

## Characeae (Chlorophyta) em ecossistemas lóticos do estado de São Paulo, Brasil: gênero *Chara* e distribuição ecológica

Jair Vieira Júnior<sup>1</sup>, Orlando Necchi Júnior<sup>1,3</sup>, Ciro César Zanini Branco<sup>2</sup> e Luís Henrique Zanini Branco<sup>1</sup>

Recebido: 03.12.2001; aceito: 16.12.2002

**ABSTRACT** - (Characeae (Chlorophyta) in lotic ecosystems from São Paulo State, Brazil: genus *Chara* and ecological distribution). Twenty-one populations of *Chara* were examined from 172 stream segments in six biomes/regions in São Paulo State, southeastern Brazil, resulting in the description of three species (*C. braunii*, *C. guairensis*, *C. martiana*) and discussion on the validity of currently used criteria. Problems of overlapping diagnostic criteria were detected among species of section *Grovesia*. Globally, 15 specific of infra-specific taxa of Characeae were recorded, with 12 of *Nitella* (80%), a high number if compared to North America (nine). However, the occurrence was lower (21%) than other lotic macroalgae in the State (31-33%). Higher temperatures, lower current velocities, small-sized substrate (sand-clay) and open sites were the most favourable combination for Characeae occurrence. The frequency in biomes/regions ranged from absent (subtropical rainforest) to 14 taxa (northwest region). The main causes were attributed to distinct conditions (current velocity, substrate and shading) in streams. 40% of taxa had a restricted world distribution and those widespread in South America were also widely distributed in the State. *Nitella subglomerata* was the most widespread species.

**Key words:** Characeae, *Chara*, distribution, stream

**RESUMO** - (Characeae (Chlorophyta) em ecossistemas lóticos do estado de São Paulo, Brasil: gênero *Chara* e distribuição ecológica). Vinte e uma populações de *Chara* foram examinadas em 172 rios/riachos em seis biomas/regiões do estado de São Paulo, resultando na descrição de três espécies de *Chara* (*C. braunii*, *C. guairensis*, *C. martiana*). Detectamos problemas de sobreposição de caracteres diagnósticos entre as espécies da seção *Grovesia* e a validade dos caracteres utilizados é discutida. Foram registrados globalmente 15 táxons específicos ou infra-específicos de Characeae nestes ecossistemas, dos quais 12 (80% do total) eram de *Nitella*. Este número foi alto se comparado com o citado para a América do Norte (nove). Entretanto, a ocorrência foi mais baixa (21%) se comparada à de outras macroalgas lóticas no estado (31-33%). Altas temperaturas, baixas velocidades da correnteza, substratos com partículas pequenas (areia-argila) e locais abertos, foi a combinação mais favorável para a ocorrência de Characeae. A distribuição nos biomas/regiões variou de ausente (floresta subtropical) a 14 táxons (região noroeste). As principais causas foram atribuídas às diferentes condições (velocidade da correnteza, tipo de substrato e sombreamento) nos riachos. 40% dos táxons tiveram distribuição mundial restrita e aqueles bem distribuídos na América do Sul, também tiveram ampla distribuição no estado. *Nitella subglomerata* foi a espécie mais amplamente distribuída.

**Palavras-chave:** Characeae, *Chara*, distribuição, riacho

### Introdução

A ordem Charales é constituída de um grupo monotípico de algas macroscópicas ímpares pela organização do talo e pelas estruturas de reprodução sexuada (Wood & Imahori 1965). Dos seis gêneros recentes (Wood & Imahori, 1964, 1965), apenas *Chara* e *Nitella* já foram documentados no Brasil (Bicudo 1974, 1977, 1979, Picelli-Vicentim 1990).

A taxonomia de Characeae no Brasil foi abordada com muito mais ênfase que os aspectos ecológicos

(Bicudo 1968, 1969, 1974, 1977, 1979, Bicudo & Yamaoka 1978, Astorino 1983, Picelli-Vicentim 1990, Bueno et al. 1996, Bueno & Bicudo 1997). Deve-se salientar que os materiais examinados por estes autores foram provenientes essencialmente de ecossistemas lênticos. Aspectos taxonômicos do gênero *Chara* foram minuciosamente discutidos por Bicudo (1974) na revisão da subseção *Willdenowia* no Brasil; Astorino (1983) durante o levantamento das Characeae no Rio Grande do Sul; Picelli-Vicentim (1990) dentro do inventário sistemático da família no

1. Universidade Estadual Paulista, Departamento de Zoologia e Botânica, Rua Cristóvão Colombo, 2265, 15054-000 São José do Rio Preto, SP, Brasil.

2. Universidade Estadual do Centro-Oeste, Departamento de Biologia, Caixa Postal 730, 85015-430 Guarapuava, PR, Brasil.

3. Autor para correspondência: orlando@bot.ibilce.unesp.br

estado de São Paulo e Bueno et al. (1996) ao realizar o levantamento florístico do gênero *Chara* no pantanal de Mato Grosso do Sul.

Poucos trabalhos analisaram aspectos ecológicos e taxonômicos de populações de Characeae em ambientes lóticos. Pascoaloto (1992) registrou os táxons *Nitella furcata* subsp. *mucronata* var. *mucronata*, *N. cernua* e *N. subglomerata*, *Chara braunii*, *Chara* sp. e *N. furcata* subsp. *furcata* var. *sieberi* ao descrever a flora e aspectos de distribuição das comunidades de macroalgas na bacia de drenagem do Rio Preto, onde as Characeae ocorreram em 45,5% dos pontos. Necchi Jr. et al. (1994) abordaram a distribuição das macroalgas na mesma bacia do Rio Preto, reportando as seis espécies descritas em Pascoaloto (1992) e indicaram que *N. furcata* subsp. *mucronata* var. *mucronata* tendeu a ocorrer em pontos com maior ordem de grandeza ( $\geq 3a$ . ordem). Necchi Jr. et al. (1995a, 1997) descreveram, respectivamente, a distribuição ecológica e a flora de macroalgas de ecossistemas lóticos da região noroeste do estado de São Paulo, registrando a presença de Characeae em 235 dos pontos, com citação dos táxons *Nitella furcata* subsp. *mucronata* var. *mucronata*, *N. subglomerata*, *Chara martiana*, *Chara* sp. Branco & Necchi Jr. (1996a, b) investigaram aspectos florísticos e ecológicos das comunidades de macroalgas de riachos da região oriental de Mata Atlântica do estado de São Paulo, onde as Characeae foram representadas por *N. furcata* subsp. *furcata* var. *sieberi* e *N. gollmeriana* em 5,8% dos pontos. Branco & Necchi Jr. (1998) abordaram aspectos de composição e distribuição espacial das macroalgas de três bacias de drenagem na região noroeste do estado de São Paulo, nas quais as Characeae ocorreram em 66,6% dos pontos amostrados, com três táxons: *N. furcata* subsp. *mucronata* var. *mucronata*, *N. cernua* e *Nitella* sp. Constatou-se que o conhecimento a respeito dos aspectos ecológicos e taxonômicos de Characeae para populações de ecossistemas lóticos ainda é esparso e baseado em estudos desenvolvidos em regiões específicas, impossibilitando sua extrapolação ou generalização para todo o estado de São Paulo. Por outro lado, outros grupos de macroalgas foram minuciosamente investigados como Rhodophyta (Necchi Jr. et al. 1999), Cyanophyta (Branco et al. 2001), Chlorophyta - Chaetophoraceae (Branco et al. 2002) e Chlorophyta - Microsporaceae (Necchi Jr. et al. 2002).

Algumas hipóteses levantadas a partir das informações disponíveis foram testadas: 1) dentre as

espécies do gênero *Chara*, a seção *Grovesia* (subseção *Willdenowia*) seria a mais freqüente, como anteriormente reportado para o Brasil (Bicudo 1974); 2) as espécies mais freqüentes no inventário sistemático para o estado de São Paulo (Picelli-Vicentim 1990) e ocorrentes em sistemas lóticos seriam amplamente distribuídas neste estudo; 3) a abundância e riqueza das espécies de Characeae seriam elevadas em regiões de águas duras (Caffrey & King 1989, Khoja & Hussain 1990); 4) as variáveis ambientais influenciariam na distribuição e morfologia dos espécimes.

Este estudo é parte de um projeto mais amplo envolvendo aspectos taxonômicos e ecológicos de comunidades de macroalgas em ecossistemas lóticos nos biomas/regiões do estado de São Paulo (Necchi Jr. et al. 2000) e teve como objetivos realizar o levantamento florístico das Characeae e estudos taxonômicos complementares do gênero *Chara* para ecossistemas lóticos do estado de São Paulo, com avaliação da aplicabilidade dos caracteres diagnósticos atualmente utilizados; analisar a influência de diversas variáveis ambientais sobre a distribuição ecológica; comparar os quatro biomas representados no estado (Mata Atlântica, Cerrado, Floresta Pluvial Tropical e Floresta Pluvial Subtropical) e duas regiões (noroeste e de águas duras) quanto ao número global de espécies e de espécies exclusivas; classificar os táxons em categorias quanto às tendências de distribuição geográfica mundial (endêmicas, restritas, subcosmopolitas ou cosmopolitas) confrontando com resultados de trabalhos prévios.

## Material e métodos

Os procedimentos de amostragem (no estado e em cada região), medição e análise foram detalhadamente descritos em outros trabalhos (Necchi Jr. et al. 1995b, 1999, 2000, 2002, Branco et al. 2002, Vieira Jr. et al. 2002). Apenas os aspectos específicos para Characeae são descritos. A ocorrência de espécies de Characeae foi analisada em seis biomas/regiões do estado de São Paulo (figura 1).

Na abordagem biogeográfica, as espécies foram classificadas em quatro categorias quanto às tendências de distribuição geográfica (endêmicas, restritas, subcosmopolitas e cosmopolitas), adaptando o sistema de Khan (1991), que considerou oito zonas mundiais na análise global de ocorrência das Characeae.

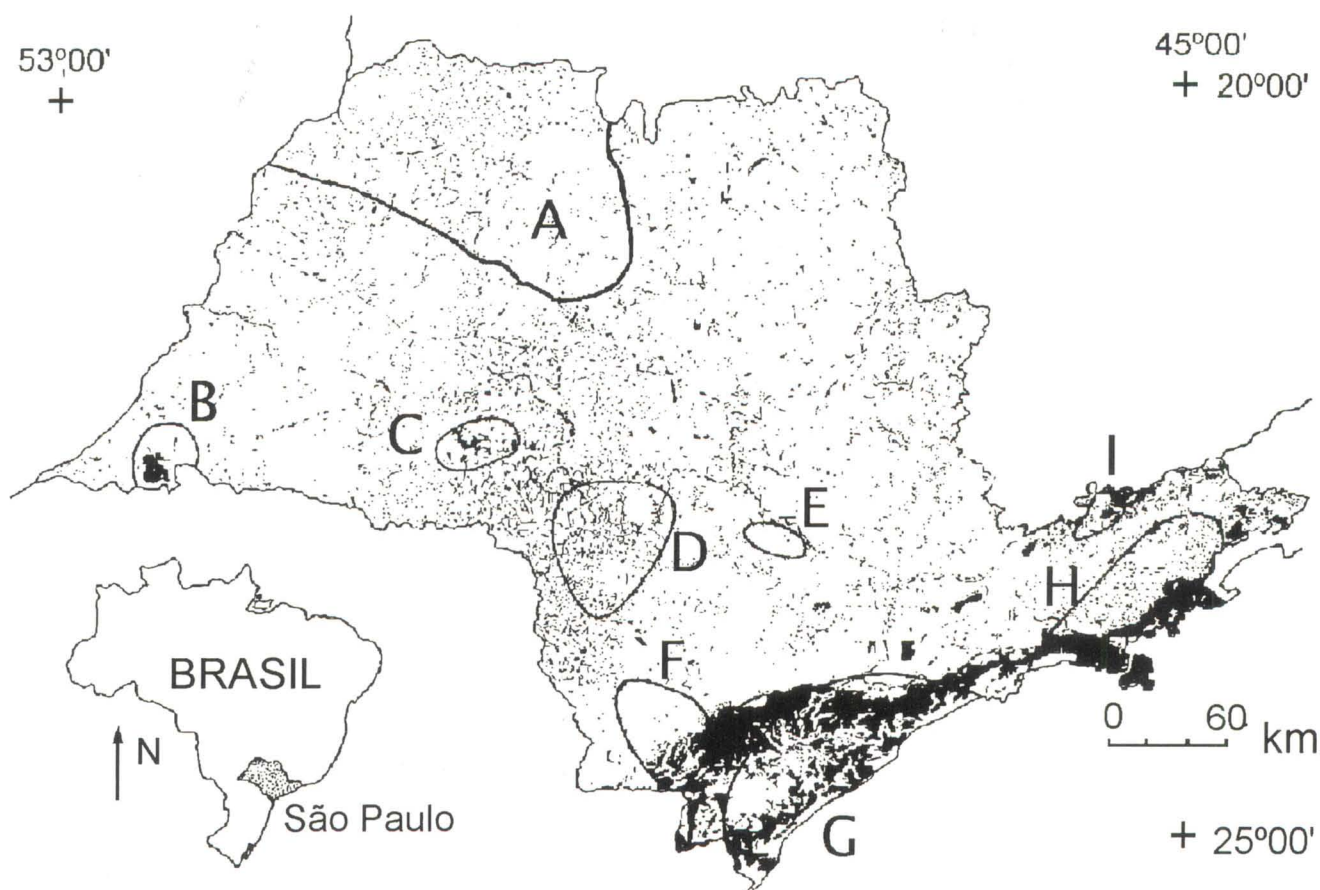


Figura 1. Distribuição da cobertura vegetal natural no estado de São Paulo com indicação das áreas amostradas e especificação dos respectivos biomas (adaptado de Kronka et al. 1993). A - Região noroeste (NO); B - C - Floresta Tropical (FT); D - Cerrado (CE); E - F - Regiões de águas duras (AD); G - H - Mata Atlântica (MA); I - Floresta Pluvial Subtropical (FS). A caracterização dos biomas é baseada no tipo de vegetação dominante em cada área.

As associações entre as regiões/biomas baseadas na composição de espécies de Characeae foram avaliadas pela análise de agrupamento, usando média não ponderada (UPGMA) e índice de similaridade de Sorenson (Digby & Kempton 1987), com o programa MVSP, versão 3.12. As diferenças entre as variáveis das populações e/ou dos pontos de amostragem foram avaliadas pela análise de variância ANOVA-unifatorial (Zar 1999). A distribuição de frequência (global e de cada gênero) em relação às variáveis ambientais das macroalgas como um todo foram comparadas através do teste de qui-quadrado e teste *t* de Student (Zar 1999). Estes testes foram realizados com o uso do pacote estatístico Minitab, versão 10 (Ryan et al. 1985). A análise integrada dos fatores bióticos e abióticos foi efetuada pela Análise de Componentes Principais (ACP), objetivando avaliar a virtual existência de algum padrão de distribuição dos táxons

dentro e entre os biomas/regiões. Utilizou-se uma matriz composta pelos valores das variáveis ambientais registradas para cada táxon e pelos valores das variáveis dos pontos de ocorrência das Characeae dentro de cada bioma. A análise foi realizada com os dados padronizados pelo valor máximo (*ranging*) utilizando o coeficiente de correlação (*r* de Pearson) com o uso do programa MVSP, versão 3.12.

Para a análise taxonômica, os espécimes foram fixados em campo em solução de formaldeído 4% (Johansson 1982). As identificações e as descrições taxonômicas com as principais características diagnósticas foram baseadas em trabalhos relevantes (Wood & Imahori 1964, 1965, Proctor et al. 1971, Bicudo 1974, 1977, 1979, Moore 1986, Picelli-Vicentim 1990, Bueno et al. 1996, Krause 1997). A classificação dos subgêneros e seções seguiu o sistema de Wood (Wood & Imahori 1965). Nas descrições dos táxons,

os caracteres morfométricos foram avaliados em réplicas de 15, conforme a equação  $n = (s/E\bar{x})^2$  (Southwood 1978), onde  $s$  = desvio padrão,  $\bar{x}$  = média,  $E$  = erro padrão pré-determinado (0,05). Esta foi aplicada para todas as características em testes preliminares, adotando-se o maior número obtido.

As fotomicrografias foram realizadas com microscópio Olympus BHS, equipado com sistema fotomicrográfico PM-10 AD.

Para cada táxon registrado são apresentados descrições, ilustrações, material examinado, distribuição no Brasil por estado e características ambientais (amplitude, média e desvio-padrão). Conjuntos representativos foram incorporados no Herbário SJRP (Holmgren & Holmgren 1993).

## Resultados

### Tratamento taxonômico do gênero *Chara*

Três táxons infragenéricos foram catalogados em ecossistemas lóticos nos biomas/regiões do estado de São Paulo a partir de 21 populações examinadas. O gênero foi representado pelos subgêneros *Chara* (seção *Grovesia*) e *Charopsis* (seção *Charopsis*).

### Chave para espécies

1. Estipulódios essencialmente em uma camada (haplostéfanos), eixo inteiramente ecorticado, córtex ausente ..... *Chara braunii*
1. Estipulódios essencialmente em duas camadas (diplostéfanos), eixo corticado, córtex triplástico ..... 2
2. Nó basal fértil ..... *Chara guairensis*
2. Nó basal estéril ..... *Chara martiana*

Subgênero *Chara* R.D. Wood, Seção *Grovesia* R.D. Wood

*Chara guairensis* R. Bicudo, Rickia 6: 145. 1974. Figuras 2-9

Plantas monóicas, corticadas, com incrustação calcárea, 10-46 cm alt., córtex regular, triplástico, entrenó 0,8-5,0 cm compr., râmulos verticilados 10-15, 1,0-3,5 cm compr.; caulóides 510-950  $\mu\text{m}$  diâm.; células espiniformes solitárias; estipulódios diplostéfanos; segmento basal ecorticado; segmento intercalar corticado; segmento apical ecorticado; recoberto por 5-8 brácteas dispostas verticiladamente, 150-420  $\mu\text{m}$  compr., bractéolas (3-4)(-5), 610-1.350  $\mu\text{m}$  compr., nó

basal fértil, gametângios sejtos, em nós diferentes da mesma planta ou de  $\mu\text{m}$  mesmo râmulo verticilado, situados nos 1<sup>o</sup>-5<sup>o</sup> nós dos râmulos; núculas 1 por nó, 500-1.200  $\mu\text{m}$  compr., 240-600  $\mu\text{m}$  diâm.; oósporos com parede finamente granulada, 290-550  $\mu\text{m}$  compr., 150-440  $\mu\text{m}$  diâm., fossa 45-65  $\mu\text{m}$  larg.; corônula com ápices divergentes; glóbulos com 8 escudos triangulares, 300-500  $\mu\text{m}$  diâm.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São José do Rio Preto, SJR-350, próximo ao Pesque-pague Estância Primavera, córrego da Lagoa, 20°49'S e 49°20'W, 26-VIII-1996, IV-1997, IX-1997, J. Vieira Jr. & O. Necchi Jr.; Instituto Penal Agrícola, próximo da represa, córrego do Morais, 20°50'S e 49°26'W, 20-IX-2000, O. Necchi Jr.; Talhado, SJR-351, ca. 2 km de Talhado, córrego do Talhadinho, 20°43'S e 49°13'W, 23-VII-1999, 2-XI-1999, J. Vieira Jr. & O. Necchi Jr.; Eng. Schmidt, ca. 1 km da área urbana, estrada secundária, Rio Preto, 20°07'S e 49°19'W, 7-X-1997, J. Vieira Jr. & O. Necchi Jr.

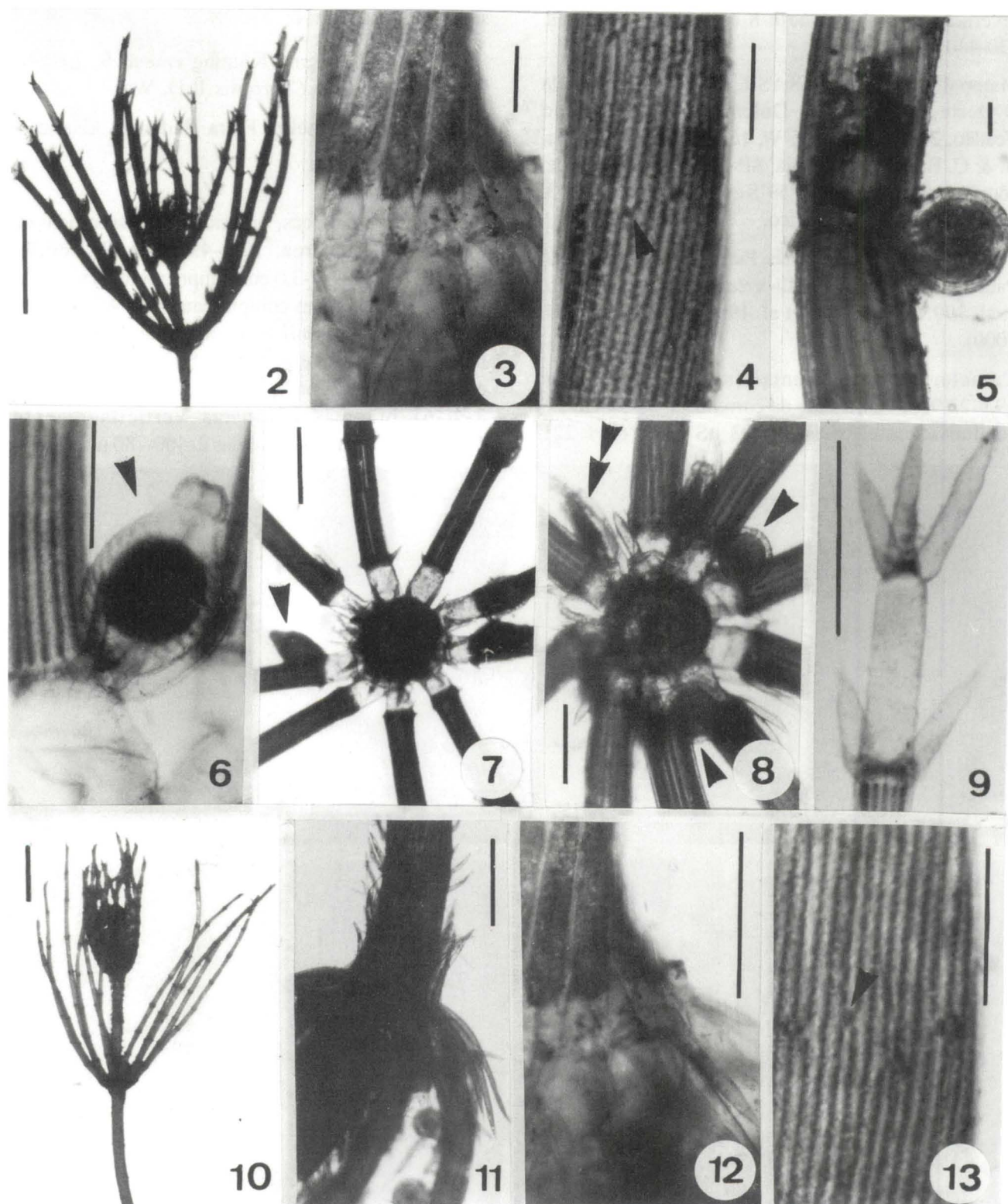
Distribuição no Brasil: Mato Grosso do Sul (Bueno et al. 1996), Paraná (Bicudo 1974), São Paulo (Picelli-Vicentim 1990).

Características ambientais (n=16): temperatura: 17,4-26,0°C (21,0  $\pm$  2,3), velocidade da correnteza: 0,2-47,4 cm s<sup>-1</sup> (17,0  $\pm$  10,7), condutividade elétrica: 30-125  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (65  $\pm$  22), turbidez: 4-25 UTN (8  $\pm$  5), local aberto a parcialmente sombreado, pH: 6,2-7,9 (6,9  $\pm$  0,3), saturação de oxigênio: 14-101% (72  $\pm$  29).

*Chara martiana* Wallman, Försök tilen systematik uppställning af växtfamijjen Characeae: 66. 1853.

Figuras 10-17

Plantas monóicas, corticadas, com incrustação calcárea, alt. ?; córtex regular, triplástico; entrenó 1,0-4,3 cm compr.; râmulos verticilados 10-14, 0,9-3,2 cm compr.; caulóides 490-620 cm diâm.; células espiniformes solitárias; estipulódios diplostéfanos; segmento basal ecorticado; segmento intercalar corticado; segmento apical ecorticado, recoberto por 5-9 brácteas dispostas verticiladamente, 210-350  $\mu\text{m}$  compr.; bractéolas 2, raramente 4, 440-1.130  $\mu\text{m}$  compr.; nó basal estéril, gametângios sejtos,  $\mu\text{m}$  nós diferentes da mesma planta ou de um mesmo râmulo verticilado, situados nos 2<sup>o</sup>-5<sup>o</sup> nós dos râmulos; núculas 1 por nó, 700-900  $\mu\text{m}$  compr., 320-500  $\mu\text{m}$  diâm.; oósporos com parede finamente granulada, 350-730  $\mu\text{m}$  compr., 160-500  $\mu\text{m}$  diâm., fossa 50-70  $\mu\text{m}$



Figuras 2-9. *Chara guairensis*. 2. Ápice da planta. 3. Estipulódios diplostéfanos. 4. Córtex triplóstico (seta indica pequena célula espiniforme). 5. Glóbulo isolado (segmento intercalar). 6. Núcula (seta) situada no nó basal. 7-8. Nós basais férteis e ecorticados, detalhe das núculas (setas duplas) e glóbulos (setas simples). 9. Segmento apical ecorticado com brácteas. Figuras 10-13. *Chara martiana*. 10. Ápice da planta. 11-12. Estipulódios diplostéfanos. 13. Córtex triplóstico (seta indica pequena célula espiniforme). Escalas: figuras 2, 10 = 1,0 cm; figuras 7, 11, 12 = 1.000  $\mu$ m; figuras 4, 6, 8, 9, 13 = 500  $\mu$ m; figura 3 = 200  $\mu$ m; figura 5 = 100  $\mu$ m.

larg.; corônula com ápices convergentes ou divergentes; glóbulos com 8 escudos triangulares, 330-440  $\mu\text{m}$  diâm.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: Estrela D'Oeste, rodovia para Dolcinópolis, córrego do Veadão, 20°12'S e 51°35'W, 16-VI-1993, O. Necchi Jr. & C. Branco; Riolândia, SP-322, 7 km da cidade, córrego do Compasso, 19°59'S e 49°38'W, 17-V-1993, O. Necchi Jr. & C. Branco.

Distribuição no Brasil: Goiás, Piauí (Bicudo 1974), São Paulo (Bicudo 1974, Picelli-Vicentim 1990, Necchi Jr. et al. 1995a, Necchi Jr. et al. 1997 e Necchi Jr. et al. 2000).

Características ambientais(n=2): temperatura: 19,9-22,9°C, velocidade da correnteza: 33-59  $\text{cm s}^{-1}$ , condutividade elétrica: 77-103  $\mu\text{S cm}^{-1}$  ( $65 \pm 22$ ),

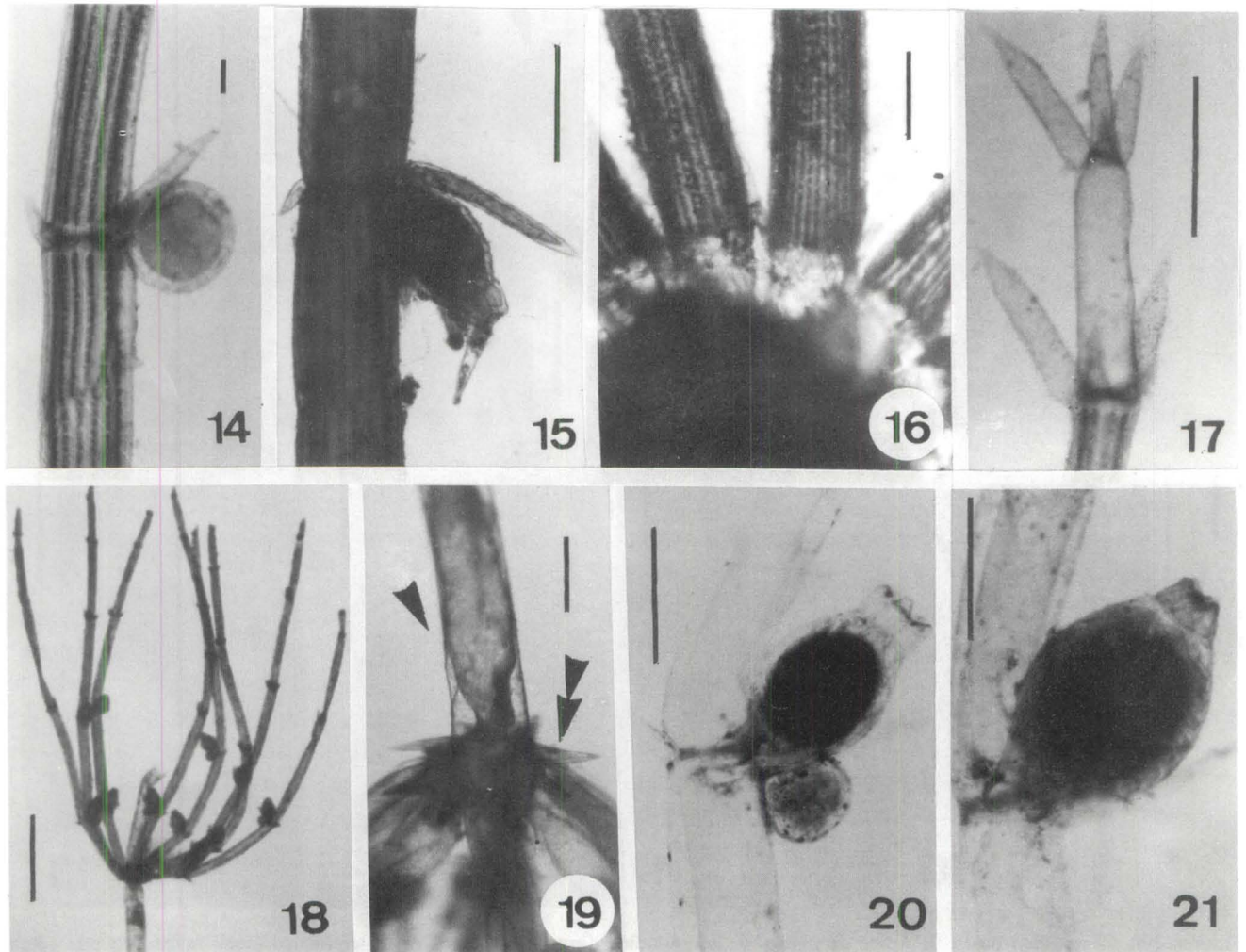
turbidez: 2-3 UTN ( $8 \pm 5$ ), local aberto, pH: 6,6-7,1, saturação de oxigênio: 48-57%.

Subgênero *Charopsis* (Kützing emend R. Leonh.) R.D. Wood, Seção *Charopsis* R.D. Wood

*Chara braunii* Gmelin, Flora Badensis Alsatica 4 (supl.): 646. 1826.

Figuras 18-21

Plantas monóicas, ecorticadas, desprovidas de incrustação calcárea, 12,0-43,5 cm alt.; córtex ausente; entrenó 0,7-3,0 cm compr.; râmulos verticilados 9-11, 1,1-4,6 cm compr.; caulóides 410-630  $\mu\text{m}$  diâm.; células espiniformes ausentes; estipulódios haplostéfanos; segmentos basal e intercalar ecorticados; segmento apical ecorticado, recoberto por 2-4(-6) brácteas dispostas verticiladamente, 180-3-5  $\mu\text{m}$  compr.; bractéolas 2, 400-780  $\mu\text{m}$  compr.;



Figuras 14-17. *Chara martiana*. 14. Glóbulo isolado. 15. Núcula isolada. 16. Nó basal ecorticado e estéril. 17. Segmento apical ecorticado com brácteas. Figuras 18-21. *Chara braunii*. 18. Ápice da planta. 19. Caulóide ecorticado (seta simples) e estipulódios haplostéfanos (seta dupla). 20. Gametângios conjuntos. 21. Núcula isolada. Escalas: figura 18 = 1,0 cm; figura 16 = 1000  $\mu\text{m}$ ; figuras 15, 17, 19-21 = 500  $\mu\text{m}$ ; figura 14 = 100  $\mu\text{m}$ .

nó basal fértil, gametângios conjuntos e/ou sejtuntos, em nós diferentes da mesma planta ou de um mesmo râmulo verticilado, situados nos 1<sup>o</sup>-3<sup>o</sup> nós dos râmulos; núculas 1 por nó, 540-1.050 µm compr., 210-940 µm diâm., fossa 75-85 µm larg., corônula com ápices divergentes; glóbulos com 8 escudos triangulares, 200-410 µm diâm.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São José do Rio Preto, Eng. Schmidt, ca. 1 km da área urbana, estrada secundária, Rio Preto, 20°07'S e 49°19'W, VII-1990, X-1990, O. Necchi Jr. & D. Pascoaloto; 7-X-1997, 16-VIII-1999, J. Vieira Jr. & O. Necchi Jr.

Distribuição no Brasil: São Paulo (Bicudo 1979, Picelli-Vicentim 1990, Necchi Jr. et al. 1995a, 1997, 2000).

Características ambientais (n=4): temperatura: 17,0-24,0°C (20,8 ± 3,1), velocidade da correnteza: 11-43 cm s<sup>-1</sup> (24 ± 14), condutividade elétrica: 27-121 µS cm<sup>-1</sup> (79 ± 39), turbidez: 5-34 UTN (18 ± 12), local aberto, pH: 6,7-7,0 (6,9 ± 0,1), saturação de oxigênio: 38-61% (46 ± 10).

Distribuição ecológica da família Characeae

Registrou-se neste estudo, incluindo os dados do gênero *Nitella* (Vieira et al. 2002), a ocorrência de 15 táxons específicos e/ou infraespecíficos de Characeae. *Nitella* foi o gênero mais bem representado (12 táxons, 80%). As Characeae ocorreram em 37 dos 172 segmentos de rios/riachos amostrados (21,5%) nos biomas/regiões. A espécie mais amplamente distribuída foi *N. subglomerata*, ocorrendo em 11 pontos de quatro biomas/regiões (tabela 1). Outros táxons também foram relativamente frequentes, ocorrendo em pelo menos três pontos de dois a três biomas/regiões: *N. gollmeriana* (três pontos), *N. furcata* subsp. *furcata* var. *sieberi* (cinco pontos) e *Nitella* sp. (sete pontos). Por outro lado, *C. braunii*, *N. furcata* subsp. *flagellifera*, *N. furcata* subsp. *furcata* var. *sieberi* f. *microcarpa*, *N. furcata* subsp. *mucronata* var. *mucronata* f. *wrightii*, *N. praelonga* e *N. tenuissima* f. *tenuissima* foram coletados em apenas um ponto de uma única região (tabela 1).

A maior riqueza de táxons de Characeae foi observada na região noroeste, enquanto que na floresta subtropical nenhuma ocorrência foi registrada (tabelas 1 e 2). Os táxons ocorreram nos rios/riachos do estado

Tabela 1. Ocorrência dos táxons específicos e infra-específicos de Characeae em ecossistemas lóticos nas regiões do estado de São Paulo. NO - região noroeste; MA - Mata Atlântica; AD - águas duras; FT - floresta pluvial tropical; CE - cerrado; FS - floresta pluvial subtropical. Números para os táxons referem-se aos pontos de ocorrência na região.

Táxons (15)	Regiões					
	NO	MA	AD	FT	CE	FS
<i>Chara braunii</i> Gmel. var. <i>braunii</i>	1	–	–	–	–	–
<i>C. guaiensis</i> R. Bicudo	4	–	–	–	–	–
<i>C. martiana</i> Wall.	2	–	–	–	–	–
<i>Nitella cernua</i> Braun	3	–	–	–	–	–
<i>N. furcata</i> (Bruz.) C. Ag. subsp. <i>flagellifera</i> (Gro. et Alle.) Wood	1	–	–	–	–	–
<i>N. furcata</i> subsp. <i>furcata</i> var. <i>sieberi</i> (Braun) Wood	3	2	–	–	–	–
<i>N. furcata</i> subsp. <i>furcata</i> var. <i>sieberi</i> f. <i>microcarpa</i> (Braun) Wood	1	–	–	–	–	–
<i>N. furcata</i> subsp. <i>mucronata</i> (Braun) Wood var. <i>mucronata</i> Wood	9	–	–	–	–	–
<i>N. furcata</i> subsp. <i>mucronata</i> var. <i>mucronata</i> f. <i>wrightii</i> (Gro. et Grov) Wood	1	–	–	–	–	–
<i>N. gollmeriana</i> Braun	1	1	–	–	1	–
<i>N. praelonga</i> Braun	–	–	–	1	–	–
<i>N. subglomerata</i> Braun	7	–	1	1	2	–
<i>N. tenuissima</i> (Desv.) Kütz. emend. Wood f. <i>tenuissima</i> Desv.	1	–	–	–	–	–
<i>N. translucens</i> (Pers.) C. Ag. subsp. <i>sublucens</i> (Alle.) [Cori.] ex Wood	1	–	–	–	1	–
<i>Nitella</i> sp.	6	–	–	–	1	–
Total de Characeae	14	2	1	2	4	0

Tabela 2. Resumo das características da ocorrência de Characeae em riachos dos biomas/regiões do estado de São Paulo. NO - região Noroeste; MA - Mata Atlântica; AD - águas duras; FT - floresta pluvial tropical; FS - floresta pluvial subtropical; CE - cerrado.

Região	N. pontos de amostragem	N. de pontos com Characeae	N. total de táxons	N. de táxons exclusivos
NO	44	29	14	9
MA	54	3	2	0
AD	22	1	1	0
FT	22	1	2	1
CE	16	3	4	0
FS	14	0	0	0
Global	172	37	15	10

de São Paulo sob as seguintes condições ambientais (média  $\pm$  desvio-padrão): valores de temperatura relativamente altos ( $21,3 \pm 2,7^\circ\text{C}$ ); velocidade da correnteza ( $35 \pm 33 \text{ cm s}^{-1}$ ), turbidez ( $9 \pm 8 \text{ UTN}$ ), saturação de oxigênio ( $63 \pm 18\%$ ) e condutividade elétrica ( $65 \pm 32 \mu\text{S cm}^{-1}$ ) moderados; pH próximo do neutro ( $7,3 \pm 1,7$ ). Em adição, cerca de 80% dos pontos com Characeae foram classificados como bem iluminados (abertos ou parcialmente sombreados) e com substrato predominantemente arenoso-argiloso.

A distribuição da frequência das variáveis ambientais dos riachos com presença de comunidades de macroalgas (Necchi Jr. et al. 2000) comparada aos registros das populações de Characeae (figura 22), mostrou diferenças significativas ( $p < 0,001$ ) para todas as variáveis analisadas: temperatura ( $\chi^2 = 35,4$ ), velocidade da correnteza ( $\chi^2 = 50,9$ ), condutividade elétrica ( $\chi^2 = 39,4$ ), pH ( $\chi^2 = 37,3$ ), turbidez ( $\chi^2 = 37,4$ ) e saturação de oxigênio ( $\chi^2 = 59,4$ ). O teste  $t$  de Student indicou diferença significativa ( $p < 0,001$ ) apenas entre os registros de temperatura ( $t = 4,74$ ) e velocidade da correnteza ( $t = 3,45$ ), com valores respectivamente mais altos e mais baixos para representantes de Characeae.

Com base na composição das espécies entre os biomas/regiões, os seguintes padrões foram evidenciados (tabela 2): 1) a região noroeste do estado e o cerrado tiveram a mais alta proporção de pontos com Characeae (19-66%), considerando o esforço de amostragem (número de segmentos de riachos amostrados); 2) a região de águas duras, Mata Atlântica e floresta pluvial tropical apresentaram baixa proporção de pontos com populações de Characeae (5-6%); 3) 73% dos táxons foram exclusivos de uma única região e a maior parte (91%) dos táxons exclusivos ocorreu na região noroeste.

A análise de grupamento, baseada na ocorrência

dos táxons, revelou três grupos distintos (figura 23). As maiores similaridades encontradas foram entre a região de águas duras com a floresta tropical (grupo A, 67% de similaridade) e entre a região noroeste e o cerrado grupo C, 44%). Este último grupo, por sua vez, apresentou 29% de similaridade com a Mata Atlântica (grupo B). A floresta subtropical não se agrupou com as demais regiões, refletindo a ausência de táxons de Characeae nessa região.

Os valores médios de ocorrência dos táxons de Characeae para as variáveis ambientais analisadas (figura 24) indicaram tendências entre os táxons. A análise de variância revelou existir diferenças significativas ( $p < 0,001$ ) entre os valores de todas as variáveis (exceto temperatura) nos locais de ocorrência dos diferentes táxons: turbidez ( $F = 2,70$ ), velocidade da correnteza ( $F = 3,89$ ), pH ( $F = 3,85$ ), condutividade elétrica ( $F = 2,70$ ) e saturação de oxigênio ( $F = 4,60$ ). Os menores valores de temperatura foram registrados para *Nitella gollmeriana* e os maiores para *N. cernua*. As três espécies de *Chara* (*C. martiana*, *C. guairensis* e *C. braunii*) e *N. furcata* subsp. *flagellifera*, restritas à região noroeste do estado, ocorreram sob valores de velocidade da correnteza e pH muito semelhantes. Os maiores registros de velocidade da correnteza foram para *Nitella translucens* subsp. *sublucens*, *N. furcata* subsp. *mucronata* var. *mucronata* e *N. furcata* subsp. *mucronata* var. *mucronata* f. *wrightii*. *Nitella furcata* subsp. *furcata* var. *sieberi* e *N. furcata* subsp. *furcata* var. *sieberi* f. *microcarpa* ocorreram em locais onde as variáveis ambientais apresentaram valores muito próximos, especialmente para velocidade da correnteza. Os menores valores de saturação de oxigênio foram para *C. braunii* e *N. furcata* subsp. *flagellifera*. Valores muito baixos para condutividade elétrica e pH foram registrados



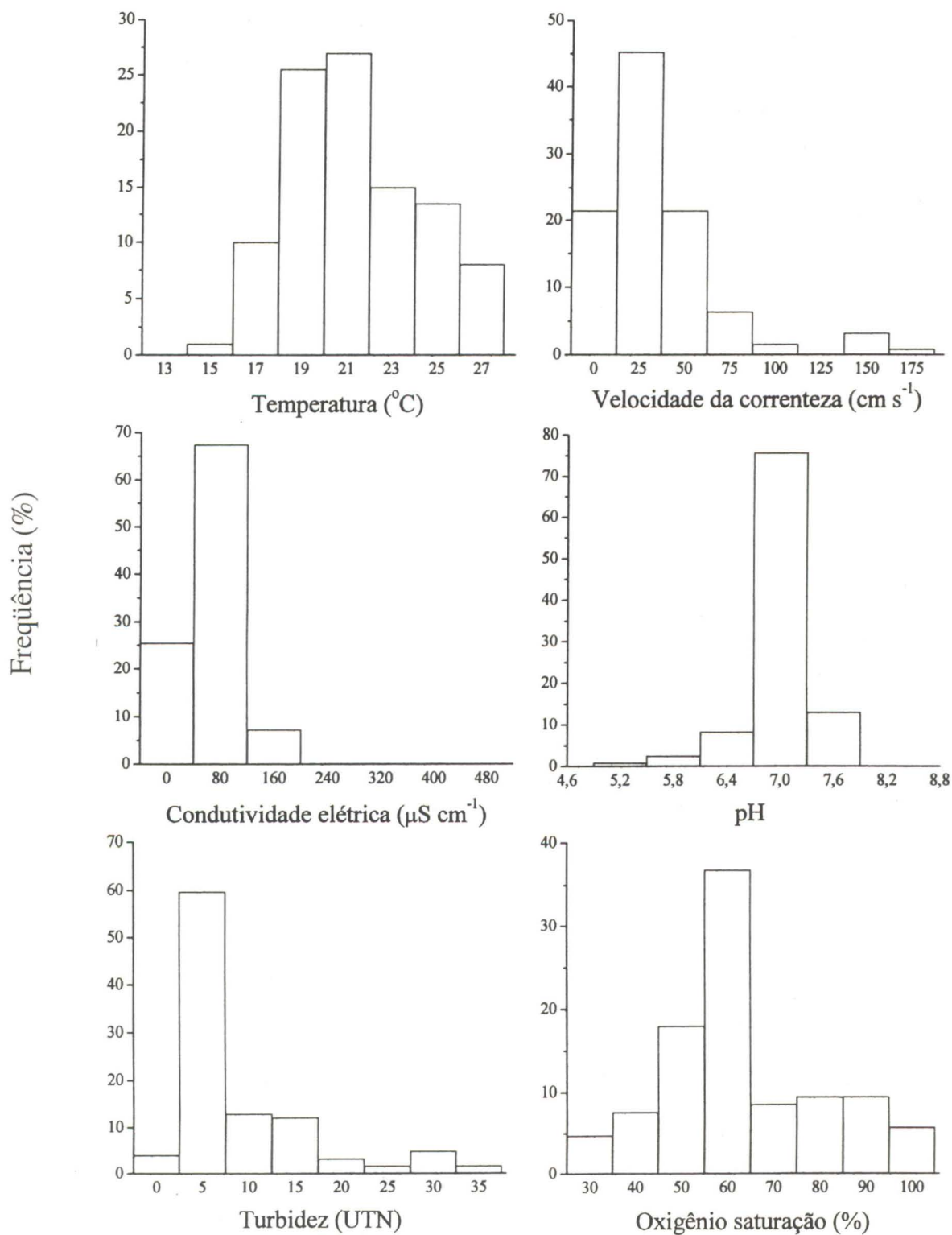


Figura 22. Distribuição (frequência) das variáveis ambientais medidas nos rios/riachos amostrados com a presença de táxons de Characeae no estado de São Paulo.

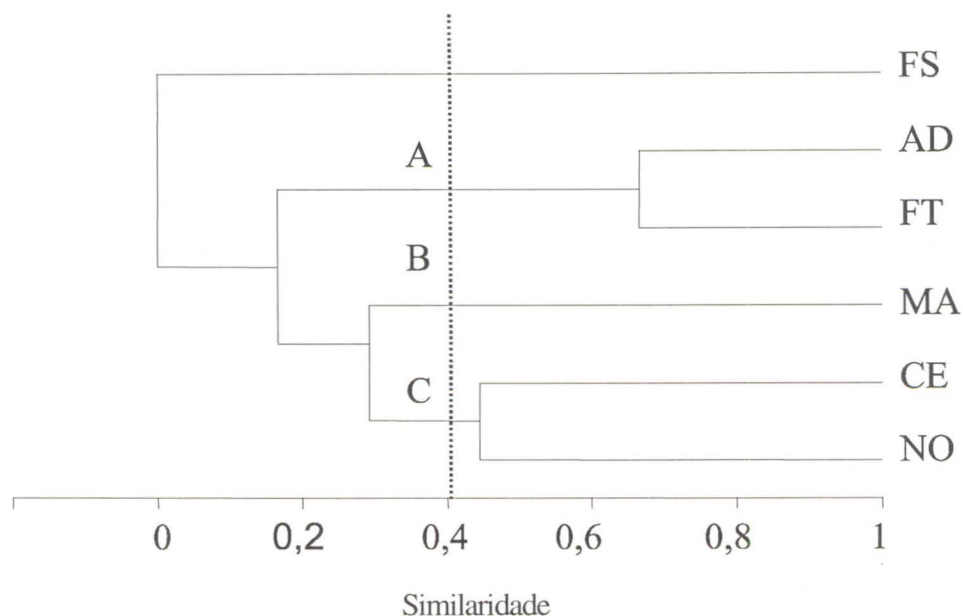


Figura 23. Dendrograma dos biomas/regiões do estado de São Paulo, com base na composição de espécies de Characeae, mostrando a formação de três grupos (A, B e C). FS - floresta pluvial subtropical; AD - regiões de águas duras; FT - floresta pluvial tropical; MA - região oriental de Mata Atlântica; CE - cerrado; NO - região noroeste. Linha pontilhada indica o nível usado para definição dos grupos.

para *N. praelonga*, com ocorrência restrita à floresta tropical. Em contrapartida *C. martiana* ocorreu sob os maiores valores de condutividade elétrica e os menores de turbidez. Os maiores valores de turbidez foram registrados nos locais de ocorrência de *N. furcata* var. *mucronata*, táxon restrito à região noroeste. *N. furcata* subsp. *mucronata* var. *mucronata* f. *wrightii* foi encontrada em local com o maior valor de pH.

A classificação da distribuição geográfica mundial, adaptada de Khan (1991), dos 15 táxons avaliados neste trabalho está sintetizada na tabela 3. *Chara braunii*, *N. furcata* subsp. *furcata* var. *sieberi*, *N. furcata* subsp. *mucronata* var. *mucronata* e *N. tenuissima* f. *tenuissima* foram os táxons mais amplamente reportados nos diferentes continentes, sendo classificados como cosmopolitas. Por outro lado, alguns táxons apresentaram distribuição geográfica menos ampla: 1) *Nitella translucens* subsp. *sublucens*, que havia sido reportada até então apenas no continente asiático, foi classificada como restrita; 2) *Chara martiana*, *N. cernua*, *N. furcata* subsp. *furcata* var. *sieberi* f. *microcarpa*, *N. furcata* subsp. *mucronata* var. *mucronata* f. *wrightii* e *N. praelonga* (que eram, até então, uma espécie exclusiva da América do Norte), ocorrem nas Américas e foram consideradas como restritas; 3) *Nitella furcata* subsp. *flagellifera* e *N. subglomerata* foram classificadas

como subcosmopolistas; 4) *Chara guairensis*, *N. gollmeriana* e *Nitella* sp., espécies ocorrentes apenas na América do Sul, foram classificadas como endêmicas.

A Análise de Componentes Principais (ACP) revelou que 62% da variabilidade total dos dados foi explicada pelos dois primeiros componentes (figura 25) e corroborou a distribuição segundo as variáveis ambientais (figura 24). O primeiro componente esteve mais relacionado com as variáveis condutividade elétrica, pH e turbidez (negativamente) e saturação de oxigênio (positivamente), conforme tabela 4. No lado negativo do eixo 1, que se relacionou aos maiores valores de turbidez, pH e condutividade elétrica, situaram-se a região noroeste e os táxons *Chara braunii*, *Nitella cernua*, *N. furcata* subsp. *flagellifera*, *N. furcata* subsp. *mucronata* var. *mucronata*, *N. furcata* subsp. *mucronata* var. *mucronata* f. *wrightii*, de ocorrência exclusiva nesta região. No lado positivo do eixo 1, que se relacionou aos menores valores de pH e condutividade elétrica, situou-se a floresta tropical e *N. praelonga*, táxon de ocorrência exclusiva à esta região. Também no lado positivo do eixo 1 situou-se a floresta subtropical, isoladamente, porém relacionada aos maiores valores de saturação de oxigênio e menores de temperatura e turbidez.

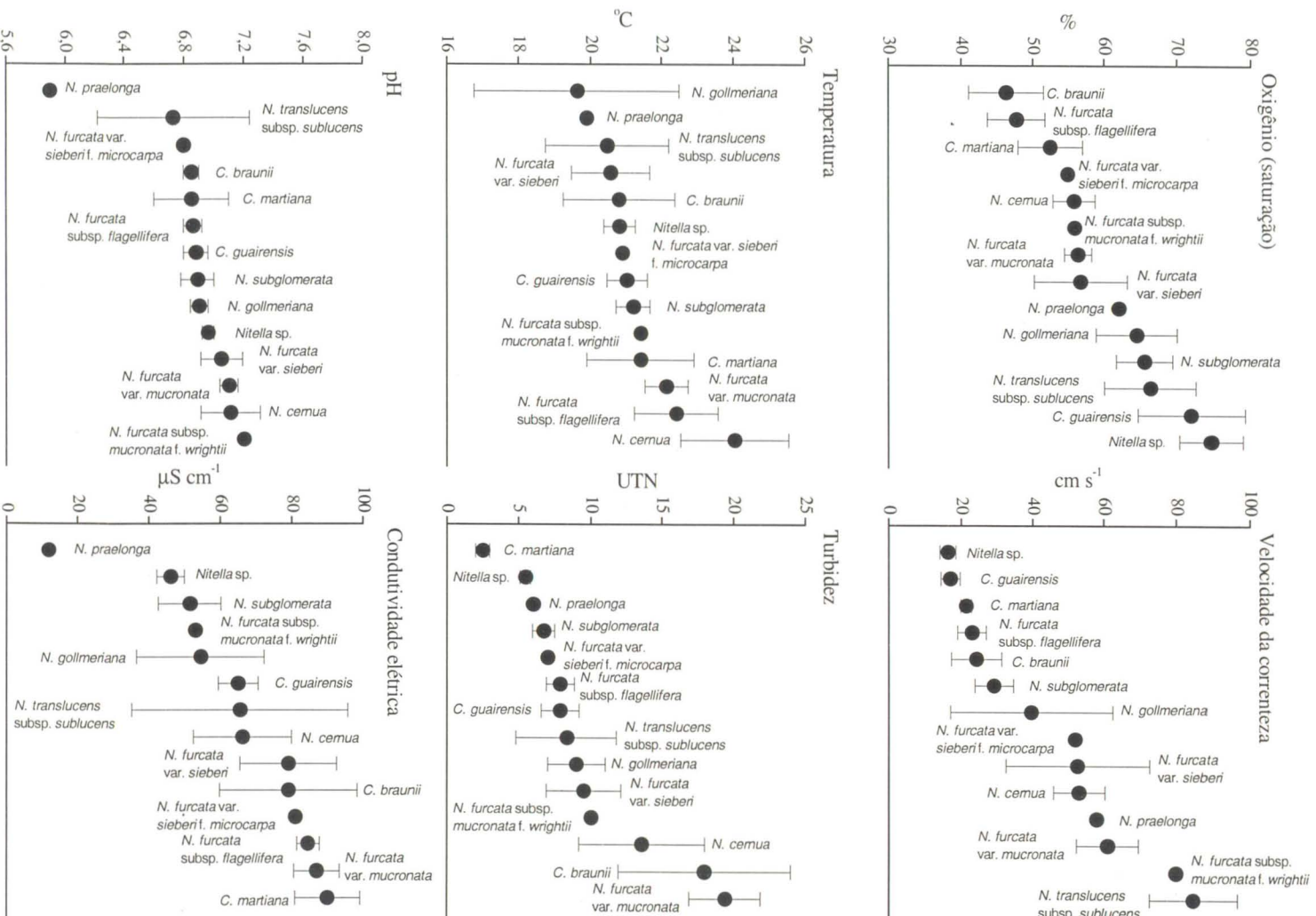


Figura 24. Valores (média  $\pm$  erro padrão) de saturação de oxigênio, velocidade da correnteza, temperatura, turbidez, pH e condutividade elétrica para a ocorrência de táxons de Characeae nos riachos amostrados nas regiões do estado de São Paulo.

Tabela 3. Distribuição geográfica mundial dos táxons específicos e infra-específicos de Characeae ocorrentes neste estudo. AN - América do Norte; AS - América do Sul; AF - África; AI - Ásia; EU - Europa e OC - Oceania (Imahori 1954, Wood & Imahori 1965, Proctor et al. 1971, Bicudo 1974, 1979, Langangen 1974, Bicudo & Yamaoka 1978, Proctor 1980, Boira & Carretero 1985, Moore 1986, Mann 1989, Blazencic et al. 1990, Blindow & Krause 1990, Picelli-Vicentim 1990, Khan 1991, Sheath & Cole 1992, Haas 1994, Bueno et al. 1996, Simons & Nat 1996, Bueno & Bicudo 1997, Krause 1997, Mann et al. 1999, Necchi et al. 2000). a - endêmico, b - restrito, c - sub-cosmopolita e d - cosmopolita.

TÁXONS	ZONAS					
	AN	AS	AF	AI	EU	OC
<i>Chara braunii</i> Gmel. var. <i>braunii</i> <sup>d</sup>	X	X	X	X	X	X
<i>C. guairensis</i> R. Bicudo <sup>a</sup>		X				
<i>C. martiana</i> Wall. <sup>b</sup>	X	X				
<i>Nitella cernua</i> Braun <sup>b</sup>	X	X				
<i>N. furcata</i> (Bruz.) C. Ag. subsp. <i>flagellifera</i> (Grov. et Alle.) Wood <sup>c</sup>		X	X	X		
<i>N. furcata</i> subsp. <i>furcata</i> var. <i>sieberi</i> (Braun) Wood <sup>d</sup>	X	X	X	X	X	
<i>N. furcata</i> subsp. <i>furcata</i> var. <i>sieberi</i> f. <i>microcarpa</i> (Braun) Wood <sup>b</sup>	X	X				
<i>N. furcata</i> subsp. <i>mucronata</i> (Braun) Wood var. <i>mucronata</i> Wood <sup>d</sup>	X	X	X	X	X	X
<i>N. furcata</i> subsp. <i>mucronata</i> var. <i>mucronata</i> f. <i>wrightii</i> (Grov. et Grov.) Wood <sup>b</sup>	X	X				
<i>N. gollmeriana</i> Braun <sup>a</sup>		X				
<i>N. praelonga</i> Braun <sup>b*</sup>	X	X				
<i>N. subglomerata</i> Braun <sup>c</sup>	X	X		X		
<i>N. tenuissima</i> (Desv.) Kütz. emend Wood f. <i>tenuissima</i> Desv. <sup>d</sup>	X	X	X	X	X	
<i>N. translucens</i> (Pers.) C. Ag. subsp. <i>sublucens</i> (Allen) [Cori.] ex Wood <sup>b*</sup>		X		X		
<i>Nitella</i> sp. <sup>a</sup>		X				

\* Considerou-se a ocorrência neste trabalho.

As variáveis que mais influenciaram o componente 2 (tabela 4) foram velocidade da correnteza, temperatura e turbidez (positivamente) e condutividade elétrica (negativamente). No lado positivo do eixo 2 situaram-se *N. furcata* subsp. *mucronata* var. *mucronata* f. *wrightii* e *N. translucens* subsp. *sublucens*, associando-se aos maiores valores de velocidade da correnteza, ao passo que no lado negativo deste eixo, *C. martiana* e *C. guairensis* associaram-se aos menores valores desta variável. Em contrapartida, no centro da figura 25 posicionaram-se *N. gollmeriana* e *N. subglomerata*, formando um grupo não relacionado com nenhuma das variáveis ambientais analisadas, provavelmente refletindo a ampla distribuição destes dois táxons nos biomas estudados. Esta ampla distribuição e o fato de não estarem relacionadas às variáveis ambientais analisadas sugerem que estas duas espécies têm amplo limite de tolerância a estas variáveis.

Tabela 4. Peso das variáveis ambientais na análise de componentes principais (ACP) em relação à ocorrência de Characeae em ecossistemas lóticos do estado de São Paulo.

	Peso da variável ACP	
	Eixo 1	Eixo 2
Temperatura	-0,369	0,458
Velocidade da correnteza	0,162	0,499
Condutividade elétrica	-0,468	-0,442
Turbidez	-0,451	0,434
Saturação de oxigênio	0,450	-0,187
pH	-0,462	-0,350

## Discussão

### Análise taxonômica (*Chara*)

As duas variedades de *C. braunii* citadas para o Brasil diferenciam-se, basicamente, pelas dimensões

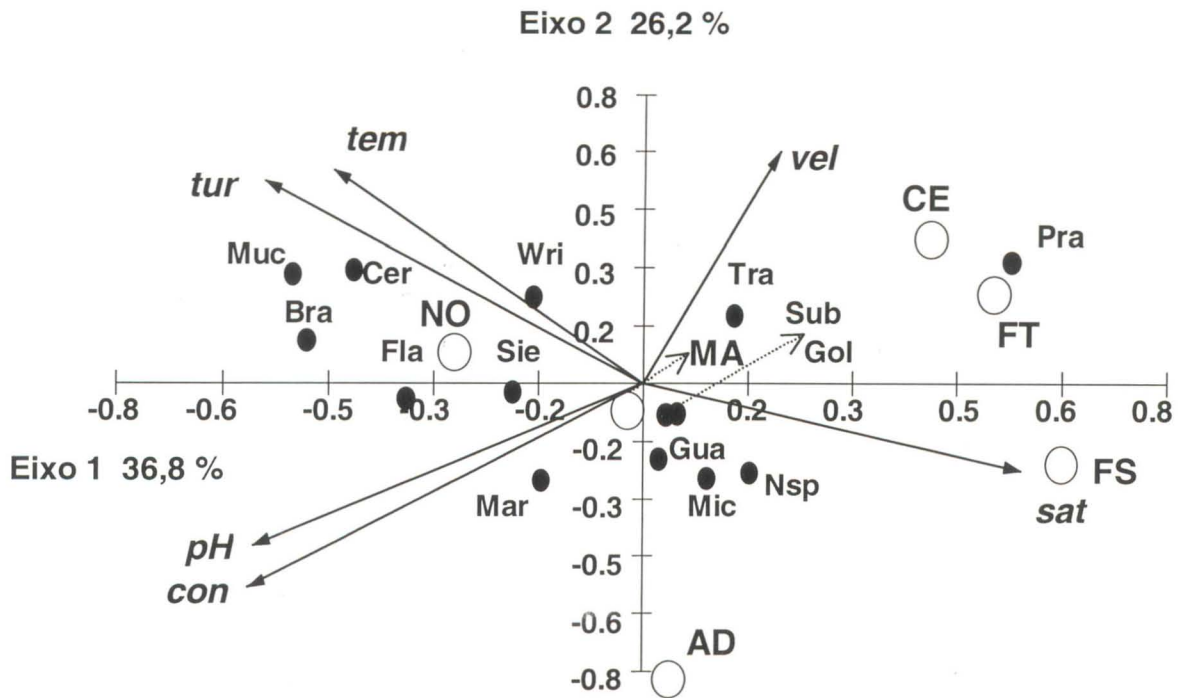


Figura 25. Análise de componentes principais (ACP) com base nas variáveis ambientais dos pontos com Characeae nos riachos no estado de São Paulo e na ocorrência de Characeae dentro de cada um dos biomas/regiões amostrados. Bra - *Chara braunii* (n=4); Cer - *Nitella cernua* (n=4), Fla - *N. furcata* subsp. *flagellifera* (n=8); Gua - *C. guairensis* (n=16); Gol - *N. gollmeriana* (n=3); Mar - *C. martiana* (n=2); Mic - *N. furcata* subsp. *sibieri* f. *microcarpa* (n=1); Muc - *N. furcata* subsp. *mucronata* var. *mucronata* (n=25) Nsp - *Nitella* sp. (n=33); Pra - *N. praelonga* (n=1); Sie - *N. furcata* subsp. *furcata* var. *sieberi* (n=5); Sub - *N. subglomerata* (n=19); Tra - *N. translucens* subsp. *sublucens* (n=3) e Wri - *N. furcata* subsp. *mucronata* var. *mucronata* f. *wrightii* (n=1).

do oósporo, 368-750 × 224-400 µm na variedade *braunii* e 800-830 × 430-480 µm na variedade *brasiliensis* (Bicudo 1979). As dimensões de oósporo registradas possibilitaram a identificação do material descrito neste trabalho dentro da variedade tipo (Wood & Imahori 1965).

Foi encontrada grande dificuldade na identificação das populações de *C. guairensis* e *C. martiana* (subseção *Willdenowia* seção *Grovesia* subgênero *Chara*). Problemas taxonômicos neste grupo foram ressaltados por Proctor et al. (1971). As espécies deste trabalho devem, na opinião dos autores, ter seus tratamentos revistos. Bicudo (1974) propôs *C. guairensis* distinguindo-a de *C. martiana* basicamente por esta espécie apresentar nós basais estéreis. Os espécimes de *C. martiana* observados encaixam-se na circunscrição proposta por Proctor et al. (1971) com gametângios sejuntos e ausentes do nó basal. Nesta seção, o número de escudos dos glóbulos e a fertilidade/esterilidade dos nós basais são as características taxonômicas mais importantes (Proctor & Wiman 1971).

Proctor (1975) relatou que há uma forte evidência

de barreira reprodutiva entre os táxons que apresentam glóbulos com quatro e oito escudos. Além disso, dioícia/monoícia e gametângios conjuntos/sejuntos, também apontam isolamento reprodutivo completo entre as espécies. Entretanto, não foi possível estabelecer ainda se a fertilidade ou esterilidade dos nós basais, isoladamente, seria um caráter diagnóstico que justificaria a separação daquelas duas espécies em entidades taxonômicas distintas. *Chara guairensis* apresenta oito escudos e nós basais férteis, não acompanhando o padrão descrito por Griffin & Proctor (1964) e Proctor (1975), enquanto *C. martiana* apresenta nós basais estéreis e segue o padrão. Portanto, a importância da fertilidade do nó basal não resultou, neste caso, em diferença quanto ao número de escudos dos glóbulos. Esta última característica, caso diferísse entre as espécies, representaria um forte indício de isolamento reprodutivo. Provavelmente o estágio de fertilidade nos nós basais deve ser influenciado por variáveis ambientais ou pela idade da planta, pois foi encontrado espécimes com nós basais estéreis em uma parte do talo e férteis em outra. Além disso, alocação de

recursos foi anteriormente relatada em Characeae (Casanova 1994, Bueno 2000, Vieira Jr. e Necchi Jr. 2002).

Características secundariamente consideradas como distintivas (Bicudo 1974) como altura da planta, comprimento de brácteas, número e comprimento de bractéolas e dimensões dos gametângios tiveram seus limites de variação ampliados neste trabalho, por Picelli-Vicentim (1990) e Bueno et al. (1996), levando à uma expressiva sobreposição entre as espécies. Em adição, Vieira Jr. e Necchi Jr. (2002) sugeriram que características morfométricas, sobretudo de estruturas vegetativas, devem ser evitadas na identificação de Characeae por serem altamente influenciáveis pelas variações de parâmetros ambientais como velocidade da correnteza e profundidade. Da mesma forma, ápice de corônula divergente ou convergente não foi aplicável ao material analisado. Picelli-Vicentim (1990) informou que *C. martiana* poderia apresentar ápices de ambas as formas, o que sugere a inviabilidade do caráter.

Optou-se por tratar *C. guaiensis* e *C. martiana* como espécies distintas, mesmo diante dos problemas apontados, pois foram examinadas apenas populações restritas a uma região geográfica e específicas de ecossistema lótico. Entretanto, sugere-se que novos estudos taxonômicos neste subseção sejam desenvolvidos. Os enfoques deverão incluir populações em áreas geográficas mais amplas, além de outras técnicas (citogenéticas, moleculares e ultraestruturais). Atualmente, sabe-se que muitos dos caracteres utilizados por R.D. Wood como critérios taxonômicos clássicos dentro das circunscrições dos subgêneros e das seções de *Chara*, não são informativos na determinação da sistemática filogenética do gênero, como esipulódios (haplotéfano/diplostéfano) e o tipo e a presença ou ausência de corticação do eixo principal (Meiers et al. 1999). Essas afirmações não sustentam a hipótese filogenética de Wood & Imahori (1965) que dividiram o gênero *Chara* em dois subgêneros, baseados no número de fileiras de estipulódios, corticação, arranjo e número de brácteas e altura da planta.

#### Distribuição ecológica (Characeae)

A afinidade das populações de Characeae por trechos de riachos de maior temperatura, menor velocidade de correnteza, substrato areno-argiloso e aberto foi evidente neste estudo e concordante com dados de microhabitat (Vieira Jr. & Necchi Jr., 2002).

As Characeae ocorreram sob maior temperatura e menor velocidade de correnteza quando comparadas às comunidades de macroalgas lólicas do estado de São Paulo (Necchi Jr. et al. 2000). Os resultados obtidos estão em conformidade com trabalhos anteriores que avaliaram a distribuição ecológica de Characeae em outras partes do mundo. Corlion (1957) registrou que em locais onde a velocidade da correnteza variou de 8,3 a 16,6 cm s<sup>-1</sup>, ocorreu crescimento vigoroso de Characeae. Langangen (1974) verificou a ocorrência de Characeae apenas em rios com correnteza lenta, associada aos locais com substratos do tipo areia, lodo, argila e sedimento calcário. Caffrey & King (1989) relataram crescimento de Characeae sob velocidade de correnteza entre 12-53 cm s<sup>-1</sup>. Khoja & Hussain (1990) registraram a ocorrência de oito táxons de Characeae na Arábia Saudita, apenas em pontos com substrato lodoso, água transparente e baixa velocidade de correnteza. Blazenic & Temniskiva-Topalova (1991) registraram cinco espécies de Characeae da Babilônia, sob temperaturas entre 20-29,5°C e em substratos lodosos. Simons et al. (1994) reportaram que a temperatura ótima para a germinação de oósporos situa-se entre 20 a 25°C. Altas temperaturas (20 a 25°C) também são relatadas como ótimas para o crescimento de Characeae (Forsberg 1965, Simons et al. 1994). Bornette et al. (1996) mencionaram que as Characeae colonizam preferencialmente substratos argilosos, arenosos, lodosos e constituídos de cascalho. Hussain et al. (1996) registraram densos bancos de *Chara vulgaris* apenas em canais lodosos.

Essa combinação de fatores também explica a baixa ocorrência de Characeae nos biomas investigados. A floresta tropical apresentou 77% pontos com velocidade da correnteza maior que 30 cm s<sup>-1</sup> e apenas 25% dos trechos foram classificados como abertos. Na Mata Atlântica a velocidade média da correnteza nos pontos amostrados foi alta ( $\bar{x}$ = 45 cm s<sup>-1</sup>) e 66% dos pontos tinham velocidade superior a 30 cm s<sup>-1</sup>. Além disso, o substrato rochoso foi predominante em 79% dos pontos. Na floresta subtropical 70% dos pontos tinham substrato predominantemente rochoso, velocidade da correnteza elevada ( $\bar{x}$ = 49,6 cm s<sup>-1</sup>) e 72% dos pontos foram classificados como sombreados ou fortemente sombreados. Isto aparentemente explica a ausência de Characeae.

Entretanto, essas características podem explicar a alta diversidade de Characeae na região noroeste, onde 32% dos pontos tiveram o substrato

predominantemente areno-argiloso, velocidade da correnteza baixa a moderada ( $< 20 \text{ cm s}^{-1}$ ) em 23% dos pontos, altas temperaturas ( $\bar{x} = 22,3^\circ\text{C}$ ) e 100% dos pontos eram abertos ou parcialmente sombreados (Necchi Jr. et al. 2000). A elevada ocorrência de Characeae na região noroeste também pode ser explicada pelo fato de se tratar de ambiente altamente perturbado (Necchi Jr. et al. 1995a). Wade (1990) e Bornette et al. (1996) relataram que várias Characeae são capazes de colonizar rapidamente corpos d'água rasos e perturbados, que pode ser explicado principalmente pela grande viabilidade e facilidade de dispersão dos oósporos. De modo semelhante, no cerrado 56% dos trechos foram areno-argilosos e a velocidade da correnteza foi menor que  $30 \text{ cm s}^{-1}$  em 50% dos pontos. Logo, houve elevada frequência de Characeae, menor apenas que na região noroeste.

A região de águas duras, onde esperava-se encontrar grande diversidade de espécies, pois normalmente são relatadas como favoráveis ao desenvolvimento de Characeae (Caffrey & King 1989, Khoja & Hussain 1990, King & Nash 1994, Simons et al. 1994, Bornette et al. 1996, Simons & Nat 1996) não correspondeu à expectativa inicial. Altos valores de cálcio ( $18 \pm 32 \text{ mg l}^{-1}$ ) foram reportados para esta região (Necchi Jr. et al. 2000). A baixa ocorrência pôde ser atribuída às condições de microhabitat desfavoráveis dos trechos investigados. Apenas 10% dos pontos apresentaram substrato areno-argiloso predominante e eram abertos. Além disso, a velocidade da correnteza foi alta ( $\bar{x} = 46 \text{ cm s}^{-1}$ ) e em 73% dos pontos foi maior que  $30 \text{ cm s}^{-1}$ . Diante dos resultados, foi avaliado que as condições de microhabitat, sobretudo o tipo de substrato e a velocidade da correnteza, constituíram importantes fatores de influência na ocorrência de populações/espécies de Characeae em ecossistemas lóticos do estado de São Paulo, refletindo na distribuição em grande escala (biomas/regiões).

Os táxons encontrados foram classificados quanto à distribuição geográfica mundial como restritos (40%), cosmopolitas (27%), endêmicos (20%) e subcosmopolitas. Os dados obtidos não concordam com Khan (1991), que compilou mundialmente 1,5% dos táxons de ocorrência cosmopolita, 2% subcosmopolitas, 34% restritos e 62,5% endêmicos. Esta discrepância pode ser atribuída ao fato de tratarmos de espécies de uma área relativamente pequena. Por outro lado, Proctor (1980) relatou que endemismo é raro em Characeae e que não há

indicação alguma de que espécies dióicas, em especial do gênero *Chara*, apresentem distribuição cosmopolita e/ou subcosmopolita. Blazencic et al. (1990) inventariaram 37 táxons de Characeae na Jugoslávia, sendo 29,7% cosmopolistas e 18,9% subcosmopolitas. Garcia (1999) identificou 12 táxons no sul da Austrália e Nova Zelândia e considerou 58% deles como endêmicos. Esta autora ressaltou que endemismo, dioícia e espécies ecorticadas eram características marcantes da flora de Characeae na Austrália. Os dados obtidos mostraram padrão inverso onde a maioria dos táxons era monóica e com distribuição restrita ou cosmopolita.

O número de táxons de Characeae encontrados neste estudo foi maior que o registrado em riachos da América do Norte (nove, Sheath & Cole 1992). Estes autores encontraram *C. braunii*, *N. furcata* e *N. tenuissima* em regiões de clima semelhante (floresta tropical e planície costeira). Mann et al. (1999) registraram 30 táxons de Characeae na América do Norte, dos quais *C. braunii*, *C. martiana*, *C. mucronata* e *N. praelonga* são aqui citadas.

Os grupos infragenéricos amplamente distribuídos na América do Sul, por exemplo gênero *Chara* subseção *Willdenowia* (Mann et al. 1999, Khan 1991) e seções *Tieffallenia* e *Rajia* do gênero *Nitella* (Khan 1991) foram, via de regra, os grupos com maior frequência de ocorrência nos riachos dos biomas/regiões do estado de São Paulo. Vários autores (Bicudo & Yamaoka 1978, Astorino 1983, Picelli-Vicentim 1990, Bueno & Bicudo 1997) também relataram essas seções como os grupos de ocorrência mais ampla e frequente no Brasil.

Picelli-Vicentim (1990) inventariou 26 táxons para o estado de São Paulo, dos quais 17 ocorreram em águas correntes. Considerando-se a escassez de informações mais precisas, os seguintes táxons citados pela autora apresentaram maior número de registros em ecossistemas lóticos (39-67%): *Chara guairensis*, *C. martiana*, *N. furcata* subsp. *mucronata* var. *mucronata* e *N. subglomerata*. Estes foram bem representados neste estudo, sugerindo tratarem-se de táxons de ocorrência comum em sistemas lóticos.

Espécies taxonomicamente próximas apresentaram valores dos parâmetros ambientais semelhantes. A frequência de ocorrência das Characeae em ecossistemas lóticos nos biomas/regiões representativos do estado de São Paulo foi relativamente baixa (21% dos pontos) quando comparada aos poucos grupos de macroalgas

estudadas, como Batrachospermales (Rhodophyta) que ocorreu em 33% dos pontos (Necchi Jr. et al. 1999) e Chaetophoraceae (Chlorophyta) em 31% (Branco et al. 2002). Baixa frequência de Characeae em ecossistemas lóticos também foi registrada por Langangen (1974), em que apenas *C. braunii*, *C. globularis*, *N. opaca* e *N. flexilis* foram encontradas em rios dentre as 20 espécies registradas na Noruega.

### Agradecimentos

Este trabalho contou com os apoios financeiros de auxílio à pesquisa da FAPESP (Proc. 95/2758-8) e bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq (Proc. 300379/86-2) concedidos à O.N.J. e bolsa de mestrado do CAPES a J.V.J. Os autores agradecem à Maria Helena Carabolante pelo auxílio nas análises em laboratório.

### Literatura citada

- Astorino, H.A.B.** 1983. Charophyceae do estado do Rio Grande do Sul: uma contribuição ao seu inventário. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 108 p.
- Bicudo, R.M.T.** 1968. An annotated list of Charophyceae already cited for Brazil. *Rickia* 3: 221-238.
- Bicudo, R.M.T.** 1969. Brazilian Characeae of the Herbarium of the "Instituto de Botânica, São Paulo". *Nova Hedwigia* 17: 1-14.
- Bicudo, R.M.T.** 1974. O gênero *Chara* (Charophyceae) no Brasil, 1: Subseção *Willdenowia* R.D. Wood. *Rickia* 6: 127-189.
- Bicudo, R.M.T.** 1977. O gênero *Chara* (Charophyceae) no Brasil, 2: Seção *Chara*. Anais do 26º Congresso Nacional de Botânica, Rio de Janeiro, pp. 23-32.
- Bicudo, R.M.T.** 1979. O gênero *Chara* (Charophyceae) no Brasil, 1: Seção *Charopsis* (Kütz. emend. Rupr., Leonh.) R.D. Wood. *Rickia* 8: 17-26.
- Bicudo, R.M.T. & Yamaoka, D.M.** 1978. O gênero *Nitella* (Charophyceae) no Brasil. 1: Subgênero *Nitella*. *Acta Biologica Parana* 7: 77-98.
- Blanzencic, J., Blanzencic, Z., Cvijan, M. & Stevanovic, B.** 1990. Systematics and biogeographic studies of Charophytes in Yugoslavia. *Cryptogamie, Algologie* 11: 249-256.
- Blanzencic, J. & Temniskova-Topalova, D.** 1991. Charophyta from Babylon (Republic of Iraq). *Cryptogamie, Algologie* 12: 289-300.
- Blindow, I. & Krause, W.** 1990. Bestänningsnyckel för svenska Kransalger. *Svensk Botanischen Tidskrift* 84: 119-160.
- Boira, H. & Carretero, J.L.** 1985. Las carofíceas de las provincias de Castellón y Valencia. *Collecta Botanica* 16: 13-19.
- Bornette, G., Guerlesquin, M. & Henry, C.P.** 1996. Are the Characeae able to indicate the origin of groundwater in former river channels? *Vegetatio* 125: 207-222.
- Branco, C.C.Z. & Necchi Jr., O.** 1996a. Survey of stream macroalgae from eastern Atlantic Rainforest of São Paulo State, southeastern Brazil. *Algological Studies* 80: 35-57.
- Branco, C.C.Z. & Necchi Jr., O.** 1996b. Distribution of stream macroalgae in the eastern Atlantic Rainforest of São Paulo State, southeastern Brazil. *Hydrobiologia* 333: 139-150.
- Branco, C.C.Z. & Necchi Jr., O. & Branco, L.H.Z.** 2002. Taxonomy and ecological distribution of Chaetophoraceae (Caetophorales, Chlorophyta) in lotic ecosystems from São Paulo State, southeastern Brazil. *Algological Studies* 106: 43-75.
- Branco, L.H.Z. & Necchi Jr., O.** 1999. Distribution of stream macroalgae in three tropical drainage basins. *Archiv für Hydrobiologie* 142: 241-256.
- Branco, L.H.Z. & Necchi Jr., O. & Branco, C.C.Z.** 2001. Ecological distribution of Cyanophyceae from lotic ecosystems of São Paulo State, southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 24: 99-108.
- Bueno, N.C.** 2000. Autoecologia de *Nitella furcata* subsp. *mucronata* var. *mucronata* f. *oligospira* (Chlorophyta, Characeae) na região litorânea do lago das Ninfeias, município de São Paulo, SP, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 261 p.
- Bueno, N.C. & Bicudo, C.E.M.** 1997. Characeae (Charophyceae) do pantanal do Mato Grosso do Sul. Brasil: *Nitella*. *Hoehnea* 24: 29-55.
- Bueno, N.C., Bicudo, C.E.M., Picelli-Vicentim, M.M. & Ishii, I.H.** 1996. Characeae (Charophyceae) do pantanal do Mato Grosso do Sul, Brasil: *Chara*. *Hoehnea* 23: 21-31.
- Caffrey, J. & King, J.J.** 1989. Aspects of charophyte ecology in three drained tributaries of the River Boyne, Ireland. *Bulletin Ireland Biogeography Society* 12: 6-17.
- Casanova, M.T.** 1994. Vegative and reproductive responses of Charophytes to water-level fluctuations in permanent and temporary wetlands in Australia. *Australian Journal of Marine Freshwater Research* 45: 1409-1419.
- Corilion, R.** 1957. Les Charophytes de France et d'Europe Occidentale. *Imprimerie Bulletin de Société Scientifique de Bretagne, Nouvelle Series* 32: 1-499.
- Digby, P.G.N. & Kempton, R.A.** 1987. Multivariate analysis of ecological communities. Chapman and Hall, London, 206 p.
- Forsberg, C.** 1965. Ecological and physiological studies of Charophytes. *Acta Universitatis Upsaliensis* 53: 1-10.



- Garcia, A.** 1999. Charophyte flora of south-eastern south Australia and south-western Victoria, Australia: systematics, distribution and ecology. *Australian Journal of Botany* 47: 407-426.
- Griffin III, D.G. & Proctor, V.W.** 1964. A population study of *Chara zeylanica* in Texas, Oklahoma, and New Mexico. *American Journal of Botany* 51: 120-124.
- Haas, J.N.** 1994. First identification key for charophyte oospores from Central Europe. *European Journal of Phycology* 29: 227-235.
- Holmgren, P.K. & Holmgren, N.H.** 1993. Additions to Index Herbariorum (Herbaria), Edition 8, second series. *Taxon* 42: 489-505.
- Hussain, M.I., Khoja, T.M. & Guerlesquin, M.** 1996. Chemistry, ecology and seasonal succession of Charophytes in the Al-Kharj Irrigation Canal, Saudi Arabia. *Hydrobiologia* 333: 129-137.
- Imahori, K.** 1954. Ecology, phytogeography and taxonomy of the Japanese Charophyta. Otto Koeltz Science Publishers, Koenigstein, 234 p. (reprint 1977).
- Johansson, C.** 1982. Attached algal vegetation in running waters of Jamtland, Sweden. *Acta Phytogeographica Suecica* 71: 1-84.
- Khan, M.** 1991. Charophytes in time and space: zonal distribution patterns. *Bulletin de la Société Botanique de France* 138: 33-45.
- Khoja, M. & Hussain, M.I.** 1990. Preliminary studies on the distribution of Charophytes in Saudi Arabia. *Cryptogamie, Algologie* 11: 187-196.
- King, J.J. & Nash, D.W.** 1994. The Charophyta of county Dublin. *Biology and Environment* 3: 255-264.
- Krause, W.** 1997. Charales (Charophyceae). In: H. Ettl, G. Gartner, H. Heyning & D. Molenhauser (eds.) *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Band 18. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 202 p.
- Kronka, F.J.N., Matsukuma, C.K., Nalon, M.A., Cali, I.H., Rossi, M., Mattos, I.F.A., Shin-Ilke, M.S. & Pontinhas, A.A.S.** 1993. Inventário florestal do estado de São Paulo. Instituto Florestal, São Paulo, 199 p.
- Langangen, A.** 1974. Ecology and distribution of Norwegian charophytes. *Norwegian Journal of Botany* 21: 31-52.
- Mann, H.** 1989. Charophytes of insular Newfoundland. *Canadian Field-Naturalist* 103: 34-42.
- Mann, H., Proctor, V.W. & Taylor, A.S.** 1999. Towards a biogeography of North American Charophytes. *Australian Journal of Botany* 47: 445-458.
- Meiers, S.T., Proctor, V.W. & Chapman, R.L.** 1999. Phylogeny and biogeography of *Chara* (Charophyta) inferred from 18S rDNA sequences. *Australian Journal of Botany* 47: 347-360.
- Moore, J.A.** 1986. Charophytes of Great Britain and Ireland. *Botanical Society of the British Isles*, London, no. 5, 141 p.
- Necchi Jr., O., Branco, C.C.Z. & Branco, L.H.Z.** 1999. Distribution of Rhodophyta from São Paulo State, southeastern Brazil. *Archiv für Hydrobiologie* 147: 73-89.
- Necchi Jr., O., Branco, C.C.Z. & Branco, L.H.Z.** 2000. Distribution of stream macroalgae in São Paulo State, southeastern Brazil. *Algological Studies* 97: 43-57.
- Necchi Jr., O., Branco, C.C.Z., Simões, R.C.G. & Branco, L.H.Z.** 1995a. Distribution of stream macroalgae in the northwest region of São Paulo State, southeastern Brazil. *Hydrobiologia* 299: 219-230.
- Necchi Jr., O., Branco, L.H.Z. & Branco, C.C.Z.** 1995b. Comparison of three techniques for estimating periphyton abundance in bedrock streams. *Archiv für Hydrobiologie* 134: 393-402.
- Necchi Jr., O., Pascoaloto, D., Branco, C.C.Z. & Branco, L.H.Z.** 1997. Stream macroalgal flora from the northwest region of São Paulo State, southeastern Brazil. *Algological Studies* 84: 91-112.
- Necchi Jr., O., Pascoaloto, D. & Branco, L.H.Z.** 1994. Distribution of macroalgae in a tropical river basin from southeastern Brazil. *Archiv für Hydrobiologie* 129: 459-471.
- Necchi Jr., O., Spezamiglio, D.N., Branco, C.C.Z. & Branco, L.H.Z.** 2002. Survey and ecological distribution of the genus *Microspora* (Microsporaceae, Chlorophyta) in lotic ecosystems of São Paulo State, southeastern Brazil. *Algological Studies* 105: 39-50.
- Pascoaloto, D.** 1992. Macroalgas bentônicas de ambientes lóticos da bacia de drenagem do Rio Preto, estado de São Paulo: flora e distribuição. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 196 p.
- Picelli-Vicentim, M.M.** 1990. Characeae do estado de São Paulo: inventário sistemático. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 256 p.
- Proctor, V.W.** 1975. The nature of Charophyte species. *Phycologia* 14: 97-113.
- Proctor, V.W.** 1980. Historical biogeography of *Chara* (Charophyta): an appraisal of the Braun-Wood classification plus a falsifiable alternative for future consideration. *Journal of Phycology* 16: 218-233.
- Proctor, V.W., Griffin III, D.G. & Hotchkiss, A.T.** 1971. A synopsis of the genus *Chara*, series *Gymnobasalia* (subsection *Willdenowia* R.D.W.). *American Journal of Botany* 58: 894-901.
- Proctor, V.W. & Wiman, F.H.** 1971. An experimental approach to the systematics of the monoecious-conjoined members of the genus *Chara* series *Gymnobasalia*. *American Journal of Botany* 58: 885-893.
- Ryan, B.F., Joiner, B.L. & Ryan Jr., T.A.** 1985. *Minitab handbook*. Duxbury Press, Boston, 374 p.
- Sheath, R.G. & Cole, K.M.** 1992. Biogeography of stream macroalgae in North America. *Journal of Phycology* 28: 448-460.

- Simons, J. & Nat, E.** 1996. Past and present distribution of stoneworts (Characeae) in the Netherlands. *Hydrobiologia* 340: 127-135.
- Simons, J., Ohm, M., Dallder, R., Boers, P. & Rip, W.** 1994. Restoration of Botshol (The Netherlands) by reduction of external nutrient load: recovery of a characean community, dominated by *Chara connivens*. *Hydrobiologia* 275/276: 243-253.
- Southwood, T.R.E.** 1978. Ecological methods, with particular reference to the study of insect population. Chapman & Hall, New York, 524 p.
- Vieira Jr., J. & Necchi Jr., O.** 2002. Microhabitat and plant structure of Characean populations in streams of São Paulo State, southeastern Brazil. *Cryptogamie, Algologie* 23: 51-63.
- Vieira Jr., J., Necchi Jr., O., Branco, C.C.Z. & Branco, L.H.Z.** 2002. Characeae (Chlorophyta) em ecossistemas lóticos do estado de São Paulo, Brasil: gênero *Nitella*. *Hoehnea* 29:249-266.
- Wade, P.M.**, 1990. The colonisation of disturbed freshwater habitats by Characeae. *Folia Geobotanica & Phytotaxonomica* 25: 275-278.
- Wood, R.D. Imahori, K.** 1965. A revision of the Characeae, 2: iconograph of the Characeae. J. Cramer, Weinheim, 797 p.
- Wood, R.D. Imahori, K.** 1965. A revision of the Characeae, 1: monograph of the Characeae. J. Cramer, Weinheim, 904 p.
- Zar, J.H.** 1999. Biostatistical Analysis. 4 ed. Prentice Hall, New Jersey, 663 p.