são comparáveis aos lagos mais produtivos do mundo (Medina-Júnior & Rietzler 2005). Estudos em ambientes semelhantes na região oeste da África demonstram produtividade primária e densidades elevadas de cianobactérias como *Artrospira platensis* (Nordstedt) Gomont e espécies de *Anabaenopsis* (Woloszynska) Miller (Nostocales) (Seback & Oren 2007), que são táxons amplamente documentados nas lagoas salinas do Pantanal (Santos *et al.* 2004, Malone *et al.* 2007, Santos & Sant'Anna 2010).

Apesar das lagoas alcalinas representarem sistemas particulares e serem destacadas como áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade aquática do Pantanal (ANA 2004), inúmeras ações antrópicas afetam seu equilíbrio (Bacani 2007). As unidades da paisagem mais impactadas pelo desmatamento nesta região são as “cordilheiras” (cordões arenosos elevados que isolam as lagoas salinas de outros ambientes aquáticos), seguidas das lagoas salinas. Estas alterações permitem inferir que a partir do desgaste erosivo das cordilheiras abre-se a possibilidade para a entrada de água com pH ácido nas salinas, modificando o sistema

e consequentemente a biota (Bacani 2007, Malone 2010).

A despeito disso, os dados disponíveis sobre a diversidade biológica destes ambientes são escassos e restritos aos trabalhos desenvolvidos por Santos *et al.* 2004, Malone *et al.* 2007 e Santos & Sant'Anna 2010. Estes estudos destacam a particularidade da biota existente nos diferentes sistemas aquáticos do Pantanal (baías e salinas), mencionando a importância de conservação destes ambientes, uma vez que são protegidas de maneira deficiente (Harris *et al.* 2005).

Assim, partindo do princípio que as salinas apresentam microflora totalmente distinta das demais lagoas do Pantanal e que essa flora é selecionada pelos elevados valores de pH, nosso objetivo foi caracterizar esse grupo de organismos, demonstrando a sua importância para avaliar distúrbios decorrentes de ação natural e/ou antrópica.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho compreende como área de estudo duas lagoas salinas (Figura 1) situadas na “Fazenda Nhumirim”, unidade de pesquisa da Embrapa Pantanal, na sub-região da Nhecolândia: Salina da Ponta (18°59'00”S e 56°39'35”W) na porção noroeste desta fazenda e Salina da Reserva (18°57'42”S e 56°37'26”W) situada no interior da “Estação Ecológica Nhumirim”.

A região apresenta clima tropical megatérmico, com temperatura média anual de 25,5°C e regime de precipitação caracterizado por uma nítida divisão durante o ano: um período chuvoso que se inicia em novembro e se estende até março, correspondendo a 72% da precipitação total anual (1.182,7mm) e outro de baixa intensidade de chuva constituindo um período seco de abril a outubro (Embrapa 1997, Soriano 1999).

As lagoas salinas são ambientes rasos, cuja profundidade não excede 2m, circundadas por uma faixa de areia (“praia”) e preservadas das cheias por pequenas elevações cobertas por vegetação de Cerrado denominadas “cordilheiras” (Allem & Valls 1987). As cordilheiras funcionam como uma barreira natural à entrada de água superficial, sendo

a lagoa abastecida exclusivamente pelos fluxos subsuperficiais do lençol freático (Queiroz Neto *et al.* 1999).

As salinas apresentam um conjunto de características limitantes ao desenvolvimento de plantas aquáticas e de peixes. Apresentam altas concentrações de sais, principalmente sódio sob a forma de carbonatos e valores de pH variando de 8,0 a 11, o que as caracterizam como ambientes extremos (Brum & Sousa 1985, Barbiéro *et al.* 2002).

De acordo com as observações realizadas por Sakamoto (1997), as lagoas salinas recebem água do lençol freático com teor de acidez acentuado que pode solubilizar os sais da “camada salina”. No entanto, essa água sai da lagoa apenas por evaporação e os sais solubilizados pelo lençol permanecem dissolvidos no ambiente. Assim, há perda de água por evaporação e aumento da concentração de sais na lagoa, aumentando o pH e, conseqüentemente, a condutividade elétrica.

METODOLOGIA

As coletas foram realizadas nos períodos de cheia e de seca, entre maio de 2005 e outubro de 2008, por meio de arrasto horizontal de rede de plâncton (20µm de abertura de malha) na superfície da água. Parte das amostras foi fixada em campo com formol 4% e, sempre que possível parte sem adição de fixador foi mantida sob refrigeração para posterior estudo de material vivo. Todas as amostras analisadas foram depositadas no Herbário Científico

do Estado “Maria Eneyda P. Kauffmann Fidalgo” do Instituto de Botânica de São Paulo.

A análise qualitativa foi realizada sob microscópio óptico binocular Carl Zeiss, modelo Axioplan-2. A identificação foi baseada na análise populacional (30 indivíduos), observando-se a variabilidade morfológica, métrica e o tipo de *habitat*. O sistema de classificação adotado para as cianobactérias foi o de Hoffmann *et al.* (2005), para as diatomáceas Round *et al.* (1990) e para as demais classes Hoek *et al.* (1995).

A frequência de ocorrência (F.O.) dos táxons foi determinada segundo Mateucci & Colma (1982) com algumas modificações: muito frequente (>70%), frequente ($\leq 70\%$ >40%), pouco frequente ($\leq 40\%$ >15%) e rara (<15%).

Para comparar a composição de táxons entre as duas lagoas estudadas foi aplicado o índice de similaridade de Sørensen com base na presença-ausência, conforme: $S = 2c/(a+b)$, na qual “c” representa o número de táxons comuns entre duas lagoas, “a” o número de táxons presentes em uma lagoa e “b” o número táxons presentes em outra lagoa. Neste cálculo foi desconsiderada a coleta de abril de 2008, na qual ocorreu uma ocasional entrada de água na lagoa e a ocorrência de espécies típicas de ambientes de água doce.

Para caracterização ambiental algumas variáveis abióticas foram medidas *in situ*: condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$), pH, potencial redox (mV), salinidade (ups) e temperatura da água (°C), todos medidos por meio de aparelho portátil digital marca WTW, modelo pH/Cond 340i. A estimativa de transparência da água foi



Figura 1. Vista aérea das lagoas estudadas: a. Salina Ponta (18°59'00”S e 56°39'35”W); b. Salina da Reserva (18°57'42”S e 56°37'26”W), Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul, Brasil. Fonte: Google Earth.

Figure 1. Aerial view of the studied lakes: a. Salina Ponta (18°59'00”S and 56°39'35”W); b. Salina da Reserva (18°57'42”S and 56°37'26”W), Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul, Brazil. Source: Google Earth.

realizada por meio do desaparecimento do disco de Secchi.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As lagoas estudadas representam um ecossistema particular devido as suas características limnológicas (Tabela 1), associadas aos aspectos geomorfológicos e climáticos da região. Estes ambientes apresentaram uma microflora típica composta principalmente por espécies de cianobactérias e diatomáceas, como já observado por diferentes autores (Mourão 1989, Santos *et al.* 2004, Santos & Sant'Anna 2010, Almeida *et al.* 2011).

De acordo com Seckbach & Oren (2007), tanto as cianobactérias quanto as diatomáceas constituem componentes principais da biota de muitos lagos alcalinos e representam grupos muito bem adaptados a

estas condições. De Nicola (2000) indica que o pH está entre as variáveis mais seletivas para as diatomáceas, as quais se desenvolvem preferencialmente em estreitos intervalos de variação de pH.

Neste estudo foram catalogadas 41 espécies de algas e cianobactérias (19 na Salina da Ponta e 27 na Salina da Reserva), distribuídas em diferentes classes taxonômicas: Cyanobacteria (10), Bacillariophyceae (11), Coscinodiscophyceae (1), Chlorophyceae (10), Euglenophyceae (1) e Zygnemaphyceae (8). Entretanto, apenas três táxons pertencentes às classes Cyanobacteria (1) e Bacillariophyceae (2) apresentaram frequência de ocorrência >70% em ambas as lagoas (Tabela 2), sendo considerados como a flora típica destes ambientes. Em relação às demais classes, todas as espécies foram pouco frequentes ($\leq 40\%$ >15%) ou raras (<15%), sendo que Euglenophyceae e Zygnemaphyceae ocorreram apenas na salina da Reserva.

Tabela 1. Variáveis abióticas das duas lagoas estudadas do Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul, Brasil. Valor médio (máximo e mínimo). *n = 4 para cada lagoa.

Table 1. Abiotic variables of the two lakes from Pantanal of Nhecolândia, Mato Grosso do Sul, Brazil. Average value (maximum and minimum). *n= 4 for each lake.

	Período de cheia*		Período de seca*	
	Salina da Ponta	Salina da Reserva	Salina da Ponta	Salina da Reserva
pH	9,6 (9,3-9,8)	9,8 (9,6-10,0)	9,8 (9,4-9,9)	9,9 (9,3-10,2)
Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	984 (852-1286)	1465 (760-2380)	5019 (716-8970)	7050 (2950-18350)
Salinidade (ups)	0,2 (0,2-0,2)	0,3 (0,1-0,5)	1,3 (0,1-2,4)	1,6 (1,4-1,7)
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	30,4 (21,3-36,6)	29,8 (22,9-32,5)	26,9 (22,8-30,8)	29,1 (23,9-34,6)
Profundidade (m)	0,45 (0,4-0,5)	0,23 (0,23-0,23)	0,16 (0,1-0,25)	0,12 (0,1-0,16)
Desaparecimento do disco Secchi (m)	0,65 (0,03-0,1)	0,04 (0,04-0,04)	0,9 (0,07-0,11)	0,04 (0,02-0,07)

Tabela 2. Lista e frequência de ocorrência dos táxons identificados nas lagoas Salina da Ponta e Salina da Reserva, durante o período de 2005 a 2008, Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul, Brasil. *n = 8.

Table 2. List and occurrence frequency of the identified taxa from lakes "Salina da Ponta" and "Salina da Reserva", during the period 2005 to 2008, Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul, Brazil. *n = 8.

Locais de coleta /Táxons	Frequência de Ocorrência (%)	
	Salina da Ponta	Salina da Reserva
Cyanobacteria		
<i>Anabaenopsis arnoldii</i> Aptekar	25	13
<i>Anabaenopsis elenkinii</i> Miller	75	88
<i>Arthrospira platensis</i> (Nordstedt) Gomont	50	13

Continuação Tabela 2

Locais de coleta /Táxons	Frequência de Ocorrência (%)	
	Salina da Ponta	Salina da Reserva
<i>Geitlerinema amphibium</i> (Agardh ex Gomont) Anagnostidis	13	13
<i>Leptolyngbya perelegans</i> (Lemmermann) Anagnostidis et Komárek	13	0
<i>Leptolyngbya</i> sp.	13	0
<i>Nostoc piscinale</i> Kützing	13	0
<i>Pseudanabaena</i> sp.	38	38
<i>Romeria victoriae</i> Komárek et Cronberg	13	0
<i>Synechocystis aquatilis</i> Sauvageau	50	25
Bacillariophyceae		
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki <i>sensu lato</i>	13	13
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> Pfitzer	100	88
<i>Craticula buderi</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	75	63
<i>Craticula perrotettii</i> Grunow	0	25
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	0	25
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	38	25
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	75	25
<i>Nitzschia intermedia</i> Hantzsch ex Cleve et Grunow	100	75
<i>Nitzschia nana</i> Grunow <i>sensu lato</i>	38	13
<i>Nitzschia subcapitellata</i> Hustedt	75	25
<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkowsky	0	38
Coccinodiscophyceae		
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0	13
Chlorophyceae		
<i>Characium hindakii</i> Lee et Bold	0	13
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	0	13
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i> Nägeli	0	13
<i>Dictyosphaerium puchellum</i> Wood var. <i>minutum</i> Deflandre	0	25
<i>Scenedesmus caribeanus</i> Komárek	0	13
<i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehrenberg ex Ralfs) Chodat	13	0

Continuação Tabela 2

Locais de coleta /Táxons	Frequência de Ocorrência (%)	
	Salina da Ponta	Salina da Reserva
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komarková-Legnerová	25	0
<i>Nephrocytium agardhianum</i> Nägeli	0	13
<i>Eudorina /Yamagishiella</i>	0	13
<i>Pandorina morum</i> (Müller) Bory	0	13
Euglenophyceae		
<i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) Stein emend. Deflandre var. <i>coronata</i> Lemmermann	0	13
Zygnemaphyceae		
<i>Closterium incurvum</i> Brébisson var. <i>incurvum</i>	0	13
<i>Closterium moniliferum</i> (Bory) Ehrenberg ex Ralfs var. <i>moniliferum</i> f. <i>moniliferum</i>	0	13
<i>Cosmarium calcareum</i> Wittrock var. <i>calcareum</i>	0	13
<i>Cosmarium polygonum</i> (Nägeli) Archer var. <i>polygonum</i> f. <i>polygonum</i>	0	13
<i>Cosmarium regnellii</i> Wille var. <i>regnellii</i>	0	13
<i>Euastrum spinulosum</i> Delponte var. <i>laticeps</i> Borge	0	13
<i>Staurastrum disputatum</i> West et West var. <i>sinense</i> (Lütkekmüller) West et West	0	13
<i>Staurastrum punctulatum</i> (Brébisson) Ralfs var. <i>punctulatum</i> f. <i>punctulatum</i>	0	13
Total de táxons: 41		

Em ambas as lagoas, a frequência elevada (Tabela 2) de *Nitzschia intermedia* (Figura 2a-e) e *Anomoeoneis sphaerophora* var. *sphaerophora* (Figura 2f-j) (ambas Bacillariophyceae) e *Anabaenopsis elenkinii* (Cyanobacteria) (Figura 3b-d) está provavelmente relacionada ao *habitat* das espécies. De acordo com os dados de literatura (Taylor *et al.* 2007, Ballot *et al.* 2008, Santos & Sant'Anna 2010, Santos *et al.* 2011) estes táxons são típicos de ambientes alcalinos e/ou salinos, com condutividade elétrica moderada a alta, como observado nas lagoas estudadas (Tabela 1).

Dentre estes táxons, destaca-se *Anabaenopsis elenkinii* que frequentemente forma densas florações (Figura 3a) nas lagoas alcalinas do Pantanal (Malone *et al.* 2007, Santos & Sant'Anna 2010), o

que ocasiona baixa transparência da água nestes ambientes. Fato semelhante ocorre nos chamados “soda lakes” (Rift Valley africano) nos quais há densas florações de cianobactérias. Porém, nestes lagos há predominância de outras cianobactérias filamentosas como *Artrospira maxima*, *Cyanospira rippkae* e *C. capsulata* (Florenzano *et al.* 1985), indicando que mesmo ambientes extremos semelhantes apresentam flora particular.

Recentemente, Santos *et al.* (2011) comprovaram experimentalmente, a partir de uma linhagem isolada de lagoa “salina”, que as maiores taxas de crescimento de *Anabaenopsis elenkinii* ocorrem em pH 10,5, e que em valores menores de pH (9,5 e 7,0) esta espécie apresenta crescimento limitado tanto em termos

de densidade como biomassa. Assim, os autores comprovaram que esta espécie é alcalífca e se desenvolve em uma faixa estreita de pH, o que explica sua ocorrência frequente nas lagoas alcalinas do Pantanal.

Em ambas as lagoas estudadas, as florações de *Anabaenopsis elenkinii* apresentaram-se, às vezes, associadas à *Pseudanabaena* sp. (F.O. 38%) que, provavelmente, se trata de uma espécie nova típica de ambientes alcalinos do Pantanal.

Na lagoa salina da Ponta, as diatomáceas *Hantzschia amphioxys* (Figura 2k-m), *Craticula buderi* ((Figura 2n-p) e *Nitzschia subcapitellata* (Figura 2q-v)) apresentaram frequência elevada (75%, 75% e 88%, respectivamente). Entretanto, na Salina da Reserva com exceção de *Craticula buderi* (F.O. 63%), as outras duas espécies de diatomáceas foram pouco frequentes (F.O. 25%).

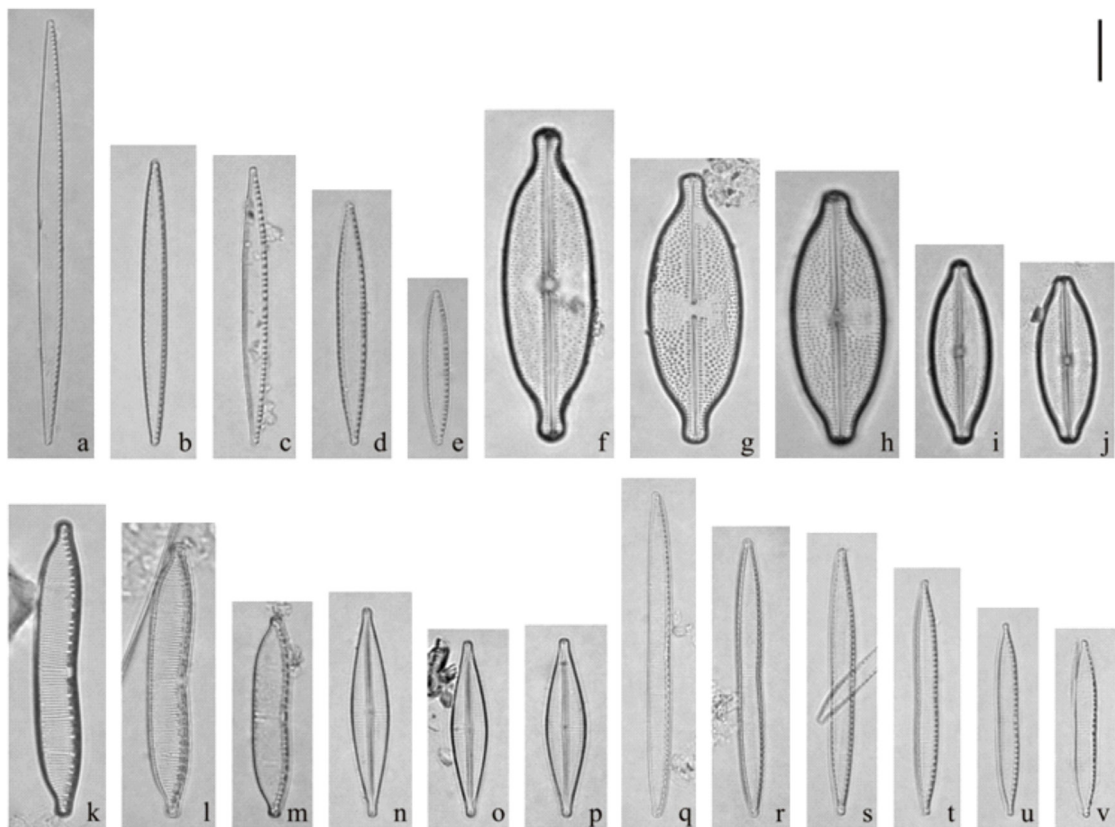


Figura 2, a-v: Variação morfológica das espécies de diatomáceas. **a-e.** *Nitzschia intermedia*. **f-j.** *Anomoeoneis sphaerophora* var. *sphaerophora*. **k-m.** *Hantzschia amphioxys*. **n-p.** *Craticula buderi*. **q-v.** *Nitzschia subcapitellata*. Escalas 10 µm.

Figure 2, a-v: Morphological variability of the diatom species. **a-e.** *Nitzschia intermedia*. **f-j.** *Anomoeoneis sphaerophora* var. *sphaerophora*. **k-m.** *Hantzschia amphioxys*. **n-p.** *Craticula buderi*. **q-v.** *Nitzschia subcapitellata*. Bars 10 µm.

Hantzschia amphioxys ocorreu principalmente nos períodos de seca em ambas as lagoas, o que confirma os aspectos ecológicos indicados por Taylor *et al.* (2007) para esta espécie. De acordo com estes autores, apesar de *H. amphioxys* ser considerada como uma espécie cosmopolita, seu desenvolvimento é favorecido em *habitats* periodicamente secos.

Segundo Taylor *et al.* (2007), *Craticula buderi* é típica de ambientes com condutividade elétrica moderada a alta, sendo esta uma das principais características das lagoas estudadas. Em relação à *Nit-*

schia subcapitellata, não foram encontrados dados em literatura que pudessem esclarecer sua frequência elevada nas lagoas alcalinas do Pantanal, porém espécies deste gênero também são dominantes nos “soda lakes” do Rift Valley africano (Hecky & Kilham 1973).

Outro táxon frequentemente encontrado na Salina da Ponta (F.O. 50%) e considerado obrigatoriamente alcalífico foi *Arthrospira platensis* (Figura 3e-h) (Seckbach & Oren 2007). Durante nosso estudo foi observado diferentes fases de desenvolvimento de

A. platensis, fato também constatado por Santos & Sant'Anna (2010). Nos períodos de cheia as populações de *A. platensis* do Pantanal entram em fase de intensa multiplicação celular e formação de necrídios (células mortas) que favorecem a quebra dos tricomas para formação de hormogônios (possibilitando o aumento do número de indivíduos da espécie). Por outro lado, no período de seca as condições limnológicas são mais extremas e as lagoas tornam-se ainda mais rasas, aumentando a concentração de sais, o que deve favorecer a multiplicação celular, mas sem formação de necrídios, propiciando o desenvolvimento de tricomas longos e espiralados típicos do gênero

Arthrospira. Dessa forma, o desenvolvimento de *A. platensis* nas lagoas alcalinas é altamente influenciado pelo ciclo anual de seca e cheia do Pantanal.

Em relação às espécies consideradas pouco frequentes ou mesmo raras, destaca-se *Leptolyngbya* sp. (Cyanobacteria) (Figura 3i-m), que provavelmente constitui uma nova espécie para a ciência, pois difere dos táxons já descritos, principalmente, em relação aos aspectos ambientais. Além disso, resultados prévios de análises moleculares indicaram que este táxon apresenta alta similaridade com espécies de *Leptolyngbya* provenientes de outros tipos de ambientes extremos, diferentes das lagoas alcalinas do Pantanal.

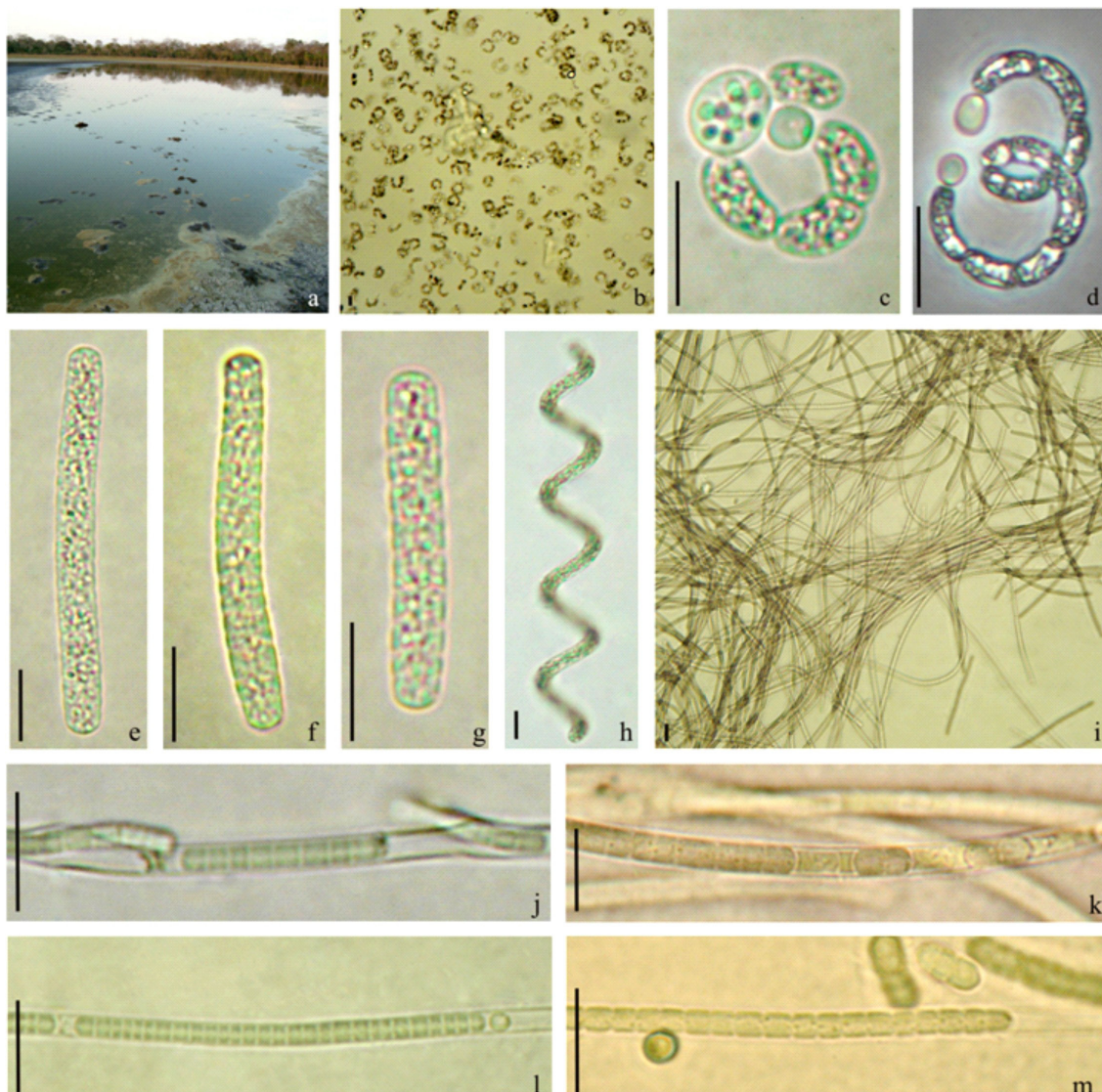


Figura 3, a-m: a. Floração de cianobactéria em uma salina do Pantanal da Nhecolândia; b. Aspecto geral da floração de *Anabaenopsis elenkinii*; c-d. Detalhe de tricomas mostrando heterocitos terminais e acineto; e-g. Hormogônios de *Arthrospira platensis* encontrados na época de cheia; h. Tricoma espiralado, adulto de *Arthrospira platensis* encontrados na época de seca; i. Aspecto geral da massa de *Leptolyngbya* sp.; j-m. Detalhe dos filamentos de *Leptolyngbya* sp.

Figure 3, a-m: a. Bloom of Cyanobacteria in a "salina" from Pantanal of Nhecolândia; b. General view of the *Anabaenopsis elenkinii* bloom; c-d. Detail of trichoma showing heterocyst and akinete; e-g. Hormogonia of *Arthrospira platensis* found in the rainy season; h. Adult trichome of *Arthrospira platensis* in the dry season; i. General view of the *Leptolyngbya* sp. mass. j-m. Detail of *Leptolyngbya* sp. filaments.

Em relação às demais classes catalogadas neste estudo tais como, Euglenophyceae, Zygnemaphyceae e a maioria das Chlorophyceae (63%) ocorreram somente no período de cheia de 2008, na Salina da Reserva. Neste período houve elevadas taxas de precipitação o que provavelmente acarretou uma atípica entrada de água superficial nesta lagoa, proveniente de sistemas aquáticos adjacentes. A ocasional entrada de água na Salina da Reserva reduziu as taxas de condutividade elétrica e salinidade, sendo possível observar a descaracterização da flora típica de sistemas alcalinos através da presença destas classes comuns a sistemas de água doce (Tabela 2).

De acordo com Bacani (2007), a partir do desgaste erosivo dos cordões arenosos (“cordilheiras”) que circundam as lagoas alcalinas abre-se a possibilidade para a entrada de água com pH ácido de sistemas adjacentes, modificando o sistema e consequentemente a biota, como evidenciado no nosso estudo.

Neste contexto, Bozelli & Huszar (2003) indicam que o conhecimento das comunidades aquáticas, tais como algas e cianobactérias, é relevante não apenas por sua importância para a produção primária do sistema, mas por representarem indicadores eficientes das alterações ambientais e/ou antrópicas, por meio das flutuações temporais e espaciais em sua composição.

Wetzel (1993) destaca ainda que a composição das comunidades aquáticas reflete as interações entre os componentes de diferentes populações e também o efeito das variáveis ambientais sobre as mesmas, sendo influenciada principalmente pelas alterações naturais como concentração de nutrientes inorgânicos, penetração de luz, temperatura, pH e condutividade elétrica da água. Além disso, em ambientes salobros, como as lagoas do Pantanal, a diversidade das comunidades é influenciada diretamente pela salinidade (Wehr & Sheath 2003).

Frente a todos estes aspectos, é importante mencionar que a razão para o sucesso de certas espécies de algas e cianobactérias em ambientes como as lagoas alcalinas do Pantanal está relacionada à sua habilidade e tolerância às variações tanto de salinidade (Wehr & Sheath 2003), como a diferentes fatores inerentes à planície pantaneira (sazonalidade, pulso de inundação, balanço hídrico negativo), além dos altos níveis de pH (>9).

Neste estudo foi constatado que as lagoas alcalinas do Pantanal, por estarem sujeitas às mesmas interferências ambientais, apresentam alta similaridade entre si (53%, desconsiderando a coleta de abril de 2008) e que pequenas diferenças na composição dos microorganismos provavelmente foram ocasionadas pelos aspectos intrínsecos de cada lagoa (morfometria, características do entorno e possível variação da concentração de nutrientes). Além da alta similaridade observada, a riqueza de espécies foi semelhante, sendo maior no período de cheia para ambas as lagoas (Figura 4). De certa forma, estes resultados eram esperados, pois na seca as condições ambientais tornam-se ainda mais extremas, reduzindo o número de espécies aptas a se desenvolverem nas lagoas.

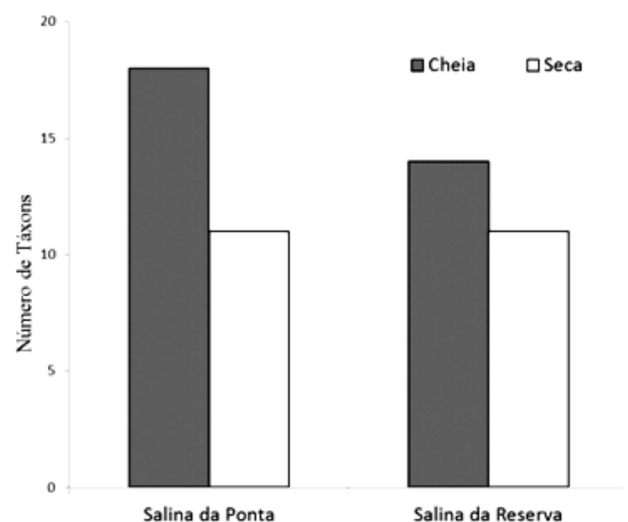


Figura 4. Riqueza de espécies em duas lagoas salinas do Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul, Brasil.

Figure 4. Species richness in two alkaline lakes from Pantanal of Nhecolândia, Mato Grosso do Sul, Brazil.

Em suma, o presente estudo ampliou o conhecimento sobre a diversidade de cianobactérias e microalgas existentes em ambientes extremos brasileiros e evidenciou a particularidade das lagoas alcalinas do Pantanal. Além disso, forneceu dados relevantes para o manejo e conservação destas lagoas, uma vez que estes ambientes estão sujeitos à intensa ação antrópica.

AGRADECIMENTOS: Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente pelo financiamento concedido.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), ao Convênio Capes-Cofecub nº412/03 e ao Dr. Arnaldo Yoso Sakamoto (UFMS/CPIL) pela infraestrutura concedida durante as coletas no Pantanal.

REFERÊNCIAS

- ALLEM, A.C. & VALLS, J.F.M. 1987. Recursos forrageiros nativos do Pantanal Mato-grossense. Documentos 8. Empresa Brasileira Agropecuária/Centro Nacional de Recursos Genéticos, Brasília, DF, Brasil.
- ALMEIDA, T.I.R.; CALIJURI, M.C.; FALCO, P.B.; CASALI, S.P.; KUPRIYANOVA, E.; PARANHOS FILHO, A.C.; SIGOLO, J.B. & BERTOLO, R.A. 2011. Biogeochemical processes and the diversity of Nhecolândia lakes, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 83: 391-407, <http://dx.doi.org/10.1590/S0001-37652011000200004>
- ANA (Agência Nacional de Águas). 2004. Programa de ações estratégicas para o gerenciamento integrado do Pantanal e da Bacia do Alto Paraguai. *Relatório Final*. ANA/GEF/PNUMA/OEA. 315p.
- BACANI, V.M. 2007. Sensoriamento remoto aplicado à análise evolutiva do uso e ocupação do solo no Pantanal da Nhecolândia (MS): o exemplo da fazenda Firme. *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Aquidauana, MS, Brasil. 122p.
- BALLOT, A.; DADHEECH, P.K.; HAANDE, S. & KRIENITZ, L. 2008. Morphological and phylogenetic analysis of *Anabaenopsis abijatae* and *Anabaenopsis elenkinii* (Nostocales, Cyanobacteria) from tropical inland water bodies. *Microbial Ecology*, 55: 608–618, <http://dx.doi.org/10.1007/s00248-007-9304-4>
- BARBIÉRO, L.; QUEIROZ-NETO, J.P.; CIORNEI, G.; SAKAMOTO, A.Y.; CAPELLARI, B.; FERNANDES, E. & VALLES, V. 2002. Geochemistry of water and ground water in the Nhecolândia, Pantanal of Mato Grosso, Brazil: variability and associated processes. *Wetland*, 22: 528-540, [http://dx.doi.org/10.1672/0277-5212\(2002\)022\[0528:Gowagw\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1672/0277-5212(2002)022[0528:Gowagw]2.0.CO;2)
- BOZELLI, R.L. & HUSZAR, V.L. 2003. Comunidades fito e zooplanctônicas continentais em tempo de avaliação. *Limnotemas*, 3: 1-15.
- BRUM, P.A.R. & SOUSA, J.C. 1985. Níveis de nutrientes minerais para gado, em lagoas (“baías” e “salinas”) no Pantanal Sul-Mato-Grossense. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 20: 1451-1454.
- DE NICOLA, D.M. 2000. A review of diatoms found in highly acidic environments. *Hydrobiologia*, 433: 111-122, <http://dx.doi.org/10.1023/A:1004066620172>
- EMBRAPA. (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 1997. Plano de utilização da fazenda Nhumirim. Documento 21, Embrapa-CPAP, Corumbá, 72p. EMBRAPA-CPAP, 72p. <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/792177/1/DOC21.pdf>>. (Acessado em 27 Jan. 2010).
- FLORENZANO, G.; SILI, C.; PELOSI, E. & VINCENZINI, M. 1985. *Cyanospira rippkae* and *Cyanospira capsulate* (gen. nov. and spp. nov.): New filamentous heterocystous cyanobacteria from Magadi lake (Kenya). *Archives of Microbiology*, 140: 301-306, <http://dx.doi.org/10.1007/BF00446967>
- HARRIS, M.B.; TOMAS, W.M.; MOURÃO, G.; DA SILVA, C.J.; GUIMARÃES, E.; SONODA, F. & FACHIM, E. 2005. Desafios para proteger o Pantanal brasileiro: ameaças e iniciativas em conservação. *Megadiversidade*, 1(1): 156-164.
- HECKY, R.E. & KILHAM, P. 1973. Diatoms in alkaline saline lakes: ecology and geochemical implications. *Limnology and Oceanography*, 18: 53-71.
- HOEK, C.; MANN, D.G. & JAHNS, H.M. 1995. *Algae. An introduction to phycology*. Cambridge University Press, Cambridge. 627p.
- HOFFMANN, L.; KOMÁREK, J. & KASTOVSKY, J. 2005. System of cyanoprokaryotes (cyanobacteria) – state in 2004. *Algalogical Studies*, 117: 95-115. <http://dx.doi.org/10.1127/1864-1318/2005/0117-0095>
- MALONE, C.F.S. 2010. Biodiversidade de algas e cianobactérias de duas lagoas salinas do Pantanal da Nhecolândia, MS, Brasil. *Dissertação de Mestrado*. Instituto de Botânica. São Paulo, SP, Brasil. 144p.
- MALONE, C.F.S.; SANTOS, K.R.S.; NETO, M.J. & SAKAMOTO, A.Y. 2007. Gêneros de algas no plâncton de lagoas salinas situadas na fazenda Nhumirim, Pantanal da Nhecolândia, MS. *Revista Brasileira de Biociências*, 5: 588-590.
- MATEUCCI, S.D & COLMA, A. 1982. *La metologia para el estudio da vegetación*. Colección de Monografías Científicas. Série Biología 22. Washington, DC. 168p.
- MEDINA-JÚNIOR, P.B. & RIETZLER, A.C. 2005. Limnological study of a Pantanal saline lake. *Brazilian Journal of Biology*, 65: 651-659, <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842005000400013>
- MOURÃO, G.M. 1989. Limnologia comparativa de três lagoas (duas “baías” e uma “salina”) no Pantanal da Nhecolândia, MS. *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil. 146p.
- MOURÃO, G.M.; ISHII, I.H. & CAMPOS, Z.M.S. 1988. Alguns fatores limnológicos relacionados com a ictiofauna de baías e

- salinas do Pantanal da Nhecolândia, MS, Brasil. *Acta Limnologica Brasiliensia*. 2: 181-198.
- QUEIROZ-NETO, J.P.; SAKAMOTO, A.Y.; LUCATI, H.M. & FERNANDES, E. 1999. Dinâmica hídrica em uma lagoa salina e seu entorno na área do Leque, Nhecolândia, Pantanal - MS. Pp. 143-149. *In*: M. Dantas, J.B. Catto & E.K. Resende (eds.). Anais do II Simpósio sobre Recursos Naturais e Socioeconômicos do Pantanal. Corumbá, MS, Brasil.
- ROUND, F.E.; CRAWFORD, R.M. & MANN, D.G. 1990. *The diatoms: biology and morphology of the genera*. Cambridge University Press, Cambridge. 747p.
- SAKAMOTO, A.Y. 1997. Dinâmica Hídrica em uma lagoa Salina e seu entorno no Pantanal da Nhecolândia: contribuição ao estudo das relações entre o meio físico e a ocupação, Fazenda São Miguel do Firme. *Tese de Doutorado*. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil, 188p.
- SANTOS, K.R.S. & SANT'ANNA, C.L. 2010. Cianobactérias de diferentes tipos de lagoas (“salina”, “salitrada” e “baía”) representativas do Pantanal da Nhecolândia, MS, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 33: 61-83, <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042010000100007>
- SANTOS, K.R.S.; JACINAVICIUS, F.R. & SANT'ANNA, C.L. 2011. Effects of the pH on growth and morphology of *Anabaenopsis elenkinii* Miller (Cyanobacteria) isolated from the alkaline shallow lake of the Brazilian Pantanal. *Fottea*, 11: 119-126. < http://fottea.czechphycology.cz/_contents/F11-1-2011-12.pdf>. (Accessed in 05 Jun. 2011).
- SANTOS, K.R.S.; SAKAMOTO, A.Y.; NETO, M.J.; BARBIÉRO, L. & QUEIROZ-NETO, J.P. 2004. Ficoflora do Pantanal da Nhecolândia, MS, Brasil: um levantamento preliminar em três lagoas salinas e uma salitrada. *In*: J.R.B. Sereno (ed.). Anais do IV Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal. Corumbá, MS, Brasil. < www.cpap.embrapa.br/agencia/.../624RB-Ficoflora%20OKVisto.pdf>. (Accessed in 05 Jun. 2008).
- SECKBACH, J. & OREN, A. 2007. Oxygenic Photosynthetic Microorganisms in Extreme Environments: Possibilities and Limitations. Pp. 5-25. *In*: J. Seckbach (ed.). *Algae and Cyanobacteria in Extreme Environments. Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology*, vol. 11. Springer, Dordrecht, The Netherlands. 812p.
- SERGEVV, V.N.; GERASIMENKO, L.M. & ZAVARIN, G.A. 2002. The Proterozoic history and present state of Cyanobacteria. *Microbiologia* 71:623-637.
- SORIANO, B.M.A. 1999. Caracterização climática da sub-região da Nhecolândia, Pantanal, MS. Pp. 151-158. *In*: M. Dantas, J.B. Catto & Resende, E.K. (eds.). Anais do II Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal. Corumbá, MS, Brasil.
- TAYLOR, J.C.; HARDING, W.R. & ARCHIBALD, C.G.M. 2007. *An illustrated guide to some common diatom species from South Africa*. WRC Report TT 282/07. Water Research Commission, Pretoria, South Africa. 178p.
- WEHR, J.D. & SHEATH, R.G. 2003. *Freshwater Algae of North America: ecology and classification*. Academic Press, San Diego. 918p.
- WETZEL, R.G. 1993. *Limnologia*. Fundação Calouste Goulbekian. Lisboa. 1016p.

Submetido em 30/03/2012

Aceito em 11/07/2012