

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM CONSERVAÇÃO E MANEJO DE
RECURSOS NATURAIS – NÍVEL MESTRADO

VIVIANE COSTA DE MENEZES

COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA A MONTANTE E A
JUSANTE DAS CATARTAS DO IGUAÇU, PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU, PARANÁ,
BRASIL

CASCADEL-PR

Fevereiro/2012

VIVIANE COSTA DE MENEZES

COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA A MONTANTE E A
JUSANTE DAS CATARTAS DO IGUAÇU, PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU, PARANÁ,
BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação
Stricto Sensu em Conservação e Manejo de Recursos
Naturais – Nível Mestrado, do Centro de Ciências Biológicas
e da Saúde, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná,
como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em
Conservação e Manejo de Recursos Naturais

Área de Concentração: Conservação e Manejo de Recursos
Naturais

CASCADEL-PR

Fevereiro/2012

FOLHA DE APROVAÇÃO

VIVIANE COSTA DE MENEZES

Composição e estrutura da comunidade fitoplanctônica a montante e a jusante das Cataratas do Iguaçu,
Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, Brasil

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação stricto sensu em Conservação e Manejo de Recursos Naturais-Nível de Mestrado, do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Conservação e Manejo de Recursos Naturais, pela comissão Examinadora composta pelos membros:

Prof. Dr^a. Norma Catarina Bueno

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Presidente)

Prof. Dr. Pitágoras Augusto Piana

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Dr^a. Susicley Jati

Universidade Estadual de Maringá

Aprovada em: 16 de fevereiro de 2012

Local da defesa: Sala 56 (Bloco novo)

*Aos meus pais, Joás e Josilda,
e aos meus amigos, dedico.*

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Dr^a. Norma Catarina Bueno, por todo tempo de dedicação e apoio para que eu alcançasse mais essa etapa na minha formação;

Ao programa de Pós-Graduação em Conservação e Manejo de Recursos Naturais;

À CAPES pela concessão da bolsa de mestrado;

Ao Dr. Pitágoras Augusto Piana (Unioeste - Toledo) e Dr^a. Susicley Jati (UEM) por terem aceitado compor a banca da minha defesa;

Ao professor Bartolomeu Tavares pelos momentos de descontração e aprendizado;

Ao laboratório do programa aquaIguaçu (PNI), na pessoa de Fernanda de Almeida Gurski e Yolanda Oliveira, pelas análises físico-químicas das amostras de água e pelo apoio imprescindível nas coletas;

À equipe de Geoprocessamento do Parque Nacional do Iguaçu, por ter disponibilizado o mapa da área de estudo;

Às minhas amigas Elaine, Margaret, Wiviany, Irauzá, Thamís e Thaís, pela companhia, apoio nos momentos difíceis, pelas palavras de incentivo, momentos de descontração... Vocês foram peças fundamentais nessa etapa da minha vida!

À Jascieli, que mesmo estando longe, me ajudou, me acalmando nos momentos de preocupações e incertezas;

À Dr^a Luzia Cleide Rodrigues (UEM), pela paciência e imensa ajuda oferecida para que esse trabalho pudesse ser realizado da melhor maneira possível! Seu apoio foi fundamental!

Ao Douglas, pela paciência, amor, por sempre estar presente, me ouvindo, me incentivando, por ser realmente um companheiro de verdade!

Aos meus pais, por todo apoio, por sempre acreditarem, às vezes mais do que eu mesma, no meu potencial!

À Deus, pelo cuidado com a minha vida, me capacitando para que eu pudesse alcançar mais essa vitória; Obrigada Senhor... Sem Ti nada posso fazer!

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: Composição e estrutura da comunidade fitoplanctônica a montante e a jusante das Catartas do Iguaçu, Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, Brasil.....	07
RESUMO.....	07
ABSTRACT.....	08
1. INTRODUÇÃO.....	09
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
2.1 <i>Área de estudo.....</i>	11
2.2 <i>Metodologia de campo.....</i>	12
2.3 <i>Metodologia de laboratório.....</i>	13
2.4 <i>Tratamento estatístico dos dados.....</i>	14
3. RESULTADOS.....	14
3.1 <i>Comunidade fitoplanctônica.....</i>	17
4. DISCUSSÃO.....	29
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
7. ANEXO (Normas Brazilian Journal of Biology).....	39

Composição e estrutura da comunidade fitoplanctônica a montante e a jusante das Cataratas do Iguaçu, Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, Brasil

Viviane Costa de Menezes¹ & Norma Catarina Bueno¹

RESUMO - Este trabalho objetivou analisar a variação da composição e estrutura da comunidade fitoplanctônica a montante e a jusante das Cataratas do Iguaçu, rio Iguaçu, observando a influência destas quedas d'água e das variáveis ambientais sobre esta comunidade. As coletas do material fitoplanctônico foram realizadas em duas estações de amostragem no rio Iguaçu (25° 35' S; 54° 23' W e 25° 38' S; 54° 27' W), entre maio de 2010 e maio de 2011 (exceto novembro). Um total de 408 táxons foram identificados, sendo Bacillariophyceae o grupo melhor representado. Observou-se uma grande diferenciação na composição do fitoplâncton entre as estações amostradas. A riqueza total e densidade dos grupos fitoplanctônicos foram muito baixas em ambos os locais de coleta, estando representadas pelas classes Bacillariophyceae, Chlorophyceae e Cyanobacteria. A diversidade de Shannon foi classificada como muito baixa à média. A equitabilidade, de uma maneira geral, foi alta. A Análise Multivariada de Variância mostrou que não houve diferença sazonal nem espacial significativa para densidade total, riqueza total, equitabilidade e diversidade de Shannon. No entanto, quando avaliadas as densidades e riquezas das classes (Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Cyanobacteria) separadamente, diferenças sazonais significativas foram observadas. A heterogeneidade das características do rio Iguaçu entre os locais amostrados não causaram uma compartimentalização longitudinal do rio no que diz respeito aos atributos da comunidade fitoplanctônica, enquanto que a variação sazonal das condições climáticas influenciou significativamente a composição e estrutura dessa comunidade no ambiente estudado.

Palavras-chave: Ecossistema lótico; potamoplâncton; rio Iguaçu.

¹ Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Conservação e Manejo de Recursos Naturais, Rua Universitária, 2019, Jardim Universitário, 85819110, Cascavel, Paraná, Brasil.
e-mail: viviane_cmbio@hotmail.com; ncbueno@unioeste.br

Composition and structure of phytoplankton community upstream and downstream of the Iguazu Falls, Iguazu National Park, Paraná, Brazil

Viviane Costa de Menezes¹ & Norma Catarina Bueno¹

ABSTRACT - This work aimed to analyze the composition variation and structure of phytoplankton community upstream and downstream of the Iguazu Falls, Iguazu River, investigating the influence of these waterfalls and environmental variables on this community. Samples of phytoplankton material were carried out in two sampling stations in Iguazu River (25° 35' S; 54° 23' W e 25° 38' S; 54° 27' W), from May 2010 to May 2011 (except November). A total of 408 taxa were identified, and Bacillariophyceae was the best represented group. There was a large difference in phytoplankton composition between the sampled stations. The total richness and density of phytoplankton groups were very low in both collection sites, and it was represented by the classes Bacillariophyceae, Chlorophyceae and Cyanobacteria. The Shannon diversity was classified as very low. The equitability, in general, was high. The Multivariate Analysis of Variance showed no significant spatial or seasonal difference for total density, total richness, equitability and Shannon diversity. However, when measured densities and richness classes (Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Cyanobacteria) separately, significant seasonal differences were observed. The heterogeneity of the characteristics of the Iguazu River between the sampling sites did not cause a longitudinal compartmentalization of the river regarding to the attributes of the phytoplankton community, while the seasonal variation of weather conditions influenced in a significant way the composition and structure of this community in the studied environment.

Keywords: Lotic ecosystem; potamoplankton; Iguazu River.

¹ Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Conservação e Manejo de Recursos Naturais, Rua Universitária, 2019, Jardim Universitário, 85819110, Cascavel, Paraná, Brasil.

e-mail: viviane_cmbio@hotmail.com; ncbueno@unioeste.br

1. Introdução

A compreensão da dinâmica e ecologia das comunidades biológicas, bem como do próprio rio, é de grande relevância para o manejo e a preservação de toda a biota aquática (Stevenson, 2009), entretanto, estudos no Brasil acerca dos ambientes lóticos e suas comunidades bióticas ainda são escassos, considerando que o país compreende uma das maiores redes fluviais do mundo (Borges et al., 2003; Brassac e Ludwig, 2006; Soares et al., 2007; Bortolini et al., 2010a, b; Brasil, 2010).

Ecossistemas lóticos constituem-se habitats que estão sujeitos a constantes mudanças e perturbações, e nestes ambientes, apesar de ser possível o desenvolvimento das algas, a sua manutenção torna-se limitada à curtos períodos de tempo, pois estão continuamente sendo transportadas à jusante (Reynolds, 1988; Descy, 1993; Rodrigues et al., 2007).

De acordo com a Teoria do Rio Contínuo - RCC (Vannote et al., 1980), que descreve a estrutura e funcionamento das comunidades aquáticas ao longo de um rio, sistemas lóticos possuem um gradiente contínuo de condições físicas desde a nascente até a foz, estando as características funcionais e estruturais dos organismos adaptadas a esta continuidade das condições do ambiente.

Entretanto, em rios controlados, ou seja, que apresentam uma série de reservatórios em cascata, como o rio Iguaçu, há uma descaracterização da teoria postulada por Vannote et al. (1980), onde o que pode ser observado é uma descontinuidade das características físicas e biológicas desses ecossistemas aquáticos, cuja intensidade das modificações ocasionadas dependerá da localização, do número em série e da operação das barragens, como discutido por Barbosa et al. (1999) na Teoria dos Reservatórios em Cascata – The Cascading Reservoir Continuum Concept (CRCC).

Para o monitoramento das comunidades algais nos ecossistemas lóticos analisa-se, dentre outros fatores, a composição específica, riqueza, diversidade e densidade dos organismos (Borics et al., 2007). A composição e densidade do fitoplâncton em ambientes turbulentos são principalmente controladas por mecanismos hidrológicos (vazão, tempo de retenção da água), químicos (concentração de nutrientes, pH, condutividade elétrica), físicos (temperatura, intensidade luminosa) e biológicos (competição, herbivoria) (Ha et al., 2002; Borges et al., 2003; Zalocar de Domitrovic et al., 2007; Borics et al., 2007; Salmaso e Zignin, 2010).

Diversos trabalhos realizados em rios tropicais e subtropicais denotam a influência das condições climáticas (pluviosidade e temperatura) sobre a estruturação da comunidade fitoplanctônica (Bovo-Scomparin e Train, 2008; Rodrigues et al., 2009; Nogueira et al., 2010), uma vez que a variação sazonal dos índices pluviométricos e o consequente aumento dos níveis de vazão, bem como as variações na temperatura, atuam diretamente sobre os padrões de distribuição sazonal do fitoplâncton (Soares et al., 2007).

Mudanças no regime de vazão dos rios possuem implicações diretas sobre a biodiversidade (Zohary et al., 2010). Frequentemente, a densidade potamoplanctônica é inversamente proporcional à vazão do rio devido à diluição e às mudanças físicas causadas pelo intenso fluxo, que altera, dentre outros fatores, a velocidade e a turbulência dos rios (Zalocar de Domitrovic et al., 2007). As taxas de crescimento das populações fitoplanctônicas só atingem um nível significativo quando se sobrepõem à taxa de diluição dos ecossistemas lóticos (Descy, 1993).

A comunidade fitoplanctônica é constituída por uma grande variedade de algas que se caracterizam por possuir diferentes formas e estratégias de desenvolvimento, que as auxiliam na maximização de sua produtividade (Chellappa et al., 2009), apresentando também adaptações morfológicas e comportamentais, tais como tamanho reduzido, mobilidade e elevada taxa de crescimento (Wetzel, 1993; Buzzi, 2002; Salmaso e Zignin, 2010).

O potamoplâncton, como é denominado o fitoplâncton de rios (Margalef, 1983; Reynolds, 1988; Reynolds e Descy, 1996) é composto principalmente por formas algais capazes de sobreviver às diversas forças seletivas atuantes nesses ecossistemas (Margalef, 1983; Zalocar de Domitrovic et al., 2007) e se caracteriza por ter em sua composição uma contribuição relativamente grande de espécies raras (Rodrigues et al., 2009). Dentre os grupos de algas formadores da comunidade potamoplanctônica, destacam-se as diatomáceas – Bacillariophyta, as algas verdes – Chlorophyta, principalmente da ordem Chlorococcales, e as Cyanobacteria (Descy, 1993; Wehr e Descy, 1998; Stevenson, 2009; Esteves e Suzuki, 2011).

Estudos acerca do potamoplâncton são de grande relevância para a manutenção de ecossistemas aquáticos, isso porque a dinâmica e ecologia dessas espécies influenciam outras comunidades algais, e por sua vez acabam sendo influenciadas pelas características limnológicas da água, intensidade luminosa e pelo clima. São capazes de indicar diferentes tipos de impactos antrópicos, além de desempenhar importante papel nos ciclos biogeoquímicos, atuando dessa forma, como ferramentas bastante úteis de indicação biológica de qualidade da água (Margalef, 1983; Buzzi, 2002; Reynolds, 2006; Borics et al., 2007; Bicudo, 2009; Stevenson, 2009).

Diante disso, o objetivo do presente estudo foi analisar a variação espacial e sazonal da estrutura e composição da comunidade fitoplanctônica em duas estações de amostragem no trecho final do rio Iguaçu (Baixo Iguaçu) – antes e após as Cataratas do Iguaçu, observando a influência dessas quedas d'água sobre esta comunidade, a fim de contribuir para o conhecimento da ecologia e biodiversidade deste rio subtropical.

Tem-se como hipótese que as diferenças na profundidade, distância entre as margens e velocidade de correnteza do rio Iguaçu antes e após as quedas (variação espacial) atuam diretamente na composição e estrutura da comunidade fitoplanctônica, diminuindo os atributos diversidade, equitabilidade, riqueza total e densidade total, registrados a jusante, onde a turbulência,

profundidade e velocidade de correnteza do rio são maiores. Além disso, a variação sazonal da temperatura da água e dos níveis pluviométricos, também atuará como fator estruturador da comunidade fitoplânctonica deste ecossistema.

2. Material e Métodos

2.1 Área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Iguaçu, com uma área de drenagem total de aproximadamente 70.000 km², apresenta-se subdivida em: Alto Iguaçu e Ribeira, Médio Iguaçu e Baixo Iguaçu (Sema, 2010). O rio Iguaçu, canal principal desta Bacia, é o maior rio completamente situado dentro do estado do Paraná, encontrando-se na sub-bacia do Baixo Iguaçu o trecho amostrado para o presente estudo.

O rio Iguaçu é um dos rios mais importantes para geração de energia elétrica no Brasil, com cinco grandes reservatórios em cascata (Foz do Areia, Segredo, Salto Santiago, Salto Osório e Salto Caxias) que produzem, em média, 6.550 MW (Silva et al., 2005; Perbiche-Neves et al., 2011). Possui cerca de 1.300 km de extensão (Sema, 2010), e em seu trecho final (Baixo Iguaçu) encontra-se o Parque Nacional do Iguaçu (PNI), Foz do Iguaçu, Paraná, onde se formam as Cataratas do Iguaçu.

No trecho que antecede as Cataratas, este rio atinge 1. 200 m de largura, estreitando-se até 65 a 100 m próximo a formação do cânion (IAP, 2010; Maack, 2002). As margens do rio Iguaçu no trecho a montante das quedas (estação 1), nos limites do PNI, são caracterizadas pela presença de vegetação nativa, Floresta Estacional Semidecidual, já a jusante (estação 2) suas margens são caracterizadas por paredões rochosos (lado argentino) e pela vegetação nativa no lado brasileiro (Figura 1).

Abaixo uma caracterização das estações de amostragem no Baixo rio Iguaçu:

1. Estação 1 (25° 35' S; 54° 23' W): neste trecho a profundidade média do Baixo Iguaçu varia de 0,90 a 4,62 metros e sua velocidade média é de 0,4 m.s⁻¹.
2. Estação 2 (25° 38' S; 54° 27' W): neste trecho a profundidade média do Baixo Iguaçu varia de 8,90 a 26,40 metros, e a velocidade média é de 6,8 m.s⁻¹.

A vazão média do trecho estudado do rio Iguaçu para o período estudado em 2010 (maio-dezembro) foi de 2.071, 4 m³.s⁻¹ (medição Hotel Cataratas – montante das Cataratas do Iguaçu) e 2.621,4 m³.s⁻¹ (medição Salto Cataratas – jusante das Cataratas do Iguaçu). Já para no período amostrado em 2011 (janeiro-maio), as vazões médias registradas a montante e a jusante das quedas foi de respectivamente 1.994,3 e 2.023, 8 m³.s⁻¹ (Itaipu Binacional; Instituto das Águas do Paraná).

A temperatura no município de Foz do Iguaçu, onde se localiza o trecho estudado do rio, varia em torno de 3 °C a 40 °C, sendo a média de aproximadamente 26 °C. O clima em geral é

subtropical úmido mesotérmico, sem estações secas definidas, sendo a pluviosidade média anual de cerca de 1.600 mm (Salamuni et al., 2002; Guimarães et al., 2003). Com a chegada do outono (maio-junho) há um aumento na variabilidade das chuvas no estado, estando nas regiões oeste e sudoeste os maiores índices pluviométricos, se comparados ao norte paranaense (Simepar, 2011).

A vegetação da área de estudo é caracterizada pela Floresta Estacional Semidecidual, sendo também registrados fragmentos típicos das matas de araucárias, savanas e banhados (Parque Nacional do Iguaçu, 2002; Guimarães et al., 2003).

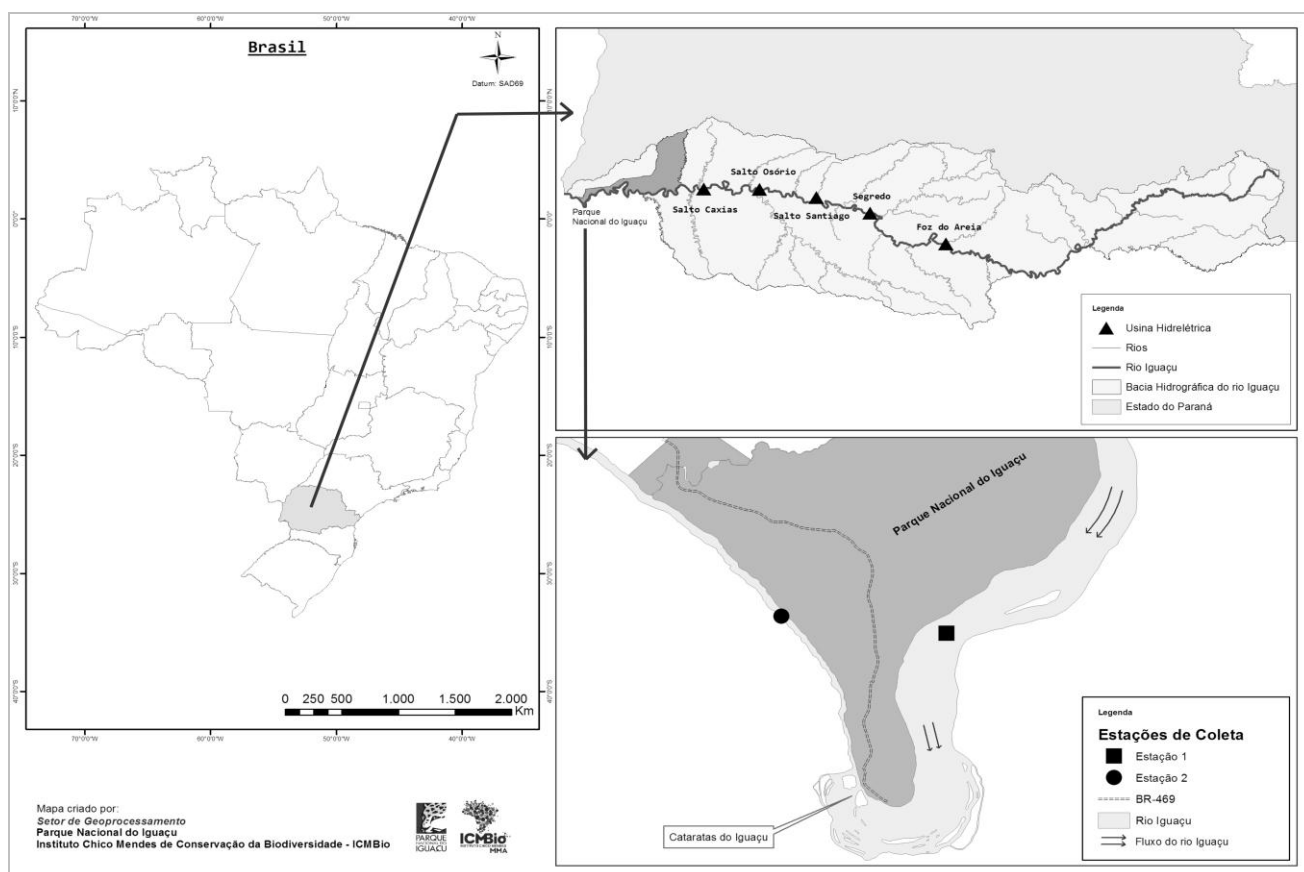


Figura 1. Mapa e localização das estações de amostragem a montante (Estação 1) e a jusante (Estação 2) das Cataratas do Iguaçu, Baixo rio Iguaçu, PNI.

Fonte: Setor de Geoprocessamento do Parque Nacional do Iguaçu.

2.2 Metodologia de campo

As coletas de água para a análise das variáveis limnológicas e do material fitoplanctônico foram realizadas mensalmente, de maio de 2010 a maio de 2011 (exceto novembro – renovação da licença ICMBio), no rio Iguaçu (PNI, Foz do Iguaçu, Paraná). As áreas amostradas localizam-se a montante (estação 1) e a jusante (estação 2) das Cataratas do Iguaçu, sendo respectivamente acessadas através das trilhas das Bananeiras e do Macuco Safari.

Para o estudo da estrutura da comunidade fitoplanctônica foram obtidas amostras à subsuperfície (20 cm de profundidade), as quais foram acondicionadas em frascos de polietileno com capacidade de 350 mL e fixadas com solução de lugol acético 1%. Suplementarmente foram

coletadas amostras com auxílio da rede de plâncton de 25 µm de abertura de malha, através de arrasto horizontal na superfície da coluna d'água, com o objetivo de concentrar o material e auxiliar no estudo taxonômico. As amostras do fitoplâncton de rede foram acondicionadas em frascos de polietileno de 350 mL, e preservadas em solução Transeau na proporção 1:1, de acordo com Bicudo e Menezes (2006).

2.3 Metodologia de laboratório

O estudo qualitativo do fitoplâncton foi realizado em microscópio óptico binocular modelo Olympus CBA, acoplado à câmara clara, com ocular micrometrada, e a morfometria dos táxons em aumento de 400 e 1000X. O enquadramento sistemático dos táxons em Classes seguiu Komárek e Anagnostidis (1989) para as Cyanobacteria, e Bicudo e Menezes (2006) para os demais grupos. Todas as amostras encontram-se depositadas no herbário da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNOP, *campus* Cascavel.

A contagem do fitoplâncton seguiu a metodologia descrita por Utermöhl (1958). As amostras foram analisadas em microscópio invertido modelo Olympus CK2. O volume sedimentado foi definido de acordo com a concentração de algas e/ou detritos presentes na amostra, sendo o tempo de sedimentação equivalente à altura da câmara utilizada (Margalef, 1983). A contagem foi realizada aleatoriamente, por campos, até a obtenção de 100 campos. O cálculo da densidade fitoplanctônica foi realizado de acordo com a American Public Health Association - APHA (1995). Os indivíduos foram contados na forma em que ocorrem na natureza: células, colônias, cenóbios ou filamentos. Os resultados foram expressos em indivíduos por mililitros (ind.mL^{-1}).

Para a compreensão da estrutura da comunidade fitoplanctônica foram considerados os atributos: riqueza de espécies (número de táxons por amostra quantitativa), densidade (ind.mL^{-1}), diversidade (bits.ind.^{-1}) e equitabilidade (E).

Os dados de precipitação (mm) do município de Foz do Iguaçu foram fornecidos pelo Instituto Meteorológico do Paraná (Simepar/Curitiba), e os dados de vazão do rio Iguaçu pela Itaipu Binacional e Instituto das Águas do Paraná.

O oxigênio dissolvido – OD (mg.L^{-1}) e temperatura da água – T água ($^{\circ}\text{C}$) foram obtidos *in situ* com auxílio de oxímetro microprocessado modelo AT 150 e termômetro digital respectivamente. As medidas de pH foram obtidas com o pHmetro AT-300, a condutividade elétrica – Cond. ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) com condutivímetro manual modelo AT-230, transparência da coluna d'água – Transp. (m) por meio do disco de Secchi e as concentrações de amônio – NH_4^+ ($\mu\text{g.L}^{-1}$), nitrogênio total – NT ($\mu\text{g.L}^{-1}$), nitrato – NO_3^- ($\mu\text{g.L}^{-1}$), fosfato – PO_4^{3-} ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e turbidez (NTU) foram fornecidos pelo laboratório do Programa aquaIguaçu – PNI.

2.4 Tratamento estatístico dos dados

As variáveis abióticas foram sintetizadas utilizando-se uma Análise de Componentes Principais (PCA), sendo os eixos significativos selecionados de acordo com o critério de Broken Stick (Jackson, 1993). O mês de maio de 2010 foi retirado desta análise por tratar-se de uma condição excepcional ocasionada pela elevada pluviosidade nas cabeceiras do rio Iguaçu, que resultou em um valor extremamente elevado para as formas nitrogenadas em relação aos demais meses de coleta. Os eixos retidos da PCA foram plotados em relação aos níveis de pluviosidade registrados para o município de Foz do Iguaçu, Paraná, e também em relação às estações de amostragem – montante (estação 1) e jusante (estação 2).

As relações entre as variáveis abióticas (selecionadas a partir dos eixos significativos da PCA) e variáveis bióticas (densidade, riqueza, diversidade e equitabilidade dos grupos fitoplanctônicos) foram estudadas usando a análise de Correlação de Spearman. Os atributos da comunidade (densidade total, riqueza total, equitabilidade e diversidade de Shannon) foram submetidos à Análise Multivariada de Variância – MANOVA, seguida de uma Análise de Variância Unifatorial – ANOVA, para os efeitos principais significativos em relação aos locais e períodos, todas ao nível de significância de 5%. O mesmo procedimento foi adotado para avaliar as diferenças significativas das densidades e riquezas por classes (Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Cyanobacteria) entre os locais e períodos de amostragem.

Segundo Scheiner e Gurevitch (1993), a MANOVA tem a vantagem de controlar o aumento que ocorre na chance de erro tipo I (p-valor) ao realizar-se mais de uma ANOVA para as variáveis dependentes advindas de um mesmo conjunto de dados.

O índice de diversidade específica (H') – Índice de Shannon – da comunidade fitoplanctônica foi estimado segundo Shannon e Wiener (Shannon e Weaver, 1963) e a equitabilidade, como uma medida de quão homogeneamente a densidade está distribuída entre as espécies, segundo Pielou (1966).

Para estimar a diversidade específica e equitabilidade, e realizar a PCA, foi utilizado o programa estatístico PC-ORD, versão 4.0 (McCune e Mefford, 1999). As análises de correlação de Spearman, MANOVA e ANOVA foram realizadas utilizando o programa Statistica, versão 7.1 (Statsoft, 2005).

3. Resultados

Foram observados altos valores de precipitação da primavera ao início do verão, setembro a dezembro de 2010, e baixos valores no inverno, período de seca (Figura 2). Em relação aos valores médios mensais de vazão do Baixo Iguaçu nas estações 1 (montante) e 2 (jusante), observa-se que apesar da alta variabilidade sazonal, relacionada aos índices pluviométricos, que implica na

operação das barragens dos reservatórios em cascata situados à montante, houve pouca variabilidade espacial. Diferenças significativas foram verificadas entre os meses de agosto de 2010 e janeiro de 2011, final do período seco e início do período chuvoso (Figura 3). Quanto à temperatura do ar, os valores mínimos foram registrados no inverno, nos meses de junho e agosto de 2010, e os valores máximos entre janeiro e março de 2011, no verão, período chuvoso.

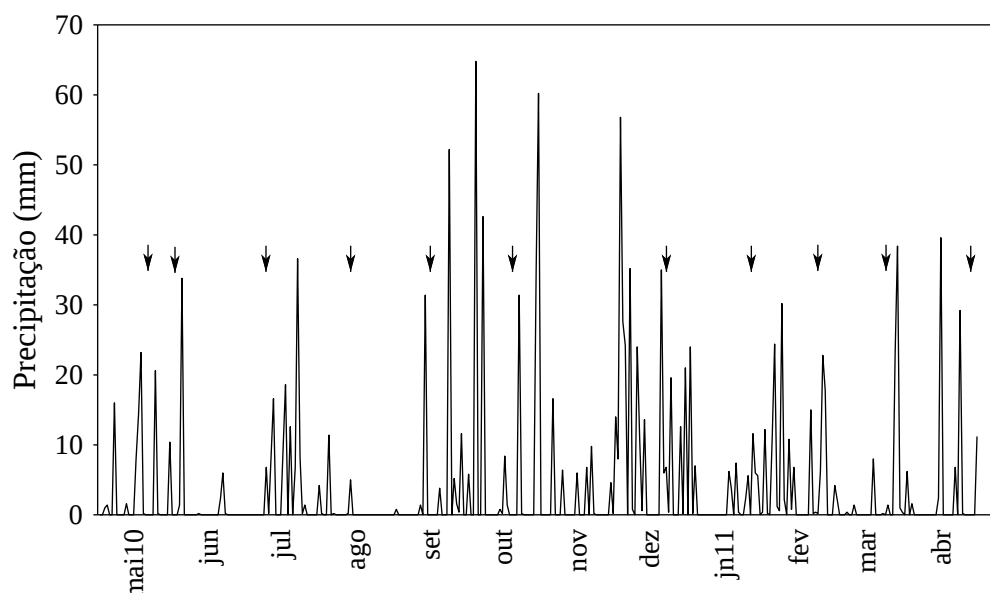


Figura 2. Valores diários de pluviosidade registrados no município de Foz do Iguaçu, no período de maio de 2010 a abril de 2011; dias de amostragem (setas).

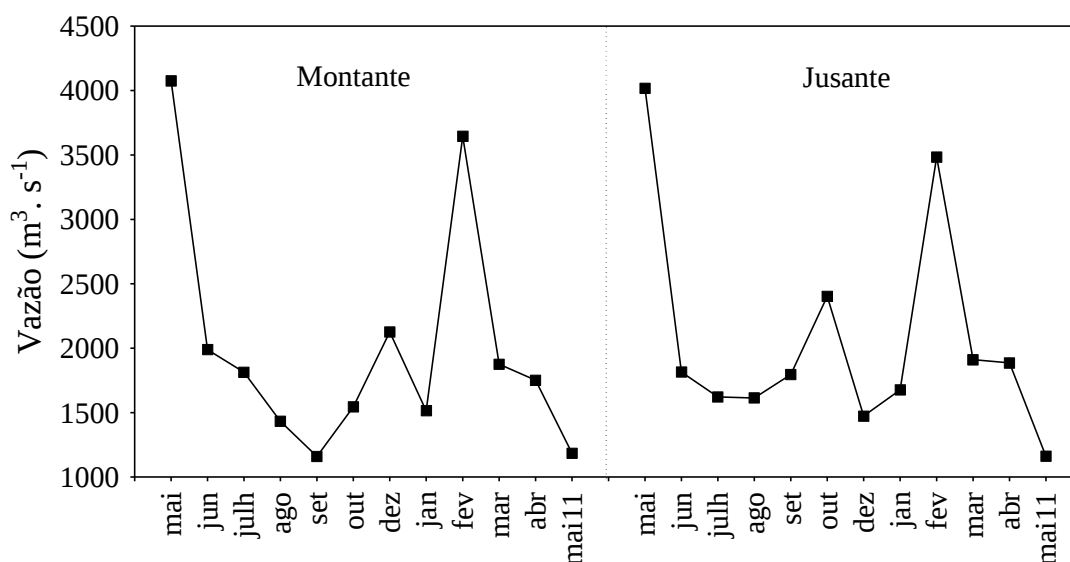


Figura 3. Valores médios mensais de vazão do rio Iguaçu a montante (estação 1) e a jusante (estação 2) das Cataratas do Iguaçu, no período de maio de 2010 a maio de 2011.

Na maioria dos meses amostrados, os valores de pH estiveram próximos a neutralidade em ambas as estações de coleta, atingindo características alcalinas no período seco (inverno), e valores próximos à acidez no período chuvoso (verão). Os maiores valores de OD em todo o período estudado foram registrados na estação 2 (jusante), onde o fluxo de correnteza do rio Iguaçu é maior, já os maiores valores de turbidez foram observados no verão, quando o volume de chuvas foi maior,

e os menores valores em maio de 2011, mês cuja vazão foi uma das menores de todo o período amostrado (Tabela 1).

Para o NH_4^+ , os menores valores foram registrados nos meses com baixos índices pluviométricos, sendo os maiores valores deste nutriente observados em meses cujos níveis de precipitação e a vazão do rio Iguaçu foram elevados. Os maiores valores tanto de NT quanto de NO_3^- foram registrados no período de maior vazão (maio/2010) na estação a montante das Cataratas do Iguaçu (estação 1), enquanto que os valores de PO_4^{3-} apresentaram o maior coeficiente de variação na estação 2. As demais variáveis apresentaram baixa variação espacial (Tabela 1).

Tabela 1. Valores de temperatura da água- T água ($^{\circ}\text{C}$), oxigênio dissolvido- OD (mg.L^{-1}), pH, condutividade elétrica - Condu. ($\mu\text{S.cm}^{-1}$), transparência da coluna d'água- Transp. (m), turbidez- Turb. (NTU), NH_4^+ ($\mu\text{g.L}^{-1}$), NT ($\mu\text{g.L}^{-1}$), NO_3^- ($\mu\text{g.L}^{-1}$), PO_4^{3-} ($\mu\text{g.L}^{-1}$), profundidade- Prof. (m) e coeficiente de variação (CV) a montante (estação 1) e a jusante (estação 2) das quedas, para o período de coleta.

Mês	T água	OD	pH	Condu.	Transp.	Turb.	NH_4^+	NT	NO_3^-	PO_4^{3-}	Prof.
Estação 1											
Mai/10	20,3	7,2	7,3	43,2	0,5	19	3241,4	9450,0	6770,0	1,1	2,7
Jun	19,6	8,8	8,2	40,3	1,3	3,3	12,1	1660,0	1640,0	30,1	1,9
Julh	18,7	8,5	7,2	40,3	1,4	8,0	12,1	1700,0	1680,0	120,1	1,6
Ago	17,2	10,3	9,2	37,9	1,6	2,8	8,3	700,0	540,0	14,8	1,6
Set	22,4	8,3	8,7	32,8	2,1	2,0	13	252,0	953,3	16,5	1,4
Out	20,5	8,2	7,4	35,2	1,6	3,1	70,4	140,0	1003,3	4,8	1,7
Dez	25,3	8,1	7,1	38,6	1,6	2,7	0,8	364,0	820,0	6,5	1,6
Jan/11	25,4	4,3	7,2	39,1	1,3	7,6	27,5	168,0	1053,3	7,3	1,4
Fev	25,4	4,3	6,9	40,7	1,1	26,1	1,8	196,0	1053,3	14,0	2,3
Mar	25,5	7,8	6,8	38,5	2,8	7,3	6,4	56,0	70,0	10,7	1,6
Abr	23	7,2	6,1	44,6	0,9	20,3	40,5	448,0	253,3	15,7	1,7
Mai	19,3	9,0	7,3	35,8	2,0	2,1	37,3	336,0	100,0	16,5	2,0
CV (%)	13,7	23,1	11,4	8,5	40,4	95,9	321,4	204,0	135,0	143,8	24,3
Estação 2											
Mai/10	20,3	12,4	7,6	43,6	0,5	19	145,7	308,0	17800,1	420,1	17,3
Jun	18,6	10,8	8,2	40,0	1,1	3,0	60,7	1150,0	1090,0	1,1	14,5
Julh	19,1	11,3	7,4	38,4	2,1	7,7	24,3	620,0	590,0	50,1	11,5
Ago	17,1	10,8	9,3	38,2	1,7	3,2	32,6	490,0	540,0	33,2	12,8
Set	23,0	7,6	8,3	34,0	2,1	3,2	78,8	224,0	636,7	24,0	11,7
Out	20,4	9,5	7,3	35,8	1,5	2,9	1,3	252,0	1486,7	4,0	13,9
Dez	25,7	8,3	7,8	39,4	1,4	4,9	5,5	224,0	410,0	19,0	15,6
Jan/11	25,6	9,6	6,9	38,4	1,4	8,4	21,5	140,0	220,0	5,7	18,5
Fev	25,6	9,6	6,8	39,5	1,0	16,7	0,8	280,0	853,3	16,5	18,9
Mar	26,0	7,6	6,8	42,2	2,0	8,8	10,6	112,0	140,0	12,3	24,3
Abr	22,0	9,6	5,9	43,6	0,7	22,1	21,0	504,0	286,7	14,8	15,8
Mai	19,3	9,9	8,2	32,8	3,6	2,8	48,9	168,0	40,0	16,5	17,3
CV(%)	14,6	14,8	11,8	8,8	51,2	80,4	110,8	78,1	79,7	892,2	22,5

Os dois eixos da PCA foram significativos com autovalores iguais a 4,0 e 2,8 e explicaram juntos 48,6% da variabilidade total dos dados no Baixo Iguaçu. O eixo 1 foi influenciado positivamente pelo pH (0,37) e transparência da coluna d'água (0,34), e negativamente pela temperatura da água (-0,33), condutividade elétrica (-0,37), vazão (-0,36) e turbidez (-0,42), evidenciando uma tendência de separação dos meses nos períodos de seca e chuva. Já o eixo 2 da PCA esteve associado positivamente aos valores de NT (0,54), NO_3^- (0,47) e PO_4^{3-} (0,38) e negativamente aos valores de temperatura da água (-0,32) (Figura 4).

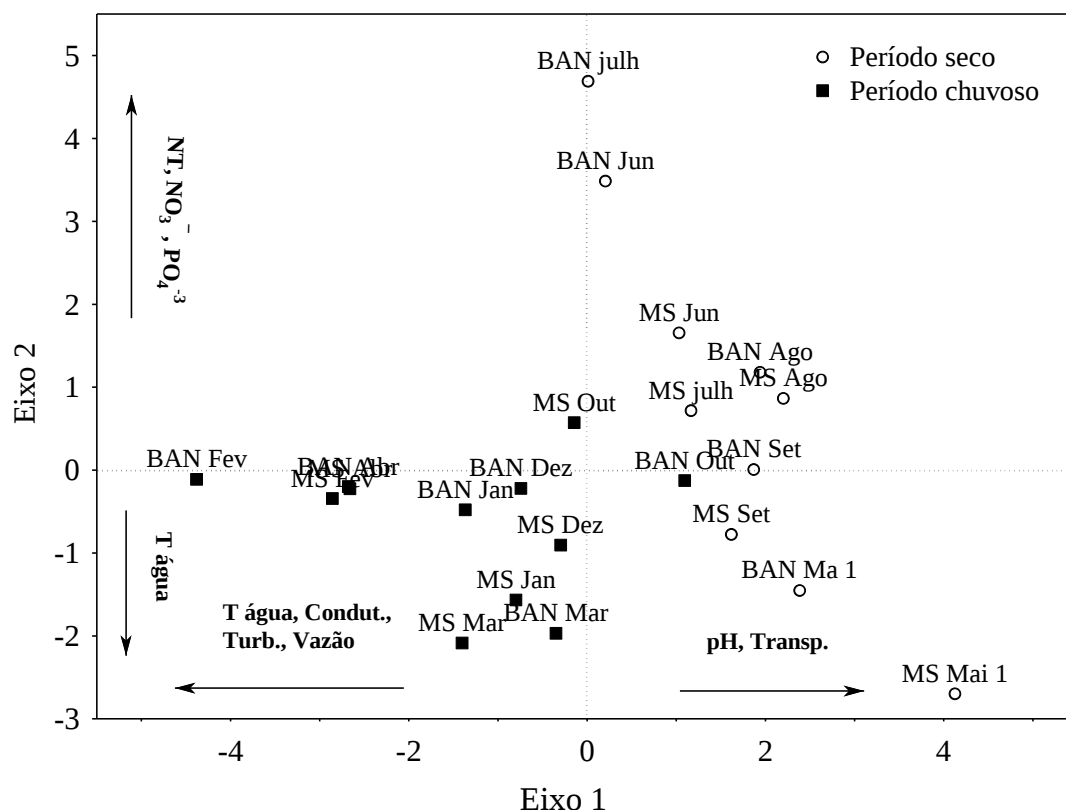


Figura 4. Ordenação dos meses e estações de amostragem a montante (M) e a jusante (J) das Cataratas do Iguaçu, rio Iguaçu, em relação aos dois primeiros eixos da PCA e aos períodos seco e chuvoso.

3.1 Comunidade fitoplanctônica

A análise das amostras qualitativas e quantitativas da comunidade fitoplanctônica do trecho amostrado do rio Iguaçu, PNI, foi representada por elevada biodiversidade, sendo registrados 408 táxons (Tabela 2). Dentre os grupos taxonômicos inventariados, Bacillariophyceae (52,2%), Chlorophyceae (17,9%), Cyanobacteria (10,8%) e Zygnemaphyceae (10,3%) contribuíram com o maior número de táxons. Os demais grupos, Rhodophyceae, Euglenophyceae, Craspedomonadophyceae, Chrysophyceae, Oedogoniophyceae, Chlamydomphyceae Dinophyceae e Xanthophyceae juntos representaram 8,8% do total de táxons identificados. Os gêneros *Pinnularia* (Bacillariophyceae), *Desmodesmus* (Chlorophyceae), *Lyngbya* (Cyanobacteria), *Closterium* e *Staurostrum* (Zygnemaphyceae) foram os que apresentaram maior número de táxons.

A comunidade fitoplanctônica esteve constituída por 258 táxons na estação a montante das Cataratas (estação 1) e por 344 na estação a jusante (estação 2). Deste total, 177 táxons foram comuns aos dois locais amostrados, 75 foram exclusivos da estação 1 e 159 foram exclusivos da estação 2.

Tabela 2. Relação das espécies fitoplanctônicas registradas na região do Baixo Iguaçu, PNI, Foz do Iguaçu, no período de maio de 2010 a maio de 2011.

BACILLARIOPHYCEAE	Montante	Jusante
<i>Achnanthes coarctata</i> (Brébison ex W. Smith) Grunow		X
<i>Achnanthes inflata</i> Grunow	X	X
<i>Achnanthes inflatagrandis</i> Metzeltin, Lange-Bertalot e García-Rodríguez	X	X
<i>Achnantheidium exiguum</i> (Grunow) Czarnecki	X	X
<i>Achnantheidium exiguum</i> var. <i>constrictum</i> (Grunow) Andersen, Stoermer e Kreis	X	X
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki		X
<i>Adlafia</i> cf. <i>drouetiana</i> (Patrick) Metzeltin e Lange-Bertalot		X
<i>Adlafia</i> sp.	X	
<i>Amphipleura lindheimeri</i> Grunow	X	X
<i>Amphipleura pellucida</i> (Kützing) Kützing	X	X
<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman e Archibald	X	X
<i>Amphora</i> sp.		X
<i>Amphora veneta</i> Kützing		X
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	X	X
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen var. <i>ambigua</i> f. <i>spiralis</i> (SK.) Ludw.	X	X
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	X	X
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (Müller) Simonsen	X	X
<i>Aulacoseira</i> cf. <i>muzzanensis</i> (Meister) Krammer	X	X
<i>Aulacoseira pusilla</i> (Meister) Tuji e Houki	X	X
<i>Caloneis</i> sp.		X
<i>Carpatogramma crucicula</i> (Grunow ex Cleve) Ross		X
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg		X
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	X	X
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>acuta</i> Meister	X	X
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i> Meister (Ehrenberg) Cleve		X
<i>Craticula</i> cf. <i>ambigua</i> (Ehrenberg) Mann	X	
<i>Craticula</i> sp.	X	X
<i>Cyclotella</i> sp.	X	
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	X	X
<i>Cymbella</i> cf. <i>tropica</i> Krammer	X	X
<i>Cymbella charrua</i> Metzeltin, Lange-Bertalot e García-Rodríguez	X	X
<i>Cymbella dorseornata</i> Østrup	X	X
<i>Cymbella tumida</i> (Brébisson ex Kützing) Heurck	X	X
<i>Diploneis</i> cf. <i>subovalis</i> Cleve		X
<i>Discostella stelligera</i> (Cleve e Grunow) Houk e Klee		X
<i>Encyonema</i> cf. <i>minutum</i> (Hilse) Mann	X	X
<i>Encyonema</i> cf. <i>neomesianum</i> Krammer	X	X
<i>Encyonema</i> cf. <i>purpusillum</i> (Cleve) Mann	X	
<i>Encyonema</i> cf. <i>silesiacum</i> (Bleisch) Mann	X	X
<i>Encyonema</i> cf. <i>vulgare</i> Krammer		X
<i>Eunotia bidens</i> Ehrenberg		X
<i>Eunotia</i> cf. <i>camelus</i> Ehrenberg	X	X
<i>Eunotia</i> cf. <i>flexuosa</i> (Brébisson ex Kützing) Kützing	X	X
<i>Eunotia</i> cf. <i>diodonopsis</i> Metzeltin, Lange-Bertalot e García-Rodríguez		X
<i>Eunotia</i> cf. <i>minor</i> (Kützing) Ehrenberg		X

Continuação Tabela 2

<i>Eunotia</i> cf. <i>monodon</i> Ehrenberg	X	X
<i>Eunotia</i> cf. <i>odebrechtiana</i> Metzeltin e Lange-Bertalot	X	X
<i>Eunotia</i> cf. <i>praerupta</i> Ehrenberg	X	
<i>Eunotia</i> cf. <i>sudetica</i> Müller	X	
<i>Eunotia</i> <i>major</i> (W. Smith) Rabenhorst	X	
<i>Eunotia</i> <i>major</i> var. <i>gigantea</i> Frenguelli	X	X
<i>Eunotia</i> <i>rabenhorsti</i>		X
<i>Eunotia</i> <i>serra</i> Ehrenberg		X
<i>Eunotia</i> <i>valida</i> Hustedt	X	
<i>Eunotia</i> sp. 1	X	
<i>Eunotia</i> sp. 2		X
<i>Fragilaria</i> <i>capucina</i> Desmazières	X	X
<i>Fragilaria</i> cf. <i>acus</i>	X	X
<i>Fragilaria</i> cf. <i>tenera</i> (W. Smith) Lange-Bertalot	X	X
<i>Fragilaria</i> <i>nanana</i> Lange-Bertalot	X	X
<i>Frustulia</i> cf. <i>saxonica</i> Rabenhorst		X
<i>Frustulia</i> cf. <i>vulgaris</i> (Thwaites) De Toni		X
<i>Frustulia</i> <i>crassinervia</i> (Brébisson) Costa	X	
<i>Frustulia</i> <i>crassinervia</i> cf. var. <i>ecuadoriana</i>	X	X
<i>Frustulia</i> <i>guayanensis</i> Metzeltin e Lange-Bertalot	X	X
<i>Frustulia</i> <i>guayanensis</i> ssp. <i>ecuadoriana</i> Lange-Bertalot e Rumrich		X
<i>Frustulia</i> <i>neomundana</i> Lange-Bertalot e Rumrich	X	
<i>Geissleria</i> cf. <i>neosubtropica</i> Metzeltin, Lange-Bertalot e García-Rodríguez	X	
<i>Geissleria</i> <i>punctifera</i> (Hustedt) Metzeltin, Lange-Bertalot e García-Rodríguez	X	X
<i>Gomphonema</i> <i>anglicum</i> Ehrenberg		X
<i>Gomphonema</i> <i>brasiliense</i> Grunow	X	X
<i>Gomphonema</i> <i>brasiliense</i> Metzeltin, Lange-Bertalot e García-Rodríguez	X	X
<i>Gomphonema</i> cf. <i>affinopsis</i> Metzeltin, Lange-Bertalot e García-Rodríguez	X	X
<i>Gomphonema</i> cf. <i>entolejum</i> Østrup	X	
<i>Gomphonema</i> cf. <i>hawaiiense</i> Reichardt		X
<i>Gomphonema</i> <i>demerarae</i> (Grunow) Franguelli	X	X
<i>Gomphonema</i> <i>gracile</i> Ehrenberg	X	X
<i>Gomphonema</i> <i>kobayashiae</i> Metzeltin e Lange-Bertalot	X	X
<i>Gomphonema</i> <i>lagenula</i> Kützing	X	X
<i>Gomphonema</i> <i>mexicanum</i> Grunow	X	X
<i>Gomphonema</i> <i>parvulum</i> (Kützing) Heurck	X	X
<i>Gomphonema</i> <i>pseudoagur</i> Lange-Bertalot	X	
<i>Gomphonema</i> sp. 1		X
<i>Gomphonema</i> sp. 2	X	X
<i>Gyrosigma</i> <i>acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst	X	X
<i>Gyrosigma</i> <i>obtusatum</i> (Sullivan) Boyer	X	X
<i>Gyrosigma</i> sp.1	X	X
<i>Hantzschia</i> cf. <i>abundans</i> Lange-Bertalot		X
<i>Hantzschia</i> <i>amphyoxis</i> (Ehrenberg) Grunow	X	X
<i>Hantzschia</i> <i>graciosa</i> var. <i>neotropica</i> Metzeltin e Lange-Bertalot		X
<i>Hantzschia</i> <i>limi</i> (Franguelli) Franguelli		X
<i>Hydrosera</i> <i>whampoensis</i> (Schwarz) Deby	X	X
<i>Lemnicola</i> <i>hungarica</i> (Grunow) Round e Basson		X
<i>Luticola</i> cf. <i>peguana</i> (Grunow) Mann	X	X
<i>Luticola</i> <i>charlatii</i> (Peragallo) Metzeltin, Lange-Bertalot e García-Rodríguez	X	X
<i>Luticola</i> <i>charlatii</i> f. <i>simples</i> (Hustedt) Metzeltin, Lange-Bertalot e García-Rodríguez	X	
<i>Luticola</i> cf. <i>mutica</i> (Kützing) Mann	X	X
<i>Luticola</i> <i>uruguayensis</i> Metzeltin, Lange-Bertalot e García-Rodríguez	X	X
<i>Melosira</i> cf. <i>moniliformis</i> Agardh	X	X
<i>Melosira</i> <i>varians</i> Agardh	X	X
<i>Melosira</i> sp. 1		X

Continuação Tabela 2

<i>Melosira</i> sp. 2	x	x
<i>Navicula amphiceropsis</i> Lange-Bertalot e Rumrich		x
<i>Navicula</i> cf. <i>kuseliana</i> Lange-Bertalot e Rumrich		x
<i>Navicula</i> cf. <i>lohmanii</i> Lange-Bertalot e Rumrich	x	
<i>Navicula</i> cf. <i>rostellata</i> Kützing	x	
<i>Navicula</i> cf. <i>escambia</i> (Patrick) Metzeltin e Lange-Bertalot		x
<i>Navicula</i> cf. <i>symmetrica</i> Patrick	x	x
<i>Navicula</i> cf. <i>viridula</i> (Kützing) Ehrenberg	x	x
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	x	x
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	x	x
<i>Navicula germainii</i> Wallace	x	
<i>Navicula trivialis</i> Lange-Bertalot	x	x
<i>Navicula viridula</i> (Kützing) var. <i>rostellata</i> (Kützing) Cleve	x	x
<i>Navicula viridulacalcis</i> Lange-Bertalot		x
<i>Neidium</i> cf. <i>affine</i> (Ehrenberg) Pfitzer		x
<i>Neidium ampliatus</i> (Ehrenberg) Krammer in Krammer e Lange-Bertalot	x	x
<i>Neidium infirmum</i> Metzeltin e Krammer sensu Lange-Bertalot e Metzeltin	x	x
<i>Neidium productum</i> (Smith) Cleve	x	x
<i>Nitzschia</i> cf. <i>acicularis</i> (Kützing) Smith	x	x
<i>Nitzschia</i> cf. <i>amphibia</i> Grunow		x
<i>Nitzschia</i> cf. <i>dissipata</i> (Kützing) Rabenhorst	x	x
<i>Nitzschia</i> cf. <i>frustulum</i> (Kützing) Grunow	x	
<i>Nitzschia</i> cf. <i>intermedia</i> Hantzsch ex Cleve e Grunow		x
<i>Nitzschia</i> cf. <i>lorenziana</i> Grunow	x	x
<i>Nitzschia</i> cf. <i>palea</i> (Kützing) Smith	x	x
<i>Nitzschia</i> cf. <i>sigma</i> (Kützing) Smith		x
<i>Nitzschia</i> cf. <i>subacicularis</i> Hustedt		x
<i>Nitzschia coarctata</i> Grunow	x	x
<i>Nitzschia dissapata</i> (Kützing) Grunow var. <i>media</i> (Hantzsch) Grunow	x	x
<i>Nitzschia levidensis</i> var. <i>levidensis</i>	x	x
<i>Nitzschia levidensis</i> (Smith) Grunow var. <i>victoriae</i> (Grunow) Cholnoky	x	x
<i>Nitzschia</i> sp. 1	x	x
<i>Nitzschia</i> sp. 2		x
<i>Nitzschia</i> sp. 3	x	
<i>Pinnularia acrosphaeria</i> (Brébisson) Rabenhorst	x	x
<i>Pinnularia acrosphaeria</i> var. <i>parva</i> Krammer	x	x
<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg	x	
<i>Pinnularia butantanum</i> (Krasske) Krammer	x	x
<i>Pinnularia</i> cf. <i>bartii</i> Metzeltin e Lange-Bertalot	x	x
<i>Pinnularia</i> cf. <i>carambolae</i> Franguelli	x	
<i>Pinnularia</i> cf. <i>decrescens</i> (Grunow) Krammer		x
<i>Pinnularia</i> cf. <i>divergens</i> var. <i>media</i> Krammer	x	
<i>Pinnularia</i> cf. <i>joculata</i> (Manguin) Krammer	x	x
<i>Pinnularia</i> cf. <i>latarea</i> Krammer		x
<i>Pinnularia</i> cf. <i>major</i> (Kützing) Rabenhorst		x
<i>Pinnularia</i> cf. <i>mayeri</i> Krammer		x
<i>Pinnularia</i> cf. <i>notabilis</i> Krammer		x
<i>Pinnularia</i> cf. <i>percuneata</i> var. <i>minor</i> Krammer	x	x
<i>Pinnularia</i> cf. <i>saprophila</i> Lange-Bertalot, Kobayasi e Krammer		x
<i>Pinnularia</i> cf. <i>silviasalae</i> Metzeltin, Lange-Bertalot e García-Rodríguez	x	x
<i>Pinnularia</i> cf. <i>similiformis</i> Krammer	x	
<i>Pinnularia</i> cf. <i>subbrevistriata</i> Krammer	x	
<i>Pinnularia</i> cf. <i>subcapitata</i> Gregory	x	x
<i>Pinnularia</i> cf. <i>subgibba</i> Krammer	x	
<i>Pinnularia</i> cf. <i>tenuistriata</i> Hustedt		x
<i>Pinnularia</i> cf. <i>viridiformis</i> Krammer	x	x

Continuação Tabela 2

<i>Pinnularia</i> cf. <i>viridis</i> Ehrenberg	x	x
<i>Pinnularia divergens</i> var. <i>divergens</i> Smith	x	x
<i>Pinnularia divergens</i> var. <i>malayensis</i> Hustedt		x
<i>Pinnularia divergens</i> var. <i>mesoleptiformis</i> Krammer e Metzeltin sensu Metzeltin e Lange-Bertalot	x	
<i>Pinnularia gibba</i> (Ehrenberg) Ehrenberg		x
<i>Pinnularia gigaformis</i> Krammer e Metzeltin sensu Metzeltin e Lange-Bertalot	x	x
<i>Pinnularia latevittata</i> Cleve	x	
<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve		x
<i>Pinnularia neomajor</i> Krammer	x	x
<i>Pinnularia nobilis</i> var. <i>regularis</i> Krammer		x
<i>Pinnularia roland-schmidtii</i>	x	x
<i>Pinnularia subumbrosa</i> Metzeltin e Krammer sensu Metzeltin e Lange-Bertalot	x	x
<i>Pinnularia</i> sp.		x
<i>Placoneis abundans</i>	x	x
<i>Placoneis</i> cf. <i>gracilis</i>	x	
<i>Placoneis densa</i> (Hustedt)		x
<i>Placoneis disparilis</i> (Hustedt) Metzeltin e Lange-Bertalot	x	x
<i>Placoneis ovillus</i> Metzeltin, Lange-Bertalot e García-Rodríguez	x	x
<i>Placoneis serena</i> (Franguelli) Metzeltin	x	x
<i>Placoneis uruguayensis</i> Metzeltin, Lange-Bertalot e García-Rodríguez	x	x
<i>Planothidium biporum</i> (Hohn e Hellerman) Lange-Bertalot	x	x
<i>Planothidium heteromorphum</i> (Grunow) Lange-Bertalot	x	x
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot	x	x
<i>Planothidium rostratum</i> (Østrup) Lange-Bertalot	x	x
<i>Pleurosira laevis</i> (Ehrenberg) Compère	x	x
<i>Rhopalodia</i> sp.	x	x
<i>Rhopalodia gibberula</i> var. <i>schweinfurthi</i> Müller sensu Frenguelli		x
<i>Sellaphora</i> cf. <i>densistriata</i> (Lange-Bertalot e Metzeltin) Lange-Bertalot e Metzeltin	x	x
<i>Sellaphora</i> cf. <i>pseudopupula</i> (Krasske) Lange-Bertalot		x
<i>Sellaphora</i> cf. <i>rhombicarea</i> Metzeltin, Lange-Bertalot e García-Rodríguez	x	x
<i>Sellaphora garciarodriguezii</i> Metzeltin e Lange-Bertalot	x	x
<i>Sellaphora laevis</i> (Kützing) Mann	x	x
<i>Sellaphora</i> sp. 1		x
<i>Sellaphora</i> sp. 2		x
<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg sensu lato		x
<i>Stauroneis sylviabonillae</i> Metzeltin, Lange-Bertalot e García-Rodríguez		x
<i>Stauroneis</i> sp.	x	
<i>Stenopterobia</i> sp.	x	x
<i>Surirella angusta</i> Kützing	x	x
<i>Surirella apiculata</i> var. <i>panduriformis</i> Frenguelli	x	x
<i>Surirella</i> cf. <i>didyma</i> Kützing	x	x
<i>Surirella</i> cf. <i>minuta</i> Brébisson		x
<i>Surirella</i> cf. <i>minuta</i> var. <i>peduliformis</i> Frenguelli	x	x
<i>Surirella splendida</i> (Ehrenberg) Kützing	x	x
<i>Surirella</i> cf. <i>splendioides</i> Hustedt	x	x
<i>Surirella</i> cf. <i>tenera</i> var. <i>subconstricta</i> Hustedt	x	x
<i>Surirella guatemalensis</i> Ehrenberg	x	x
<i>Surirella linearis</i> var. <i>constricta</i> Grunow	x	x
<i>Surirella susanae</i> Metzeltin e Lange-Bertalot	x	x
<i>Surirella</i> sp. 1	x	x
<i>Surirella</i> sp. 2		x
<i>Synedra goulardii</i> Brébisson ex Cleve e Grunow	x	x
<i>Thalassiosira rudis</i> Tremarin, Ludwig, Becker e Torgan		x
<i>Terpsinoë musica</i> Ehrenberg	x	x
<i>Terpsinoë</i> sp.		x
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	x	x

Continuação Tabela 2

CHLOROPHYCEAE	Montante	Jusante
<i>Actinastrum</i> sp.		X
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Corda		X
<i>Ankistrodesmus gracilis</i> (Reinsch) Korshikov	X	X
<i>Chlorella</i> sp.		X
<i>Coelastrum astroideum</i> De notaris	X	X
<i>Coelastrum</i> cf. <i>pseudomicroporum</i> Korshikov		X
<i>Coelastrum indicum</i> Turner		X
<i>Coelastrum pulchrum</i> Schmidle		X
<i>Coelastrum reticulatum</i> (Dangeard) Lemmermann	X	X
<i>Coelastrum</i> sp.		X
<i>Coenocystis subcylindrica</i> Korshikov		X
<i>Crucigeniella</i> cf. <i>apiculata</i> (Lemmermann) Komárek		X
<i>Desmodesmus communis</i> (Hegewald) Hegewald		X
<i>Desmodesmus abundans</i> (Kirchner) Hegewald		X
<i>Desmodesmus armatus</i> (Chodat) Hegewald		X
<i>Desmodesmus armatus</i> var. <i>bicaudatus</i> (Guglielmetii) Hegewald	X	X
<i>Desmodesmus caudato-aculeolatus</i> Chodat*	X	
<i>Desmodesmus denticulatus</i> (Lagerheim) An, Friedl e Hegewald		X
<i>Desmodesmus magnus</i> Meyen *	X	
<i>Desmodesmus maximus</i> (West e West) Hegewald		X
<i>Desmodesmus opoliensis</i> (Richter) Hegewald		X
<i>Desmodesmus opoliensis</i> var. <i>carinatus</i> (Lemmermann) Hegewald	X	X
<i>Desmodesmus opoliensis</i> var. <i>mononensis</i> (Chodat) Hegewald	X	X
<i>Desmodesmus protuberans</i> (Fritsch e Rich) Hegewald	X	X
<i>Desmodesmus spinosus</i> (Chodat e Hegewald)		X
<i>Desmodesmus spinulatus</i> (K. Biswas) Hegewald		X
<i>Desmodesmus</i> sp. 1	X	
<i>Desmodesmus</i> sp. 2		X
<i>Dictyosphaerium</i> cf. <i>pulchellum</i> Wood		X
<i>Dictyosphaerium tetrachotomum</i> var. <i>fallax</i> Komárek	X	
<i>Dimorphococcus cordatus</i> Wolle	X	X
<i>Dimorphococcus lunatus</i> Braun		X
<i>Eutetramorus</i> cf. <i>fottii</i> (Hindák) Komárek	X	X
<i>Eutetramorus</i> cf. <i>nygardii</i> Komárek		X
<i>Franceia</i> sp.	X	X
<i>Gloeocystis</i> sp.		X
<i>Kirchneriella diana</i> (Bohlin) Comas Gonzalez		X
<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchner) Möbius		X
<i>Kirchneriella rostelata</i> Hindák		X
<i>Kirchneriella</i> sp.		X
<i>Micractinium</i> sp.	X	
<i>Nephrocytium</i> sp.		X
<i>Oocystis borgei</i> Snow	X	
<i>Oocystis</i> cf. <i>marssonii</i> Lemmermann		X
<i>Oocystis</i> cf. <i>pusilla</i> Hansgirg	X	
<i>Oocystis</i> cf. <i>submarina</i> var. <i>variabilis</i> Skuja	X	X
<i>Oocystis granulata</i> Hortobágyi	X	X
<i>Oocystis incrassata</i> (West e West) Skuja		X
<i>Oocystis</i> sp. 1		X
<i>Oocystis</i> sp. 2	X	
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	X	X
<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>gracilimum</i> West e West	X	X
<i>Pediastrum simplex</i> Meyen		X

Continuação Tabela 2

<i>Pediastrum simplex</i> var. <i>sturmii</i> (Reinsch) Wolle		X
<i>Pediastrum simplex</i> var. <i>echinulatum</i> Wittrock		X
<i>Pediastrum</i> sp. 1	X	X
<i>Pediastrum</i> sp. 2		X
<i>Quadrigula</i> cf. <i>clostarioides</i> (Bohlin) Printz		X
<i>Quadrigula lacustris</i> (Chodat) Smith		X
<i>Radiococcus</i> sp.	X	X
<i>Scenedesmus javanensis</i> var. <i>javanensis</i> Chodat	X	
<i>Scenedesmus javanensis</i> Chodat f. <i>schroeteri</i> (Huber-Pestalozzi) Comas et Komárek		X
<i>Scenedesmus obliquus</i> (Turpin) Kützing var. <i>dimorphus</i> (Turpin) Hansgirg		X
<i>Sphaerocystis</i> cf. <i>planctonica</i> Woronichin		X
<i>Sphaerocystis</i> cf. <i>schroeteri</i> Chodat	X	
<i>Sphaerocystis</i> sp.	X	X
<i>Stauridium tetras</i> (Ehrenberg) Hegewald	X	X
<i>Tetrachlorella</i> sp.		X
<i>Tetrastrum triangulare</i> (Chodat) Komárek	X	
<i>Treubaria</i> sp.		X
<i>Trochiscia</i> sp.	X	
<i>Uronema</i> sp.	X	
Clorophyceae colonial não identificada		X

* Táxons ainda registrados na literatura como *Scenedesmus* Meyen (Komárek e Fott, 1983)

CYANOBACTERIA	Montante	Jusante
<i>Aphanocapsa</i> cf. <i>grevillei</i> (Berkeley) Rabenhorst	X	
<i>Aphanocapsa</i> cf. <i>incerta</i> (Lemmernann) Gronberg e Komárek		X
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> West e West	X	X
<i>Aphanocapsa elachista</i> West e West	X	
<i>Aphanocapsa holsatica</i> (Lemmernann) Gronberg e Komárek	X	X
<i>Aphanocapsa planctonica</i> (Smith) Komárek et Anagnostidis	X	X
<i>Aphanocapsa</i> sp.		X
<i>Aphanothece</i> sp.	X	
<i>Bacularia</i> sp.	X	
<i>Blennothrix</i> cf. <i>coerulea</i> (Gardner) Anagnostidis et Komárek		X
<i>Chamaesiphon</i> sp.	X	X
<i>Chroococcus aphanocapsoides</i> Skuja	X	X
<i>Coelosphaerium</i> sp.		X
<i>Geitlerinema amphibium</i> (Agardh) Anagnostidis		X
<i>Heteroleibleinia</i> sp. 1	X	
<i>Heteroleibleinia</i> sp. 2		X
<i>Homoeothrix juliana</i> (Meneghini) Kirchner	X	X
<i>Homoeothrix</i> sp. 1		X
<i>Homoeothrix</i> sp. 2		X
<i>Lyngbya</i> cf. <i>hieronymusii</i> Lemmermann		X
<i>Lyngbya martensiana</i> Meneghini		X
<i>Lyngbya</i> sp. 1		X
<i>Lyngbya</i> sp. 2	X	X
<i>Lyngbya</i> sp. 3		X
<i>Lyngbya</i> sp. 4	X	X
<i>Lyngbya</i> sp. 5	X	
<i>Lyngbya</i> sp. 6		X
<i>Lyngbya</i> sp. 7	X	
<i>Lyngbya</i> sp. 8		X
<i>Lyngbya</i> sp. 9	X	
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann	X	

Continuação Tabela 2

<i>Merismopedia</i> sp.	X	
<i>Microcystis</i> sp.	X	X
<i>Nostoc</i> sp.	X	
<i>Oscillatoria</i> cf. <i>tenuis</i> Agardh		X
<i>Oscillatoria princeps</i> Vaucher		X
<i>Oscillatoria</i> sp. 1	X	
<i>Oscillatoria</i> sp. 2		X
<i>Oscillatoria</i> sp. 3	X	
<i>Phormidium chlorinum</i> (Kützinger) Umezaki e Watanabe		X
<i>Phormidium</i> sp. 1	X	
<i>Phormidium</i> sp.2		X
<i>Pseudoanabaena mucicola</i> (Naumann e Huber-Pestalozzi) Schwabe	X	
<i>Pseudoanabaena</i> sp.		X
ZYGNEMAPHYCEAE	Montante	Jusante
<i>Closterium</i> cf. <i>lunula</i> (Müller) Nitzsch		X
<i>Closterium</i> cf. <i>striolatum</i> Ehrenberg		X
<i>Closterium ehrenbergii</i> Meneghini ex Ralfs		X
<i>Closterium kuetzingii</i> Brébisson	X	
<i>Closterium kuetzingii</i> var. <i>vittatum</i> Nordstedt	X	X
<i>Closterium moniliferum</i> (Bory) Ehrenberg	X	X
<i>Closterium setaceum</i> Ehrenberg	X	X
<i>Closterium</i> sp. 1		X
<i>Closterium</i> sp. 2		X
<i>Closterium</i> sp. 3	X	X
<i>Cosmarium</i> cf. <i>blytii</i> Wille		X
<i>Cosmarium formosulum</i> Hoff	X	
<i>Cosmarium granatum</i> Brébisson ex Ralfs	X	X
<i>Cosmarium margaritatum</i> var. <i>margaritatum</i> (Lundell) Roy e Bisset	X	
<i>Cosmarium quadrum</i> var. <i>sublatum</i> (Nordstedt) West e West		X
<i>Cosmarium speciosum</i> Lundell	X	X
<i>Cosmarium subspeciosum</i> Nordstedt var. <i>validius</i> Nordstedt		X
<i>Cosmarium tetragonum</i> (Näg.) Archer var. <i>lundellii</i> Cooke		X
<i>Cosmarium vexatum</i> West		X
<i>Desmidium swartzii</i> (Agardh) Agardh		X
<i>Desmidium</i> cf. <i>aptogonum</i> var. <i>tetragonum</i> (Dalponte) West e West	X	
<i>Euastrum</i> cf. <i>insulare</i> (Wittrock) Roy		X
<i>Euastrum spinulosum</i> Delponte		X
<i>Gonatozygon</i> sp.		X
<i>Mougeotia</i> sp.1	X	X
<i>Mougeotia</i> sp.2	X	
<i>Spondylosium desmidiiforme</i> (Borge) West	X	
<i>Spyrogira</i> sp.		X
<i>Staurastrum leptocladum</i> Nordstedt		X
<i>Staurastrum leptocladum</i> var. <i>smithii</i> Grönblad	X	X
<i>Staurastrum rotula</i> Nordstedt	X	X
<i>Staurastrum setigerum</i> Cleve	X	
<i>Staurastrum</i> sp. 1	X	X
<i>Staurastrum</i> sp. 2	X	X
<i>Staurastrum</i> sp. 3	X	X
<i>Staurastrum</i> sp. 4		X
<i>Staurastrum</i> sp. 5		X
<i>Staurastrum</i> sp. 6		X
<i>Staurodesmus cuspidatus</i> (Brébisson) Ralfs	X	
<i>Staurodesmus dejectus</i> (Brébisson ex Ralfs) Teiling	X	X

Continuação Tabela 2*Staurodesmus dickiei* (Ralfs) Lillieroth var. *rhomboideus* (West e West) Lillieroth f. *minor*

x

Zygogonium sp.

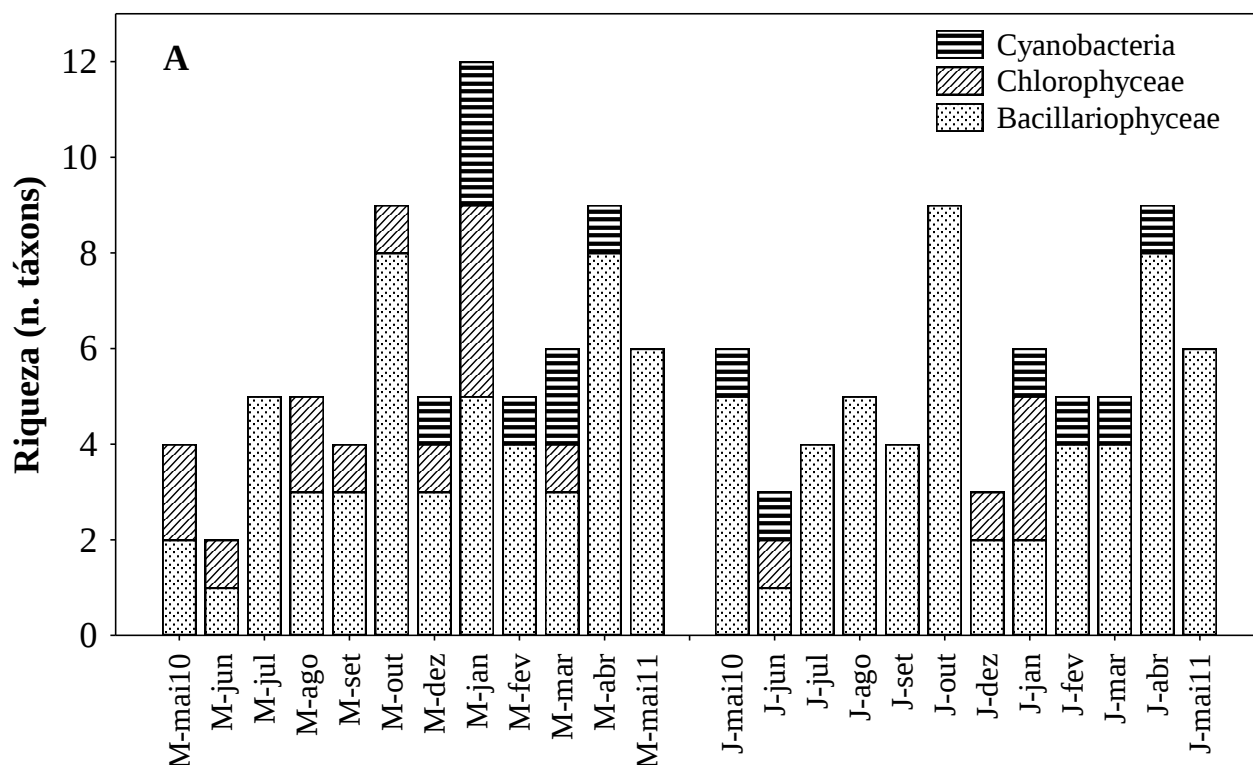
x

RHODOPHYCEAE	Montante	Jusante
<i>Batrachospermum</i> sp.1	x	x
<i>Batrachospermum</i> sp.2		x
<i>Chantransia</i> sp.	x	x
<i>Compsopogon coeruleus</i> (Balbis) Montagne	x	x
EUGLENOPHYCEAE		
<i>Euglena acus</i> (Müller) Ehrenberg	x	x
<i>Euglena oxyuris</i> Schmarda		x
<i>Hyalophacus ocellatus</i> Pringsheim		x
<i>Lepocinclis</i> sp.	x	
<i>Phacus</i> sp.	x	x
<i>Strombomonas</i> sp.	x	x
<i>Trachelomonas</i> cf. <i>hispida</i> (Pery) Stein	x	
<i>Trachelomonas lemmermannii</i> cf. var. <i>acuminata</i> Delflandre		x
<i>Trachelomonas</i> sp. 1		x
<i>Trachelomonoas</i> sp.2		x
CRASPEDOMONADOPHYCEAE		
<i>Codosiga</i> sp.		x
<i>Salpingoeca</i> sp. 1	x	x
<i>Salpingoeca</i> sp. 2	x	x
CHRY SOPHYCEAE		
<i>Mallomonas</i> sp. 1	x	
<i>Mallomonas</i> sp. 2	x	
<i>Mallomonas</i> sp. 3		x
<i>Mallomonas</i> sp. 4		x
<i>Mallomonas</i> sp. 5	x	x
<i>Mallomonas</i> sp.6	x	x
OEDOGONIOPHYCEAE		
<i>Oedogonium</i> sp. 1		x
<i>Oedogonium</i> sp. 2		x
<i>Oedogonium</i> sp. 3		x
<i>Oedogonium</i> sp. 4	x	
<i>Oedogonium</i> sp. 5	x	x
<i>Oedogonium</i> sp. 6	x	x
<i>Oedogonium</i> sp.7		x
<i>Oedogonium</i> sp.8	x	x
<i>Oedogonium</i> sp.9	x	
CHLAMYDOPHYCEAE		
<i>Chlamydomonas</i> sp.		x
<i>Volvox</i> sp.	x	
DINOPHYCEAE		
Dinoflagelado não identificado		x
XANTHOPHYCEAE		
<i>Pseudostaurastrum lobulatum</i> (Nägeli) Bourrelly	x	

A riqueza de espécies fitoplanctônicas nas estações 1 e 2 foi baixa, e esteve constituída por Bacillariophyceae, Chlorophyceae e Cyanobacteria (Figura 5A). As diatomáceas (Bacillariophyceae) foram as que mais contribuíram para a riqueza do ambiente estudado. Os maiores valores de riqueza de bacilariofíceas para ambas as estações, ocorreram nos meses de outubro 2010 e abril 2011. As cianobactérias, de uma maneira geral, foram registradas apenas no período do verão, quando ocorreram temperaturas mais elevadas (Tabela 1). As clorofíceas apresentaram maior contribuição à riqueza na estação 1, e foram registradas na estação 2 apenas nos meses de junho e dezembro de 2010 e janeiro de 2011.

Os valores de densidade fitoplanctônica foram extremamente baixos em ambas as estações amostradas (Figura 5B), com média de 25 ind.mL⁻¹ na estação localizada a montante (estação 1) e 19 ind.mL⁻¹ a jusante (estação 2).

Tanto na estação 1 quanto na 2, a densidade do período seco (inverno) esteve representada principalmente por Bacillariophyceae. Chlorophyceae e Cyanobacteria apresentaram as mais baixas densidades à jusante das Cataratas, com 19 e 38 ind.mL⁻¹ respectivamente. Em dezembro 2010 (verão), na estação 1, foi registrada a maior densidade fitoplanctônica do presente estudo, com um pico de 55 ind.mL⁻¹ da Cyanobacterira *Chamaesiphon*.



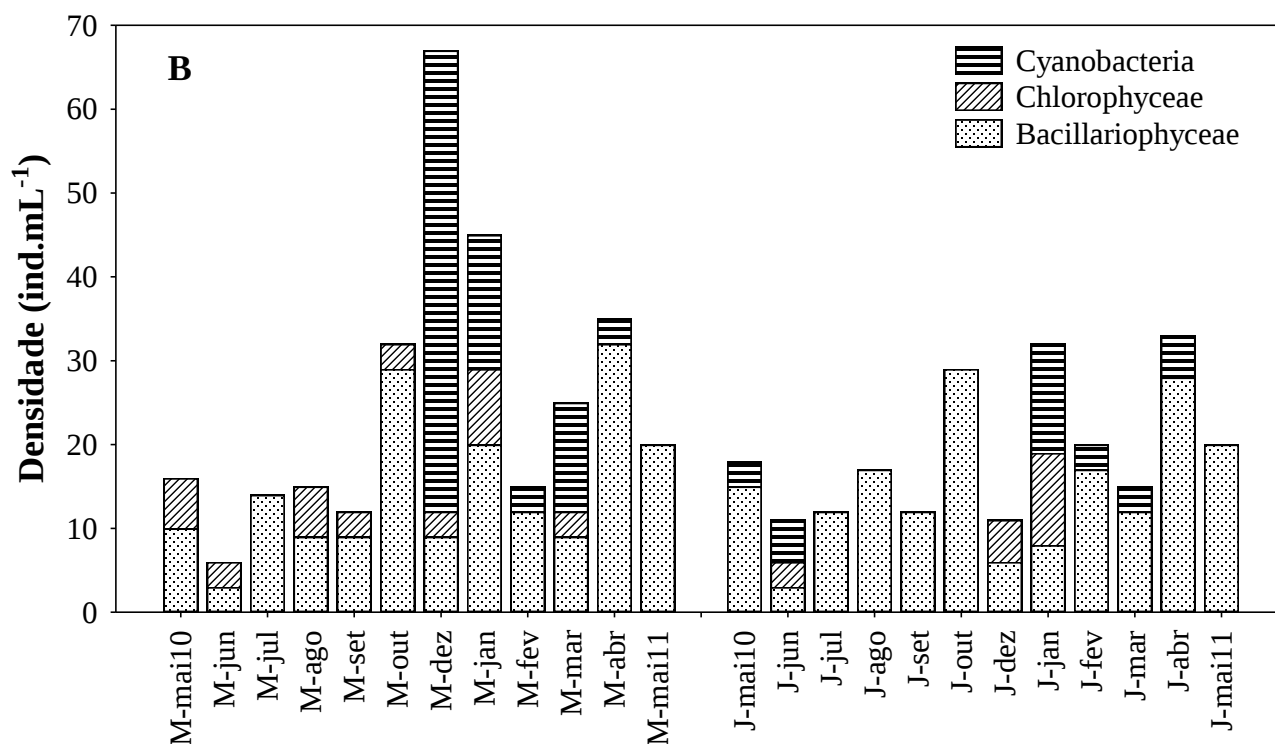


Figura 5. Variação mensal da riqueza (A) e densidade (B) fitoplanctônicas do Baixo Iguaçu, PNI, a montante - M (estação 1) e a jusante - J (estação 2) das Cataratas do Iguaçu, no período de maio de 2010 a maio de 2011.

Foram observados baixos valores médios para o índice de diversidade de Shannon (H') na estação a montante (1,56 bits.ind.⁻¹) e à jusante (1,58 bits.ind.⁻¹) das Cataratas do Iguaçu (Figura 6). Os maiores valores deste atributo foram registrados em outubro (2,1) e abril (montante = 2,1; jusante = 2,2) nas duas estações amostradas, e em janeiro apenas a montante (2,3), enquanto que os menores índices de diversidade de Shannon foram observados apenas na estação 1, nos meses de junho (0,69) e dezembro (0,72).

A comunidade fitoplanctônica do Baixo Iguaçu, PNI, apresentou de forma geral uma alta equitabilidade, com valores que variaram entre 0,45 em dezembro, estação 1, e 1,0 nos meses de junho, agosto, setembro e fevereiro (estação 1) e maio, julho, setembro e março (estação 2), indicando que as densidades das espécies se distribuíram homogeneamente em quase todo o período amostrado (Figura 6).

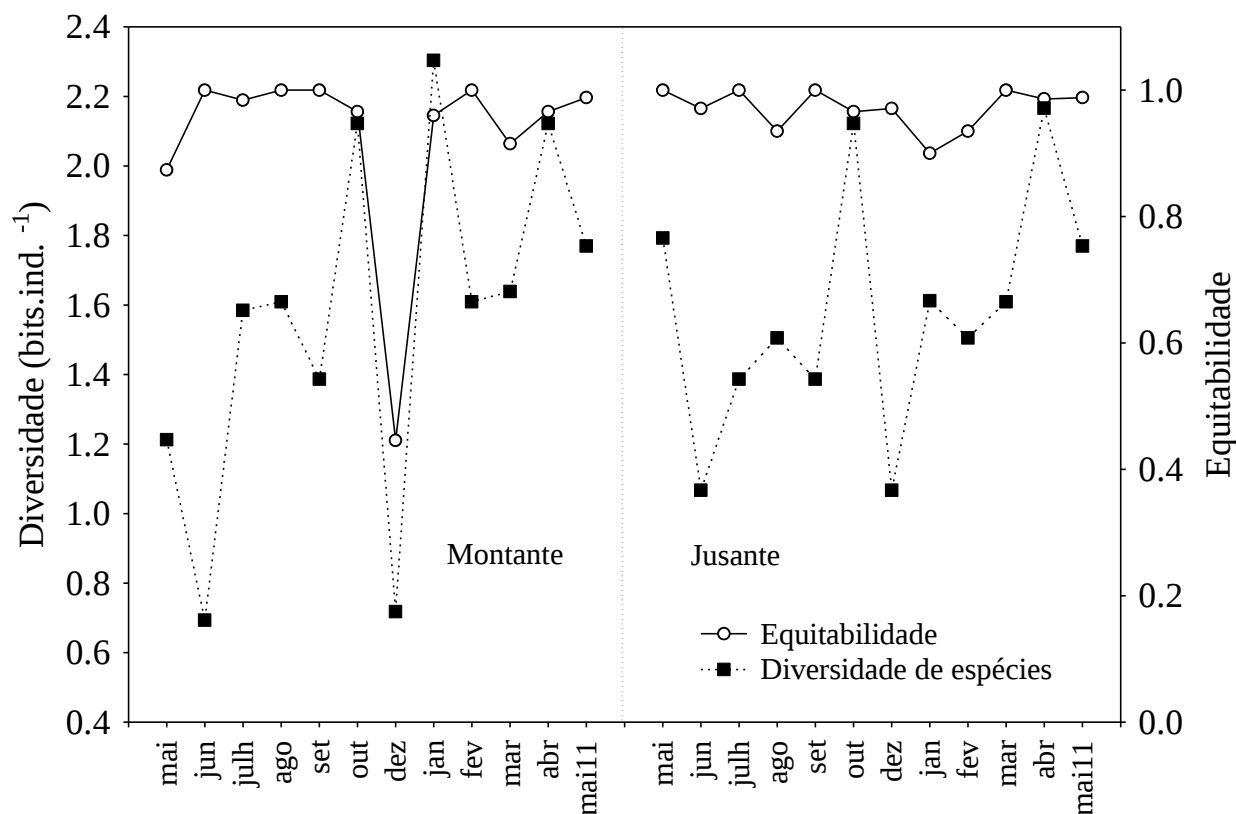


Figura 6. Variação mensal da diversidade de Shannon e equitabilidade da comunidade fitoplanctônica nas estações de amostragem, no período de maio de 2010 a maio de 2011.

A correlação de Spearman ($p < 0,05$) realizada entre os atributos da comunidade fitoplanctônica e os eixos significativos da PCA mostraram que as alterações na estrutura do fitoplâncton do rio Iguaçu foram observadas apenas para densidade ($p = -0,69$) e riqueza ($p = -0,76$) das Cyanobacteria, e estiveram correlacionadas com o pH, transparência da coluna d'água, condutividade elétrica, turbidez e vazão (variáveis significativas do eixo 1 da PCA).

A partir da MANOVA, verificou-se que os atributos da comunidade (densidade total, riqueza total, equitabilidade e diversidade de Shannon) não diferiram entre as estações de amostragem (Wilks: $\lambda = 0,82$; $p = 0,45$) e nem entre os períodos seco e chuvoso (Wilks: $\lambda = 0,75$; $p = 0,24$). Porém, quando avaliadas as densidades e riquezas das classes (Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Cyanobacteria) separadamente, observou-se diferenças sazonais significativas (Figura 7): Densidade (Wilks: $\lambda = 0,61$; $p = 0,02$) e Riqueza (Wilks: $\lambda = 0,60$; $p = 0,02$), mostrando em ambos os atributos uma tendência de aumento relacionada ao aumento dos índices pluviométricos. Esses resultados indicam a importância das variações climáticas (temperatura e pluviosidade) sobre a estruturação da comunidade fitoplanctônica do Baixo Iguaçu.

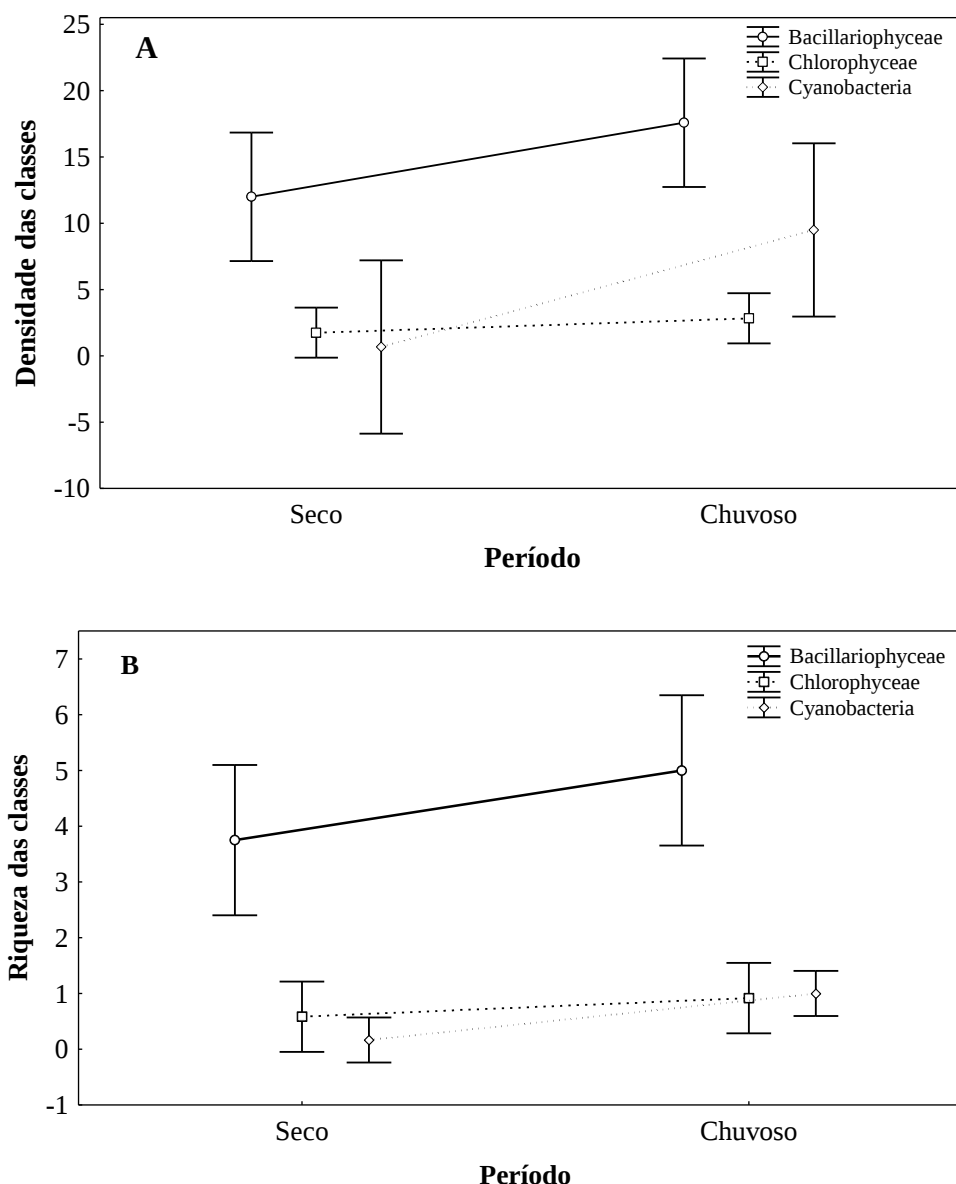


Figura 7: Variação da densidade (A) e riqueza (B) das classes fitoplanctônicas observadas no Baixo Iguaçu, no período seco e chuvoso.

4. Discussão

A alta complexidade taxonômica da comunidade fitoplanctônica registrada na região do Baixo Iguaçu também pôde ser observada por Descy (1993) no rio Moselle – França, Silva et al. (2001) no rio Corumbá – Brasil, Ha et al. (2002), no rio Nakdong – Coréia, Rodrigues et al. (2009) nos rios Paraná, Baía e Ivinhema – Brasil, Devercelli (2010) no rio Paraná – Argentina e por Descy et al. (2011) no rio Loire – França. Segundo Reynolds e Descy (1996), a composição fitoplanctônica de ecossistemas lóticos geralmente é representada por centenas de táxons, no entanto, a porcentagem de espécies potamoplantônicas é muito reduzida, como observado no presente estudo, onde muitas das algas registradas são da comunidade perifítica.

Na composição fitoplanctônica do presente estudo, os grupos taxonômicos mais representativos também foram relevantes nas pesquisas realizadas por Descy (1993), Wehr e Descy (1998), Rodrigues et al. (2009), Stevenson (2009), Devercelli (2010), Twiss et al. (2010) e Descy et al. (2011) em diversos rios. A reduzida contribuição de cianobactérias para o fitoplâncton do Baixo Iguaçu, cerca de 10% do total de táxons identificados, também foi registrada por O'Farrell et al. (2002) para o rio Luján. As espécies de Cyanobacteria são muito sensíveis às altas vazões observadas nos ecossistemas lóticos (Rodrigues et al., 2009), o que justifica os resultados obtidos nesses estudos.

As diferenças na composição do fitoplâncton do Baixo Iguaçu entre as estações 1 (montante) e 2 (jusante) podem estar relacionadas à profundidade, transparência da coluna d'água, vazão, velocidade de correnteza e turbulência do rio entre os dois trechos amostrados, bem como aos distintos níveis de adaptação das espécies fitoplanctônicas a essas variações, uma vez que as mesmas apresentam requerimentos fisiológicos específicos quanto à incidência luminosa e concentração de nutrientes nos ecossistemas lóticos (Stevenson, 2009).

A constatação de um maior número de espécies de bacilariofíceas a jusante das quedas, principalmente da ordem Pennales, que segundo Train et al. (2000) são tipicamente bentônicas, indica a forte influência da correnteza nesse trecho amostrado, aumentando dessa forma a influência da região marginal do rio, formada basicamente por paredões rochosos, cuja largura é cerca de dez vezes menor que a encontrada a montante.

A contribuição de táxons bentônicos (perifíticos) é comum em sistemas lóticos, pois estes podem se desprender dos substratos devido à vazão e à forte correnteza dos rios, sendo então transportados pelo fluxo da água (Lair e Reyes-Marchant, 1997; Soares et al., 2007; Stevenson, 2009). Descy et al. (2011) observaram que mais de 70% das espécies de diatomáceas identificadas no rio Loire eram bentônicas e não potamoplanctônicas, assim como no Baixo Iguaçu.

Já na estação 1 (montante), a menor contribuição de diatomáceas perifíticas pode estar relacionada às características das margens do rio nesse trecho (ausência de paredões rochosos), bem como à velocidade de corrente e turbulência inferiores em relação às observadas na estação 2. Esses fatores tornam a consequente ressuspensão do sedimento reduzida, diminuindo a diversidade taxonômica de bacilariofíceas inventariadas.

A alta contribuição de Bacillariophyceae, como observado neste estudo, tem sido comumente registrada em rios, nos quais este é um dos principais grupos que compõem a comunidade fitoplanctônica (Wehr e Descy, 1998; Train et al., 2000; Ha et al., 2002; O'Farrell et al., 2002; Borges et al., 2003; Rodrigues et al., 2009), isso devido ao seu baixo requerimento em incidência luminosa e à sua adaptação a ambientes turbulentos (Reynolds, 1995; O'Farrell et al., 2002; Raven e Waite, 2004; Silva et al., 2005; Soares et al., 2007; Rodrigues et al., 2009).

Os maiores valores de diversidade de Shannon registrados em ambas as estações de amostragem foram observados no período chuvoso (verão), e estão relacionados à ampla contribuição das bacilariofíceas tanto para a riqueza quanto para a densidade do fitoplâncton no Baixo Iguaçu. No entanto, é importante ressaltar que a riqueza e densidade da classe Bacillariophyceae foram representativas não apenas no período de chuva, mas também de seca (inverno).

De acordo com Cavalcanti e Larrazábal (2004), a diversidade de Shannon pode ser avaliada como muito baixa (valores inferiores a 1,0 bits.ind.⁻¹), baixa (entre 2,0 e 1,0), média (entre 3,0 e 2,0) e alta (acima de 3,0). Segundo estes critérios, a diversidade da comunidade fitoplanctônica registrada nos trechos a montante e a jusante das Cataratas do Iguaçu, Baixo Iguaçu, pode ser classificada como muito baixa a média.

Esses resultados são esperados, uma vez que o trecho estudado do rio Iguaçu encontra-se situado à jusante da cascata de reservatórios instalada nesse rio. Segundo Henry (1999), as perturbações não-cíclicas produzidas pela operação das barragens, em rios controlados, bem como por outras ações antropogênicas tornam as comunidades biológicas instáveis e gradativamente mais simples.

Os resultados observados para o Baixo Iguaçu diferem daqueles obtidos por Devercelli (2010), cuja diversidade média observada no rio Paraná (Argentina) pôde ser classificada como alta (3,27 - 3,43), e por Descy et al. (2011), onde a diversidade de Shannon para o rio Loire variou de muito baixa (0,34) a alta (5,78). Diferentemente do rio Iguaçu, o rio Paraná (Argentina) é caracterizado por apresentar grande carga de material em suspensão, como também o chamado regime hidrossedimentológico – com a formação de planícies de inundação - o que aumenta a sua riqueza de espécies potamoplanctônicas, bem como o número de espécies esporádicas, que são principalmente incorporadas ao canal principal deste rio como consequência das flutuações hidrológicas, acarretando na alta diversidade observada por Devercelli (2010).

O fitoplâncton do Baixo Iguaçu apresentou características semelhantes às observadas por Soares et al. (2007) no rio Pomba (MG), em que a diversidade e riqueza de espécies foi muito baixa, por Rodrigues et al. (2009) no rio Ivinhema (MS), onde a riqueza fitoplanctônica abrangeu uma alta proporção de espécies raras e a densidade, de uma maneira geral, foi muito baixa, e por Devercelli (2010) no Médio rio Paraná (Argentina), onde em condições hidrológicas normais, o fitoplancton deste rio apresentou uma baixa densidade.

O aumento dos valores de densidade observado em dezembro de 2010, na estação a montante das Cataratas do Iguaçu, com dominância da cianobactéria *Chamaesiphon*, ressalta a contribuição da comunidade perifítica para o potamoplâncton, principalmente em períodos de maior vazão e turbulência. Assim como observado para o rio Luján (O'Farrell et al., 2002), as densidades

fitoplanctônicas mais elevadas no Baixo Iguaçu foram registradas no final da primavera e início do verão.

Na distribuição da diversidade e equitabilidade fitoplanctônicas do ambiente estudado, é possível observar que houve uma variação brusca exatamente no mês de dezembro (2010), devido ao pico de densidade registrado de *Chamaesiphon* sp., havendo dominância dessa espécie em relação às demais, e não mais uma homogeneidade na distribuição da densidade do fitoplâncton entre os locais de amostragem – equitabilidade relativamente baixa.

A baixa diversidade e alta equitabilidade fitoplanctônicas observadas no trecho amostrado do rio Iguaçu podem estar relacionadas à correlação negativa comumente registrada em ambientes lóticos, entre os valores de diversidade e biomassa do fitoplâncton e os níveis de vazão dos rios, ou seja, com o aumento da vazão, há uma tendência de diminuição da riqueza e densidade fitoplanctônicas, devido à maior taxa de diluição associada a este evento (Descy, 1993; Wher e Descy, 1998; Zalocar de Domitrovic et al., 2007), somando-se a isso a contribuição relativamente grande de espécies raras à riqueza do fitoplâncton do Baixo Iguaçu, que segundo Rodrigues et al. (2009), resulta em uma alta equitabilidade.

Além das consequências oriundas da grande taxa de diluição observada em certos ambientes lóticos, a baixa diversidade das espécies fitoplanctônicas também é decorrente da necessidade de que haja períodos de estabilidade da coluna d'água para que alguns grupos algais, como das clorófitas, possam realizar a colonização desses ecossistemas (Stevenson, 2009), situação essa dificilmente observada em rios, já que esses apresentam fluxo contínuo.

Quanto à ordenação dos dados abióticos realizada pela PCA, observou-se uma tendência de separação apenas sazonal (períodos seco e chuvoso), isso indica que a não diferenciação limnológica da água do Baixo rio Iguaçu nos trechos a montante e a jusante das quedas pode estar relacionada, dentre outros fatores, à distância relativamente curta entre as estações de amostragem (aproximadamente 12 km), somando-se a isso a não observação de atividades antrópicas (indústrias, agricultura) nos trechos próximos aos locais da coleta, que acarretariam em um aumento das concentrações principalmente de nitrogênio e fósforo nesse ambiente (Dodds e Whiles, 2010), diferentemente do observado nas regiões do Alto e Médio Iguaçu (Sema, 2010).

A concentração de nutrientes nos ecossistemas lóticos, que geralmente apresenta-se em proporções superiores ao requerimento das algas (Salmaso e Zignin, 2010), pode não atuar como fator limitante para o desenvolvimento do fitoplâncton, como observado por Descy (1993) no rio Moselle – França, Zalocar de Domitrovic et al. (2007) no Médio rio Paraná – Argentina, Centis et al. (2010) no rio Adige – Itália, Twiss et al. (2010) no rio Saint Lawrence – Canadá, Descy et al. (2011) no rio Loire – França, e também no rio Iguaçu, para o presente estudo. Entretanto, não deve

ser descartada a avaliação da influência da concentração dos nutrientes sobre o desenvolvimento longitudinal da comunidade fitoplanctônica em rios (Wher e Descy, 1998).

A dinâmica do potamoplâncton responde primeiramente aos fatores físicos ambientais, podendo sofrer consideráveis variações no tempo e no espaço (Descy et al., 2011). Esse pode ser o motivo pelo qual a estrutura fitoplanctônica em rios de grande porte frequentemente não apresenta correlações fortes com as variáveis químicas da água (Wher e Descy, 1998).

Os valores de densidade e riqueza da Classe Cyanobacteria correlacionaram-se com a temperatura da água, evidenciando uma marcada sazonalidade para a região de estudo, bem como com outras variáveis limnológicas da água (condutividade elétrica, turbidez, pH e vazão). As cianobactérias obtiveram riqueza e densidades mais significativas nos meses de verão, quando a temperatura da água foi mais elevada, estando de acordo com condições favoráveis para o desenvolvimento dessas algas (Dokulil e Teubner, 2000).

5. Considerações Finais

Com base nos dados apresentados acima, conclui-se que não houve uma diferenciação espacial significativa da riqueza total, densidade total, diversidade de Shannon e equitabilidade da comunidade fitoplanctônica do rio Iguaçu. Esses resultados indicam que a heterogeneidade das condições hidrológicas do rio (profundidade, velocidade de correnteza, turbulência) a montante e a jusante das Cataratas do Iguaçu não causou uma compartimentalização longitudinal do rio no que diz respeito aos atributos da comunidade. Diferentemente do registrado quanto à composição do fitoplâncton, onde foram observadas diferenças acentuadas entre as estações 1 e 2. Por outro lado, a variação sazonal da temperatura e dos índices pluviométricos, com a tendência de separação dos períodos em seco e chuvoso, influenciou significativamente na composição e estrutura da comunidade fitoplanctônica desse ecossistema lótico, mostrando uma tendência de aumento da riqueza e densidade das classes no período chuvoso.

Compreender o papel das variáveis ambientais sobre a ecologia das comunidades algais é um dos primeiros passos para o manejo adequado dos ecossistemas lóticos (Stevenson, 2009). Esse conhecimento prévio acarretará em medidas apropriadas de utilização dos benefícios fornecidos pelos rios, como os usos múltiplos da água – abastecimento público, navegação, recreação, pesca, dentre outros.

6. Referências

- APHA - American Public Health Association. 1995. *Standart methods for the examination of water and wasterwater* 19th edn. APHA, Washington DC.
- BARBOSA, F.A.R., PADISÁK, J., ESPÍNDOLA, E.L.G., BORICS, G. and ROCHA. O. 1999. The cascading reservoir continuum concept (CRCC) and its application to the river Tietê-Basin, São Paulo State, Brazil. In: TUNDISI, J.G. and STRAKRABA. (Eds). *Theorical Reservoir Ecology and its Applications*. International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences and Backhuys Publishers, São Carlos: 425-437.
- BICUDO, C.E.M. and MENEZES, M. 2006. *Gêneros de Algas de Águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições*. São Carlos: Rima.
- BORGES, P.A.F., RODRIGUES, L.C., THOMAZ, A.P. and TRAIN, S. 2003. Spatial variation of phytoplankton and some abiotic variables in Pirapó River- PR (Brazil) in August 1999: a preliminary study. *Acta Scientiarum: Biological Sciences*, vol. 26, no. 1, p. 1-8.
- BORICS, G., VÁRBÍRÓ, G., GRIGORSZKY, I., KRASZNAI, E. K., SZABÓ, S and KISS, K. T. 2007. A new evaluation technique of potamo-plankton for the assessment of the ecological status of Rivers. *Archives of Hydrobiology* (suppl.), vol. 161, no. 3-4, p. 465-486.
- BOVO-SCOMPARIN, V.M. and TRAIN, S. 2008. Long-term variability of the phytoplankton community in an isolated floodplain lake of the Ivinhema River State Park, Brazil. *Hydrobiologia*, vol. 610, p. 331-344.
- BRASIL - *Portal Brasil*. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/sobre/geografia/mapas/hidrografia>. (Acesso em 12 /12/ 2011).
- BRASSAC, N.M. and LUDWIG, T.A.V. 2006. Diatomáceas da Bacia do Rio Iguaçu, Paraná, Brasil: *Pinnularia* e *Caloneis*. *Hoehnea*, vol. 33, no. 2, p. 127-142.
- CAVALCANTI, E.A.H. and LARRAZÁBAL, M.E.L. 2004. Macrozooplâncton da zona econômica exclusiva do nordeste do Brasil (segunda expedição oceanográfica – REVIZEE/NE II) com ênfase em Copepoda (Crustacea). *Revista Brasileira de Zoologia*, vol. 21, no. 3, p. 467-475.
- CENTIS, B., TOLOTTI, M. and SALMASO, N. 2010. Structure of the diatom community of the River Adige (North- Eastern Italy) along a hydrological gradient. *Hydrobiologia*, vol. 639, p. 37-42.
- CHELLAPPA, N.T., CÂMARA, F.R.A. and ROCHA, O. 2009. Phytoplankton community: indicator of water quality in the Armando Ribeiro Gonçalves Reservoir and Pataxó Channel, Rio Grande do Norte, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia = Brazilian Journal of Biololgy*, vol. 69, no. 2, p. 241-251.
- DESCY, J.P. 1993. Ecology of the phytoplankton of the River Moselle: effects of disturbances on community structure and diversity. *Hydrobiologia*, no 249, p. 11-116.

- DESCY, J.P., LEITA, M., EVERBECQ, E., SMITZ, J.S. and DELIÉGE, J.F. 2011. Plankton of the River Loire, France: a biodiversity and modelling study. *Journal of Plankton Research*, p. 1-16.
- DEVERCELLI, M. 2010. Changes in phytoplankton morpho-functional groups induced by extreme hydroclimatic events in the Midle Paraná River (Argentina). *Hydrobiologia*, vol. 639, p. 5-19.
- DODDS, W. and WHILES, M. 2010. Physiography of flowing water. In DODDS, W. e WHILES, M (Eds.) *Freshwater Ecology: concepts e environmetal applications of limnology*. 2 ed. Elsevier, 811 p.
- DOKULIL, M.T. and TEUBNER, K. 2000. Cyanobacterial dominance in lakes. *Hydrobiologia*, vol. 438, p. 1-12.
- ESTEVEES, F.A. and SUZUKI, M.S. 2011. Comunidade fitoplanctônica. In ESTEVEES, F.A. (Coord.) *Fundamentos de Limnologia*. 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 826 p.
- GUIMARÃES, A.E., LOPES, C.M., MELLO, R.P. and ALENCAR, J. 2003. Ecologia de mosquitos (Díptera, Culicidae) em áreas do Parque Nacional do Iguaçu, Brasil: 1 – Distribuição por habitat. *Caderno de Saúde Pública*, vol. 19, no. 4, p. 1107-1116.
- HA, K., JANG, M and JOO, G. 2002. Spatial and temporal dynamics of phytoplankton communities along a regulated river system, the Nakdong River, Korea. *Hydrobiologia*, vol. 470, p. 235-245.
- HENRY, R. 1999. *Ecologia de Reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais*. FAPESP/FUNDBIO. 799.
- INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ – IAP. Disponível em: http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/programas_e_projetos/iguacu.pdf. (Acesso em 20/04/ 2010).
- JACKSON, D.A 1993 . Stopping rules in principal component analysis. *Ecology*, vol. 74, p. 2204–2214.
- KOMÁREK, J. and ANAGNOSTIDIS, K. 1989. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 4 - Nostocales. *Algological Studies*, vol. 56, p. 247-345.
- LAIR, N. and REYES-MARCHANT, P. 1997. The potamoplankton of the Middle Loire and the role of the “moving littoral” in downstream transfer of algae and rotifers. *Hydrobiologia*, vol. 356, p. 33-52.
- MAACK, R. 2002. *Geografia física do Estado do Paraná*. 3. ed. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio. 438 p.
- MARGALEF, R. 1983. *Limnologia*. Barcelona: Ediciones Omega. 1010 p.
- MCCUNE, B. and M. J. MEFFORD, 1999. PC-ORD. *Multivariate analysis of ecological data, version 4.0*. MjM Software Design, Gleneden Blach, Oregon.
- NEIFF, J.J. 1996. Large rivers of South America: toward the new approach. *Verhandlugen des Internationalen Verein Limnologie*, vol. 26, p. 167-180.

- NOGUEIRA, M.G., FERRAREZE, M., MOREIRA, M.L. and GOUVÊA, R.M. 2010. Phytoplankton assemblages in a reservoir cascade of a large tropical – subtropical river (SE, Brazil). *Revista Brasileira de Biologia = Brazilian Journal of Biology*, vol. 70, no. 3, p. 781-793.
- O'FARRELL, I., LOMBARDO, R.J., PINTO, P.T. and LOEZ, C. 2002. The assessment of water quality in the Lower Luján River (Buenos Aires, Argentina): phytoplankton and algal bioassays. *Environmental Pollution*, vol. 120, p. 207-218.100.
- PADISÁK, J. 1993. The influence of different disturbance frequencies on the species richness, diversity and equitability of phytoplankton in shallow lakes. *Hydrobiologia*, vol. 249, p. 135-156.
- Parque Nacional do Iguaçu: Caminho aberto para a vida.* 2002. Curitiba: Rede nacional Pró- Unidades de Conservação, rede verde de informações ambientais, 112 p.
- PERBICHE-NEVES, G., FERRAREZE, M.F., SERAFIM-JÚNIOR, M., SHIRATA, M.T. and LAGOS, P.E.D. 2011. Influence of atypical pluviosity on phytoplankton assemblages in a stretch of a large sub-tropical river (Brazil). *Biologia Section Botany*, vol. 66, no. 1, p. 33-41.
- PIELOU, E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collection. *Journal of Theoretical Biology*, no 13, p. 131-144.
- RAVEN, J.A. and WAITE, A.M. 2004. The evolution of silicification in diatoms: inescapable sinking and sinking as escape? *New phytologist*, vol. 162, p. 45-61.
- REYNOLDS, C.S. 1988. Potamoplankton: paradigms, paradoxes and prognoses. In ROUND, F.E. (Ed.) *Algae and Aquatic environment*. Biopress: Bristol, England, p. 283-311.
- REYNOLDS, C.S. and DESCY, J.P. 1996. The production, biomass and structure of phytoplankton in large rivers. *Archives of Hydrobiology*, vol. 1-4, p. 161-187.
- REYNOLDS, C.S. 2006. *Ecology of Phytoplankton*. Cambridge: Ed. University Press. 535 p.
- RODRIGUES, S.C., TORGAN, L. and SCHWARZBOLD, A. 2007. Composição e variação sazonal da riqueza do fitoplâncton na foz de rios do delta do Jacuí, RS, Brasil. *Acta botânica brasílica*, vol. 21, no. 3, p. 707-721.
- RODRIGUES, L.C., TRAIN, S., BOVO-SCOMPARIN, V.M., JATI, S., BORSALLI, C.C.J. and MARENGONI, E. 2009. Interannual variability of phytoplankton in the main Rivers of the Upper Paraná River floodplain, Brazil: influence of upstream reservoirs. *Revista Brasileira de Biologia = Brazilian Journal of Biology*, vol. 69, p. 501-516.
- SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEMA. 2010. *Revista Bacias Hidrográficas do Paraná – Série Histórica*. Curitiba, p. 1-140.
- SALAMUNI, R., SALAMUNI, E., ROCHA, L. A. and ROCHA, A. L. 2002. Parque Nacional do Iguaçu, PR: Cataratas de fama mundial. In SCHOBENHAUS, C., CAMPOS D. A., QUEIROZ E. T., WINGE, M. and BERBERT-BORN, M. L. C. (Eds.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do*

- Brasil. DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), Brasília, p. 313-321.
- SALMASO, N. and ZIGNIN, A. 2010. At the extreme of physical gradients: phytoplankton in highly flushed, large rivers. *Hydrobiologia*, vol. 639, p. 21-36.
- SCHEINER, S.N. and GUREVITCH, J. 1993. *Design and analysis of ecological experiment*. New York: Chapman and Hall. 434p.
- SHANNON, C.E. and WEAVER, W. 1963. *The mathematical theory of communication*. Illinois: University Press, Urbana.
- SILVA, C.A., TRAIN, S. and RODRIGUES, L.C. 2001. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica a jusante e montante do reservatório de Corumbá, Caldas Novas, Estado de Goiás, Brasil. *Acta Scientiarum: Biological Sciences*, vol. 23, no. 2, p. 283-290.
- SILVA, C.A., TRAIN, S. and RODRIGUES, L.C. 2005. Phytoplankton assemblages in a Brazilian subtropical cascading reservoir system. *Hydrobiologia*, vol. 537, p. 99-109.
- SIMEPAR – Instituto Tecnológico Simepar. Disponível em: <http://www.simepar.br/tempo/clima/clima.jsp>. (Acesso em 24/11/ 2011).
- SOARES, M.C.S., HUSZAR, V.L.M. and ROLAND, F. 2007. Phytoplankton dynamics in two tropical river with different degrees of human impact (Southeast Brazil). *River research and applications*, vol. 23, p. 698-714.
- STATSOFT INC. 2005. Statistica (data analysis software system) version 7.1. Available at: www.statsoft.inc.
- STEVENSON, R.J. 2009. Algae of River Ecosystems. In LIKENS, G.E. (Ed.) *River Ecosystem Ecology: a global perspective*. San Diego: Academic Press, 411 p.
- TRAIN, S., OLIVEIRA, M.D. and QUEVEDO, M.T. 2000. Dinâmica sazonal da comunidade fitoplanctônica de um canal lateral (Canal Cortado) do Alto Rio Paraná (PR, Brasil). *Acta Scientiarum: Biological Sciences*, vol. 22, p. 389-395.
- TWISS, M.R., ULRICH, C., KRING, S.A., HAROLD, J. and WILLIAMS, M.R. 2010. Plankton dynamics along a 180 Km reach of the Saint Lawrence River from its headwaters in Lake Ontario. *Hydrobiologia*, vol. 647, p. 7-20.
- UTERMÖHL, H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodic. *Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, vol. 9, p. 1-38.

VANNOTE, R.L., MINSHALL, G.W., CUMMINS, K.W., SEDELL, J.R. and CUSHING, C.E. 1980. The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 37, p. 130-137.

WEHR J.D. and DESCY, J.P. 1998. Use of phytoplankton in large river management. *Journal of Phycology*, no. 34, p. 741-749.

WETZEL, R.G. 1993. *Limnologia*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 919 p.

WETZEL, R.G. 2001. *Limnology: Lake and River Ecosystems*. 3 Ed. San Diego: Academic Press, 1006 p.

ZALOCAR DE DOMITROVIC, Y., DEVERCELLI, M. and GARCIA DE EMILIANI, M. O. 2007. *Phytoplankton*. In The Midle Paraná River: Limnology of a Subtropical Wetland, p. 177-203.

ZOHARY, T., PADISÁK, J. and NASELLI-FLORES, L. 2010. Phytoplankton in the physical environment: beyond nutrients, at the end, there is some light. *Hydrobiologia*, no. 639, p. 261-269.

7. Anexo (Normas Brazilian Journal of Biology)