

O uso de diferentes compartimentos do ambiente aquático como ferramenta ao estudo de Limnologia e Sustentabilidade – um enfoque ficológico

Albano Geraldo Emilio Magrin¹

Leandro João Carneiro de Lima Moraes²

Resumo: Através da abordagem ficológica, estudou-se diferentes compartimentos de um ambiente aquático localizado no *campus* da UFSCar em Sorocaba, durante o segundo semestre de 2008. Amostrou-se diferentes comunidades de algas e seus gêneros foram determinados. Foi possível estabelecer uma correlação entre os compartimentos e os hábitos de vida de cada gênero, evidenciando-se adaptações e estratégias de sobrevivência próprias. O trabalho indicou também que essa abordagem se mostra eficiente no estudo da Limnologia, oportunizando a formação de uma cultura sustentável nos educandos.

Palavras-chave: Limnologia; algas continentais; córrego do Utinga; microbacia do rio Sorocaba.

Resumen: A través de un enfoque ficológico, se estudiaron diferentes sectores de un ambiente acuático ubicado en el *campus* de la UFSCar en Sorocaba, durante el segundo semestre de 2008. Se muestrearon diferentes comunidades de algas y se determinó su composición a nivel genérico. Fue posible establecer una correlación entre los diferentes sectores del ambiente acuático y los hábitos de vida de los géneros, evidenciándose adaptaciones y estrategias particulares de sobrevivencia. El trabajo indicó también que este enfoque es eficiente en estudios limnológicos, favoreciendo la formación de una cultura sustentable en los estudiantes.

Palabras-clave: Limnología; algas continentales; arroyo Utinga; micro-cuenca del río Sorocaba.

1 Introdução

Limnologia pode ser definida como o estudo ecológico de todas as massas d'água continentais, independentemente de sua origem, dimensões e concentrações salinas. Sendo uma ciência ecológica, a Limnologia na verdade é resultante da interação de várias outras ciências como a Botânica, a Zoologia, a Química, a Física, a

¹ UFSCar, *campus* Sorocaba – albano@ufscar.br (autor para correspondência)

² Aluno Bacharelado em Ciências Biológicas UFSCar, *campus* Sorocaba – leandro.jclm@gmail.com

MAGRIN, A. G. E.; MORAES, L. J. C. de L.

Matemática, a Geologia, a Meteorologia, entre outras (ESTEVES, 2011). Ficologia é a parte da Botânica que trata das algas, plantas muito simples, não relacionadas entre si, sem grandes diferenciações morfológicas, desprovidas de tecidos verdadeiros, não apresentando flores, nem frutos nem sementes (RAVEN et al., 2007). Algumas algas são tão simples que são formadas de uma única célula (unicelulares), outras por um número reduzido de células reunidas numa massa mais ou menos ordenada (coloniais). Há ainda algas que formam fileiras de células unidas ponta a ponta (filamentosas) e muitas vezes estas podem sofrer ramificações. Formas mais avançadas de algas apresentam lâminas, estipes e apressórios de fixação que imitam partes de vegetais superiores como, respectivamente, folhas, caules e raízes, como acontece em algas macroscópicas marinhas.

No ambiente aquático continental (águas doces), as algas não atingem as dimensões encontradas nos representantes marinhos mas desempenham um papel ecológico fundamental que é o da produção primária, isto é, a produção de matéria orgânica a partir da fotossíntese, que utiliza a energia luminosa, gás carbônico, água e sais minerais para a elaboração de moléculas de carboidratos que irão fazer parte das cadeias alimentares. São, dessa forma, a base das cadeias alimentares aquáticas.

Lagos e rios são considerados ambientes compartimentalizados pois apresentam zonas distintas caracterizadas por determinados padrões e comunidades estabelecidas. É comum os limnólogos considerarem quatro compartimentos no ambiente lacustre, a região litorânea ou ripária, a região limnética ou pelágica, a região profunda e a região de interface água-ar (ESTEVES, 2011). Em rios e córregos, processos de deposição e remoção de sedimentos, associados com o fluxo contínuo da água, faz com que geralmente sejam reconhecidos como sistemas abertos de estrutura tridimensional (longitudinal, lateral e vertical), caracterizados por processos hidrológicos e geomorfológicos altamente dinâmicos (PETTS, 2000).

Um dos grandes desafios do século XXI é a disponibilidade de água de boa qualidade e quantidade para o consumo humano e para suas atividades de produção. Apesar de considerada escassa, a água doce está presente sob várias formas nas cidades e no campo, seja como um rio, um córrego, um açude, lago, represa ou mesmo um brejo temporariamente inundado. Corpos d'água hoje poluídos e sem qualidade ambiental, já

O uso de diferentes compartimentos do ambiente aquático ...

foram ambientes naturais antes das intervenções impactantes praticadas pelo homem. Alguns podem se configurar como indicadores de condições ambientais passadas, consideradas boas, e devem ser estudados, conhecidos e conservados, com o propósito da produção de informação e conhecimento como ferramentas imprescindíveis para mudar a postura do homem em relação ao seu ambiente. Por isso, já se discute entre os limnólogos internacionais que lagos e represas podem ser considerados sentinelas, integradores e reguladores de mudanças climáticas. Situados geralmente nas cotas mais baixas do relevo circundante, captam informações de toda bacia hidrográfica. Através de suas respostas físicas, químicas e biológicas frente ao clima, fornecem sinais ricos em informações. Seus sedimentos arquivam e integram esses sinais, permitindo a prospecção climática ao longo de anos ou milênios passados. Por fim, pode-se afirmar que lagos e represas são também grandes sítios de ciclagem do carbono na paisagem e, como tais, importantes reguladores das mudanças climáticas, processando carbono do meio terrestre e atmosférico, bem como do aquático (WILLIAMSON et al., 2009).

Este trabalho faz parte de um projeto desenvolvido durante a disciplina “Introdução à Ficologia”, ofertada no segundo semestre letivo de 2008, nos cursos de Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, objetivando aliar o conhecimento ficológico ao ensino da Limnologia e à formação de uma cultura voltada na busca de práticas sustentáveis no profissional formado pela Instituição.

2 Área de estudo

O córrego do Utinga nasce próximo ao município de Salto de Pirapora e margeia o território do *campus* da UFSCar em Sorocaba. Geograficamente, este córrego faz parte da microbacia hidrográfica do rio Sorocaba e Médio Tietê, com o seguinte trajeto (cada etapa deságua na seguinte): córrego do Utinga→rio Ipaneminha→rio Ipanema→rio Sorocaba→rio Tietê→rio Paraná→bacia do Prata→oceano Atlântico. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima local é Cwa, isto é, subtropical (ou tropical de altitude), com uma estação seca bem definida, de maio a outubro, e uma estação chuvosa, de novembro a abril, com temperaturas médias variando de 18 a 22°C.

De trechos em trechos, este córrego é represado através da construção de diques para benefício de proprietários e produtores rurais, formando pequenas represas. Uma destas, a represa do Utinga, localizada nas coordenadas geográficas 23° 35' S e 47° 31' O, foi escolhida como modelo de estudo para este trabalho em virtude de abrigar diferentes micro-habitats utilizados como biótopos ou compartimentos amostrais (Figura 1). Na margem direita da represa encontram-se fragmentos de mata ciliar nativa e na margem esquerda um campo aberto utilizado como pastagem. Na região litorânea encontram-se típicas vegetações palustres como as taboas (*Typha* sp.), gramíneas e ciperáceas anfibias de pequeno porte e macrófitas aquáticas como a samambaia aquática *Salvinia* sp. (orelha-de-onça), *Myriophyllum* sp. (pinheirinho-d'água) e *Pistia stratiotes*. (alface-d'água).

3 Materiais e métodos

Para fins de amostragens dos diferentes compartimentos aquáticos, foram selecionados dois ambientes distintos quanto ao fluxo d'água, um de águas paradas (ambiente lântico) e outro de águas correntes (ambiente lótico), como pode ser visualizado na Figura 2. A definição didática de cada um dos compartimentos e suas respectivas comunidades ficológicas são mostradas no Quadro 1 e são baseadas nas definições dadas por Esteves (2011).

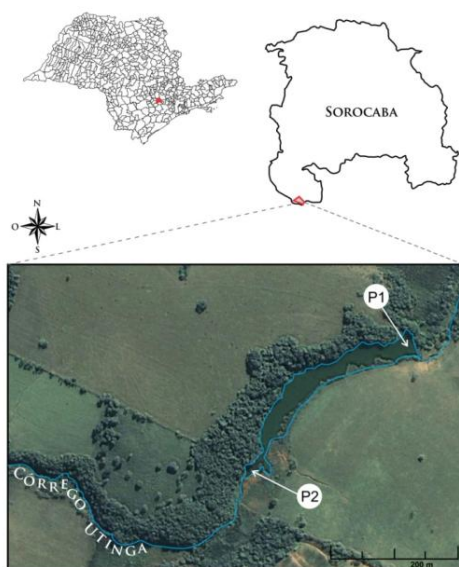


Figura 1. Localização da represa do Utinga no contexto estadual e municipal, mostrando os pontos de coletas P1 e P2 (Imagem Google Earth).



Figura 2. Imagens dos compartimentos lênticos (P1 e P2) e lótico (P3) da represa do Utinga. (Fotos Leandro Moraes).

Quadro 1. Definições dos compartimentos utilizados no presente estudo e suas respectivas comunidades de algas.

Ambiente	Compartimento	Comunidade de algas
Lêntico Águas estacionárias ou paradas, como por exemplo, lagos, açudes ou represas	Região limnética ou pelágica Compartimento do lago formado por águas mais profundas e abertas em relação ao litoral	Algas planctônicas Algas flutuantes desprovidas de movimentos próprios capazes de se opor aos movimentos d'água (fitoplâncton)
	Região litorânea ou ripária Compartimento do lago que está em contato direto com o ecossistema terrestre adjacente, podendo ser considerado uma região de transição entre o ecossistema terrestre e o lacustre	Algas perifíticas Algas que vivem aderidas a um substrato qualquer, neste caso, às macrófitas aquáticas <i>Salvinia</i> sp.
		Algas metafiticas Algas que vivem associadas, mas não aderidas, entre as macrófitas aquáticas, neste caso, <i>Salvinia</i> sp. e <i>Myriophyllum</i> sp.
Lótico Águas correntes, como por exemplo, rios e córregos	Região bentônica Compartimento do lago que compreende os substratos não consolidados ou consolidados associados ao fundo do ecossistema aquático	“Algal mats” Camada formada por algas geralmente filamentosas que cobrem a superfície d'água ou se depositam no fundo de lagos rasos
		Algas epilíticas Algas que vivem aderidas ao substrato rochoso no fundo de rios e córregos rasos, também chamadas de fitobentos

Foram realizadas seis excursões a campo para a realização das coletas. No ambiente lântico foram amostrados dois diferentes pontos, um próximo ao vertedouro da represa (P1), em área aberta, com maior influência do clima e outro próximo à cabeceira (P2), com maior influência do fragmento de mata ciliar (Figura 3). As algas fitoplantônicas foram coletadas com o auxílio de uma rede de náilon com abertura de malha de 20µm, através de vários arrastos horizontais (FIDALGO & BONONI, 1989). A comunidade de algas perifíticas foram coletadas através da retirada de pequenas porções das macrófitas *Salvinia* sp. para posterior raspagem em laboratório. As algas metafiticas foram coletadas através da técnica de espremidos mecânicos de porções de *Salvinia* e *Myriophyllum*, processo eficiente na remoção de organismos fracamente aderidos às macrófitas, o que caracteriza a comunidade metafitica. Os “algal mats”, termo utilizado internacionalmente para descrever grumos ou camadas de algas filamentosas que flutuam entre plantas aquáticas ou jazem no fundo de sistemas rasos, foram coletados através da retirada manual ou com o auxílio de pequenos gravetos do próprio local.

No ambiente lótico (P3), de águas correntes, formado por um vertedouro lateral da represa (antigo leito do córrego do Utinga), foram amostradas as algas que crescem aderidas à rochas do fundo (fitobentos), através da remoção de pequenos fragmentos de sedimentos argilosos semiestruturados, para posterior raspagem em laboratório.

Todas as amostras foram acondicionadas em frascos de vidro com tampas, reciclados de conservas alimentícias, etiquetados com todas as informações referentes às coletas e observadas vivas em microscópio binocular Nikon E200, em aumentos de 40, 100, 400 e 1000 vezes, determinando-se os gêneros de algas presentes, com base em literatura técnica específica, desenhados e fotografados em câmara digital em alta resolução (2 a 4 megapixel). As obras de referência para a determinação dos gêneros de algas foram Bicudo; Bicudo (1970), Bicudo; Menezes (2006) e Prescott (1978). As vantagens da observação das amostras a fresco, com as algas ainda vivas, são muitas, entre elas, integridade celular, a preservação das colorações originais, a observação de motilidade se presente, entre outras. No entanto, como essas análises se estendem por vários dias ou semanas, o material foi fixado com solução de formalina a 4% para evitar sua deterioração.

O uso de diferentes compartimentos do ambiente aquático ...

A Tabela 1 apresenta os dias, pontos e horários das coletas, os compartimentos amostrados e a situação atmosférica baseada na cobertura por nuvens da abóbada celestial, expressa pelo quociente entre oito quadrantes, em que 0/8 representa céu totalmente claro e 8/8 totalmente encoberto por nuvens (BLAIR & FITE, 1964).

Tabela 1. Descrição das coletas realizadas nos diferentes compartimentos do córrego e represa do Utinga e suas respectivas comunidades de algas, durante o segundo semestre letivo de 2008.

Coleta	Data	Ponto	Compartimento / Amostra	Horário	Cobertura céu
1	10/set	P1	Reg. limnética / plâncton	15h33min	2/8
		P1	Reg. litorânea / perifíton + metafiton	15h40min	3/8
		P3	Reg. bentônica / epilíton	15h46min	3/8
2	16/set	P1	Reg. limnética / plâncton	14h32min	5/8
		P1	Reg. litorânea / “algal mats”	14h40min	5/8
		P1	Reg. litorânea / epifíton	15h00min	5/8
		P3	Reg. bentônica / epilíton	15h20min	5/8
3	01/out	P2	Reg. limnética / plâncton	12h10min	4/8
		P2	Reg. litorânea / “algal mats”	12h15min	3/8
		P2	Reg. litorânea / epifíton	12h30min	4/8
		P1	Reg. limnética / plâncton	13h00min	5/8
4	22/out	P2	Reg. limnética / plâncton	15h10min	4/8
		P2	Reg. litorânea / “algal mats”	15h22min	4/8
		P2	Reg. litorânea / epifíton	15h25min	4/8
		P1	Reg. limnética / plâncton	16h00min	7/8
5	12/nov	P2	Reg. limnética / plâncton	15h50min	8/8
		P2	Reg. litorânea / “algal mats”	16h00min	8/8
		P2	Reg. litorânea / epifíton	16h20min	8/8
		P1	Reg. limnética / plâncton	17h20min	8/8
6	26/nov	P2	Reg. limnética / plâncton	17h05min	6/8
		P2	Reg. litorânea / “algal mats”	17h19min	6/8
		P2	Reg. litorânea / epifíton	17h30min	6/8
		P1	Reg. limnética / plâncton	18h30min	7/8

4 Resultados e discussão

4.1 A influência da sazonalidade climática sobre o ambiente aquático

O período amostral do presente estudo estendeu-se de 10 de setembro a 26 de novembro de 2008, abrangendo o final do período seco e o início do período chuvoso, o que pode ser evidenciado pelos maiores índices de cobertura por nuvens principalmente a partir da segunda quinzena de outubro até o final das amostragens (Figura 3).

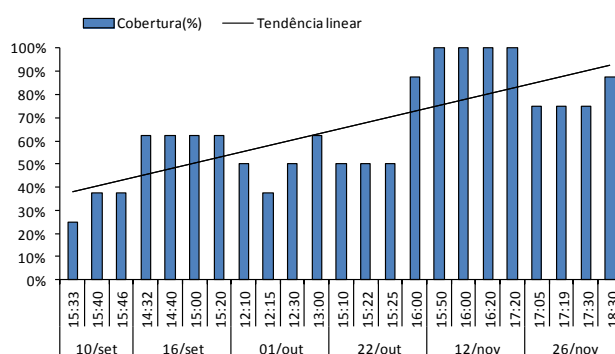


Figura 3. Variação do índice de cobertura atmosférica por nuvens, expresso em percentagem, ao longo do período amostral (10/09/08 a 26/11/08). A linha sólida indica a tendência linear dos dados.

Durante as coletas realizadas no período chuvoso (novembro/2008) observou-se um maior acoplamento entre os compartimentos devido a uma maior movimentação das massas d'água e da entrada do escoamento superficial das chuvas na represa, causando o turvamento da água pela ressuspensão de sedimentos do fundo. Além de amostras mais turvas, com maior concentração de argilas e siltes, observou-se maior mistura de algas de diferentes comunidades, o que era esperado em função da pequena dimensão do ecossistema. Este aspecto do acoplamento de diferentes compartimentos para o entendimento do funcionamento de ecossistemas lacustres foi ressaltado por Schindler e Scheuerell (2002) e deve ser levado em conta em estudos que consideram diferentes habitats do ambiente aquático.

Com a mudança climática a partir do fim do mês de outubro, o aumento das precipitações e nebulosidades e, conseqüentemente, diminuição da incidência solar, foi verificado um fenômeno nas amostras que é conhecido como sucessão ecológica. A sucessão ecológica trata da gradual substituição dos componentes das comunidades

bióticas dos ecossistemas em decorrência das mudanças ou perturbações observadas, levando a uma maior estabilidade, maior índice de diversidade e maior eficiência energética (ODUM; BARRETT, 2007; RICKLEFS, 1993). Dessa forma, organismos mais sensíveis ao turvamento da água, como os gêneros coloniais planctônicos (Figuras 7, 8), tornaram-se mais escassos e foram substituídos por outros mais adaptados às novas condições reinantes, como os fitoflagelados (organismos monadais unicelulares flagelados como euglenóides e dinoflagelados – Figura 6), e diatomáceas (Figura 10), favorecidos pela maior turbidez, maiores níveis de nutrientes e desestabilização da coluna d'água (FOGG; THAKE, 1987).

4.2 Diversidade das algas nos diferentes compartimentos amostrados

De acordo com o sistema de classificação de van den Hoek et al. (1995) e Reviers (2006) foram identificados 53 táxons genéricos, representantes de oito divisões de algas, a saber, Cyanophyta, Rhodophyta, Chlorophyta, Charophyta, Cryptophyta, Euglenozoa, Dinophyta e Ochrophyta, como pode ser observado no Quadro 2. Em termos de número de gêneros, a divisão Chlorophyta foi a mais representativa durante o período de estudo, com 18 gêneros, enquanto as divisões Rhodophyta e Cryptophyta apresentaram apenas um gênero cada, respectivamente, *Audouinella* e *Cryptomonas*.

A família Desmidiaceae da divisão Charophyta, apresentou maior número de gêneros em uma única família (7). As algas da família Desmidiaceae, vulgarmente denominadas desmídias, são indicadoras de condições de acidez e podem ser utilizadas para avaliar a qualidade da água (NGEARNPAT; PEERAPORNPIBAL, 2007; BROOK, 1981; COESEL, 1982, 1996). A presença destas algas em número significativo na represa pode indicar que o ambiente apresenta caráter ácido. Essas algas foram encontradas principalmente nas amostras litorâneas de metafiton e perifiton, mas também livres na região limnética fazendo parte do fitoplâncton.

MAGRIN, A. G. E.; MORAES, L. J. C. de L.

Quadro 2. Enquadramento sistemático dos gêneros encontrados nos diferentes compartimentos do córrego e represa do Utinga.

Divisão	Classe	Ordem	Família	Gênero
Cyanophyta	Cyanophyceae	Chroococcales	Merismopediaceae	<i>Merismopedia</i>
				<i>Woronichinia</i>
		Synechococcaceae	<i>Epigloeosphaera</i>	
		Nostocales	Nostocaceae	<i>Anabaena</i>
		Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i>
Rhodophyta	Florideophyceae	Acrochaetiales	Acrochaetiaceae	<i>Audouinella</i>
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorococcales	Botryococcaceae	<i>Dictyosphaerium</i>
			Characiaceae	<i>Characium</i>
			Hydrodictyaceae	<i>Pediastrum</i>
			Oocystaceae	<i>Selenastrum</i>
			Radiococcaceae	<i>Gloeocystis</i>
			Scenedesmaceae	<i>Coelastrum</i>
				<i>Crucigenia</i>
				<i>Dimorphococcus</i>
		<i>Scenedesmus*</i>		
		Oedogoniales	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium</i>
		Sphaeropleales	Ankistrodesmaceae	<i>Ankistrodesmus</i>
				<i>Kirchneriella</i>
			Neochloridaceae	<i>Tetraedron</i>
		Tetrasporales	Palmellaceae	<i>Sphaerocystis</i>
		Volvocales	Chlamydomonadaceae	<i>Chlamydomonas</i>
			Volvocaceae	<i>Gonium</i>
<i>Pandorina</i>				
<i>Eudorina</i>				
Charophyta	Zygnematophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Mougeotia</i>
				<i>Spirogyra</i>
				<i>Zygnema</i>
			Desmidiaceae	<i>Actinotaenium</i>
		<i>Cosmarium</i>		
		<i>Desmidium</i>		
		<i>Euastrum</i>		
		<i>Hyalotheca</i>		
		<i>Micrasterias</i>		
		<i>Staurastrum</i>		
		Closteriaceae		<i>Closterium</i>
		Mesotaeniaceae	<i>Netrium</i>	
Cryptophyta	Cryptophyceae	Cryptomonadales	Cryptomonadaceae	<i>Cryptomonas</i>
Euglenozoa	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena</i>
				<i>Lepocinclis</i>
				<i>Phacus</i>
				<i>Trachelomomas</i>
Dinophyta	Dinophyceae	Peridinales	Peridiniaceae	<i>Peridinium</i>
		Gymnodinales	Gymnodiniaceae	<i>Gymnodinium</i>
Ochrophyta	Chrysophyceae	Mallomonadales	Mallomonadaceae	<i>Mallomonas</i>
		Synurales	Synuraceae	<i>Synura</i>
	Diatomophyceae (=Bacillariophyceae)	Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbella</i> †
			Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i>
		Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia</i>
		Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Synedra</i>
		Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i>
			Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i>
		Pleurosigmataceae	<i>Gyrosigma</i>	
		Surirellales	Surirellaceae	<i>Stenopterobia</i>

*Incluindo o gênero *Desmodesmus*.

†Incluindo o gênero *Encyonema*.

Na região limnética, onde foram coletadas amostras da comunidade fitoplanctônica, o predomínio foi da ordem Chlorococcales (Chlorophyta), representada principalmente por *Pediastrum* (Figura 6 l, m, n) e *Scenedesmus/Desmodesmus* (Figuras 6 o, p, q, r, s, t; 10 o), com talos coloniais do tipo cenóbio – em que as colônias apresentam número e disposição de células definidas desde sua formação na colônia-mãe –, e da família Desmidiaceae (Charophyta), que agrupa representantes formados por duas semicélulas simétricas separadas por uma região constrita (o istmo) como, por exemplo, *Staurostrum* (Figuras 4 j, k, l; 10 n), *Actinotaenium* (Figura 4 h), *Euastrum* (Figura 4 e, f), *Cosmarium* (Figura 4 a, b, c) e *Micrasterias* (Figuras 4 n, o; 10 e).

Algumas Cyanophyta (=Cyanobacteria), como *Epigloeosphaera* (Figura 6 f) e *Merismopedia* (Figuras 6 h; 10 d) também foram encontradas na região limnética fazendo parte do fitoplâncton. As populações fitoplanctônicas distribuem-se na coluna d'água segundo gradientes verticais, horizontais e temporais (variações sazonais), de acordo com as condições físicas, químicas e biológicas do corpo d'água (WETZEL, 2001). Outro grupo que se destacou na região limnética, fazendo parte do fitoplâncton, é o dos flagelados unicelulares (Figura 5) e coloniais (Figura 7). Este grupo exibe vantagens na exploração do ambiente em termos de absorção de nutrientes, em relação às formas cocóides (sem flagelos), por serem capazes de realizar migrações verticais ao longo da coluna d'água (SOMMER, 1988).

Na região litorânea, crescendo entre as macrófitas aquáticas, foram observadas muitas aglomerações de algas visíveis a olho nu (“algal mats”), sendo o principal representante dessa comunidade o gênero pseudofilamentoso *Desmidium* (Desmidiaceae, Figuras 9 e, g; 10 q), com duas espécies não determinadas. Nesta comunidade, também foram encontrados gêneros filamentosos como *Spirogyra* (Figura 9 c), *Mougeotia* (Figura 9 d), *Zygnema* (Figura 9 f), *Oedogonium* (Figura 9 j), *Oscillatoria* (Cyanophyta, Figura 9 k), além da diatomácea pseudofilamentosa *Eunotia* (Figuras 9 l; 10 f). Nas algas filamentosas, as células que formam o filamento compartilham as paredes celulares e nas pseudofilamentosas as células se mantêm frouxamente unidas por mucilagem (envoltório gelatinoso) ou por simples aderência das paredes devido a presença de denticulos, processos ou outras ornamentações. A ecologia de “algal mats” é pouco conhecida e há poucos trabalhos sobre o assunto em

MAGRIN, A. G. E.; MORAES, L. J. C. de L.

ambientes continentais. Sua relação com as cadeias alimentares em rios e riachos parece ser particularmente importante. É comum o aparecimento de massas flutuantes de algas em rios em lagos durante praticamente o ano todo nos ecossistemas aquáticos do Brasil. Foi mostrado num riacho ao norte da Califórnia que o sucesso dos invertebrados aquáticos que habitam “algal mats” flutuantes é bem maior do que os que ficam no fundo. Suas larvas são consumidas por peixes 15 a 16 vezes mais quando se associam com “algal mats” bentônicos (do fundo) e a chance dos adultos eclodirem é, em média, 2,7 a 6,1 vezes maior quando se desenvolvem nas massas flutuantes (POWER, 1990).

Nas amostras perifíticas, crescendo sobre as raízes das macrófitas aquáticas *Salvinia* e *Pistia*, verificou-se o predomínio da classe Diatomophyceae (=Bacillariophyceae) e seus gêneros perifíticos como, entre outras, *Gomphonema* e *Cymbella*, que se fixam ao substrato através de longos pedúnculos mucilaginosos (Figura 10). Por essa razão, as diatomáceas são um grupo de algas abundantes no perifíton e seu desenvolvimento em bancos de macrófitas e em outros tipos de substratos está associado a sua estratégia para obtenção de luz e nutrientes, uma vez que estão sujeitas à sedimentação. O perifíton é considerado um produtor primário de grande importância ecológica e biológica, sendo encontrado em superfícies de rochas, vegetação submersa de macrófitas aquáticas, na parte externa de barcos, em superfícies naturais e artificiais de rios, riachos, lagos, represas, áreas alagadas e estuários (STEVENSON, 1996)

O gênero *Audouinella* (Figuras 9 b; 10 c), representante da divisão Rhodophyta (algas vermelhas) foi encontrado nas amostras epilíticas, desenvolvendo-se em água corrente (ambiente lótico), sendo de difícil identificação (ZUCCHI; NECCHI, 2003). A espécie de *Audouinella* observada cresce em pequenos tufos na superfície das rochas argilosas e se caracteriza pela coloração verde-azulada, devido ao predomínio do pigmento acessório ficocianina (uma das ficobiliproteínas encontradas neste grupo), numerosos cloroplastos por célula, ausência de pirenóides (estruturas intracelulares relacionadas com a estocagem de reservas), um sistema prostrado de células basais que a mantém fixa às rochas e ocorrência de sinapses citoplasmáticas entre as células dos filamentos, o que também caracteriza a classe Florideophyceae das Rhodophyta. O material observado não demonstrou filamentos férteis mas apenas monosporângios

produtores de monósporos, esporos relacionados com a reprodução assexuada. Ainda na comunidade epilítica foi observado outro gênero, *Oedogonium* (Figura 9 j), alga verde filamentosa, não ramificada, que também possui um apressório de fixação.

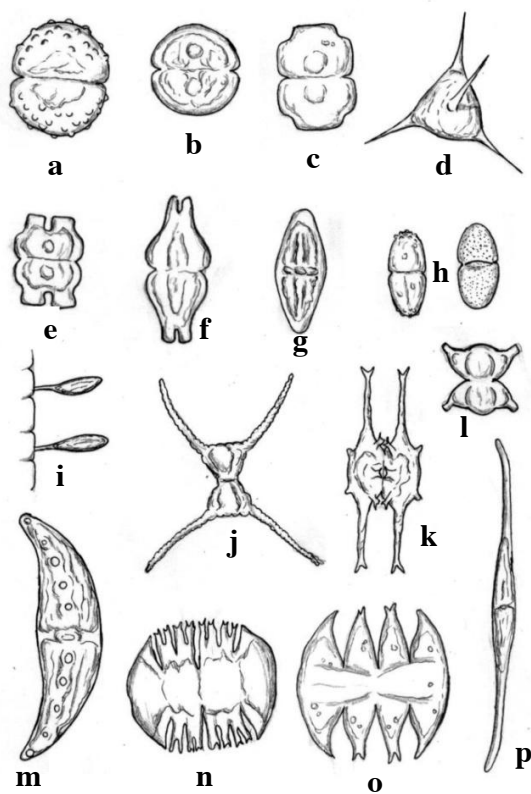


Figura 4. Exemplos de representantes unicelulares não móveis. a – *Cosmarium* sp.1; b – *Cosmarium* sp.2; c – *Cosmarium* sp.3; d – *Tetraedron* sp.; e – *Euastrum* sp.1; f – *Euastrum* sp.2; g – *Netrium* sp.; h – *Actinotaenium* sp., mostrando célula vazia com poros na parede celular; i – *Characium* sp., Chlorophyta sésil; j – *Staurastrum* sp.1; k – *Staurastrum* sp.2; l – *Staurastrum* sp.3; m – *Closterium* sp.1; n – *Micrasterias* sp.1; o – *Micrasterias* sp.2; p – *Closterium setaceum*. (Desenhos de Leandro Moraes).

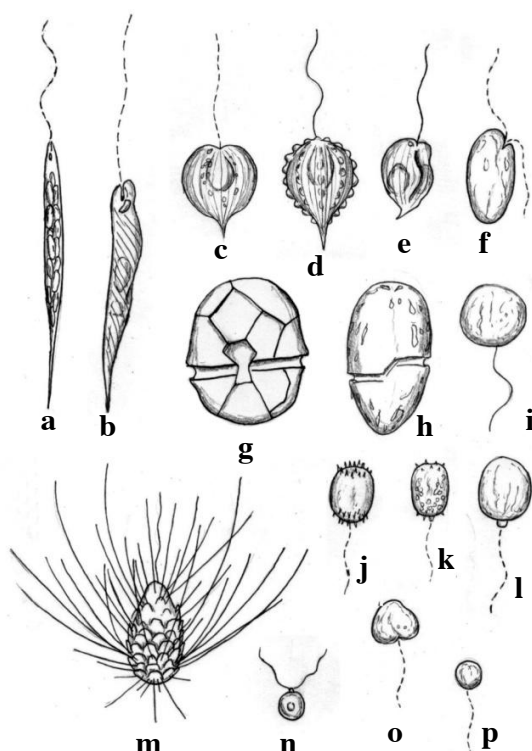


Figura 5. Exemplos de representantes unicelulares móveis. a – *Euglena* sp.1; b – *Euglena* sp.2; c – *Phacus* sp.1; d – *Phacus* sp.2; e – *Phacus* sp.3; f – *Cryptomonas* sp.; g – *Peridinium* sp.; h – *Gymnodinium* sp.; i – *Trachelomonas* sp.1; j – *Trachelomonas* sp.2; k – *Trachelomonas* sp.3; l – *Trachelomonas* sp.4; m – *Mallomonas* sp.; n – *Chlamydomonas* sp.; o – *Trachelomonas* sp.5; p – *Trachelomonas* sp.6. (Desenhos de Leandro Moraes).

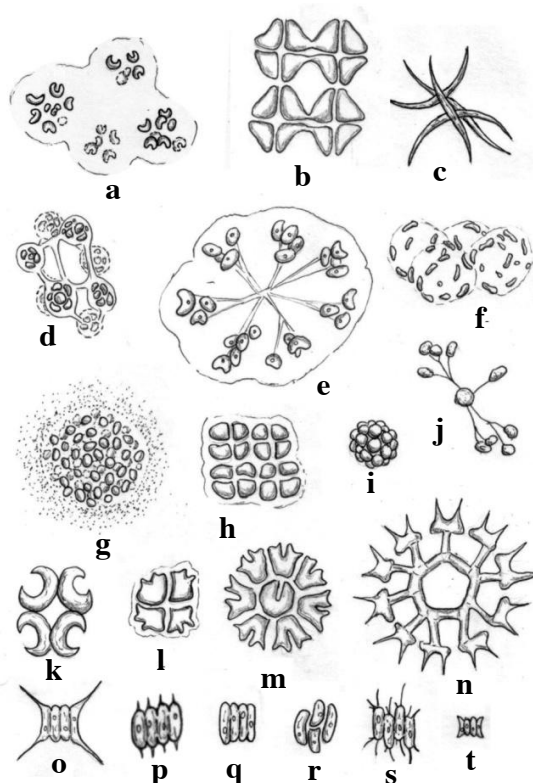


Figura 6. Exemplos de representantes coloniais não móveis. a – *Kirchneriella* sp.; b – *Crucigenia* sp.; c – *Ankistrodesmus* sp.; d – *Coelastrum* sp.1; e – *Dimorphococcus* sp.; f – *Epigloeosphaera* sp.; g – *Woronichinia* sp.; h – *Merismopedia* sp.; i – *Coelastrum* sp.2; j – *Dictyosphaerium* sp.; k – *Selenastrum* sp.; l – *Pediastrum tetras*; m – *Pediastrum tetras* (expressão morfológica); n – *Pediastrum duplex*; o-t – *Scenedesmus/Desmodesmus* spp. (Desenhos de Leandro Moraes).

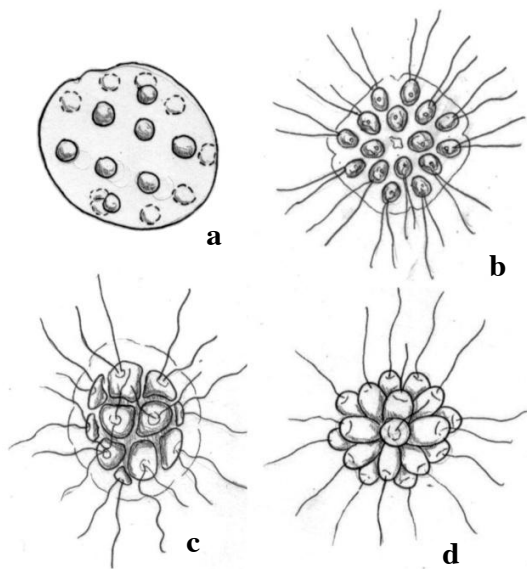


Figura 7. Exemplos de representantes coloniais móveis. a – *Eudorina* sp.; b – *Gonium* sp.; c – *Pandorina* sp.; d – *Synura* sp. (Desenhos de Leandro Moraes).

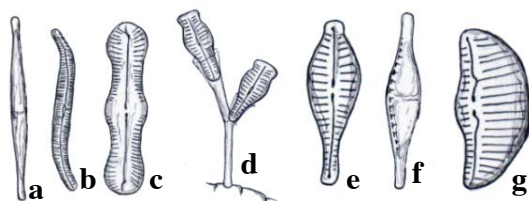


Figura 8. Exemplos de representantes da classe Bacillariophyceae/Diatomophyceae (diatomáceas). a – *Synedra* sp.; b – *Gyrosigma* sp.; c – *Pinnularia* sp.; d – *Gomphonema* sp.1 (detalhe do pedicelo de fixação ao substrato); e – *Gomphonema* sp.2; f – *Stenopterobia* sp.; g – *Cymbella* sp. ((Desenhos de Leandro Moraes).

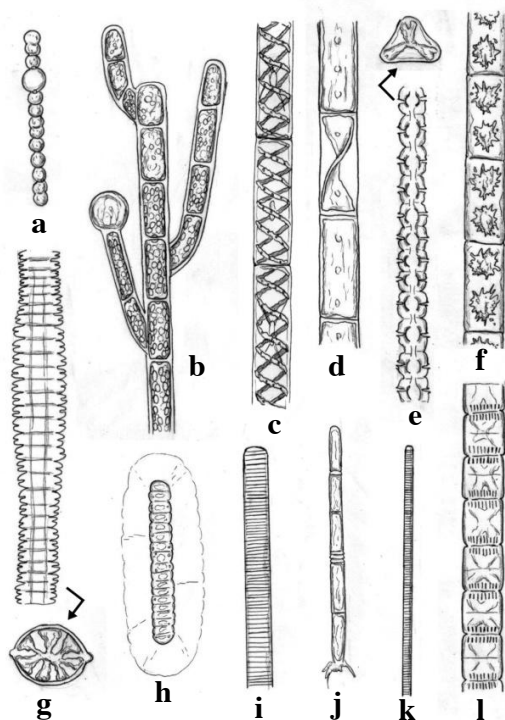


Figura 9. Exemplos de representantes filamentosos. a – *Anabaena* sp. (com heterócito); b – *Audouinella* sp. (Rhodophyta com ramificação verdadeira e monosporângio); c – *Spirogyra* sp.; d – *Mougeotia* sp.; e – *Desmidium* sp.1 e vista apical triangular; f – *Zygnema* sp.; g – *Desmidium* sp.2 e vista apical elíptica; h – *Hyalotheca* sp.; i – *Oscillatoria* sp.1; j – *Oedogonium* sp. (filamento jovem com apressório de fixação e cicatrizes de divisões celulares); k – *Oscillatoria* sp.2; l – *Eunotia* sp. (Desenhos de Leandro Moraes).

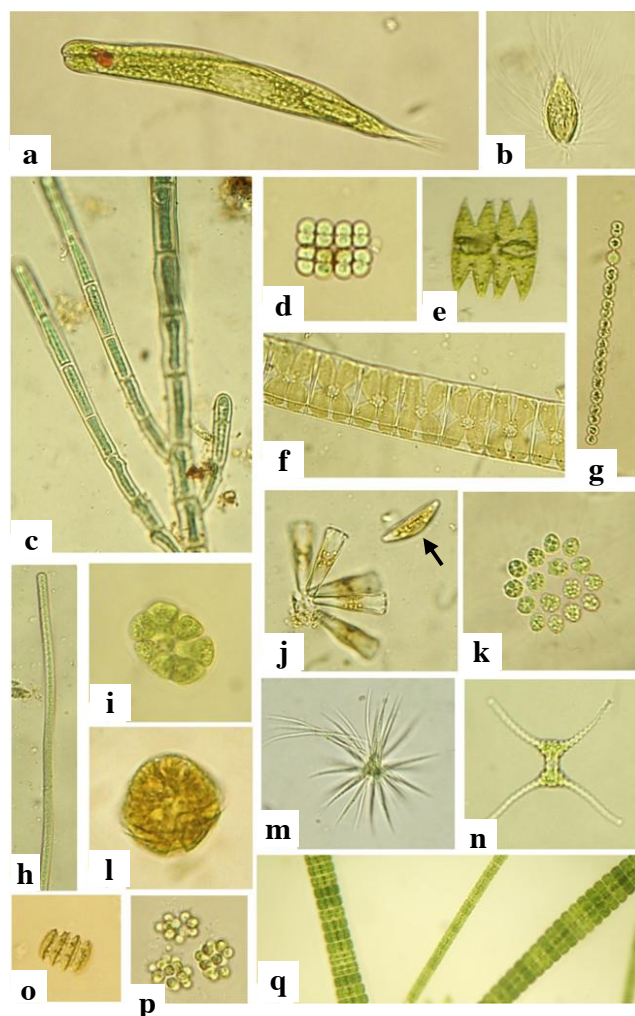


Figura 10. Micrografias fotônicas de alguns gêneros de algas que fazem parte das comunidades ficológicas da represa do Utinga. a – *Euglena* sp. (notar o órgão fotorreceptor vermelho na extremidade anterior da célula; b – *Mallomonas* sp.; c – *Audouinella* sp.; d – *Merismopedia* sp.; e – *Micrasterias* sp.; f – *Eunotia* sp.; g – *Anabaena* sp.; h – *Oscillatoria* sp.; i – *Pandorina* sp.; j – *Gomphonema* sp. e *Cymbella* sp. (seta); k – *Gonium* sp.; l – *Peridinium* sp.; m – *Ankistrodesmus* sp.; n – *Staurastrum* sp.; o – *Desmodesmus* sp.; p – *Coelastrum* sp.; q – *Desmidium* sp. (Micrografias obtidas por Leandro Moraes).

4.3 Grupos morfo-funcionais das algas como descritores ambientais

Em termos de abundância relativa, expressa em síntese percentual, as divisões Chlorophyta, Charophyta e Ochrophyta representaram mais da metade da comunidade ficológica do córrego e da represa do Utinga (76%), enquanto as outras cinco divisões complementaram o restante (24%), como pode ser visto na Figura 11.

Em função do elevado número de gêneros e espécies com que normalmente se depara quando se estuda as diferentes comunidades de algas, é útil agrupá-las em grupos morfo-funcionais, a exemplo do que se faz com outras comunidades, como as macroalgas marinhas, pois as características morfológicas desses grupos refletem possíveis variações ambientais (STENECK; DETHIER, 1994). Assim, de acordo com o

tipo de talo e a motilidade, os organismos encontrados podem ser agrupados em seis grandes grupos funcionais, (1) unicelulares não móveis (Figura 4), (2) unicelulares móveis (Figura 5), (3) coloniais não móveis (Figura 6), (4) coloniais móveis (Figura 7), (5) diatomáceas (Figura 8) e (6) filamentosas (Figura 9).

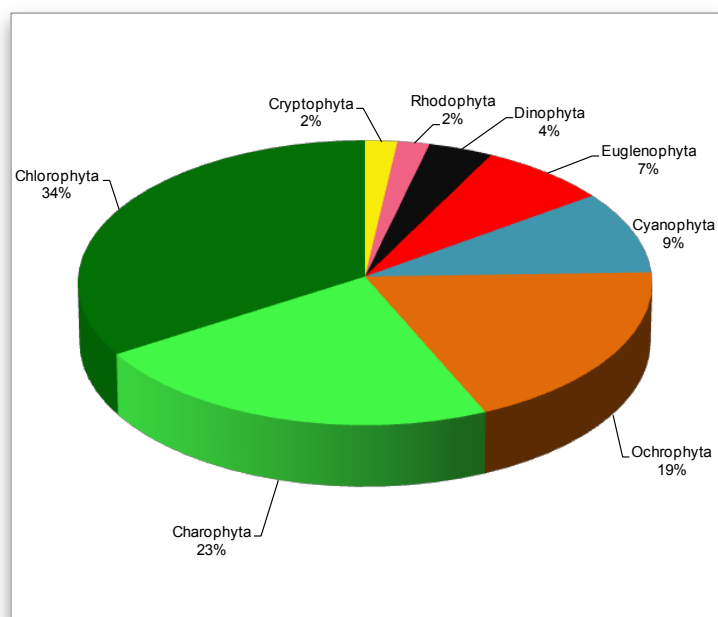


Figura 11. Abundância relativa das divisões de algas encontradas na represa do Utinga. As divisões Chlorophyta, Charophyta e Ochrophyta representam a maior parte da composição ficológica do sistema estudado, em termos de gêneros.

O grupo 1 caracterizou principalmente a comunidade metafítica, sendo algas comuns de serem encontradas na região litorânea de lagos e represas com macrófitas aquáticas. Suas células relativamente volumosas favorecem rápida sedimentação em águas abertas, daí o fato de se associarem com plantas aquáticas, permanecendo na superfície e obtendo o máximo de eficiência fotossintética e absorção de nutrientes. Pelo fato de crescerem associadas a grande quantidade de matéria orgânica (folhas, caules e raízes em decomposição) são acidófilas e capazes de sofrer deficiências periódicas de oxigênio (COESEL, 1982).

Os grupos 2, 3 e 4 são grupos típicos da comunidade fitoplanctônica e, portanto, encontrados nas águas abertas ou região limnética dos lagos. Dependem da capacidade

MAGRIN, A. G. E.; MORAES, L. J. C. de L.

de se manterem flutuando na zona iluminada a fim de obterem o máximo da energia luminosa usada na fotossíntese. Por isso, é frequente a associação em colônias ou formas bizarras que retardam sua sedimentação. Pelo fato de muitas formas unicelulares ou coloniais serem flageladas, realizam migrações verticais diárias na coluna d'água, otimizando a utilização dos recursos energéticos (REYNOLDS, 1984).

O grupo 5 caracterizou a comunidade de algas perifíticas da zona litorânea, sendo constituído, principalmente, por diatomáceas unicelulares, coloniais e formadoras de cadeias (fitas – Figura 10 f). As diatomáceas possuem uma parede celular silicosa complexa, formada por duas metades que se encaixam, formando a frústula. Possuem alta densidade em relação à água, sedimentando numa taxa muito elevada. Como estratégia, os representantes deste grupo funcional geralmente apresentam estruturas de fixação que os mantêm presos em substratos próximos à superfície da água, onde há luz e nutrientes disponíveis (ROUND et al., 1990). Essas estruturas (pedicelos, fios, botões e massas gelatinosas) fazem com sejam considerados verdadeiramente perifíticos, aderidos fortemente aos substratos. Por isso, neste estudo, essas algas foram removidas através de raspagem em laboratório (MOSCHINI-CARLOS; HENRY; POMPÊO, 2000).

O grupo funcional 6 caracterizou as comunidades epilíticas (região bentônica), metafiticas, perifíticas e de “algal mats” (região litorânea), favorecidas pelo tipo de talo filamentoso que, como longos fios, ramificados ou não, formam tufos e emaranhados tanto nas águas lênticas do litoral, como nas lólicas do córrego (ou vertedouro). Neste sentido, deve ser mencionado que as algas bentônicas necessitam de apressórios de fixação, formados por células basais modificadas, ou sistemas inteiros de ramos prostrados, para não serem perdidas com a correnteza (caso dos gêneros *Oedogonium* e *Audouinella*, respectivamente). Isso também se aplica aos gêneros perifíticos, apesar de nem sempre estarem em águas correntes, como é o caso da região litorânea da represa estudada.

O emaranhamento de algas filamentosas que crescem em grande quantidade em massas flutuantes entre a vegetação aquática é conhecido como “algal mats”. Trata-se de uma comunidade pouco estudada se comparada com a fitoplancônica ou perifítica, mas é importante em sistemas rasos e com macrófitas aquáticas, pois formam “tapetes”

verdes vistos a olho nu, muitas vezes consideradas macroalgas por alguns pesquisadores. Os “algal mats” apresentam uma elevada biomassa comparada à do fitoplâncton e é recurso alimentar para uma série de animais herbívoros. De acordo com Khanum (1982), que estudou “algal mats” de sistemas aquáticos rasos da Índia, o gênero *Spirogyra* apresenta forte tendência de formar “mats” unialgais, se comparado a outros gêneros. Em seu estudo, a maioria dos gêneros formaram associações bialgais e raramente polialgais. No presente estudo, além dos gêneros *Spirogyra*, *Mougeotia* e *Zygnema*, aparecendo em associações uni, bi ou trialgais, sempre em pequenas quantidades, o gênero que merece destaque tanto pela abundância como por apresentar-se sempre em associações unialgais é *Desmidium* (Figuras 9 e, g; 10 q), uma desmídia pseudofilamentosa. O seu papel como produtor primário e de biomassa, sua contribuição em carbono orgânico para o ambiente, seu valor como bioindicador, entre outros aspectos, são questões que ainda precisam de respostas e devem ser objeto de futuras pesquisas.

5 Conclusões

O estudo realizado no período aproximado de quatro meses (setembro a dezembro de 2008) revelou cerca de 53 gêneros de microalgas e um número muito maior de táxons específicos, os quais não foram considerados neste estudo, o que poderia duplicar ou até mesmo triplicar o total de táxons do ecossistema estudado. Isso demonstra que o córrego do Utinga e seus trechos represados possuem grande potencial de diversidade ficológica nos diferentes compartimentos.

Apesar deste córrego correr em boa parte de sua extensão na zona rural da cidade de Sorocaba, sua interface com instalações urbanas e industriais é grande, expondo-o a diferentes pressões antrópicas, desde a presença de condomínios de chácaras, pecuária, até pequenas indústrias de transformação. No entanto, baseando-se na diversidade ficológica verificada no ambiente, pode-se concluir que o córrego e represa do Utinga sejam considerados um refúgio regional de biodiversidade para a

MAGRIN, A. G. E.; MORAES, L. J. C. de L.

flora e fauna, revelando condições prístinas uma vez já presentes nos ecossistemas aquáticos da região.

A quantidade e qualidade de informações ambientais que se pode extrair a partir da observação cuidadosa dos diferentes compartimentos do ambiente aquático, sob o viés ficológico, mostrou-se uma ferramenta de alto valor pedagógico e didático, visto que além dos próprios pressupostos da educação ambiental, pode-se trabalhar e desenvolver conteúdos sócio-ecológicos como conservação e sustentabilidade, instrumentos internacionalmente reconhecidos como eficazes na preservação da biodiversidade. Além disso, a abordagem pode ser desenvolvida em espaços formais (escolas, faculdades, universidades, entre outros) e informais de educação (parques, zoológicos, jardins botânicos, pesque-pagues, entre outros), desde que exista um ambiente aquático de fácil acesso.

O trabalho apresentou uma proposta de ensino baseado na observação crítica do ambiente utilizando diversos conceitos das ciências ambientais em busca do maior conhecimento da nossa biodiversidade, razão pela qual os cientistas do mundo todo voltam seus esforços pois, nas palavras do renomado botânico americano Peter Raven, em entrevista à Agência Fapesp:

Dependemos muito do conhecimento sobre sistemas vivos para produzir sustentabilidade. Identificamos e nomeamos 1,6 milhão de espécies de plantas, animais, fungos e microrganismos, ou seja, um sexto das espécies existentes no mundo, mas a grande maioria ainda é muito pouco conhecida. No Brasil, há entre 30 mil e 32 mil espécies registradas atualmente e muitos milhares a serem descobertos. [...] Na era da biologia molecular, decifrar seus genomas permitirá uma avaliação precisa do que é necessário para construir a sustentabilidade, particularmente sobre as espécies com importância econômica. Precisamos aprender a usá-las, apreciá-las e conservá-las, pois elas são essenciais para o sistema como um todo³.

Agradecimentos. Ao Prof. Dr. José Fernando Villaseñor Gómez, da Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (Morelia/México), pela correção do “resumen” e à Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, pelo apoio. E aos revisores *ad hoc*, pelas excelentes sugestões que em muito enriqueceram nosso trabalho.

³ Entrevista concedida à Agência FAPESP durante o simpósio “Revisão da Flora Brasileira: Desafios e Oportunidades”, realizado em Florianópolis, em julho de 2006. (URL: agencia.fapesp.br/5847).

6 Referências bibliográficas

- BICUDO, C. E. M.; BICUDO, R. M. T. **Algas de águas continentais brasileiras**. Chave ilustrada para identificação de gêneros. São Paulo: FUNBEC, 1970. 228 p.
- BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. **Gêneros de Algas de Águas Continentais do Brasil**. Chave para identificação e descrições. 2ª. ed. São Carlos: Rima Editora, 2006. 508 p.
- BLAIR, T. A.; FITE, R. C. **Meteorologia**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1964. 406p.
- BROOK, A. J. **The biology of desmids**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1981. 276 p (Botanical Monographs volume 16).
- COESEL, P. F. M. Biogeography of desmids. **Hydrobiologia**, v. 336, p. 41-53, 1996.
- COESEL, P. F. M. Structural characteristics and adaptations of desmid communities. **Journal of Ecology**, v. 70, p. 163-177, 1982.
- ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de Limnologia**. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.
- FIDALGO, O.; BONONI, V. L. R. **Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico**. São Paulo: Instituto de Botânica, 1989. 62 p. (Série Documentos).
- FOGG, G. E.; THAKE, B. **Algal cultures and phytoplankton ecology**. Madison: University of Wisconsin Press, 1987. 245 p.
- KHANUM, A. An ecological study on freshwater algal mats. **Botanical Bulletin of Academia Sinica**, v. 23, p. 89-104, 1982.
- MOSCHINI-CARLOS, V., HENRY, R. & POMPEO, M. L. M. Seasonal variation of biomass and productivity of the periphytic community on artificial substrata in the Jurumirim Reservoir (São Paulo, Brazil). **Hydrobiologia**, v. 434, p. 35-40, 2000.
- NGEARNPAT, N.; PEERAPORNPIPAL, Y. Application of desmid diversity in assessing the water quality of 12 freshwater resources in Thailand. **Journal of Applied Phycology**, v. 19, n. 6, p. 667-674, 2007.
- ODUM, E. P.; BARRETT, G. E. **Fundamentos de Ecologia**. Tradução da 5ª. Edição Norte-americana. São Paulo: Cengage Learning, 2007. 632 p.
- PETTS, G. E. A perspective on the abiotic processes sustaining the ecological integrity of running waters. **Hydrobiologia**, v. 422-423, p. 15-27, 2000.
- POWER, M. E. Benthic turfs vs floating mats of algae in river food webs. **Oikos**, v. 58, p. 67-79, 1990.
- PRESCOTT, G. W. **How to know freshwater algae**. 3ª. ed. Dubuque: W. C. Brown, 1978. 293 p.
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 7ª. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S. A., 2007. 856 p.
- REVIERS, B. de. **Biologia e filogenia das algas**. Tradução de Iara Maria Franceschini. Porto Alegre: Artmed, 2006. 280 p.
- REYNOLDS, C. S. **The ecology of freshwater phytoplankton**. Cambridge: Cambridge University Press, 1984. 387 p. (Cambridge studies in Ecology).
- RICKLEFS, R. E. **A Economia da Natureza**. Um livro-texto em Ecologia básica. 3ª. ed. Tradução de Cecília Bueno. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993. 470 p.

MAGRIN, A. G. E.; MORAES, L. J. C. de L.

ROUND, F. E.; CRAWFORD, R. M.; MANN, D. G. **The Diatoms** – biology and morphology of the genera. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 747 p.

SCHINDLER D. E.; SCHEUERELL, M. D. Habitat coupling in lake ecosystems. **Oikos**, v. 98, p. 177-189, 2002.

SOMMER, U. Some size relationships in phytoflagellates motility. **Hydrobiologia**, v. 161, p. 125-131, 1988.

STENECK, R. S.; DETHIER, M. N. A functional group approach to the structure of algal-dominated communities. **Oikos**, v. 69, p. 476-498, 1994.

STEVENSON, R. J. An introduction to algal ecology in freshwater benthic habitats. In: STEVENSON, R. J.; BOTHWELL, M.L. & LOWE, R.L. (Ed.). **Algal ecology – Freshwater benthic ecosystems**. California: Academic Press, 1996. p. 3-30.

VAN DEN HOEK, C.; MANN, D. G.; JAHNS, H. M. **Algae: an introduction to Phycology**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1995. 638 p.

WILLIAMSON, C. E. et al. Lakes and reservoirs as sentinels, integrators, and regulators of climate change. **Limnology and Oceanography**, v. 54, n. 6/2, p. 2273-2282, 2009.

ZUCCHI, M. R.; NECCHI Jr., O. Blue-greenish acrochaetoid algae in freshwater habitats are “Chantransia” stages of Batrachospermales *sensu lato* (Rhodophyta). **Cryptogamie, Algologie**, v. 24, n. 2, p. 117-131, 2003.