

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE TROPICAL

# **DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA COMUNIDADE PERIFÍTICA NO RIO SÃO MATEUS, ESPÍRITO SANTO, BRASIL.**

**THAIS DE ALMEIDA PEREIRA**

**Dissertação de Mestrado em Biodiversidade Tropical**

São Mateus, Fevereiro de 2012



THAIS DE ALMEIDA PEREIRA

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA COMUNIDADE  
PERIFITICA NO RIO SÃO MATEUS, ESPÍRITO SANTO,  
BRASIL.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Biodiversidade Tropical do Centro Universitário Norte do Espírito Santo como requisito parcial par obtenção do título de Mestre em Biodiversidade Tropical, na área de concentração Ecologia.

Orientadora: Sirlene Aparecida Felisberto

Co-orientadora: Valéria de Oliveira Fernandes

São Mateus,

2012

**Dedico este trabalho a todos que direta ou indiretamente colaboraram para a sua realização. Sempre me apoiando, incentivando e me dando força. Meus pais, Valter e Conceição, meu irmão, Thiago, minha cunhada Leila, minha orientadora Sirlene, minha co-orientadora Valéria e todos os meus amigos.**

**Muito obrigada!!!**

## **AGRADECIMENTOS**

Expresso meus agradecimentos àqueles que colaboraram para a realização deste trabalho.  
Em especial, às seguintes pessoas:

*Aos meus pais, Valter e Maria da Conceição, pelo amor incondicional, pelos ensinamentos, carinho, grande incentivo e apoio em todas as etapas da minha vida. Ao meu irmão Thiago e minha cunhada Leila, pela amizade, companheirismo, pelo convívio e compreensão de sempre.*

*À Prof. Dr<sup>a</sup> Sirlene Aparecida Felisberto, por aceitar me orientar, mesmo sem me conhecer... me receber em sua casa durante a prova do mestrado e no início das aulas.... pela oportunidade de pesquisar sobre a comunidade periférica.... pela orientação, exemplo profissional de dedicação, carinho, confiança e pela amizade adquirida ao longo desses 2 anos... Pela prontidão sempre em me ajudar (mesmo via e-mail) pelas valiosas contribuições em fevereiro e setembro de 2010, quando estive em Vitória.*

*À Prof. Dr<sup>a</sup> Valéria de Oliveira Fernandes que me acompanha desde a graduação e despertou em mim a paixão pelas microalgas.... pela co-orientação, incentivo, confiança que já se estende por 9 anos..... por me receber novamente no LATEAC.... pelas valiosas discussões e contribuições durante a realização deste trabalho e pelo exemplo profissional de dedicação e amor às algas.. À amiga Val por todos os momentos compartilhados... pelo carinho e amizade! Pela presença constante.... pelas confraternizações no laboratório... e pelos momentos de relax nos shows durante o ano.*

*À turma do Mestrado em Biodiversidade Tropical: Aline, Angélica, Arthur, Clodoaldo, Eduardo, Flávia, Karina, Ludovic, Marcio, Marilena, Michele, Thais Volpi, Monica, Samuel, Talita, Vanuza, Zulemara, pelas novas amizades, por dividirmos momentos agradáveis, pelas risadas nas aulas e no barzinho em Guriri .*

*Aos professores do Mestrado em Biodiversidade Tropical pela amizade, pelo conhecimento transmitido durante as disciplinas.*

*À amiga Mônica, companheira de pesquisa no rio São Mateus, pelos trabalhos em campo e no laboratório... pelas coletas, discussões, análises, identificação e interpretações de dados.... e principalmente pela amizade. Às amigas Angélica, Flávia e Thais Volpi pelos agradáveis momentos ao longo do mestrado.*

*À amiga Vanuza... pela grande amizade... pelas nossas conversas e desabaços ao longo do mestrado.... pela companhia durante as aulas.... e pelas conversas e trabalhos durante os 15 dias na aula de campo....*

*À amiga Larissa... pela amizade eterna... pelo companheirismo ao longo dos 8 anos no laboratório.... por ouvir meus desabaços e sempre me dar força durante a realização deste trabalho..... pelos ótimos momentos vivenciados juntas.*

*Aos amigos Adriano e Stéfano pela importante ajuda com as análises estatísticas... pelas discussões sobre o perifiton.... e principalmente pela amizade.*

*Aos integrantes do LATEAC: Adriano, Bruna D'Angela, Bruno Fazolo, Bruno Bona, Edson, Lorena Bah, Larissa, Paula, Raissa, Stéfano, Vitor pelo aprendizado diário... pelos momentos vividos no laboratório... pelas risadas e pela ajuda com as análises de nutrientes.*

*À Lorena Bah.... por me acompanhar na viagem a Campos para análises de nutrientes... pela boa vontade em me ajudar.*

*Ao laboratório de Ciências Ambientais (UENF) – Laboratório de Ecologia coordenado pela Prof. Dr<sup>a</sup> Marina Suzuki... e à Bruna Guedes... por me receber em sua casa e pelo auxílio nas análises de nutrientes.*

*À Beth... que transformava a rotina dos dias de pesquisa na botânica mais alegres... e divertidas... sempre de alto astral.*

*CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e ao Programa de Pós Graduação em Biodiversidade Tropical, pela bolsa de mestrado.*

*Ao professor Dr. Luis Fernando Duboc, Dr. <sup>a</sup> Lilitiana Rodrigues, por compor a minha banca... e principalmente pelas sugestões e críticas valiosas para melhoria deste trabalho.*

*Aos professores Dr. Antelmo Falqueto por aceitar ser suplente da minha banca, pela contribuição na melhoria deste trabalho e pela amizade ao longo desses anos.... à Prof. Dr. <sup>a</sup> Carla Ferragut por aceitar ser suplente na minha banca... pelas sugestões para melhoria deste trabalho.*

*Ao pescador Gilson e sua família por me receber em sua casa nos dias de coleta... pelo barco e pelos momentos de descontração e conversas dentro do barco durante o trajeto de uma estação amostral à outra.*

*À Associação de Pescadores de São Mateus (APESAM) pela disposição em ajudar e pelo apoio logístico.*

*À Deus que me ilumina e guia meus passos nessa caminhada.*

*Agradeço também, a muitas pessoas que acabei não citando o nome, mas que contribuíram ou foram importantes, dizendo-me palavras positivas, de estímulo e incentivo em algum momento deste trabalho.*

**MUITO OBRIGADA!**

*“Disciplina é a ponte que liga nossos sonhos  
às nossas realizações” Todos nós temos  
objetivos e queremos conquistá-los, mas é  
importante que estejamos dispostos a  
construir essa ponte.*

*Bernardo Rezende.*

## SUMÁRIO

RESUMO.....	10
ABSTRACT .....	12
INTRODUÇÃO GERAL .....	14
HIPÓTESES .....	19
OBJETIVOS.....	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21
CAPÍTULO 1 .....	27
<b>Caracterização limnológica de um rio tropical em área urbanizada (ES, Brasil)</b>	
<b>RESUMO .....</b>	<b>28</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>29</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>30</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>32</b>
<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>37</b>
CAPÍTULO 2 .....	51
<b>Variação longitudinal da estrutura da comunidade perifítica em um rio tropical (rio São Mateus, ES)</b>	
<b>RESUMO .....</b>	<b>52</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>53</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>55</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>58</b>

DISCUSSÃO.....	61
AGRADECIMENTOS .....	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
CAPÍTULO 3 .....	91
<b>Influência das ações antrópicas na biomassa da comunidade periférica em um ecossistema lótico tropical</b>	
<b>RESUMO .....</b>	<b>92</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>93</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>94</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>97</b>
<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>104</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>107</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>107</b>
<b>CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	<b>112</b>

## RESUMO

O rio São Mateus, principal manancial de abastecimento da cidade de São Mateus, vem sendo usado como receptor de efluentes domésticos e industriais. Assim, devido a grande importância deste rio o presente estudo objetivou avaliar a estrutura e dinâmica da comunidade perifítica, assim como as características limnológicas submetidas a diferentes condições ambientais. Foram realizadas quatro amostragens com intervalos semanais nos meses de setembro e outubro de 2010 (08, 15, 22/09 e 01/10) em seis estações amostrais: duas a montante da cidade de São Mateus (E1, E2), duas ao longo da cidade (E3, E4) e duas a jusante da cidade (E5, E6). Para a caracterização limnológica foram determinados: transparência da água, limite inferior da zona eufótica, profundidade máxima, condutividade elétrica, turbidez, pH, concentração dos sólidos totais em suspensão e os principais nutrientes (nitrogênio total, nitrito, nitrato, íon amônio, silicatos, ortofosfato e fósforo total). O perifíton foi coletado de raízes de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms., removido por raspagem, com pincéis e jatos de água destilada e fixado e preservado com solução formalina a 4% (análise qualitativa) e com solução de lugol acético a 0,5% (análise quantitativa). A estrutura da comunidade perifítica foi avaliada com base nos principais atributos quanto a riqueza de táxons, densidade total e por Classe, diversidade específica, equitabilidade, abundância e dominância. A biomassa perifítica foi estimada através da clorofila *a*, biovolume, massa seca, massa seca livre de cinzas e cinzas. O teste não paramétrico Kruskal-Wallis foi aplicado para verificar diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os valores médios das variáveis bióticas e abióticas ao longo das estações amostrais. A Análise multivariada em Componentes Principais (ACP) foi utilizada para verificar a variação longitudinal em relação às variáveis abióticas. A influência das variáveis abióticas sobre as variáveis bióticas foi avaliada através da análise de correspondência canônica (ACC), com significância pelo teste de Monte Carlo ( $p < 0,05$ ). O rio São Mateus caracterizou-se por apresentar águas neutras a levemente alcalinas em todas as estações amostrais. Turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais em suspensão, ortofosfato, fósforo total, nitrito, íon amônio, nitrogênio total das estações amostrais a jusante da cidade diferiram daquelas das demais estações, conforme evidenciado na Análise de Componentes Principais (ACP). Maior riqueza de táxons e densidade total da comunidade perifítica também foram registradas nas estações amostrais ao longo e a jusante da cidade de São Mateus, com maior contribuição das Classes Bacillariophyceae (riqueza) e Cyanophyceae (densidade total) em todas as estações amostrais.

Maiores valores de clorofila *a* foram registrados em E1, enquanto o biovolume total apresentou valores mais elevados em E4 e E3. Quanto aos valores de massa seca perifítica, a parte inorgânica (cinzas) apresentou mais elevada, principalmente nas estações amostrais ao longo e a jusante da cidade de São Mateus. A biomassa e a densidade perifítica foram influenciadas pelos nutrientes (fósforo e nitrogênio), assim como pela turbidez, como constatado pela CCA, sugerindo que a entrada de material alóctone, proveniente principalmente das atividades antrópicas (piscicultura intensiva e lançamento de efluentes domésticos e industriais) alteram a qualidade da água (como evidenciado na PCA), assim como a comunidade perifítica.

## ABSTRACT

São Mateus River, the main water supplier for the city of São Mateus, has been used as receptor of domestic and industrial wastewater. Thus, because of the great importance of this river, this study evaluated the structure and dynamics of periphyton community, and the limnological characteristics of a stretch of São Mateus River subjected to different environmental conditions, and verified the differences of biotic and abiotic data between sampling sites. Four samplings with weekly intervals were performed in September and October 2010 (September 08<sup>th</sup>, 15<sup>th</sup>, 22<sup>th</sup> and October 1<sup>st</sup>) at six sampling sites: two upstream of the city of São Mateus (E1, E2), two along the city (E3, E4), and two downstream of the city of São Mateus (E5, E6). The variables measured for limnological characterization were: water transparency, lower limit of the euphotic zone, maximum depth, electric conductivity, turbidity, pH, concentration of total suspended solids, and the major nutrients (total nitrogen, nitrite, nitrate, ammonium, silicate, orthophosphate, and total phosphorus). The periphyton was scraped from roots of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. with the aid of brushes and jets of distilled water, fixed and preserved with 4%-formalin (qualitative analysis) and with 0.5%-acetic lugol (quantitative analysis). The structure of periphyton community was evaluated based on the attributes: taxa richness, total density and density per class, specific diversity, evenness, abundance, and dominance. The biomass was estimated through chlorophyll *a*, biovolume, dry matter, ash free dry matter, and ash. The Kruskal-Wallis non-parametric test was used to test significant differences ( $p < 0.05$ ) between the mean values of biotic and abiotic variables along the sampling sites. The Principal Component Analysis (PCA) was employed to verify the longitudinal variation in relation to abiotic variables. The influence of abiotic factors on biotic variables was evaluated by the canonical correspondence analysis (CCA) with significance by the Monte Carlo test ( $p < 0.05$ ). The São Mateus River presented neutral to slightly alkaline waters in all sampling sites. Turbidity, electric conductivity, total suspended solids, orthophosphate, total phosphorus, nitrite, ammonium, and total nitrogen of the sampling sites downstream of the city were different from those registered in the other sites, as evidenced by the Principal Component Analysis (PCA). Higher richness of taxa and total density of periphyton community were registered in the sampling sites along and downstream of the city of São Mateus, with greater contribution of the classes Bacillariophyceae (richness) and Cyanophyceae (total density) in all sampling sites. Higher values of chlorophyll *a* were observed at E1, while the total biovolume presented higher

values in E4 ne E3. With regard to dry matter, the inorganic fraction (ash) was high especially at the sampling sites along and downstream of the city of São Mateus. The biomass and density were influenced by nutrients (phosphorus and nitrogen) and turbidity, as showed by the CCA, suggesting that the input of allochthonous material, largely derived from human activities (intensive fish farming and discharge of domestic and industrial wastewater) has changed the water quality (as evidenced by the PCA), as well as the periphytic communities.

# **INTRODUÇÃO GERAL**

---

O crescimento acelerado da degradação dos sistemas aquáticos durante os últimos anos, bem como a modificação progressiva da natureza e da quantidade de despejos lançados ao ambiente aquático, tem contribuído para fazer da determinação da qualidade biológica das águas uma tarefa cotidiana para avaliação de impactos ambientais e para o controle e gerenciamento dos ecossistemas (BRANCO, 1991).

As múltiplas atividades humanas nas bacias hidrográficas têm como resultado as volumosas descargas de poluição, com altas concentrações de matéria orgânica, que ao serem degradadas elevam as concentrações de nutrientes, provocando desequilíbrios nos ciclos biogeoquímicos e uma série de efeitos colaterais indesejáveis. As avaliações desses impactos são parte muito importante do esforço para a manutenção dos ecossistemas naturais (SALOMONI, 2004).

Os rios são ecossistemas abertos com fluxo unidirecional da nascente à foz, fortemente influenciados pelas características naturais ou pelos efeitos antrópicos nas áreas terrestres adjacentes (PAYNE, 1986) e apresentam um contínuo de gradientes físicos, que define a distribuição dos processos biológicos ao longo do seu eixo longitudinal, em condições naturais (VANNOTE et al., 1980). De acordo com Petts (2000) os rios possuem estrutura tridimensional (longitudinal, lateral e vertical), caracterizados pelos processos hidrológicos e geomorfológicos altamente dinâmicos, frente às mudanças climáticas e temporais.

Nesse enfoque, visando aumentar a capacidade preditiva sobre as comunidades dos sistemas lóticos, algumas teorias ecológicas foram traçadas com a finalidade de delinear uma estrutura conceitual para a compreensão dos fenômenos ecológicos (BARBOSA, 2003). Dentre elas, destaca-se a teoria do contínuo fluvial (VANNOTE et al., 1980) e a teoria da descontinuidade serial (WARD & STANFORD, 1983; 1995; STANFORD & WARD, 2001).

O Conceito do Contínuo Fluvial proposto por Vannote et al (1980), baseado na teoria do equilíbrio de energia da geomorfologia fluvial, afirma que desde a nascente até a foz as variabilidades físicas dentro do sistema fluvial apresentam um contínuo gradiente de condições. No entanto, essa teoria foi proposta para rios que não sofreram interferências antrópicas (FULLER, 2008).

Diferentemente, a teoria intitulada conceito da descontinuidade serial, pode ser aplicada em bacias hidrográficas impactadas pelo homem (FULLER, 2008), proposta como uma extensão do conceito do contínuo fluvial, já que interferências antrópicas produzem alterações

longitudinais nos processos bióticos e abióticos, tendo-se que a direção da mudança (montante ou jusante) depende da posição do impacto (WARD & STANFORD, 1983). Assim, Ward & Stanford (1995) estenderam o conceito acrescentando a dimensão lateral, além da longitudinal enfatizada no contínuo fluvial. Antes porém, Boon (1992) já havia incorporado a dimensão conceitual humana como uma variável de controle no sistema rio, explicando melhor a variação física, química e ambiental para os sistemas regionais.

Os impactos antrópicos nos ecossistemas aquáticos têm provocado alterações nas características de escoamento, qualidade e disponibilidade da água, distribuição de sedimentos e na biota dos sistemas de rios, através da construção de represas e canalizações de cursos, de descarga de efluentes industriais e orgânicos e ações não pontuais, como degradação do solo e da vegetação natural (ASSAD & SANO, 1993; SCHWARZBOLD, 2000). Assim, a avaliação da dinâmica longitudinal dos parâmetros físicos e químicos pode fornecer subsídios para o melhor entendimento da estrutura e funcionamento dos sistemas de rios, e também das funções ecológicas de diversos grupos de organismos, visto que as condições abióticas frequentemente determinam como os organismos podem colonizar, viver ou persistir em habitats lóticos ou deles derivados (POWER et al., 1988).

Ainda, em relação a dinâmica dos processos laterais, estes constituem importância relevante para as comunidades que se desenvolvem na região litorânea, pois a comunidade pode funcionar como um filtro para compostos orgânicos dissolvidos e nutrientes inorgânicos provenientes do meio externo, para enfim, alcançar a região limnética. Desta forma, a região litorânea pode atuar como a principal responsável pelo fluxo de energia do sistema, originando e/ou facilitando ou não a entrada de matéria orgânica dissolvida principalmente através do complexo macrófita-perifíton (POMPÊO & MOSCHINI-CARLOS, 2003). Portanto a composição e a condição da biota aquática em um corpo d'água e a avaliação da mesma representa um estudo das características físicas, químicas e biológicas relativas aos efeitos humanos e usos propostos, particularmente aqueles que afetam a saúde pública e o ecossistema em si (GASTALDINI & MENDONÇA, 2001).

Assim, o entendimento do fluxo de energia no ecossistema pode iniciar-se pela investigação do complexo macrófita-perifíton, no qual o segundo representa um elo físico entre o substrato (macrófita) e a água circundante, em que ocorrem processos internos (autotróficos e heterotróficos) e trocas com a água circundante e, ainda, com o próprio substrato, podendo,

portanto, funcionar como um microcosmo (SLÁDECKOVÁ, 1962; WETZEL, 1983). O perifíon em torno do substrato varia em termos de espessura (de mm a alguns cm) e pode ser observado como manchas verdes ou amarronzadas recobrando rochas, troncos, carapaças de animais, objetos inertes e vegetação submersa (POMPÊO & MOSCHINI-CARLOS, 2003). Esse perifíon é constituído por uma complexa comunidade de microorganismos (algas, bactérias, fungos, protozoários, microcrustáceos), detritos orgânicos e inorgânicos aderidos ou associados a substratos naturais ou artificiais, vivos ou mortos (WETZEL, 1983).

A comunidade perifítica é composta em sua maioria por algas, chegando a constituir 95 a 99% desta comunidade (WETZEL, 1990; FERNANDES, 1997), sendo a base nos ecossistemas aquáticos, ou seja, promovendo intercâmbio entre os componentes químicos, físicos e biológicos na cadeia alimentar (LOWE & PAN, 1996). Além disso, as algas perifíticas apresentam ciclo de vida curto e são os primeiros organismos a responderem ao estresse ambiental e a se recuperarem desse distúrbio, afirmam Ferreira et al. (2005).

As algas perifíticas são consideradas excelentes bioindicadoras da qualidade da água e de seu estado trófico (SLÁDECKOVÁ, 1962; WATANABE, 1990) acumulando grandes quantidades de nutrientes poluentes como inseticidas, herbicidas, fungicidas (MnINTIRE, 1975), sendo também utilizadas para inferir a qualidade das águas que recebem consideráveis descargas de efluentes domésticos sem tratamento (MARTINS, 2006).

Os fatores que influenciam o crescimento e desenvolvimento das algas perifíticas podem ser bióticos, refletindo as interações entre os componentes da comunidade, e abióticos, os quais evidenciam o efeito das variáveis ambientais sobre as algas em escalas espacial e temporal (MARTINS, 2006). Assim, a composição da comunidade pode variar de acordo com a natureza do substrato e o estado trófico do ambiente (MOSCHINI-CARLOS & HENRY, 1997), com a disponibilidade de luz (KAWECKA, 1985), a temperatura (KAWECKA, 1985), a velocidade da corrente (HERMANY et al., 2006), e com a herbivoria (WELLNITZ & POFF, 2006).

Tanto nos ecossistemas lênticos quanto nos lóticos a estrutura da comunidade de algas perifíticas pode ser avaliada pela composição, riqueza, frequência de ocorrência das espécies, densidade, diversidade específica e arquitetura (WETZEL, 1983; MOSCHINI-CARLOS, 1999), como pela influência dos diversos fatores abióticos sobre esses atributos da estrutura (FELISBERTO & RODRIGUES, 2005; MARTINS & FERNANDES, 2001).

No Brasil, dentre os trabalhos da comunidade perifítica em ambientes lóticos, com abordagem ecológica, destacam-se: Chamixaes (1991), que estudou a variação temporal e espacial da biomassa, composição de espécies e produtividade das algas perifíticas relacionadas com as condições ambientais de rios da bacia hidrográfica do Ribeirão do Lobo (SP); Rodrigues & Lobo (2000), que analisaram a estrutura de comunidades de diatomáceas epilíticas no Arroio Sampaio (RS); Oliveira et al. (2001), que verificaram a associação de diatomáceas perifíticas em substrato artificial em ambientes lóticos em Arroio do Sampaio (RS); Salomoni et al. (2006), que analisaram diatomáceas epilíticas como bioindicadoras de qualidade de água no rio Gravataí (RS); Felisberto (2007), que analisou a composição, abundância, biomassa e produtividade das algas perifíticas em substrato natural e artificial no rio do Corvo (tributário do Reservatório de Rosana).

No Espírito Santo, apesar do grande número de ecossistemas aquáticos, especialmente lóticos, poucos foram os trabalhos desenvolvidos com a comunidade perifítica, destacando-se: algas perifíticas em substrato natural como bioindicadora do estado trófico de uma lagoa costeira urbana (MARTINS, 2002); variação temporal e espacial das algas perifíticas em substrato natural (CETRANGOLO, 2004) e variação temporal do perifiton em substrato artificial (SARTORI, 2005), sendo ambos desenvolvidos em reservatório de abastecimento doméstico; respostas ecofisiológicas da comunidade perifítica (*in situ*) a diferentes condições ambientais no trecho superior do rio Santa Maria da Vitória (MARTINS, 2006); variação espacial e temporal da comunidade de algas perifíticas em substrato natural em dois ambientes do baixo rio Doce (CAVATI, 2006); estrutura da comunidade perifítica em substrato natural na lagoa da UFES (MARTINS & FERNANDES, 2007); estrutura e dinâmica de algas epilíticas em um reservatório tropical (CAVATI, 2008); estrutura e dinâmica temporal da comunidade perifítica em substrato artificial (lâminas de vidro) na lagoa Mãe-Bá (COSTA, 2010); seletividade das algas perifíticas a diferentes substratos em um reservatório eutrófico (GONÇALVES, 2010); influência da herbivoria na sucessão da comunidade perifítica utilizando bambu como substrato em tanques de piscicultura (ZORZAL, 2010); respostas da comunidade de algas perifíticas sob diferentes intensidades de luz em uma lagoa artificial (COSTA, 2011); e ecologia de algas perifíticas em uma lagoa costeira com múltiplos usos (ZORZAL, 2011).

Ressalta-se que este é o primeiro estudo com a comunidade perifítica na região norte do Espírito Santo. Desta forma, considerando que o rio São Mateus compreende o principal

manancial de abastecimento para várias cidades, e inevitavelmente também vem sendo usado como receptor dos efluentes domésticos e industriais destas cidades propomos avaliar a influência das principais variáveis abióticas sobre as algas, visando uma melhor compreensão sobre a estrutura e dinâmica desta comunidade e o seu papel no funcionamento dos ecossistemas aquáticos lóticos.

## **HIPÓTESES**

Considerando que atividades antropogênicas interferem nas condições naturais físicas, químicas e biológicas provocando a descontinuidade limnológica ao longo do rio - trechos a jusante e a montante das cidades, este estudo tem como hipóteses:

- Estações amostrais ao longo e a jusante da cidade de São Mateus que estão sob maiores influência antrópica apresentarão valores mais elevados com relação às variáveis limnológicas;
- A estrutura da comunidade de algas perifíticas de segmentos de rios inseridos em locais impactados antropicamente, quando comparado com a de localidades com menor grau de alteração urbana, apresentará valores mais elevados com relação à riqueza, diversidade, abundância e biomassa.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo Geral**

Avaliar a influência de diferentes condições ambientais sobre a distribuição longitudinal da comunidade perifítica ao longo de trechos antes, ao longo e após a cidade de São Mateus.

### **Objetivos Específicos**

- Caracterizar as estações amostrais através das variáveis abióticas (Capítulo 1);

- Avaliar a estrutura da comunidade perifítica através de seus atributos (riqueza de táxons, composição taxonômica, frequência de ocorrência, densidade total, abundância, dominância, diversidade e equitabilidade) (Capítulo 2);
- Discutir acerca da qualidade ecológica do rio São Mateus, baseado nas espécies indicadoras, ocorrentes no ambiente estudado (Capítulo 2);
- Avaliar a distribuição longitudinal do perifíton no rio São Mateus em uma época do ciclo anual e em seis estações amostrais, submetidos a diferentes condições ambientais (Capítulos 2 e 3);
- Avaliar a dinâmica do perifíton relacionando às variações espaciais das variáveis limnológicas com os dados bióticos (Capítulos 2 e 3)

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSAD, E. D.; SANO, E. E. Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura. Planaltina, EMBRAPA – CPAC, 1993. 274p.
- BARBOSA, D. S. Limnologia do rio Uberaba (MG) e a utilização de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores das modificações ambientais. Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo. 2003. Dissertação.
- BOON, P. J. Essential elements in the case for the river conservation. In: BOON P. J.; CALOW, PETTS, G. E. (eds.) River conservation and management. Cap. 2; New York. John Wiley e Sons, p.11-36. 1992.
- BRANCO, C. W. C. A Comunidade planctônica e a qualidade da água ano lago Paranoá, Brasília, DF, Brasil. Universidade Federal de Brasília, 1991. Dissertação.
- CAVATI, B. Algas perifíticas em dois ambientes do baixo rio Doce (lagoa Juparanã e rio Pequeno, Linhares-ES): variação espacial e temporal da comunidade. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006. Monografia.
- CAVATI, B. Algas epilíticas em um reservatório tropical raso (Vitória, ES): estrutura e dinâmica em diferentes escalas temporais. Universidade Federal do Espírito Santo. 2008. Dissertação.
- CETRANGOLO, C. Variação temporal e espacial da comunidade ficoperifítica em um reservatório de abastecimento doméstico no Estado do Espírito Santo (reservatório Duas Bocas – Cariacica). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2004. Monografia.
- CHAMIXAES, C. B. C. B. Variação temporal da biomassa, composição de espécies e produtividade das algas perifíticas relacionadas com as condições ambientais de pequenos rios da bacia hidrográfica do Ribeirão do Lobo (Itirapina – SP). Universidade de São Paulo, São Carlos, 1991. Tese.
- COSTA, A. G. Estrutura e dinâmica temporal da comunidade perifítica em substrato artificial (lâminas de vidro) na lagoa Mãe-Bá (Anchieta, ES). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 2010. Monografia.
- COSTA, A. G. Respostas da comunidade de algas perifíticas sob diferentes intensidades de luz na Lagoa da UFES (Vitória, ES). 2011. Dissertação.
- FELISBERTO, S. A.; RODRIGUES, L. Abundância de desmídias perifíticas em dois reservatórios brasileiros situados em diferentes condições ambientais. Acta Limnologica Brasiliensia, 17(4):433-443, 2005.

- FELISBERTO, S. A. Algas perifítica sobre substrato artificial e natural no rio do Corvo (Tributário do Reservatório de Rosana): Composição, abundância, biomassa e produtividade. Universidade Estadual de Maringá. 2007. Tese.
- FERNANDES, V. O. Variação temporal da estrutura e dinâmica da comunidade perifítica em dois tipos de substrato na Lagoa Imboassica, Macaé (RJ). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1997. Tese.
- FERREIRA, R. M.; BARROS, N.; DUQUE-ESTRADA, C. H.; ROLAND, F.. Caminhos do fósforo em ecossistemas aquáticos continentais. In: ROLAND, F.; CESAR, D.; MARINHO, M. (Eds.). Lições de Limnologia. São Carlos: Ed. Rima, p. 229-242. 2005.
- FULLER, B. B. Caracterização espaço-temporal dos recursos hídricos superficiais da sub-bacia do Ribeirão do Ouro, Araraquara, SP. Centro Universitário Araraquara – UNIARA. 2008. Dissertação.
- GASTALDINI, M. C. C.; MENDONÇA, A. S. F. Conceitos para a avaliação da qualidade da água. In: PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. Porto Alegre: ABRH. cap. 15, p.428-51. 2001.
- GONÇALVES, J. S. Avaliação da seletividade de algas perifíticas a diferentes substratos artificiais em um reservatório eutrófico (lagoa de Captação da central de abastecimento de carros pipa da prefeitura de Vitória – Vitória, ES). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 2010. Monografia.
- HERMANY, G., SCHWARZBOLD, A., LOBO, E. A., OLIVEIRA, M. A. Ecology of the epilithic diatom community in a low-order stream system of the Guaíba hydrological region: subsidies to the environmental monitoring of southern Brazilian aquatic system. *Acta Limnologica Brasiliensia* 18 (1): 9-27. 2006.
- KAWECKA, B. Ecological characteristics of sessile algal communities in the Olczyski stream (Tatra Mts. Poland) with special consideration of light and temperature. *Acta Hydrobiologica*, 27 (3): 299-310. 1985.
- LOWE, R. L.; PAN, Y. Benthic Algal Communities as Biological Monitors. In: STEVENSON, R.J. BOTHWELL, M. L.; LOWE, R.L. *Algal Ecology: Freshwater Benthic Ecosystems*. San Diego: Academic Press, cap. 22, p. 705-739. 1996.
- McINTIRE, C. D. Periphyton assemblages in laboratory streams. In: WHITTON, B. A. *River ecology*. Oxford: Blackwell Science. Publishing. p. 403 -430. 1975.

- MARTINS, F. C. O. Estrutura das comunidades perifíticas (em substrato natural) e fitoplanctônica na lagoa da UFES (Vitória, ES) e utilização destas comunidades como bioindicadoras da qualidade da água. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2002. Monografia.
- MARTINS, F. C. O. Respostas ecofisiológicas da comunidade perifítica (in situ) a diferentes condições ambientais no rio Santa Maria da Vitória, ES. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006. Dissertação.
- MARTINS, F. C. O.; FERNANDES, V. O. Biomassa e composição elementar (C, N, P) da comunidade perifítica no alto Rio Santa Maria da Vitória, Espírito Santo, Brasil. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*. 15 n.1, p. 11-18, 2001.
- MARTINS, F. C. O.; FERNANDES, V. O. Estrutura da comunidade de algas perifíticas em substrato natural da lagoa da Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil. *Neotropical Biology and Conservation*, v. 2, n. 1, p. 11-20, 2007.
- MOSCHINI-CARLOS, V. Importância, estrutura e dinâmica da comunidade perifítica nos ecossistemas aquáticos continentais. In: POMPÊO, M. L. M. (Ed.). *Perspectivas da limnologia no Brasil*. São Luis: Ed. União, p. 91-103. 1999.
- MOSCHINI-CARLOS, V.; HENRY, R. Aplicação de índices para a classificação do perifíton em substrato natural e artificial, na zona de desembocadura do rio Paranapanema (Represa de Jurumirim), SP. *Revista Brasileira de Biologia*, 57 (4); 655-663. 1997.
- OLIVEIRA, M. A.; TORGAN, L. C.; LOBO, E. A.; SCHWARZBOLD, A. Association of periphytic diatom species of artificial substrate in lotic environments in the arroio sampaio basin, RS, Brasil: Relationships with abiotic variables. *Brazilian Journal of Biology*, v. 61 (4): 523-540. 2001.
- PAYNE, A.I. *The ecology of tropical lakes and Rivers*. New York, John Wiley & Sons.1986. 301p.
- PETTS, G E. A perspective on the abiotic processes sustaining the ecological integrity of running waters. *Hidrobiologia*. 422/423: p.15-27. 2000.
- POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V.. *Macrófitas aquáticas e perifíton: aspectos ecológicos e metodológicos*. São Carlos: Ed. Rima, 134p. 2003
- POWER, M. E., STOUT R. J. T., CUSHING, C. E., HARPER, P. P., HAUER, F. R., MATTHEWS, W. J., MOYLE, P.B., STATZNER, B., BADGEN, I.R.W. Biotic and abiotic

controls in river and stream communities. *Journal of the North American Benthological Society*, v.7, p. 456-479. 1988.

SALOMONI, SE. Diatomáceas epilíticas indicadoras da qualidade da água na Bacia do rio Gravataí, Rio Grande do Sul, Brasil. Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, São Carlos. 2004. Tese.

SALOMONI, S.E.; ROCHA, O.; CALLEGARO, V.L.; LOBO, E.A.. Epilithic diatoms as indicators of water quality in the Gravataí river, Rio Grande do Sul, Brazil. *Hydrobiologia*, v. 559, p. 233–246. 2006.

SARTORI, G. Variação temporal da comunidade perifítica em substrato artificial no ponto de captação do reservatório Duas Bocas (Cariacica, ES). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005. Monografia.

SCHWARZBOLD, A. O que é um rio? *Ciência e Ambiente*, 21: 57-68, 2000.

STANFORD, J. A.; WARD, J. V. Revisiting the serial discontinuity concept. *Regulated rivers research & management*, v. 17, p. 303–310, 2001.

SLÁDECKOVÁ, A. Limnological investigation methods for the periphyton (Aufwuchs) community. *Botanical Review*, v. 28, p.286-350. 1962.

RODRIGUES, L.; LOBO, E. A.. Análise da estrutura de comunidades de diatomáceas epilíticas no Arroio Sampaio, Município de Mato Leitão, RS, Brasil. *Caderno de Pesquisa Série Botânica*, v. 12 (2): 5-27. 2000.

VANNOTE, R. L., MINSHALL, G. W., CUMMINS, KW., SEDELL, J. R.; CUSHING, C. E. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 27, p. 130-137. 1980.

WARD, J. V.; STANFORD, A. J. The serial discontinuity concept of lotic ecosystems. In: FONTAINE, T. D. & BARTELL, S. M. (eds.): *Dynamics of Lotic Ecosystems*: 29–42. – Ann Arbor Science Publ., Ann Arbor, Michigan. 1983.

WARD, J. V.; STANFORD, J. A. The serial discontinuity concept: extending the model to floodplain rivers. *Regulated rivers research & management*, v. 10, p. 159-168, 1995.

WATANABE, T. Perifíton: comparação de metodologias empregadas para caracterizar o nível de poluição das águas. *Acta limnologica Brasiliensia, Botucatu*, v.3. p. 593-615. 1990.

WELLNITZ, T.; POFF, N. L. Herbivory, current velocity and algal regrowth: how does periphyton grow when the grazers have gone? *Freshwater Biology*, 51: 2114-2123, 2006.

WETZEL, R. G. 1983. Opening remarks. In: Wetzel, R.G (Ed.). Periphyton of freshwater ecosystems. The Hague: Dr. W. Junk Publishers, p. 339-346.

WETZEL, R. G. Land-water interfaces: metabolic and limnological regulators. Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie, v. 24, p. 6-24, 1990.

ZORZAL, S. Influência da herbivoria na sucessão da comunidade perifítica em bambu. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 2010. Monografia.

ZORZAL, S. Ecologia de algas perifíticas em uma lagoa costeira com múltiplos usos (Lagoa Juara, Serra, ES). 2011. Dissertação.

## **CAPITULO I**

A ser encaminhado para publicação na Acta Limnologica Brasiliensia

Normas disponíveis em:

[http://www.sblimno.org.br/acta/my\\_web\\_sites/acta\\_limnologica\\_authors.htm](http://www.sblimno.org.br/acta/my_web_sites/acta_limnologica_authors.htm)

**Caracterização limnológica de um rio tropical em área urbanizada (ES,  
Brasil)**

THAIS DE ALMEIDA PEREIRA<sup>1\*</sup>, SIRLENE APARECIDA FELISBERTO<sup>2</sup> & VALÉRIA DE  
OLIVEIRA FERNANDES<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Taxonomia e Ecologia de Algas Continentais. Universidade Federal do Espírito Santo – CCHN/ Botânica / PPGBV: Av. Fernando Ferrari n° 514, Campo Goiabeiras, Vitória (ES). CEP: 29075-015.

<sup>2</sup> Universidade Federal de Goiás - Programa de Pós\_graduação em Ecologia e Evolução: Instituto de Ciências Biológicas I - Campus Samambaia - CEP:74001-970 - Caixa Postal: 131

\*Autor para correspondência: thais\_bioufes@yahoo.com.br

## **Resumo**

O rio São Mateus, principal manancial de abastecimento da cidade de São Mateus, vem sendo usado como receptor de efluentes domésticos e industriais. Assim, devido a grande importância deste rio, o presente estudo avaliou as características limnológicas de trechos do rio, submetidos a diferentes condições ambientais e verificou as diferenças entre as estações amostrais. Foram realizadas quatro amostragens com intervalos semanais nos meses de setembro e outubro de 2010 em seis estações amostrais: duas a montante da cidade de São Mateus (E1, E2), duas ao longo da cidade (E3, E4) e duas a jusante da cidade (E5, E6). Dentre os fatores abióticos, foram avaliados: transparência da água, limite inferior da zona eufótica, profundidade máxima, condutividade elétrica, turbidez, pH, concentração dos sólidos totais em suspensão e principais nutrientes (nitrogênio total, nitrito, nitrato, íon amônio, silicatos, ortofosfato e fósforo total). A Análise multivariada em Componentes Principais (ACP) foi utilizada para verificar a variação longitudinal em relação às variáveis abióticas. O rio São Mateus caracterizou-se por apresentar águas neutras a levemente alcalinas em todas as estações amostrais. Turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais em suspensão, ortofosfato, fósforo total, nitrito, íon amônio, nitrogênio total das estações amostrais a jusante da cidade diferiram daquelas das demais estações, conforme evidenciado na Análise de Componentes Principais (ACP). Portanto, podemos sugerir que a entrada de material alóctone, proveniente principalmente das atividades antrópicas (piscicultura intensiva e lançamento de efluentes domésticos e industriais) alteram a qualidade da água, considerando o aumento nos valores das principais variáveis abióticas das estações, principalmente a jusante, provocando a descontinuidade do sistema.

**Palavras- chave:** diagnóstico limnológico, variação longitudinal, interferências antrópicas, variáveis abióticas.

## **Introdução**

As teorias ecológicas desenvolvidas para sistemas lóticos, como a teoria de rio contínuo (Vannote et al., 1980) e o conceito de pulsos de inundação (Junk et al., 1989) aplicam um único fator (longitudinal e lateral, respectivamente) como a principal função de força nos sistemas lóticos. Porém, Petts (2000) ao analisar os rios, considera ambos os fatores e inclui ainda a característica vertical (estrutura tridimensional) caracterizados pelos processos hidrológicos e geomorfológicos altamente dinâmicos frente as mudanças climáticas e temporais. Entretanto, Ward (1989) já caracterizava os sistemas lóticos considerando as dimensões laterais, verticais, longitudinais e temporais (tetra-dimensionais); enquanto Boon (1992) acrescenta um quinto componente, a dimensão conceitual humana, como uma variável importante para compreensão do funcionamento e metabolismos dos rios.

A importância dos rios para abastecimento, como fonte de alimento e recreação é claramente reconhecida. Entretanto, nas últimas décadas, muitos rios, córregos e lagos têm sido fortemente impactados devido ao aumento desordenado de atividades humanas (McAllister et al., 1997). As múltiplas atividades humanas nas bacias hidrográficas têm como resultado as volumosas descargas de águas poluídas, com altas concentrações de matéria orgânica, que ao serem degradadas elevam as concentrações de nutrientes, provocando desequilíbrios nos ecossistemas aquáticos (Salomoni, 2004).

Sendo assim, para compreender o funcionamento de sistemas lóticos com usos múltiplos, alguns pesquisadores (Ward and Stanford, 1983; Straškraba et al., 1993; Ward and Stanford, 1995; Malmqvist and Rundle, 2002; Marques et al., 2003; Silva et al., 2010) tem utilizado a teoria da descontinuidade serial, a qual prediz que uma interferência antrópica, como construção de reservatórios e despejos de dejetos de qualquer origem, produzem alterações longitudinais nos

processos bióticos e abióticos, influenciando na qualidade ecológica do ambiente, o que causa quebra do contínuo fluvial.

A qualidade do ambiente aquático pode ser definida quanto a presença de substâncias inorgânicas ou orgânicas em diferentes concentrações e a composição e estrutura da biota aquática presente no corpo d'água (Meybeck and Helmer, 1992). Assim, a análise espacial das variáveis limnológicas, em especial das concentrações dos nutrientes, em qualquer ambiente aquático pode fornecer um diagnóstico de suas condições ecológicas (Salomoni, 2004).

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as características limnológicas em trechos do rio São Mateus, submetidos a diferentes condições ambientais e verificar as diferenças entre as estações amostrais, tendo como hipótese que os dados abióticos terão valores mais elevados em trechos a jusante da cidade de São Mateus.

## **Material e Métodos**

### *Área de estudo*

A bacia hidrográfica do rio São Mateus com 13.482 km<sup>2</sup>, sendo 7.710 km<sup>2</sup> no estado do Espírito Santo e 5.772 km<sup>2</sup> no estado de Minas Gerais, esta totalmente inserida na Ecorregião Aquática da Mata Atlântica, a qual representa a própria Região Hidrográfica do Atlântico Leste (MMA, 2006). O rio São Mateus, formado pela união dos rios Cotaxé (ou Braço Norte), com aproximadamente 244 km e Cricaré (ou Braço Sul), com 200 km (Figura 1), além de configurar-se como o principal manancial de abastecimento para várias cidades, tem fornecido água para diversos projetos de irrigação, e inevitavelmente também vem sendo usado como receptor dos efluentes domésticos e industriais destas e de outras localidades (ANA, 2009).

### *Amostragem e análises abióticas*

As amostragens foram realizadas em intervalos semanais nos meses de setembro e outubro/2010, compreendendo um total de quatro coletas (08, 15, 22/09 e 01/10). Seis estações amostrais foram determinadas em um trecho do rio São Mateus, sendo duas a montante da cidade de São Mateus (E1, E2), duas ao longo da cidade (E3, E4) e duas a jusante da cidade, com influência de piscicultura intensiva (tanques-rede) e lançamento de efluentes domésticos e industriais (E5, E6, respectivamente). Os dados climáticos (média mensal de temperatura do ar, precipitação pluviométrica, velocidade do vento e radiação solar do mês de setembro) foram obtidos do INMET a partir da estação meteorológica no Centro Universitário Norte do Espírito Santo. Para a caracterização limnológica do rio São Mateus, na região litorânea de cada estação amostral, foram determinados em campo: a transparência da água (m) e o limite inferior da zona eufótica (m), com o Disco de Secchi, a profundidade máxima com profundímetro SPEED - TECH. A condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) foi determinada com a sonda multiparâmetros YSI. Em laboratório foi determinada a turbidez (NTU) com turbidímetro Alfakit V1.25, pH (potenciômetro de bancada), concentração dos sólidos totais em suspensão ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) de acordo com APHA (1995), e os principais nutrientes: nitrogênio total (Valderrama, 1981), nitrito (Golterman et al., 1978), nitrato (Mackereth et al., 1978), além de íon amônio, silicatos (Carmouze, 1994), ortofosfato (Strickland and Parsons, 1960), e fósforo total (Valderrama, 1981), todos em  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ .

### *Análise de dados*

Para verificar diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os valores médios das variáveis abióticas ao longo das estações amostrais foi aplicado o teste não paramétrico Kruskal-Wallis. Quando as mesmas ocorreram, teste de Dunn foi realizado para verificar entre quais pares de

estações havia estas diferenças. Estes testes, por sua vez, foram efetuados através do programa BioEstat. Assim, a continuidade do sistema foi testada considerando-se os seguintes pares de estações: 1 e 3; 1 e 4; 1 e 5; 1 e 6; 2 e 3; 2 e 4; 2 e 5; 2 e 6; 3 e 5; 3 e 6; 4 e 5; 4 e 6.

A Análise multivariada de Componentes Principais (ACP), utilizada para verificar a variação longitudinal em relação às variáveis abióticas, foi realizada com 12 variáveis (turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais em suspensão, zona eufótica, transparência da água, silicato, nitrato, nitrito, íon amônio, nitrogênio total, ortofosfato e fósforo total). Os valores das variáveis foram logaritmizados e as análises realizadas através do programa PC-ORD 5.15. Para a interpretação dos resultados, foram usados eixos com autovalores maiores que o modelo de Broken-Stick, como uma avaliação consistente para determinar o número apropriado de dados componentes para interpretação.

## **Resultados**

A temperatura média mensal do ar foi elevada, variando de 19,8 °C a 25,4 °C com média de 22 °C (Figura 2). A precipitação média mensal variou de 0,0 a 0,42 mm, com média de 0,05 mm (Figura 2), caracterizando o período amostral como estação seca. A radiação solar e a velocidade do vento apresentaram pouca variação nos dias amostrados, com valores de 21,2 a 24,7 MJ/m<sup>2</sup>, e 2,1 a 2,7 m/s, respectivamente.

A variação da profundidade máxima nas estações amostrais do rio São Mateus foi de 2,5 m (E1, a montante da cidade de São Mateus) a 4,2 m (E4, ao longo da cidade), a variação da transparência da água foi de 0,2 m (E6, a jusante da cidade) a 0,8 m (E3, ao longo da cidade), a zona eufótica variou de 0,6 m (E6) a 2,4 m (E3) (Figura 3).

De forma geral, os valores médios de turbidez, sólidos totais em suspensão e condutividade elétrica foram mais elevados nas estações amostrais a jusante da cidade de São

Mateus, E5 e E6 (Figura 4). O pH apresentou pouca variação entre as estações estudadas, denotando águas neutras a levemente alcalinas (Figura 4).

As maiores concentrações dos principais nutrientes ocorreram nas estações E5 e E6, com exceção da concentração de silicatos que teve valores mais baixos nas estações ao longo e após a cidade de São Mateus (E4 e E6) (Figura 5).

A turbidez, condutividade elétrica, fósforo total, nitrito e íon amônio das estações amostrais E5 e E6 diferiram estatisticamente ( $p < 0,05$ ) daquelas das demais estações. Sólidos totais em suspensão da estação E6 diferiu das demais estações, ortofosfato da estação E5 diferiu de E2 e E3, enquanto E6 diferiu das estações E1, E2, E3 e E4. Com relação aos compostos nitrogenados, nitrogênio total nas estações E5 e E6 diferiram de E1, E2 e E3; nitrato de E1 diferiu de E5 (Tabela 1).

A análise de componentes principais (ACP) das características abióticas explicou 91,4 % da variabilidade conjunta dos dados durante o período estudado nos dois primeiros eixos (Tabela 2). No eixo 1 (79,1% de explicação), houve separação entre as estações amostrais, com E5 e E6 posicionadas a esquerda do eixo, influenciadas principalmente pelos valores de turbidez, sólidos totais em suspensão, condutividade elétrica, fósforo total, ortofosfato e compostos nitrogenados (nitrito, íon amônio e nitrogênio total). Em contrapartida, as estações E2 e E3 tiveram contribuição positivamente relacionada aos valores de transparência e zona eufótica (Figura 6). Embora com baixa explicabilidade (12,3%), o eixo 2 evidenciou uma clara separação entre as estações antes da cidade (E1) e ao longo da cidade (E4), sendo estas influenciadas positivamente pelos maiores valores de sílica e negativamente pelos valores de nitrato, respectivamente (Figura 6).

## **Discussão**

As águas doces têm sido alteradas em suas características físicas, químicas e biológicas em todo o mundo em virtude de mudanças aceleradas nas bacias hidrográficas. As maiores alterações advêm do uso inadequado do solo, o qual provoca o aumento das cargas, seja de elementos químicos ou de material particulado por meio de fontes pontuais, como a descarga de efluentes orgânicos e inorgânicos (Salomoni, 2004). Os mais baixos valores médios da transparência da água nas estações a jusante da cidade de São Mateus estão relacionados com o aporte de ração nos tanques-rede, excretas dos animais (E5) e lançamento de efluentes domésticos e industriais (E6). Estes compostos geram aumento da turbidez e dos sólidos totais em suspensão, com conseqüente redução da transparência da água, afetando diretamente a penetração de luz, corroborado pelos baixos valores da zona eufótica nessas estações amostrais.

A separação das estações a jusante da cidade (posicionadas à esquerda do eixo 1 da ACP) das demais estações amostrais permitem inferir que a entrada de material alóctone contribuiu para o aumento da turbidez, dos sólidos totais em suspensão e, em menor magnitude, da condutividade elétrica nessas estações.

A condutividade elétrica se constitui em uma das variáveis limnológicas mais importantes, visto que pode fornecer informações relevantes sobre o metabolismo aquático e sobre fenômenos que ocorram na bacia de drenagem, além de ajudar a detectar fontes poluidoras nos ecossistemas aquáticos (Esteves et al., 2011). Em regiões tropicais os valores de condutividade elétrica podem ser influenciados pelo estado trófico, principalmente em ambientes sob influência antrópica (Esteves et al., 2011). Este fato foi observado nesta pesquisa, na qual maiores valores da condutividade elétrica foram registrados nas estações amostrais a jusante da cidade, provavelmente decorrente da entrada de materiais alóctones no ecossistema. Segundo

Igam (2005) a condutividade das águas naturais se eleva pela descarga de sais originados de atividades industriais, de despejos domésticos, e mesmo de excrementos animais.

Uma das principais modificações, provocadas pelo homem nos ambientes aquáticos está associada à urbanização, através do aumento do lançamento de efluentes de diversas origens nos ambientes aquáticos, com aporte excessivo de nutrientes. No rio São Mateus, os maiores valores médios dos principais nutrientes registrados nas estações E5 e E6 estão relacionados com a grande quantidade diária de ração e excrementos de animais no sistema de tanques-rede, além do próprio lançamento de efluentes domésticos e industriais, respectivamente. Efluentes são fontes de polifosfatos e carbonatos que tem efeitos diretos sobre a densidade dos organismos fotossintéticos e sobre a produção primária do sistema (Esteves and Meirelles-Pereira, 2011).

A concentração de sílica solúvel não apresentou variação significativa entre as estações amostrais analisadas, sendo que os valores foram sempre elevados. Segundo Esteves et al., (2011), este elemento é abundante em solos tropicais e, por isso, não atua como fator limitante aos produtores primários da maioria dos ecossistemas lacustres. A sílica encontra-se presente nas águas naturais provenientes do solo ou de organismos aquáticos, e é utilizada por vários deles, como diatomáceas e crisófitas na formação da parede celular (Lampert and Sommer, 2007), fato que corrobora a elevada densidade e biovolume das diatomáceas no rio São Mateus (Pereira et al., 2011 em prep.).

Foram detectadas altas concentrações de fósforo total e ortofosfato nas estações amostrais com influências antrópicas (E5 e E6). Martins (2006) também relacionou os maiores valores de fósforo total na estação amostral mais impactada do rio Santa Maria da Vitória às contribuições antrópicas. As principais fontes artificiais de fósforo incluem o despejo de efluentes domésticos e industriais, os quais contêm grandes quantidades de material orgânico e de compostos fosfatados intrínsecos à maioria dos detergentes (Ferreira et al., 2005). Estes mesmos autores afirmam que o

ortofosfato, principal forma de fosfato assimilada pelos produtores primários, é a única forma estável em solução aquosa, sendo que as demais formas dissolvidas estarão combinadas ou complexadas a outros elementos.

Segundo a classificação do estado trófico baseado nas concentrações de fósforo total desenvolvidos por Dodds et al (1998 apud Esteves and Panosso, 2011) para ambientes lóticos, todas as estações estudadas do rio São Mateus podem ser classificadas como mesotróficas (concentração entre 25 e 75  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ), com exceção da estação E6, considerada como eutrófica (concentração acima de 75  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ). De acordo com Esteves and Panosso (2011) o fósforo total e o nitrogênio total são os melhores indicadores do conteúdo de nutrientes em qualquer ecossistema. As principais fontes de nitrogênio para os ecossistemas aquáticos continentais são a fixação biológica de nitrogênio, aporte orgânico e inorgânico a partir de ecossistemas adjacentes e, atualmente em grande escala, pelo aporte de efluentes domésticos e industriais não tratados (Esteves and Amado, 2011).

Valores mais elevados de íon amônio e nitrogênio total registrados nas estações E5 e E6, evidenciadas pela ACP, reforçam que os impactos provocados pela ação antrópica influenciam as concentrações de nitrogênio total nos ecossistemas aquáticos. As interferências antrópicas nos sistemas naturais têm fragmentado os habitats aquáticos, comprometendo o funcionamento do sistema (Bleich et al., 2009). No rio São Mateus, estas interferências envolvem lançamento de efluentes domésticos e industriais in natura, aporte de ração para peixes, remoção da mata ciliar e ausência de manejo adequado, sendo responsáveis pela deterioração da qualidade da água do rio a jusante da cidade, levando a alterações no funcionamento do sistema. Desta forma, o aumento dos valores das principais variáveis abióticas em direção a cidade e principalmente a jusante da cidade, sugerem que ações antrópicas foram fundamentais para a descontinuidade do sistema, corroborando assim a hipótese inicial deste estudo.

## **Agradecimentos**

À Associação de Pescadores de São Mateus (APESAM) pela disposição em ajudar e pelo apoio logístico, ao Laboratório de Taxonomia e Ecologia de Algas Continentais (LATEAC) pelas análises no laboratório e ao Laboratório de Ciências Ambientais (UENF) – Laboratório de Ecologia, pelo auxílio nas análises de nutrientes, e a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e ao Programa de Pós Graduação em Biodiversidade Tropical, pela bolsa de mestrado da primeira autora.

## **Referências Bibliográficas**

- ANA – Agência Nacional de Águas. Bacias hidrográficas do Atlântico Sul – trecho leste. 2009. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/doc/BHASLeste/index.htm>. Acesso em 27/09/2011.
- APHA – American Publication Health Association Standards methods: for examination of water and wastewater. 1995. 16.ed. Baltimore: APHA/AWWA/WPCF. 1268 p.
- BLEICHI, ME., SILVA, CJ and ROSSETE, AM. 2009. Variação temporal e espacial das características limnológicas de um ecossistema lótico no Cerrado do Mato Grosso. Biotemas,. Vol. .22, no.2, p. 161-171.
- BOON, PJ. 1992. Essential elements in the case for the river conservation. In: Boon P. J., Calow, Petts, G. E. (eds.) River conservation and management. Cap. 2; New York. John Wiley e Sons, p. 11-36.
- CARMOUZE, L.1994.O metabolismo dos ecossistemas aquáticos – Fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas. São Paulo: Edgard Blucher. 254p.
- DENICOLA, DM. 1996. Periphyton responses to temperature at different ecological levels. In: STEVENSON, R.J. et al. (Ed.). Algal Ecology: Freshwater Benthic Ecosystems. San Diego: Academic Press, cap. 6, p. 149-181.

- ESTEVEES, FA. Fundamentos de Limnologia. 2º Ed. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 1998. 602p.
- ESTEVEES, FA., AMADO, AM. 2011. Nitrogênio. In: ESTEVEES, F.A., (Ed) Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro. Ed. Interciência. p.259-281.
- ESTEVEES, FA., FIGUEIREDO-BARROS, MP. and PETRUCIO, MM. 2011. Principais cátions e ânions. In: ESTEVEES, F.A., (Ed) Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro. Ed. Interciência. p.299-321.
- ESTEVEES, FA., MEIRELLES-PEREIRA, F. 2011. Eutrofização artificial. In: ESTEVEES, F.A., (Ed) Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro. Ed. Interciência. p 625-655.
- ESTEVEES, F.A., PETRUCIO, MM. and FIGUEIREDO-BARROS, MP.2011. Sílica nos ecossistemas aquáticos continentais In: ESTEVEES, F.A., (Ed) Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro. Ed. Interciência. p.299-321.
- ESTEVEES, FA., PANOSSO, R. 2011. Fósforo. In: ESTEVEES, FA., (Ed) Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro. Ed. Interciência. p.259-281.
- FERNANDES, VO. Estudos limnológicos na Lagoa de Jacarepaguá (RJ): Variáveis abióticas e mudanças na estrutura e dinâmica da comunidade perifítica em *Typha domingensis*. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1993. [Dissertação de Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais].
- FERREIRA, RM., BARROS, NO., DUQUE-ESTRADA, CH. and ROLAND, F. 2005. Caminhos do fósforo em ecossistemas aquáticos continentais. In: ROLAND, F., CESAR, D. and MARINHO, M. Lições de Limnologia. São Carlos. Ed. Rima. p. 229-242.
- GOLTERMAN, HL., CLYMO, RS. And OHNSTAD, MAM. 1978. Methods for chemical analysis of freshwater. 2ª ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 213 p.

- INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. 2005. Relatório de monitoramento das águas superficiais na Bacia do Rio São Francisco em 2004: Bacia do Rio São Francisco - Sul. Belo Horizonte: IGAM,180p.
- JUNK, WJ., BAILEY, PB. and SPARKS, RE. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. In: Dodge, D. (ed.): Proc. Of the Internat. Large River Symp.: 110-127. Can. Spec. Pbl. Fish. Aquat. Sci.106p.
- LAMPERT, W. and SOMMER, U. 2007. Limnoecology. The ecology of lakes and streams. 2º Ed.Oxford University Press. 324p.
- McALLISTER, DE., HAMILTON, AL. and HARVEY, B. 1997. Global freshwater biodiversity: striving for the integrity of freshwater ecosystems. Sea Wind, vol. 11, no. 3, p.1-142.
- MALMQVIST, B. and RUNDLE, S. 2002. Threats to the running water ecosystems of the world. Environmental Conservation, vol. 29 no.2, p.34-153.
- MACKERETH, FJH., HERON, J., and TALLING, JF.1978. Water analysis: Some revised methods for limnologists. Freshwater Biological Association. Scientific Association. Kendall: Titus Wilson e Son Ltd, 117 p.
- MARQUES, PHC., OLIVEIRA, H. T. and MACHADO, E.C. 2003. Limnological study of Piraquara river (upper Iguaçu basin): Spatiotemporal variation of physical and chemical variables and watershed zoning. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, vol.46, no. 3, p. 383-394.
- MARTINS, FCO. Respostas ecofisiológicas da comunidade perifítica (in situ) a diferentes condições ambientais no rio Santa Maria da Vitória, ES. Universidade Federal do Espírito Santo. 2006. [Dissertação de Mestrado em Biologia Vegetal].
- MMA – Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. 2006. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil - Volume 1. Brasília, Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Recursos Hídricos.

- MEYBECK, M. and HELMER, R. 1992. An introduction to water quality. In: CHAPMAN, D. (Ed.) Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. London: Chapman and Hall, cap.1, p.1-17.
- PETTS, GE. 2000. A perspective on the abiotic processes sustaining the ecological integrity of running waters. *Hidrobiologia*. 422/423:15-27.
- SILVA, WJ, FELISBERTO, SA., FONSECA, CP. and SOUZA, MGM. 2010. Serial discontinuity along the Descoberto River Basin, Central Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, vol. 22, no. 3, p. 344-355.
- SALOMONI, SE. Diatomáceas epilíticas indicadoras da qualidade da água na Bacia do rio Gravataí, Rio Grande do Sul, Brasil. Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, São Carlos, 2004. [Tese de Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais].
- STRASKRABA, M.; TUNDISI, JG. and DUNCAN, A. 1993. State-of-the-art of reservoir limnology and water quality management, In: Straškraba, M.; Tundisi, J. G. e Duncan, A. (eds.). *Comparative Reservoir Limnology and Water Quality Management*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, p. 213-288.
- STRICKLAND, JDH. and PARSONS, TR. 1960. A manual of seawater analysis. Ottawa: Fisheries Research Board of Canada, vol. 125, p. 1-18.
- VALDERRAMA, JC. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorus in natural waters. *Marc. Chem.*, vol. 10, p. 1109-122.
- VANNOTE, RL., MINSHALL, GW., CUMMINS, KW., SEDELL, JR. e CUSHING, CE. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 27, p. 130-137.
- WARD, JV. The four dimensional nature of lotic ecosystems. 1989. *J. N. Am. Benthol. Soc.* v.8 (1): p. 2-8.

WARD, J.V. and STAMFORD, J.A. 1983. The serial discontinuity concept of lotic ecosystems. In: Fontaine, T.F. e Bartell, S. M. (Eds.). Dynamics of Lotic Ecosystems. Ann Arbor Science, Ann Arbor, p. 29-42.

WARD, J.V. and STANFORD, J.A. 1995. The serial discontinuity concept: extending the model to floodplain rivers. Regulated rivers research e management, vol.10, p. 159-168.

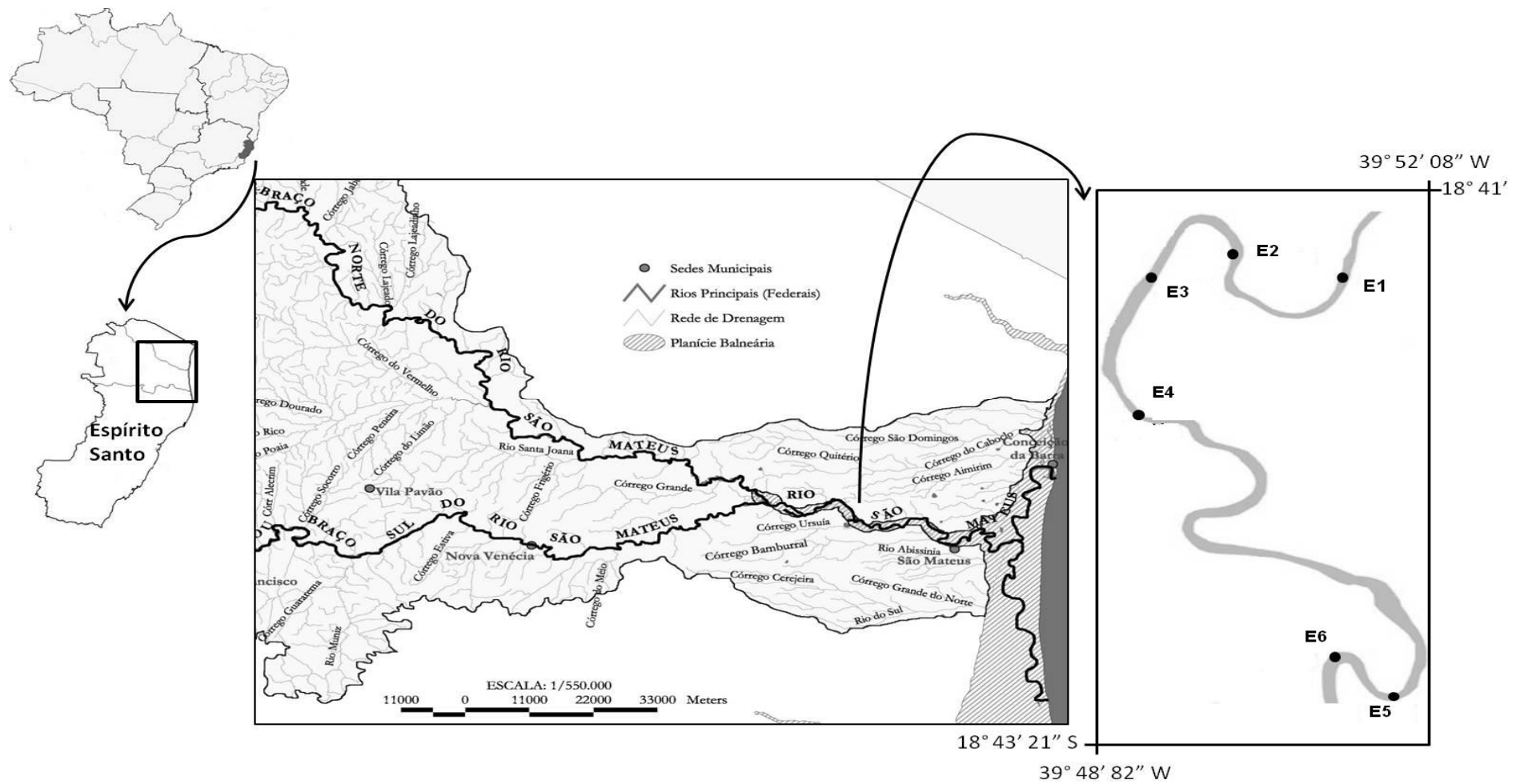


Figura 1: Mapa do Espírito Santo, com destaque da Bacia do rio São Mateus e destaque para a localização das estações amostrais (E1, E2, E3, E4, E5, E6) (modificado de imagem de satélite, Google Earth).

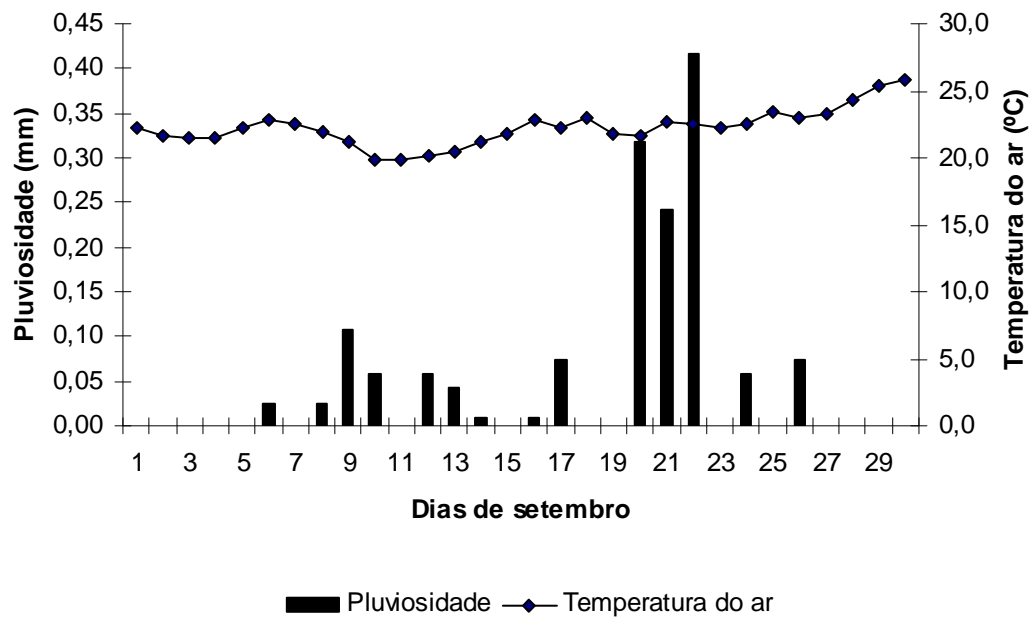


Figura 2: Variação temporal dos valores médios diários (n=30) da temperatura do ar e pluviosidade no mês de setembro de 2010.

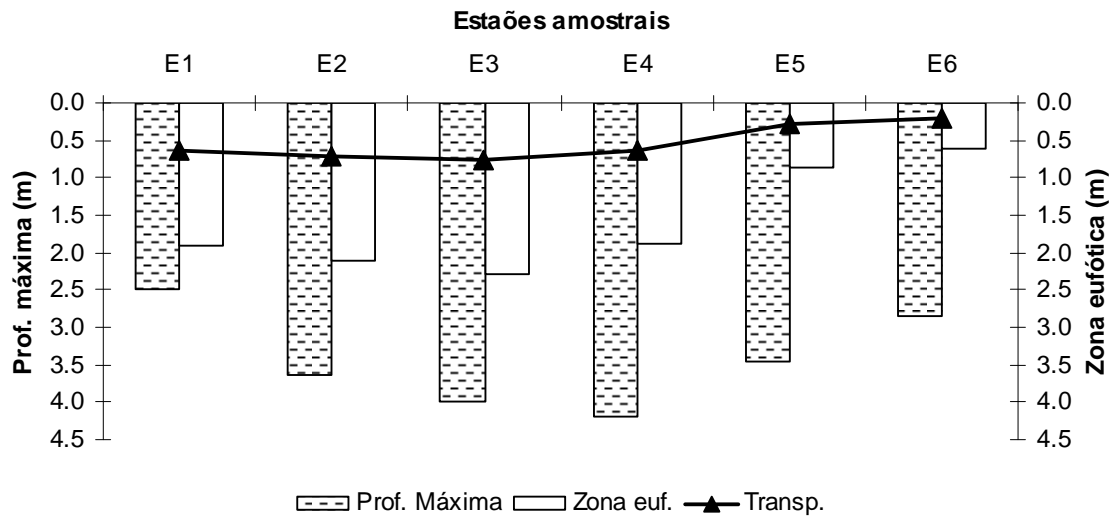


Figura 3: Variação espacial da profundidade (m), transparência (m) e zona eufótica(m) da coluna d'água na região litorânea nas diferentes estações amostrais do rio São Mateus, em setembro e outubro de 2010.

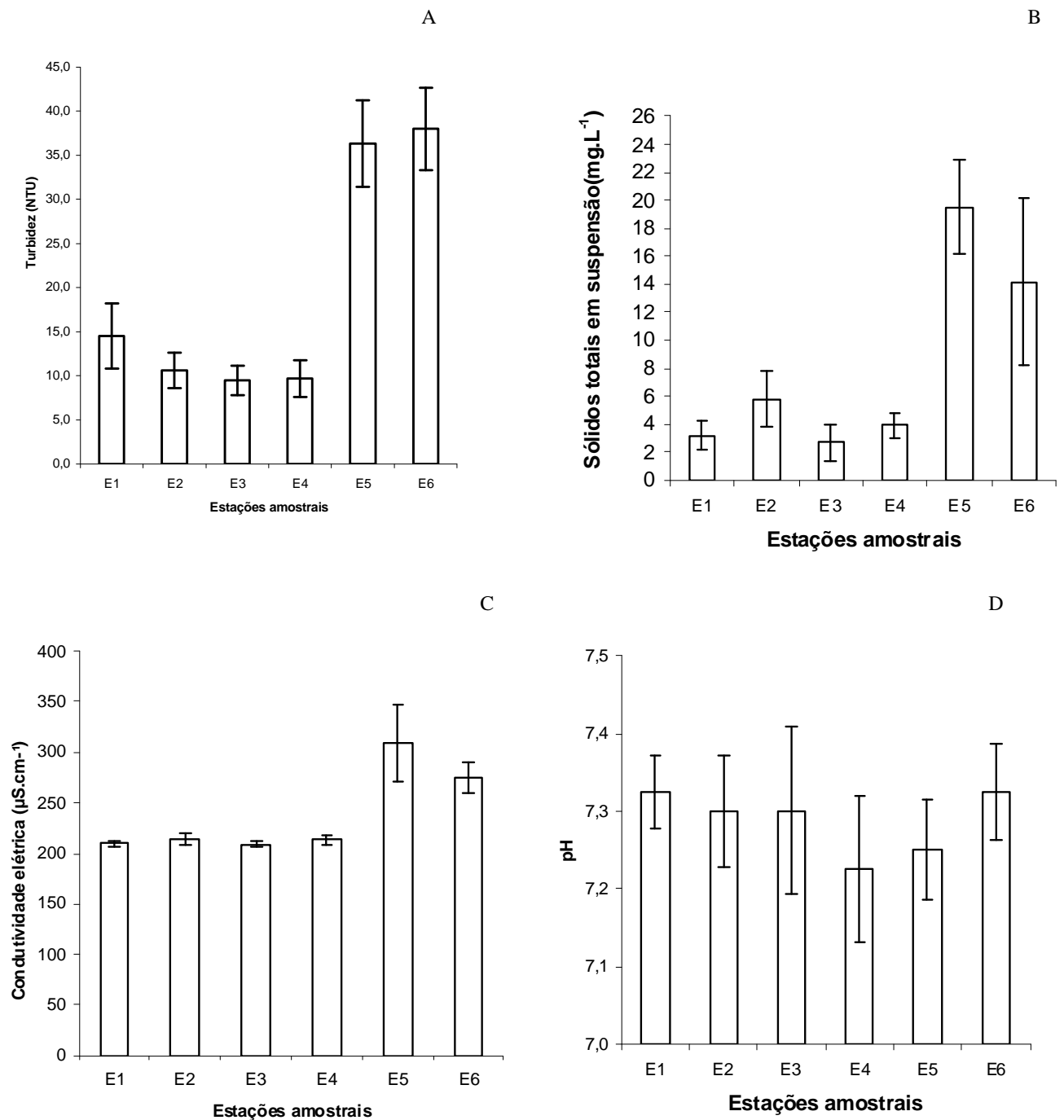


Figura 4: Variação longitudinal das variáveis abióticas no rio São Mateus, em setembro e outubro de 2010, seguido de erro padrão. A: turbidez; B: Sólidos totais em suspensão; C: condutividade elétrica; D: pH.

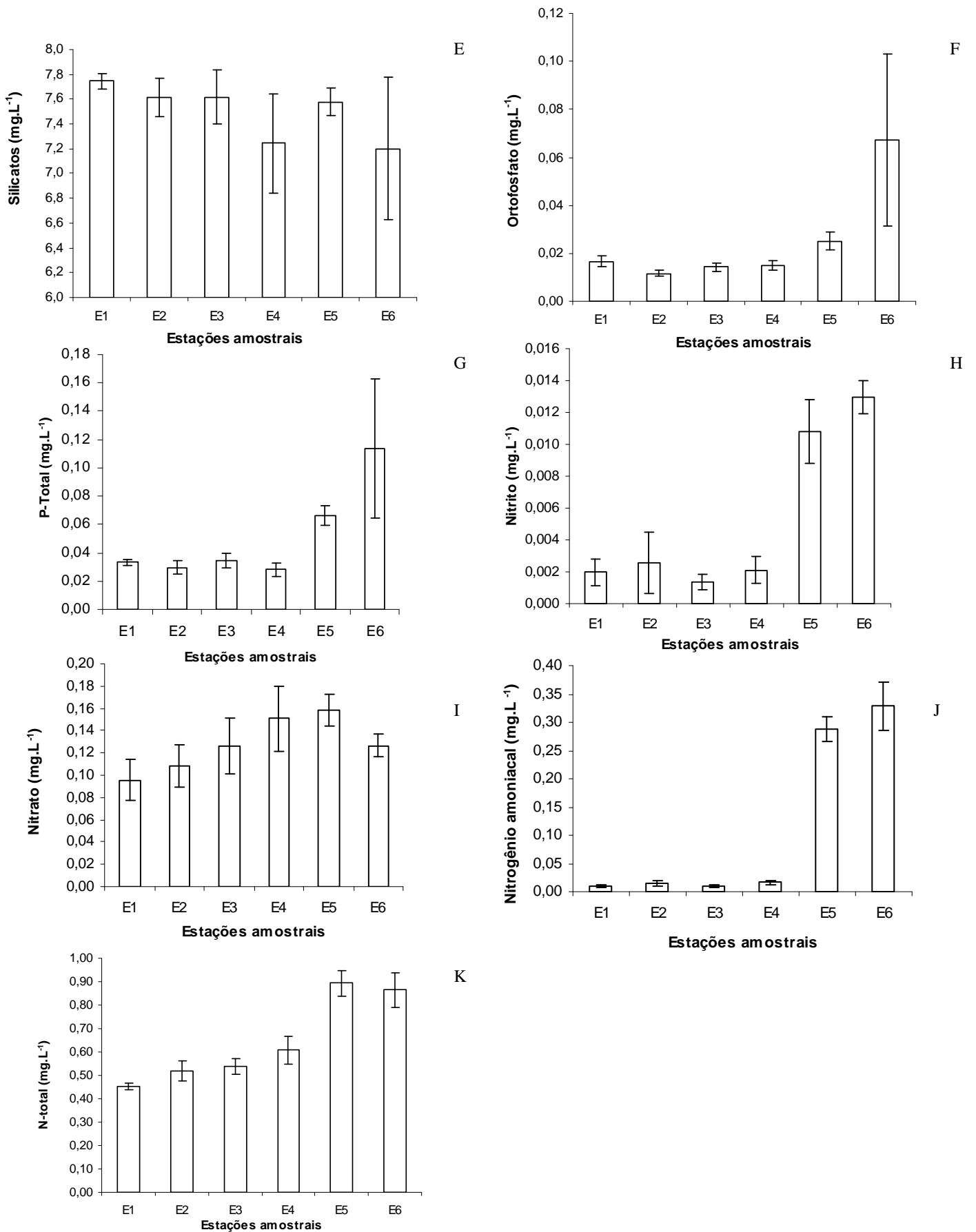


Figura 5: Variação longitudinal da concentração dos principais nutrientes no rio São Mateus em setembro e outubro/2010, seguido de erro padrão. E: silicato; F: ortofosfato; G: fósforo total; H: nitrito; I: nitrato; J: íon amônio; K: nitrogênio total.

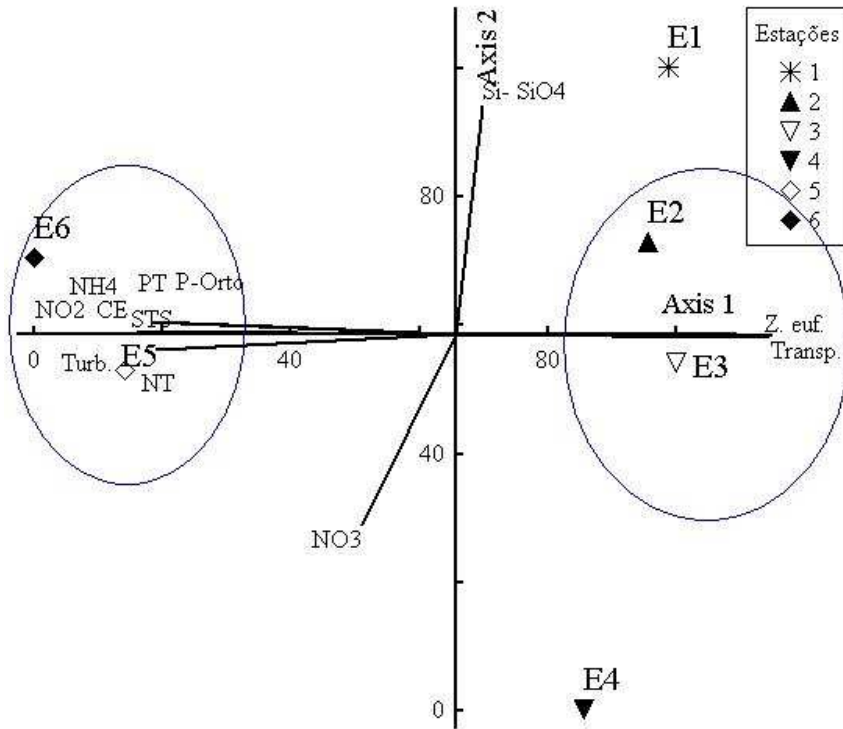


Figura 6: Análise de componentes principais (PCA) das variáveis abióticas para as estações amostrais do rio São Mateus. \*Turb = turbidez, STS = sólidos totais em suspensão, C.E.= condutividade elétrica, Zeu = zona eufótica, Transp= transparência, Si-SO<sub>4</sub> = silicato, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> = nitrato, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> = nitrito, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> = íon amônio, NT= nitrogênio total , P-orto.= ortofosfato, PT = fósforo total.

Tabela 1: Comparação entre série longitudinal de estações ao longo de alguns trechos do rio São Mateus através de teste de Kruskal-Wallis /Dunn utilizando parâmetros físicos e químicos.

Pares de estações	C.E.	Turb	STS	Transp.	Z.eu	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NT	P-orto	PT
1x5	*	*	*	ns	ns	*	*	*	*	ns	*
1x6	*	*	ns	*	*	*	*	ns	*	*	*
2x5	*	*	*	ns	ns	*	*	ns	*	*	*
2x6	*	*	ns	*	*	*	*	ns	*	*	*
3x5	*	*	*	*	*	*	*	ns	*	*	*
3x6	*	*	ns	*	*	*	*	ns	ns	*	*
4x5	*	*	*	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	*
4x6	*	*	ns	*	*	*	*	ns	ns	*	*

\*diferenças significativas ( $p < 0,05$ ); ns = não significativo; C.E.= condutividade elétrica, Turb = turbidez , STS = sólidos totais em suspensão , Transp= transparência , Zeu = zona eufótica , NH<sub>4</sub><sup>+</sup>= íon amônio, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> = nitrito, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> = nitrato, NT = nitrogênio total; P-orto= ortofosfato, PT = fósforo total .

Tabela 2: Correlação das variáveis abióticas com os componentes principais da PCA.

Eixos		
Resultados	1	2
Autovalores	9.497	1.476
Broken-stick	3.103	2.103
Variáveis	Autovalores	
Turbidez (Turb)	<b>-0.9718</b>	0.2005
Sólidos totais em suspensão (STS)	<b>-0.9368</b>	0.0399
Condutividade elétrica (C.E.)	<b>-0.9467</b>	0.0072
Zona eufótica (Z.eu)	0.9864	-0.0892
Transparência da água (Transp)	0.9892	-0.0566
Silicato (Si-SO <sub>4</sub> )	0.2851	0.8425
Ortofosfato (P-Orto)	-0.8300	0.1685
Fósforo total (PT)	<b>-0.9247</b>	0.1796
Nítrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	<b>-0.9941</b>	0.0984
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	-0.5376	-0.7691
Íon amônio (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	<b>-0.9953</b>	0.0749
Nitrogênio total	<b>-0.9665</b>	-0.2149

## **CAPÍTULO 2**

A ser encaminhado para a Revista Brasileira de Botânica

Normas disponíveis em:

<http://www.scielo.br/revistas/rbb/iinstruc.htm>

# **Varição longitudinal da estrutura da comunidade perifítica em um rio tropical (rio São Mateus, ES)**

THAIS DE ALMEIDA PEREIRA<sup>1\*</sup>, SIRLENE APARECIDA FELISBERTO<sup>2</sup> & VALÉRIA DE  
OLIVEIRA FERNANDES<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Taxonomia e Ecologia de Algas Continentais. Universidade Federal do Espírito Santo – CCHN/ Botânica - PPGBV: Av. Fernando Ferrari n° 514, Campo Goiabeiras, Vitória (ES). CEP: 29075-015.

<sup>2</sup> Universidade Federal de Goiás - Programa de Pós\_graduação em Ecologia e Evolução: Instituto de Ciências Biológicas I - Campus Samambaia - CEP:74001-970 - Caixa Postal: 131

\*Autor para correspondência: thais\_bioufes@yahoo.com.br

## Resumo

O presente estudo avaliou a influência dos fatores abióticos sobre a estrutura da comunidade perifítica e verificou as diferenças dos dados bióticos entre as estações amostrais. Ao longo do rio São Mateus, seis estações amostrais foram determinadas: duas a montante da cidade de São Mateus (E1, E2), duas ao longo da cidade (E3, E4) e duas a jusante da cidade (E5, E6). As amostragens bióticas e abióticas foram realizadas em intervalos semanais, em setembro e outubro/2010, totalizando quatro coletas. O perifíton foi coletado de raízes de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms., removido por raspagem, com pincéis e jatos de água destilada, fixado e preservado com solução de formalina a 4% (análise qualitativa) e solução de lugol acético a 0,5% (análise quantitativa). Maior riqueza de táxon e densidade total da comunidade perifítica foi registrada nas estações amostrais ao longo e a jusante da cidade de São Mateus, com maior contribuição das Bacillariophyceae (riqueza) e Cyanophyceae (densidade total) em todas as estações amostrais. A densidade perifítica foi influenciada pelos nutrientes (principalmente nitrogênio), assim como pela turbidez, como constatado pela CCA. Assim, podemos sugerir que a entrada de material alóctone, proveniente principalmente das atividades antrópicas (piscicultura intensiva e lançamento de efluentes domésticos e industriais) alteram a qualidade da água (como evidenciado na PCA), assim como a comunidade de algas perifíticas presente.

**Palavras- chave:** perifíton, riqueza, densidade, Cyanophyceae, Bacillariophyceae

## **Introdução**

Os rios são ecossistemas fortemente influenciados pelas características naturais e/ou pelo uso dos solos por eles drenados (Sioli 1990), podendo atingir estados heterotróficos em razão do aporte de matéria orgânica e energia alóctone (Margalef 1983, Wetzel 2001, Barbosa & Espíndola 2003). De modo semelhante a outros sistemas aquáticos, os rios são formados por elementos abióticos e bióticos interatuantes, tendo fluxo energético e de materiais espacialmente multi-direcional, embora direcionado mais marcadamente no sentido do escoamento do fluxo (Salomoni 2004).

Por estarem sujeitos a inúmeras perturbações, diversas teorias ecológicas foram propostas para descrever e compreender o funcionamento dos rios, visando o entendimento sobre a distribuição das comunidades bióticas. Dentre elas, destaca-se a teoria da descontinuidade serial Ward & Stanford (1983, 1995), a qual postula que uma interferência antrópica, como construção de reservatórios e despejos de dejetos de qualquer origem, rompem o gradiente do rio em relação às condições ambientais, alterando os processos bióticos e abióticos.

O crescimento acelerado da degradação dos rios durante os últimos anos, bem como a modificação progressiva da natureza e da quantidade de despejos lançados ao ambiente aquático, tem contribuído para fazer da determinação da qualidade biológica das águas uma tarefa cotidiana para avaliação de impactos ambientais e para o controle e gerenciamento dos ecossistemas (Branco 1991).

A poluição do meio aquático, como consequência da atividade humana provoca perturbações nas comunidades em termos de abundância, de riqueza específica, de comportamento e de reações fisiológicas (Agences de L'Eau 1993), pois as condições do ecossistema aquático produzem efeitos sobre as espécies que nele habitam (Lévêque 1996). Dentre as comunidades bióticas, o perifíton é caracterizado por constituir uma bioderme que varia em termos de espessura, sendo visto como manchas verdes ou amarronzadas recobrendo rochas, troncos, carapaças de animais, objetos inertes e vegetação submersa (Pompêo & Moschini-Carlos 2003). O componente

mais estudado no perifiton são as algas, pois elas são importantes produtores de matéria orgânica autóctone, principalmente na região litorânea (Wetzel 1983).

O entendimento dos padrões de distribuição das algas perifíticas é fundamental, uma vez que formam a base da cadeia alimentar em muitos sistemas lóticos (Lamberti 1996), atuam como redutores e transformadores de nutrientes (Wetzel 1996), além de propiciar a formação de hábitat para uma diversidade de organismos (Leandrini 2006). Por serem muito sensíveis as mudanças na qualidade da água e na hidrodinâmica do sistema, as algas perifíticas podem ser influenciadas qualitativamente por diversas variáveis abióticas, como temperatura, nutrientes e velocidade da corrente, tanto direta como indiretamente (Felisberto 2007). Dessa forma, as variáveis físicas e químicas desempenham uma seletividade ambiental muito forte sobre a composição e distribuição dos organismos, sobre os processos de produção primária das comunidades planctônica e perifítica, determinando a composição das espécies, assim como sua abundância (Tundisi 1990, Tundisi & Matsumura-Tundisi 1994, Matsumura-Tundisi & Tundisi 1997).

Considerando que as interferências antrópicas alteram as condições naturais físicas, químicas e biológicas provocando a descontinuidade fluvial ao longo de trechos a montante e a jusante das cidades (Marques et al. 2003, Silva et al. 2010), espera-se que os dados bióticos tenham valores mais elevados nas estações amostrais a jusante da cidade de São Mateus, assim como constatado por Mamão et al. (2011 in prep.) para os dados abióticos. Assim, este estudo tem como hipótese que a riqueza de espécies e densidade total da comunidade perifítica terão valores mais elevados em trechos a jusante da cidade de São Mateus.

Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar se houve rompimento da continuidade longitudinal de um trecho do rio São Mateus através da estrutura da comunidade perifítica e sua relação com as variáveis abióticas.

## Material e métodos

### *Área de estudo*

O rio São Mateus, formado pela união dos rios Cotaxé (Braço Norte), com aproximadamente 244 km e Cricaré (Braço Sul), com 200 km (Figura 1), configura-se no principal manancial de abastecimento para várias cidades, além de fornecer água para diversos projetos de irrigação, e inevitavelmente também vem sendo usado como receptor dos efluentes domésticos e industriais destas e de outras localidades (ANA 2009).

### *Amostragem e análises abióticas e bióticas*

As amostragens foram realizadas em intervalos semanais nos meses de setembro e outubro de 2010, compreendendo um total de quatro coletas (dias 08, 15 e 22/09 e 01/10). Seis estações amostrais foram determinadas ao longo do rio São Mateus, sendo duas a montante da cidade de São Mateus (E1, E2), duas ao longo da cidade (E3, E4) e duas a jusante da cidade, com influência de piscicultura intensiva (tanques-rede) e lançamento de efluentes domésticos e industriais (E5, E6, respectivamente). O perifíton foi coletado de raízes da macrófita aquática flutuante *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms na região litorânea de cada estação amostral e removido do substrato, com pincéis e jatos de água destilada. Para amostras qualitativas, as algas foram fixadas com solução formalina 4% e para amostras quantitativas com solução de lugol acético 5% (Bicudo & Menezes 2006). Os táxons foram esquematizados, medidos e identificados, utilizando-se bibliografia especializada visando a identificação ao nível específico, sempre que possível. Os sistemas de Classificação utilizados foram: Komárek & Fott (1983) para Chlorococcales (Chlorophyceae); Komárek & Anagnostidis (1988, 1999) para Cyanophyceae; Round (1971) para Euglenophyceae; Van Den Hoek (1995) para Zygnemaphyceae e Bourrelly (1966, 1968, 1970) para as demais Classes.

Os dados climáticos (temperatura do ar, precipitação pluviométrica) foram obtidos do INMET a partir da estação meteorológica no Centro Universitário Norte do Espírito Santo. As

variáveis limnológicas avaliadas, em cada estação amostral foram: transparência da água (m), o limite inferior da zona eufótica (m) com o Disco de Secchi; condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e oxigênio dissolvido ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) com o multiparâmetros YSI; turbidez (NTU) com turbidímetro Alfakit V1.25, pH (potenciômetro de bancada), concentração dos sólidos totais em suspensão ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) de acordo com APHA (1995), e os principais nutrientes: nitrogênio total (Valderrama 1981), nitrito (Golterman et al. 1978), nitrato (Mackereth et al. 1978), íon amônio, silicatos (Carmouze 1994), ortofosfato (Strickland & Parsons 1960), e fósforo total (Valderrama 1981), todos em  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ .

### *Análises dos dados*

A análise qualitativa das algas foi realizada a partir de amostras em lâminas temporárias, utilizando microscópio óptico Olympus CX 41 equipado com ocular de medição e câmara clara. Os táxons foram esquematizados, fotografados medidos e identificados, utilizando-se bibliografia especializada. A análise quantitativa, em réplicas ( $n = 2$ ) foi realizada utilizando-se sedimentação em câmaras (Utermöhl 1958), em microscópio invertido Nikon Eclipse TS 100, em campos aleatórios (Uehlinger 1964). Os indivíduos foram contados até atingir-se uma estabilização da curva de rarefação das espécies e as espécies abundantes com um mínimo de 100 indivíduos (Bicudo 1990). Cada célula, colônia ou filamento foi considerado como um único indivíduo. Os resultados foram adaptados de APHA (1992), com substituição da área raspada pelo peso seco da raiz da macrófita e, expressos em  $\text{ind}\cdot\text{mg}^{-1}$ . Foram determinadas as espécies abundantes e dominantes (Lobo & Leighton 1986), além da diversidade específica (Shannon-Wiener 1963) e equitabilidade segundo Pielou (1975 apud Legendre & Legendre 1983). Com base na morfologia, as algas foram classificadas em três categorias: colonial, filamentosa, unicelular.

Para verificar diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os valores médios das variáveis bióticas e abióticas ao longo das estações amostrais foi aplicado o teste não paramétrico Kruskal-Wallis. Quando as mesmas ocorreram, o teste de Dunn foi realizado para verificar entre quais pares

de estações havia estas diferenças. Estes testes, por sua vez, foram efetuados através do programa BioEstat.

A Análise multivariada em Componentes Principais (ACP), utilizada para verificar a variação longitudinal em relação às variáveis abióticas foi realizada com 12 variáveis (turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais em suspensão, zona eufótica, transparência da água, silicato, nitrato, nitrito, íon amônio, nitrogênio total, ortofosfato e fósforo total). Para a interpretação dos resultados, foram usados eixos com autovalores maiores que o modelo de Broken-Stick, como uma avaliação consistente para determinar o número apropriado de dados componentes para interpretação.

A influência de cinco variáveis abióticas (ortofosfato, fósforo total, turbidez, nitrogênio total e íon amônio) sobre a distribuição das algas perifíticas (abundância relativa de 57 táxons), ao longo das estações amostrais do rio São Mateus a montante até a jusante da cidade foram investigadas pela aplicação da análise de correspondência canônica (CCA), com significância pelo teste de Monte Carlo ( $p < 0,05$ ) e 999 aleatorizações.

Para PCA e CCA as variáveis foram logaritmizadas e as análises realizadas através do programa PC-ORD 5.15.

A análise de espécies indicadoras (Indval) foi realizada para explorar a distribuição e densidade de todos os 57 táxons epifíticos (matriz de espécies transformada pelo  $\log x + 1$ ) e indicar possíveis espécies indicadoras (Dufrêne & Legendre 1997) dos ambientes estudados sob diferentes impactos (testada através do teste de Monte Carlo com 999 permutações e  $p < 0,05$ ). Este método é baseado na comparação das abundâncias relativas (especificidade) e frequência de ocorrências (fidelidade) dos táxons em diferentes conjuntos de ambientes. O valor de indicação varia de 0 a 100, e será máximo quando os indivíduos de uma determinada espécie apresentarem alta especificidade e alta fidelidade a todos os ambientes de um determinado grupo. Considerando assim, a especificidade e fidelidade podem indicar as espécies indicadoras assimétricas, que são aquelas cuja presença não é detectada (ocorrência) em todos os ambientes do grupo no qual apresenta-se como

indicadora, no entanto, contribuem para a especificidade do habitat dada expressiva abundância relativa nos ambientes estudados (Dufrêne & Legendre 1997).

## **Resultados**

Em relação aos dados climáticos, o período de estudo foi marcado por elevadas temperaturas (média de 22°C) e baixa precipitação (média de 0,05mm, Figura 2), caracterizando o período como seco e quente.

O rio São Mateus apresentou águas com valores mais altos de turbidez, sólidos totais em suspensão, condutividade elétrica, nitrito, íon amônio, nitrogênio total nas estações a jusante da cidade de São Mateus (E5 e E6) (Tabela 1).

A turbidez, condutividade elétrica, fósforo total, nitrito e íon amônio das estações E5 e E6 diferiram ( $p < 0,05$ ) daquelas das demais estações. Sólidos totais em suspensão de E6 diferiu das demais estações; ortofosfato da estação E5 diferiu de E2 e E3, enquanto E6 diferiu significativamente das estações E1, E2, E3 e E4. Com relação aos compostos nitrogenados, nitrogênio total nas estações E5 e E6 diferiram de E1, E2 e E3; nitrato de E1 diferiu de E5 (Tabela 2).

Os resultados da análise de componentes principais (PCA) explicaram 91% da variabilidade conjunta dos dados nos dois primeiros eixos (Tabela 3). No eixo 1 (79% de explicação) houve separação entre as estações amostrais, com E5 e E6 posicionadas a esquerda do eixo, associando-se principalmente à turbidez, sólidos totais em suspensão, condutividade elétrica, fósforo total, ortofosfato e compostos nitrogenados (nitrito, íon amônio e nitrogênio total). Em contrapartida, E2 e E3 estiveram relacionados, positivamente, a transparência e zona eufótica (Figura 3). Embora com baixa explicabilidade (12,3%), o eixo 2 evidenciou uma clara separação entre as estações antes da cidade (E1) e ao longo da cidade (E4), sendo estas influenciadas, positivamente, pelos maiores valores de sílica e negativamente pelos valores de nitrato, respectivamente (Figura 3).

A comunidade de algas perifíticas no rio São Mateus esteve composta por 149 táxons (Anexo A) distribuídos em nove Classes. Bacillariophyceae (diatomáceas) foi a que mais contribuiu em número de táxons (63), seguida por Cyanophyceae (51), Zygnemaphyceae (10), Chlorophyceae (8), Euglenophyceae e Oedogoniophyceae (5 cada), Ulothricophyceae (3), Chrysophyceae (2) e Rhodophyceae (2) (Figura 4).

A riqueza de táxons da comunidade perifítica foi maior nas estações amostrais a jusante da cidade de São Mateus (Figura 5).

Do total de 149 táxons registrados no rio São Mateus, 23 foram comuns a todas as estações amostrais, nove foram exclusivos das estações a jusante da cidade, dois foram exclusivos das estações ao longo da cidade e dois foram exclusivos das estações a montante da cidade (Tabela 4). Em relação a forma de crescimento, as algas perifíticas foram dominadas por indivíduos unicelulares, representada principalmente por diatomáceas (Figura 6).

Em relação a densidade total da comunidade perifítica, os maiores valores médios foram registrados na estação E4 (ao longo da cidade de São Mateus) e E6 (a jusante da cidade). A densidade total da estação amostral E5 diferiu ( $p < 0,05$ ) das estações E1 e E4 (Tabela 2). Cyanophyceae (cianobactérias) teve a maior contribuição para a densidade total em todas as estações amostrais. Bacillariophyceae foi representativa na densidade total nas estações E1, E4, E5 e E6 (Figura 7), representada principalmente pelos gêneros *Gomphonema* e *Eunotia*.

Durante o período estudado, *Synechocystis aquatilis* Sauvageau foi a única espécie dominante em todas as estações amostrais, enquanto *Gomphonema turris* Ehrenberg, *Lyngbya subtilis* W. West, *Lyngbya orientalis* (G.S.West) Compère foram abundantes em E1, *Limnothrix redekei* (Van Goor) Meffert foi abundante em E3, *Gomphonema contraturris* Lange-Bertalot & Reichardt foi abundante em E5 e *Synechococcus nidulans* (Pringsheim) Komárek foi abundante em E6.

Os valores do índice de diversidade de Shannon-Wiener variaram de 0,8 bits.ind<sup>-1</sup> (E2) a 1,71 bits.ind<sup>-1</sup> (E1) (Figura 8). A variação da equitabilidade foi de 0,35 (E2) a 0,57 (E1) (Figura 8).

A diversidade da estação amostral E6 diferiu estatisticamente das estações E1, E2 e E3 e a estação E5 diferiu da estação E2. Equitabilidade da estação E6 diferiu da estação E2 (Tabela 2).

Os resultados da análise de espécies indicadoras demonstraram que 16 táxons tiveram abundâncias e frequências relativas estatisticamente associadas a um grupo específico de ambiente estudado (Tabela 5). Das seis e oito espécies indicadoras das estações ao longo e a jusante da cidade de São Mateus, respectivamente, nove pertencem as diatomáceas e apenas *Nitzschia palea* (Kützing) Smith e Pennales 3 tiveram alto valor de indicação, enquanto as cianobactérias (*S. aquatilis* e *S. nidulans*) apresentaram menor valor.

*S. aquatilis* apresentou alta fidelidade (100% de frequência relativa) e baixa especificidade (17% de abundância relativa), enquanto *S. nidulans* teve alta fidelidade (88% de frequência relativa) e baixa especificidade (21% de abundância relativa).

A análise de correspondência canônica resumiu 57,1% da variabilidade conjunta dos dados abióticos (Tabela 6; Figura 9) e bióticos (Tabela 7; Figura 9). Os autovalores associados aos dois primeiros eixos foram 0,30 e 0,23, correspondendo a 32,4 e 24,7% de explicabilidade (respectivamente), com alta relação significativa ( $p < 0,05$ ) entre as variáveis utilizadas na ordenação (Figura 9). As correlações espécie-ambiente foram de 0,99 para ambos os eixos. As variáveis abióticas correlacionadas com os eixos indicam um gradiente ambiental, com as estações amostrais a jusante da cidade de São Mateus (E5, E6), positivamente relacionadas com os nutrientes.

No eixo 1 os valores de turbidez, fósforo total, ortofosfato e íon amônio influenciaram positivamente a estação E6 e negativamente E2 e E3. No eixo 2 nitrogênio total influenciou negativamente as estações E5 e E4 e inversamente E1. Vários táxons de diatomáceas da ordem Pennales, além de *Encyonema silesiacum* (Bleisch) D.G. Mann, *Gomphonema turris* Ehrenberg e *G. turris* var. *coartata* (Frenguelli); cianobactéria filamentosa (*Lyngbya subtilis* W. West) tiveram os escores positivos mais elevados dos eixos (relacionadas a estação E1; Figura 9), enquanto *Limnothrix redekei* (Van Goor) Meffert, *Pseudanabaena minima* (G. S. An.) Anagnostidis; *Frustulia* sp.1; *Frustulia* sp.2; *Fustrulia* sp.3; *Pleurosira laevis* (Ehrenberg) Compère; *Surirella*

*robusta* Ehrenberg; *Oscillatoria chalybea* Mertens ex Gomont; *Tetraedron minimum* (A. Braun) Hannsgirg; *Oscillatoria simplicissima* Gomont tiveram os maiores escores negativos (relacionados as estações E2 e E3; Figura 9). Os eixos descrevem uma comunidade de algas perifíticas com maior riqueza distribuída principalmente nas estações ao longo e a jusante da cidade de São Mateus (E4, E5 e E6; Figura 9).

## **Discussão**

A avaliação da dinâmica longitudinal dos parâmetros físicos e químicos pode fornecer subsídios para o melhor entendimento da estrutura e funcionamento dos sistemas de rios e, também das funções ecológicas de diversos grupos de organismos (Power et al. 1988), pois estes se encontram adaptados às condições ambientais em que estão inseridos e são afetados por qualquer tipo de perturbação (Alba-Tercedor 1996). Isso porque as substâncias poluentes alteram as características físicas e químicas da água (Fontoura 1984).

As interferências antrópicas nas estações amostrais do rio São Mateus ao longo e a jusante da cidade de São Mateus possivelmente influenciaram na separação das estações E5 e E6 das demais no perfil longitudinal do rio, como evidenciado na PCA. A entrada de material alóctone proveniente da piscicultura intensiva (tanques-rede) (próximo a E5) e de efluentes domésticos e industriais (próximo a E6) podem ter contribuído para o aumento da turbidez, da condutividade elétrica, dos sólidos totais em suspensão e dos principais nutrientes (fósforo total, íon amônio, nitrito e nitrogênio total), com conseqüente aumento da riqueza e densidade total das algas perifíticas nessas estações. Segundo Ferragut & Bicudo (2009) a comunidade perifítica responde positivamente ao enriquecimento por nutrientes.

Os tanques-rede enriquecem o ambiente aquático com nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo e têm como impacto o depósito de matéria orgânica no ambiente, através do metabolismo dos peixes e da ração não ingerida (Alabaster 1982). Esse processo de enriquecimento

(eutrofização) pode atuar diretamente sobre a estrutura das comunidades aquáticas, provocando modificações nos principais atributos da comunidade (Fernandes & Esteves 2011).

A Classe Bacillariophyceae foi a mais representativa na riqueza de táxons no rio São Mateus, representada principalmente pelos gêneros *Gomphonema*, *Eunotia*, *Bacillaria*, *Gyrosigma* (diatomáceas unicelulares) que foram comuns à todas as estações amostrais. As diatomáceas constituem, em termos de riqueza e dominância, um grupo de algas muito bem representado na maioria dos ambientes aquáticos, incluindo as águas marinhas, salobras e doces (Morandi 2008).

As diatomáceas são consideradas como colonizadoras rápidas e eficientes, e boa parte de seus representantes apresenta estruturas especializadas de fixação ao substrato, como longos pedúnculos mucilaginosos (espécies de *Gomphonema*), produção de matrizes gelatinosas (*Cymbella*, *Encyonema*, *Frustulia* e *Navicula* e colônias em formas de estrela ou de ramos, fixas pela base (*Eunotia* e *Fragilaria*) (Cetto et al. 2004). A maior riqueza desse grupo nas estações amostrais do rio São Mateus pode estar relacionada, em parte, a essas estruturas que oferecem vantagem competitiva às diatomáceas em comparação aos demais grupos algais.

Segundo Biggs (1995), este grupo de algas é o mais representativo no ficoperifíton (cerca de 80%), possuindo eficientes estruturas fixadoras que possibilitam essa alta representatividade nos ambientes aquáticos (Stevenson 1996), produção de matrizes mucilaginosas e formação de colônias fixadas pela base, que auxiliam no estabelecimento dessas algas na referida comunidade (Round 1983).

Dentre os principais recursos exigidos pelas diatomáceas como nitrogênio, fósforo e sílica, este último constitui-se de fundamental importância para composição da parede celular (Oliveira 2010). Este grupo apresenta ainda clorofila *c* que proporciona alta adaptabilidade em ambientes turbidos (Reynolds 1995). A elevada contribuição de diatomáceas na riqueza das estações amostrais do rio São Mateus pode ainda estar relacionada às elevadas concentrações de sílica em todas as estações amostrais. No meio aquático, a sílica é um composto de fundamental importância, pois é

utilizada pelas diatomáceas na elaboração de sua carapaça (Esteves et al. 2011), o que deve explicar a relação entre o crescimento de populações de diatomáceas e a concentração de sílica no meio.

Martins (2006) também registrou maior contribuição de diatomáceas na comunidade perifítica na estação amostral impactada do rio Santa Maria da Vitória. Felisberto & Rodrigues (2011) também registraram representativa contribuição de diatomáceas na comunidade perifítica no rio do Corvo (bacia do rio Paranapanema). Neves (2011) em compartimentos do rio São João, registrou maior representatividade de Bacillariophyceae.

A elevada densidade de Cyanophyceae na comunidade perifítica do rio São Mateus, deve-se principalmente aos táxons *Synechocystis* (dominante), aos gêneros filamentosos, especialmente *Lyngbya* e *Limnothrix* (abundantes) e devem estar relacionadas às altas concentrações de nutrientes. Reynolds (1984) destaca que as cianofíceas por estarem representadas principalmente por espécies ruderais (r-estrategistas), apresentam desenvolvimento ótimo por longos períodos.

De acordo com Komárek & Anagnostidis (1999), *Synechocystis* é uma cianobactéria cocóide, com biovolume muito reduzido e que necessita de pequenas concentrações de nutrientes. Apesar de caracteristicamente planctônicas, tem sido registradas em elevadas densidades em diversos estudos com a comunidade perifítica, apresentando-se associadas a substratos naturais (Cavati & Fernandes 2008). Estes organismos são extremamente adaptados a pouca luz (Pearl 1988). Por representarem um gênero bastante versátil quanto ao requerimento de recursos, serem de tamanho reduzido e reproduzirem-se de forma assexuada, estas cianobactérias obtiveram sucesso nas diferentes estações amostrais do rio São Mateus.

Ambientes com elevada concentração de nitrogênio favorecem o desenvolvimento de algas filamentosas (Lampert & Sommer 2007), visto que os filamentos são excelentes formas adaptativas que crescem rapidamente em comprimento, e podem permanecer com a razão área/volume constante (Margalef 1983). Este fato pode ser corroborado pela expressiva riqueza das cianobactérias no rio São Mateus, representadas principalmente pelos gêneros *Oscillatoria* e *Lyngbya* que foram comuns à todas as estações amostrais.

Segundo Fernandes (2005), as formas filamentosas são tipicamente pertencentes à comunidade perifítica, o que é corroborado por resultados das pesquisas de muitos autores, os quais tem registrado o predomínio de Cyanophyceae filamentosa no perifíton (Moresco & Rodrigues 2006, Fonseca & Rodrigues 2007, Cavati & Fernandes 2008).

A avaliação quantitativa das alterações na composição e densidade de espécies tem sido realizada utilizando o índice de diversidade, o qual reflete o grau de complexidade da estrutura da comunidade em função da riqueza, representada pelo número de táxons e como os indivíduos estão distribuídos entre as espécies (Margalef 1983). Desta forma, estimativas de diversidade podem ser utilizadas como indicadores da situação de sistemas ecológicos, funcionando como uma medida da estabilidade de uma comunidade e sua resistência a diversos tipos de distúrbios (Barnese & Schelske 1994). Os índices de diversidade do rio São Mateus apresentaram elevada variação longitudinal, destacando-se a estação E1 com maiores valores. Os baixos valores de diversidade registrados nas demais estações amostrais podem ser explicados pela elevada densidade de indivíduos de *Synechocystis aquatilis* Sauvageau. A ocorrência de um número elevado de indivíduos de uma mesma espécie resulta em baixos valores de diversidade (Esteves 1998).

Em contrapartida, na estação E1, não foram registrados valores de densidade de *S. aquatilis* tão elevados com acréscimo das diatomáceas, contribuindo para os maiores valores de diversidade. Este fato pode ser confirmado pelos baixos valores de equitabilidade, os quais estiveram relacionados à abundância e dominância de poucas espécies (seis e uma, respectivamente) analisados na comunidade perifítica do rio São Mateus.

Sand-Jensen (1983 apud Fernandes, 1997) salientou a dificuldade de descrever claramente quais, como e quando as variáveis limnológicas regulam o crescimento e o desenvolvimento da comunidade perifítica por diversos fatores, dentre eles: as medidas das variáveis limnológicas se restringem à água livre, onde estão os substratos, mas não às condições da água no interior desta comunidade. No rio São Mateus, o aporte de material alóctone (piscicultura intensiva e lançamento de efluentes domésticos e industriais) nas estações ao longo e a jusante da cidade foram os fatores

fundamentais que promoveram efeitos marcantes nos valores de riqueza e densidade das algas perifíticas, influenciadas pelos nutrientes (nitrogênio e fósforo de forma geral), assim como pela turbidez (como evidenciado na CCA), provocando a descontinuidade do sistema. Portanto, a hipótese inicial do trabalho foi corroborada, ou seja, a riqueza de espécies e densidade total da comunidade de algas perifíticas apresentaram valores mais elevados em trechos a jusante da cidade de São Mateus.

### **Agradecimentos**

À Associação de Pescadores de São Mateus (APESAM) pela disposição em ajudar e pelo apoio logístico, ao Laboratório de Taxonomia e Ecologia de Algas Continentais (LATEAC) pelas análises no laboratório e ao Laboratório de Ciências Ambientais (UENF) – Laboratório de Ecologia, pelo auxílio nas análises de nutrientes, e a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e ao Programa de Pós Graduação em Biodiversidade Tropical, pela bolsa de mestrado da primeira autora.

### **Referências bibliográficas**

- AGENCES DE L'EAU, 1993 – Étude bibliographique des méthodes biologiques d'évaluation de la qualité des eaux de surface continentales. – Synthèse bibliographique. Etude Inter Agences n° 35. I.D.E. Environnement.
- ALABASTER, J.S. 1982. Report of EIFAC workshop on fish-farm effluents. Rome: FAO, p.166.
- ALBA-TERCEDOR, J., 1996 – Macroinvertebrados Acuáticos y Calidad de las Aguas de los Ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía. Vol. II, 203 – 213, Almería.
- ANA – Agência Nacional de Águas. 2009. Bacias hidrográficas do Atlântico Sul – trecho leste. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/doc/BHASLeste/index.htm>. Acesso em 27/09/2011.

APHA - American Publication Health Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater 1992. . GREENBERG, A. E.; CLESCERI, L. S.; EATON, A. D. (Eds.).18° Ed. U.S.A: Washington D. C.

APHA – American Publication Health Association 1995. Standards methods: for examination of water and wastewater. 16.ed. Baltimore: APHA/AWWA/WPCF, 1268 p.

BICUDO, D.C. 1990. Considerações sobre metodologias de contagem de algas do perifíton. Acta Limnologica Brasiliensia, v. 3, n. 1, p. 459-475.

BICUDO, C.E.M.& MENEZES, M. 2006. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições. São Carlos: Ed. RiMa, 502p.

BRANCO, C.W.C. 1991. A Comunidade planctônica e a qualidade da água ano lago Paranoá, Brasília, DF, Brasil. 341p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Brasília.

BARBOSA, D.S. & ESPÍNDOLA, E.L. G. 2003. Algumas teorias ecológicas aplicada a sistemas lóticos. In: Brigante, J. Espíndola, E.L.G (Orgs) Limnologia fluvial: um estudo no rio Mogi-Guaçu. São Carlos: Ed. Rima, p.xv-xxii.

BIGGS, B.J.F. 1995. The contribution of flood disturbance, catchment geology and land use to the habitat template of periphyton in stream ecosystems. *Freshwater biology* 33 (3): 419-438.

BOURRELY, P. 1966. Lés algues d’aeu douce – Iniciation à la Systematique. Tome I: Les algues vertes. Paris: N. Boubée. 572 p.

BOURRELY, P. 1968. Lés algues d’aeu douce – Iniciation à la Systematique. Tome II: Les algues jaunes et brunes Crysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées. Paris: N. Boubée. 517 p.

BOURRELY, P. 1970. Lés algues d’aeu douce – Iniciation à la Systematique. Tome III: Les algues blues et rouges Les Eugléniens, Peridiniens et Cryptomonadines. Paris: Ed. N. Boubée. 606 p.

CARMOUZE, L. 1994. O metabolismo dos ecossistemas aquáticos – Fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas. São Paulo: Edgard Blucher.

- CAVATI, B. & FERNANDES, V. O. 2008. Algas perifíticas em dois ambientes do baixo rio Doce (lagoa Juparanã e rio Pequeno – Linhares, Estado do Espírito Santo, Brasil): variação espacial e temporal. *Acta Scientiarum Biological Science*. v. 30, n. 4, p. 439-448.
- CETTO, J. M., LEANDRINI, J.A., FELISBERTO, S.A. & ROGRIGUES, L. 2004. Comunidade de algas perifíticas no reservatório de Irai, Estado do Paraná, Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences Maringá*, v. 26, no. 1, p. 1-7.
- ESTEVES, F. A. 1998. *Fundamentos de Limnologia*. 2º Ed. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 602p.
- ESTEVES, F.A. & MEIRELLES-PEREIRA, F. 2011. Eutrofização artificial. In: ESTEVES, F.A., (Ed) *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro. p 625-655.
- ESTEVES, F.A., PETRUCIO, M.M. & FGUEIRDO-BARROS, M.P. 2011. Sílica nos ecossistemas aquáticos continentais. In: ESTEVES, F.A., (Ed) *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro. p 293- 298.
- FELISBERTO, S.A. 2007. Algas perifíticas sobre substrato artificial e natural no rio do Corvo (tributário do reservatório de Rosana): composição, abundância, biomassa e produtividade. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- FELISBERTO, S.A. & RODRIGUES, L. 2011. Dinâmica sucessional da comunidade de algas perifíticas em ecossistema lótico subtropical. *Rodriguesia*. *In press*.
- FERNANDES, V. O. 1997. Variação temporal da estrutura e dinâmica da comunidade perifítica em dois tipos de substrato na Lagoa Imboassica, Macaé (RJ). Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- FERNANDES, V. O. & ESTEVES, F.A. 2011. Comunidade Perifítica. In: ESTEVES, F.A., (Ed.) *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro. Ed. Interciências. p. 447-460.
- FERNANDES, V. O. 2005. Perifíton: conceitos e aplicações da limnologia à engenharia. In: ROLAND, F., CESAR, D. & MARINHO, M. *Lições de limnologia*. São Carlos: RiMa, p. 351-370.
- FERRAGUT, C. & BICUDO, D.C. 2009. Efeito de diferentes níveis de enriquecimento por fósforo sobre a estrutura da comunidade perifítica em represa oligotrófica tropical (São Paulo, Brasil). *Revista Brasileira de Botânica* 32: 571-585

- FONSECA, I. A. & RODRIGUES, L. 2007. Periphytic Cyanobacteria in different environments from the upper Paraná river floodplain, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 19(1):53-65.
- FONTOURA, A.P. 1984 – Elaboração de uma Carta de Qualidade Biológica da Água. Universidade do Porto, Porto.
- GOLTERMAN, HL., CLYMO, RS. & OHNSTAD, M.A.M. 1978. Methods for chemical analysis of freshwater. 2<sup>a</sup> ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 213 p.
- KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. 1988. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3- Oscillatoriales. *Archiv für Hydrobiologie*. 50-53:p.327-472.
- KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. 1999. Chroococcales. In: ETTL, A.; GERLOFF, J. HEYNIG, H.; MOLLENHAUER, D. (Eds.). *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd. 19. Stuttgart: G. Fischer Verlag. 548p.
- KOMÁREK, J; FOTT, B. 1983. Chlorophyceae – Chlorococcales. In: HUBERPESTALOZZI, G. *Das phytoplankton des Süßwassers: systematik und biologie*. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1044 p.
- LAMBERTI, G. A.1996. The role of periphyton in benthic food webs. *In*: STEVENSON, R.J., BOTHWELL, M.L. & LOWE, R.L. *Algal Ecology: freshwater benthic ecosystems*. San Diego: Academic Press, cap. 17, p. 533-572.
- LAMPERT, W. & SOMMER, U. 2007. *Limnoecology. The ecology of lakes and streams*. 2<sup>o</sup> Ed. Oxford University Press. 324p.
- LEGENDRE, L. & LEGENDRE, P. 1983. *Numerical Ecology*. Elsevier Sci. Publ., 419p.
- LÉVÊQUE, C., 1996 – *Ecosystèmes Aquatiques – Les Fondamentaux*. HACHETTE Livre, Paris.
- LOBO, E. & LEIGHTON, G. 1986. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras y esteros de rios de la zona central de Chile. *Rev. Biol. Mar., Vina del Mar*, v. 22, n. 1, p. 1-29.

- MACKERETH, F.J.H., HERON, J., & TALLING, J.F. 1978. Water analysis: Some revised methods for limnologists. Freshwater Biological Association. Scientific Association. Kendall: Titus Wilson & Son Ltda. 117p.
- MARGALEF, R. 1983. Limnologia. Barcelona: Omega
- MARQUES, P.H.C., DE OLIVEIRA, H.T. & MACHADO, E.C. 2003. Limnological study of Piraquara river (upper Iguazu basin): Spatiotemporal variation of physical and chemical variables and watershed zoning. Brazilian Archives of Biology and Technology, v. 46, n. 3, p. 383-394.
- MARTINS, F.C. O. 2006. Respostas ecofisiológicas da comunidade perifítica (in situ) a diferentes condições ambientais no rio Santa Maria da Vitória, ES. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.
- MATSUMARA-TUNDISI, T. & TUNDISI, J.G. 1997. Mixing processes affecting primary production of phytoplankton in Barra Bonita reservoir. Verhandlungen Der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie, v. 26, p. 536-541.
- MORANDI, L.L. 2008. Coscinodiscophyceae (Bacillariophyta) de águas continentais do estado de São Paulo: diversidade florística. Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP, Ribeirão Preto – São Paulo.
- MORESCO, C. & RODRIGUES, L. 2006. Cianobactérias perifíticas nos reservatórios de Segredo e Iraí, Estado do Paraná, Brasil. Acta Scientiarum Biological. Science., Maringá, v. 28, n. 4, p. 335-345.
- NEVES, G. L. 2001. Análise qualitativa preliminar da composição perifítica algal em compartimentos do rio São João, Carambeí – PR. X Congresso de Ecologia do Brasil, São Lourenço – MG.
- OLIVEIRA, B.D. 2010. Comunidade de algas epifíticas (com ênfase em Diatomáceas) em 23 veredas do Estado de Goiás sob diferentes impactos ambientais. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Goiás, Goiás.

- PEARL, H.W. 1988. Growth and reproductive strategies of freshwater blue-green algae. In: SANDGREN, C.D. (Ed.). Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton. Cambridge: Cambridge University Press, p. 261-315.
- POMPÊO, M.L.M. & MOSCHINI-CARLOS, V. 2003. Macrófitas aquáticas e perifíton: aspectos ecológicos e metodológicos. São Carlos: Ed. Rima, 134p.
- POWER, M. E., STOUT R.J.T., CUSHING, C.E., HARPER, P.P., HAUER, F.R., MATTHEWS, W. J., MOYLE, P.B., STATZNER, B. & BADGEN, I.R.W. 1988. Biotic and abiotic controls in river and stream communities. *Journal of the North American Benthological Society*. V.7, p.456-479.
- REYNOLDS, C.S. 1984. The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge: Cambridge University Press, 384p.
- REYNOLDS, C.S. 1995. River plankton: the paradigm regained. In Harper, D.M. & Ferguson, A.J.D. *The Ecological Basis for River Management*. Wiley, Chichester, p. 161-174.
- ROUND, F.E. 1971. The taxonomy of Chlorophyta, 2. *British Phycological Journal*., 6(2): 235-264.
- ROUND, F.E. 1983. *Biologia das algas*. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 263p.
- SALOMONI, S. E. 2004. Diatomáceas epilíticas indicadoras da qualidade de água na bacia do rio Gravataí, Rio Grande do Sul, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- SAND-JENSEN, K. 1983. Physical and chemical parameters regulating growth of periphytic communities. In: WETZEL, R. G. (Ed.). *Periphyton of freshwater ecosystem*. The Netherlands: Dr. W. Junk Publishers, p. 63-71.
- SHANNON, C. E.; WIENER, W. 1963. *The mathematical theory of communication*. Urbana: Univ. Illinois Press, 125p.
- SIOLI, H. 1990. Introdução ao Simpósio internacional sobre grandes rios latino-americanos. *Interciência*, v. 15. n. 6, p. 331-333 (Volume especial sobre grandes rios sul-americanos).

- SILVA, W.J., FELISBERTO, S.A., FONSECA, C. P. & SOUZA, M.G.M. 2010. Serial discontinuity along the Descoberto River Basin, Central Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v.22/3, p.344-355
- STEVENSON, R.J. 1996. An introduction to algal ecology in freshwater benthic habitats. *In*: STEVENSON, R.J.; BOTHWELL, M.L.; LOWE, R.L. (Eds.). *Algal ecology: freshwater benthic ecosystems*. San Diego: Academic Press, cap. 1, p. 3-30.
- STRICKLAND, J.D. & PARSONS, T.R. 1960 A manual of sea water analysis. *Bulletin Fisheries Research Board of Canada*. 125, 1-185.
- TUNDISI, J.G. 1990. Distribuição espacial, seqüência temporal e ciclo sazonal do fitoplâncton em represas: fatores limitantes e controladores. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 50, p. 937-955.
- TUNDISI, J.G., MATSUMARA-TUNDISI, T. 1994. Plankton diversity in a warm monomitic lake. (Dom Helvecio, Minas Gerais) and a Polymitic reservoir (Barra Bonita); a comparative analysis of the intermediate disturbance hypothesis. *Anais da academia brasileira de ciências*, v66/1, p. 15-28.
- UTERMÖHL, H. 1958. Zur vervollkommung der quantitativen phytoplankton-methodik. *Verh. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.*, Stuttgart, v. 9, [s/n], p. 1-38.
- UEHLINGER, V. 1964. Étude statistique des méthodes de dénombrement planctonique. *Archives des Sciences*, Geneve, v17, p. 121-123.
- VALDERRAMA, JC. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorus in natural waters. *Marc. Chem.*, v.10, p. 1109-122.
- VAN DEN HOEK, C., MANN, D.G. & JAHNS, H.M. 1995. *Algae: an introduction to phycology*. Cambridge: Cambridge University Press, UK. 623 p.
- WARD, J.V. & STANFORD, A.J. 1983. The serial discontinuity concept of lotic ecosystems. *In*: FONTAINE, T. D. & BARTELL, S. M. (eds.): *Dynamics of Lotic Ecosystems*: 29–42. – Ann Arbor Science Publ., Ann Arbor, Michigan.
- WARD, J. V. & STANFORD, J.A. 1995. The serial discontinuity concept: extending the model to floodplain rivers. *Regulated rivers research & management*, v. 10, p. 159-168, 1995.

WETZEL, R.G. 1983. Opening remarks. In: Wetzel, R.G (Ed.). *Periphyton of freshwater ecosystems*. The Hague: Dr. W. Junk Publishers, p. 339-346.

WETZEL, R.G. 1996. Benthic Algae and Nutrient Cycling in Lentic Freshwater Ecosystems. *In: STEVENSON, R. J., BOTHWELL, M.L.; LOWE, R.L. (Ed.). Algal Ecology: Freshwater Benthic Ecosystems*. San Diego; New York; Boston; London; Sydney; Tokyo e Toronto. ACADEMIC PRESS, cap. 20, p.641-667.

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

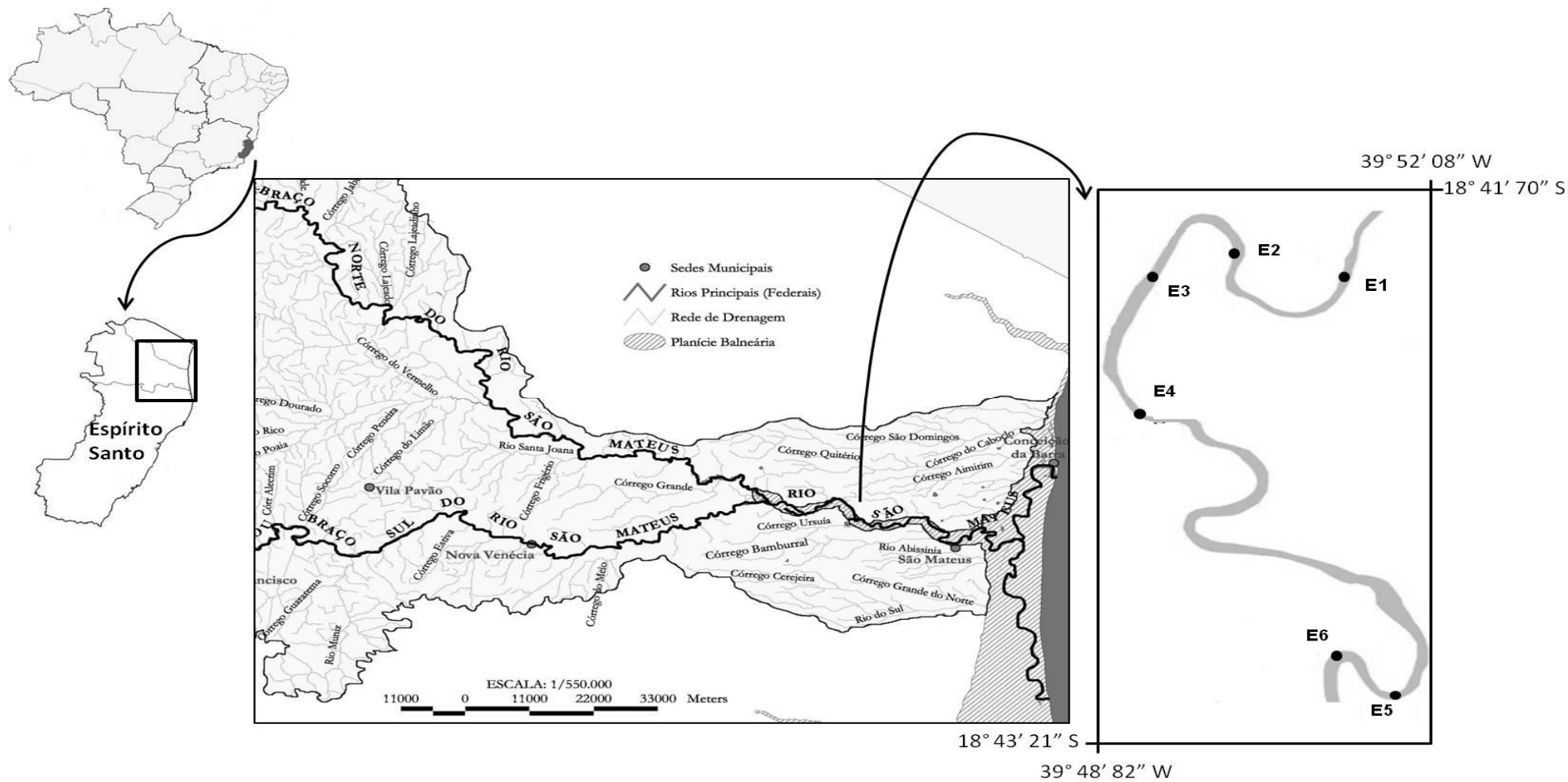


Figura 1: Mapa do Espírito Santo, com destaque da Bacia do Rio São Mateus e destaque para a localização das estações amostrais (E1, E2, E3, E4, E5, E6) (modificado de imagem de satélite, Google Earth).

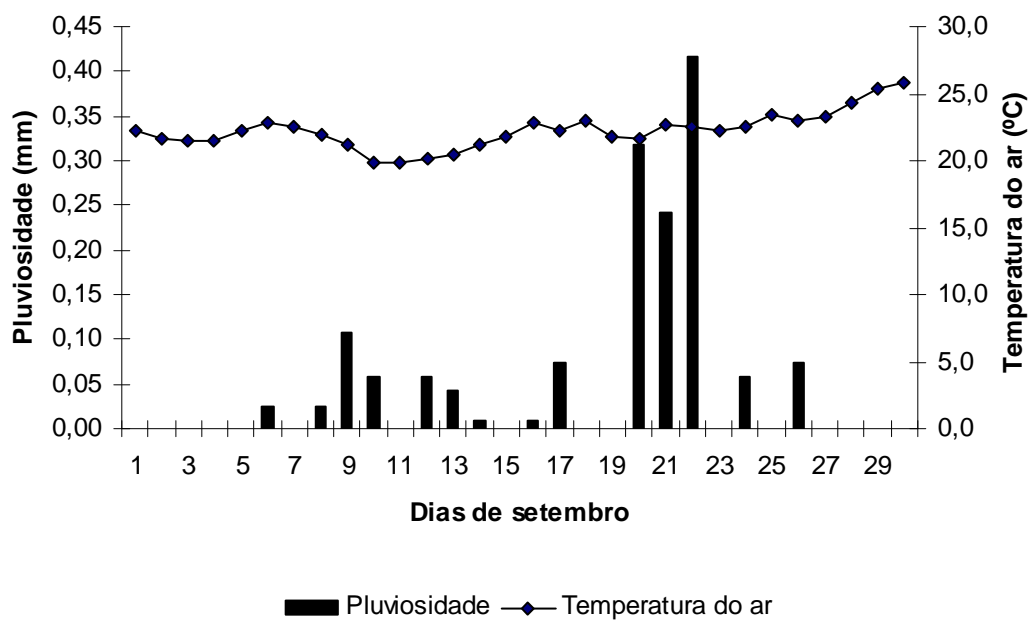


Figura 2: Variação temporal dos valores médios diários (n=30) da temperatura do ar e pluviosidade em setembro de 2010.

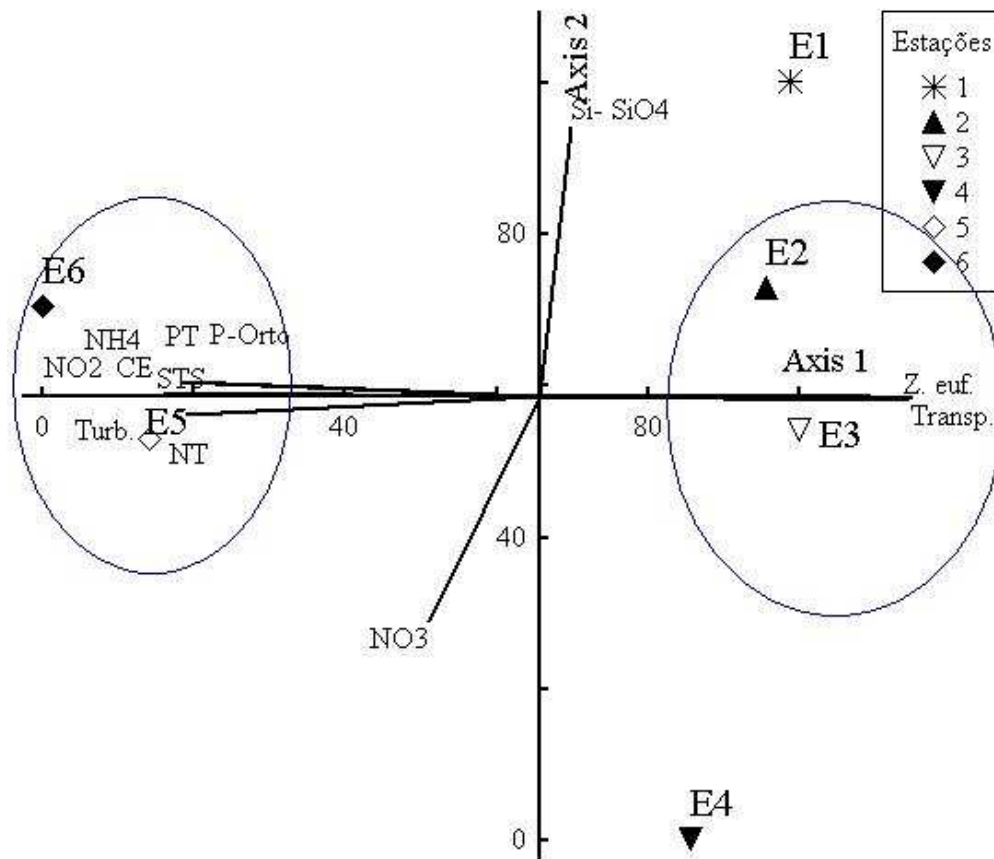


Figura 3: Análise de componentes principais (PCA) das variáveis abióticas para as estações amostrais do rio São Mateus. \*Turb = turbidez; STS = sólidos totais em suspensão; C.E.= condutividade elétrica; Zeu = zona eufótica; Transp= transparência; Si-SO<sub>4</sub> = silicato; NO<sub>3</sub><sup>-</sup> = nitrato; NO<sub>2</sub><sup>-</sup> = nitrito; NH<sub>4</sub><sup>+</sup> =íon amônio; NT= nitrogênio total; P-orto.= ortofosfato; PT = fósforo total.

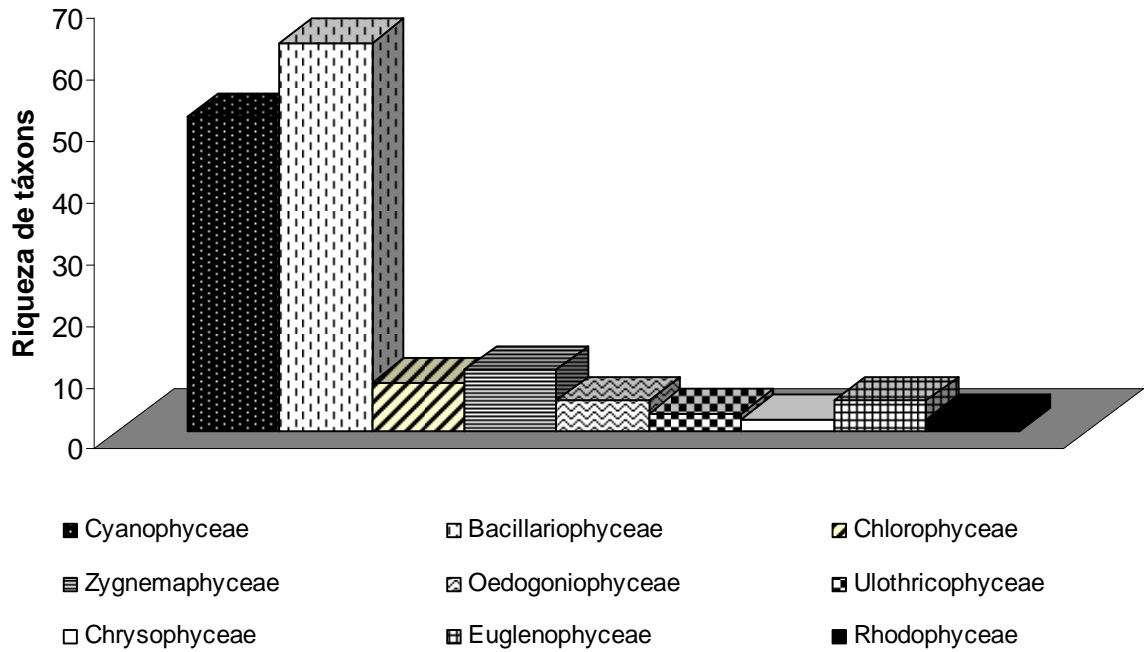


Figura 4: Contribuição das Classes de algas perifíticas, quanto à riqueza de táxons geral analisada no rio São Mateus, em setembro e outubro de 2010.

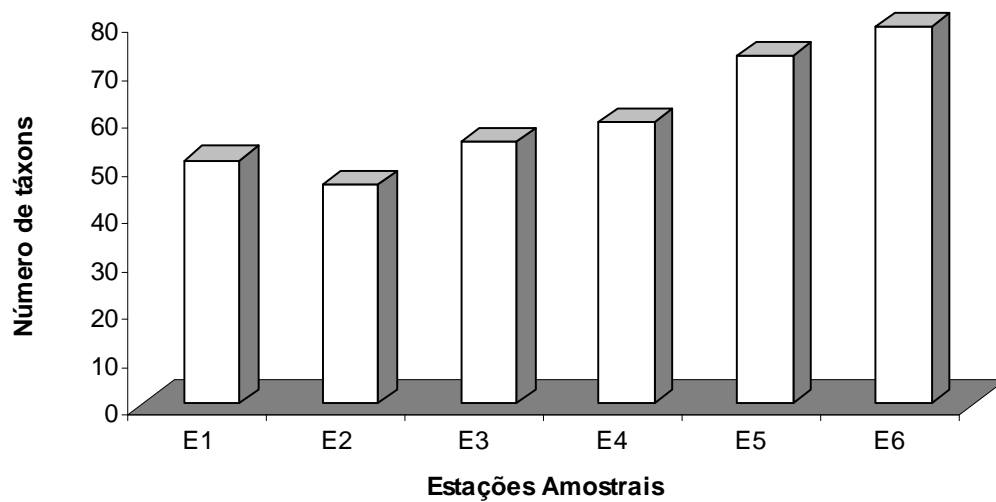


Figura 5: Variação longitudinal da riqueza de táxons de algas perifíticas ( $n = 4$ ) nas estações amostrais do rio São Mateus, em setembro e outubro de 2010.

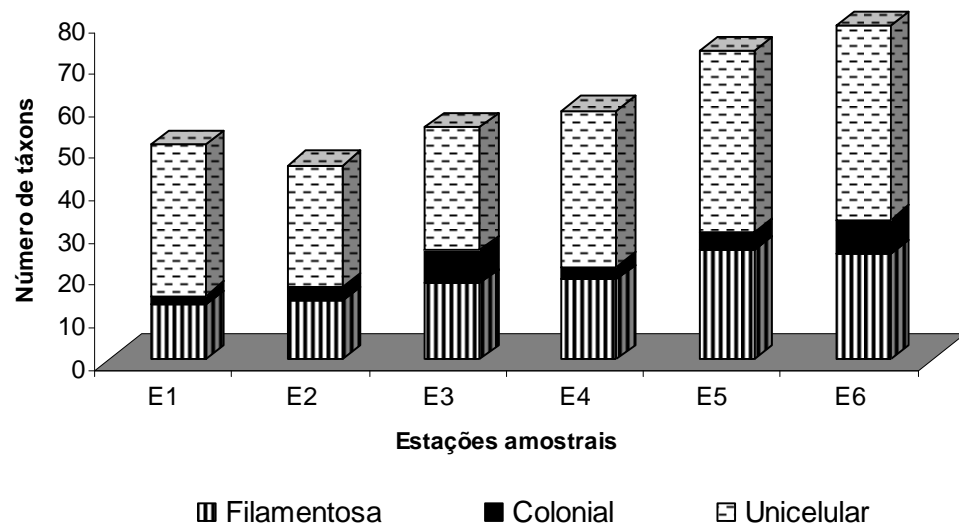


Figura 6: Riqueza de táxons por morfologia (filamentosa, colonial e unicelular) da comunidade perifítica analisada no rio São Mateus, em setembro e outubro de 2010.

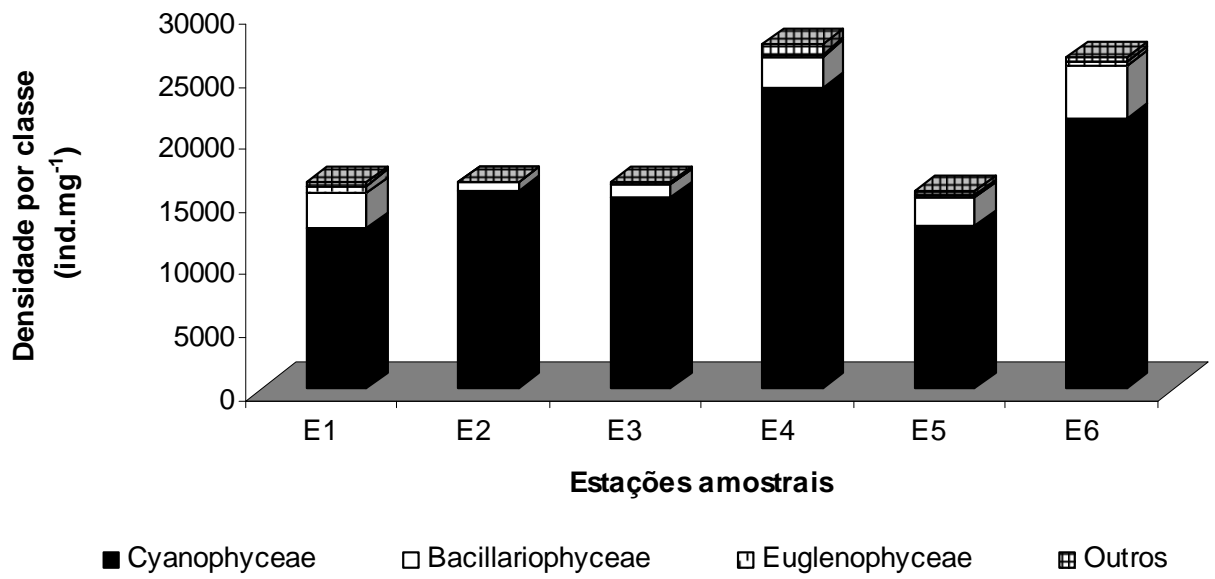


Figura 7: Contribuição relativa da densidade total média (n = 8) das Classes de algas perifíticas analisada nas estações amostrais, em setembro e outubro de 2010.

\*Outros: Oedogoniophyceae, Chlorophyceae, Chrysophyceae, Ulothricophyceae

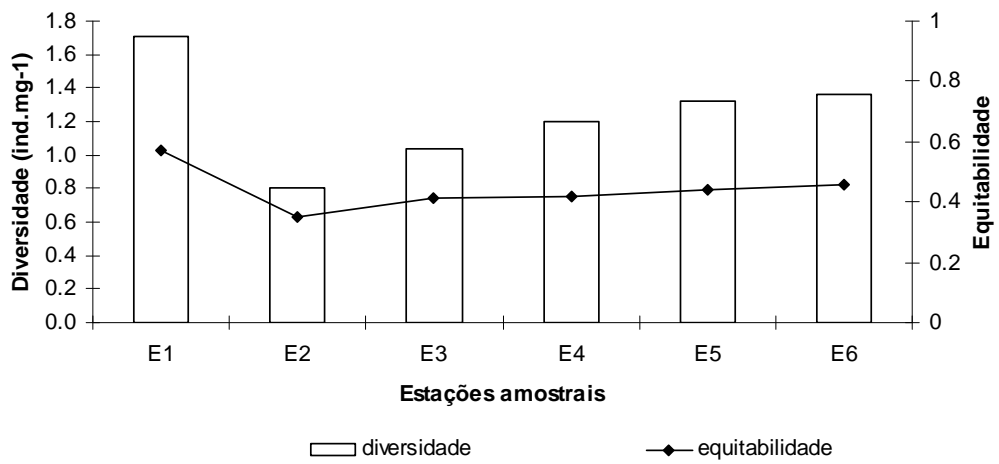
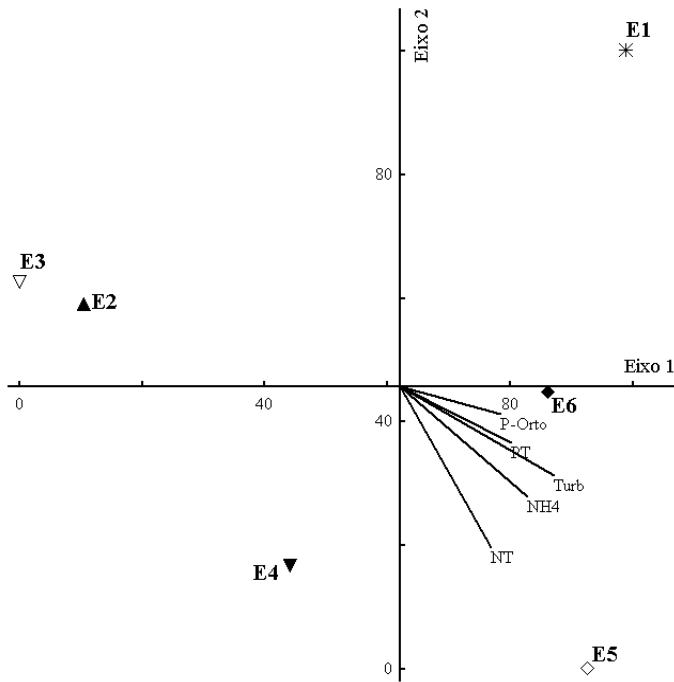


Figura 8: Variação longitudinal dos valores médios (n = 8) da diversidade específica e equitabilidade da comunidade periférica, analisada nas estações amostrais no rio São Mateus, em setembro e outubro de 2010.

a



b

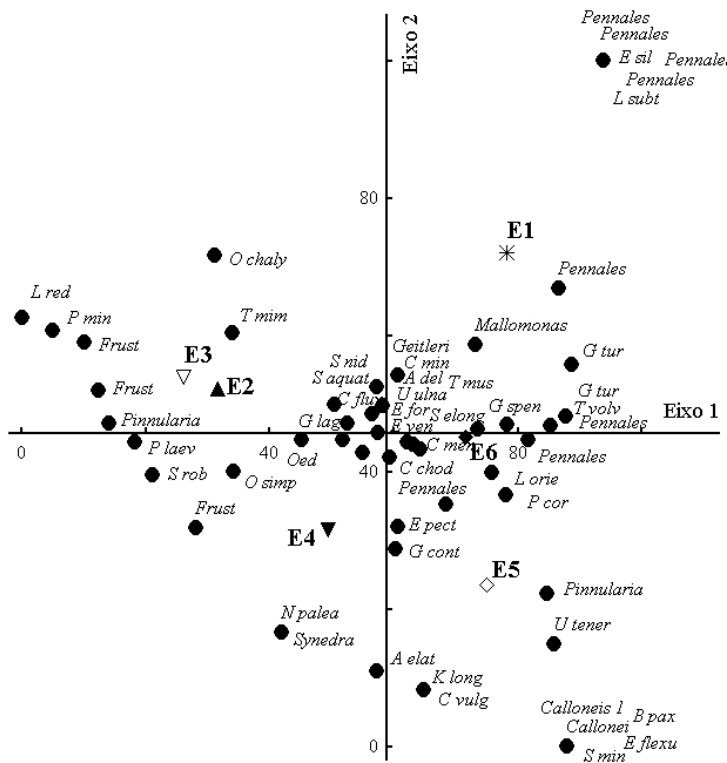


Figura 9: Ordenação pela Análise de correspondência canônica (CCA) das variáveis abióticas (a) e biológicas (b), analisada para as seis estações amostrais do rio São Mateus. \*NT = nitrogênio total;  $\text{NH}_4^+$  = íon amônio; Turb = turbidez; P- orto = ortofosfato; PT = fósforo total.

Tabela 1: Variação longitudinal das médias das variáveis abióticas, seguida de desvio padrão, registradas nas estações amostrais, em setembro e outubro de 2010.

Variável	E1	E2	E3	E4	E5	E6
pH	7,3±0,1	7,3±0,1	7,3±0,2	7,2±0,1	7,3±0,1	7,3±0,1
Turb	14,5±7,4	10,6±4,0	9,5±3,4	9,6±4,2	36,3±9,8	38,0±9,4
C.E.	209,8±6,3	213,7±11,7	208,9±5,9	214,0±9,9	309,6±75,6	275,0±32,2
STS	3,2±2,1	5,8±4,0	2,7±2,6	3,9±1,8	19,5±6,8	14,2±11,9
Z. eu	1,9±0,5	2,1±0,6	2,3±0,5	1,9±0,4	0,9±0,5	0,6±0,2
Transp	0,6±0,2	0,7±0,2	0,8±0,2	0,6±0,1	0,3±0,2	0,2±0,1
OD	3,9±0,7	4,7±0,5	4,6±0,5	4,6±0,3	3,9±0,5	4,3±0,8
Si-SiO <sub>4</sub>	7.74±0,13	7.62±0,31	7.62±0,43	7.24±0,80	7.58±0,22	7.20±1,15
PT	0.033±0,004	0.030±0,01	0.035±0,01	0.028±0,009	0.067±0,014	0.092±0,047
P-orto	0,02±0,004	0,011±0,002	0,014±0,003	0,015±0,004	0,044±0,04	0,067±0,07
NT	0.452±0,02	0.519±0,08	0.538±0,07	0.607±0,12	0.894±0,11	0.866±0,15
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.096±0,04	0.108±0,04	0,126±0,05	0,151±0,06	0,159±0,03	0,127±0,02
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.002±0,002	0.003±0,004	0.001±0,001	0.002±0,002	0.011±0,003	0.013±0,002
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.010±0,004	0.014±0,009	0.009±0,005	0.016±0,007	0.288±0,042	0.329±0,08

Turb = turbidez; C.E = condutividade elétrica; STS = sólidos totais em suspensão; Transp = transparência; Zeu = zona eufótica; OD = oxigênio dissolvido; Si-SiO<sub>4</sub> = silicato; PT = fósforo total; P-orto = ortofosfato; NT = nitrogênio total; NO<sub>3</sub><sup>-</sup> = nitrato; NO<sub>2</sub><sup>-</sup> = nitrito; NH<sub>4</sub><sup>+</sup> = íon amônio.

Tabela 2: Comparação entre série longitudinal de estações ao longo de alguns trechos do rio São Mateus através de teste de Kruskal-Wallis /Dunn utilizando parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Pares de estações	C.E.	Turb	STS	Transp.	Z.eu	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NT	P-orto	PT	DT	Div	Eq
1x5	*	*	*	ns	ns	*	*	*	*	ns	*	ns	ns	ns
1x6	*	*	ns	*	*	*	*	ns	*	*	*	*	*	ns
2x5	*	*	*	ns	ns	*	*	ns	*	*	*	ns	*	ns
2x6	*	*	ns	*	*	*	*	ns	*	*	*	*	*	*
3x5	*	*	*	*	*	*	*	ns	*	*	*	ns	ns	ns
3x6	*	*	ns	*	*	*	*	ns	ns	*	*	ns	*	ns
4x5	*	*	*	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	*	*	ns	ns
4x6	*	*	ns	*	*	*	*	ns	ns	*	*	ns	ns	ns

\* diferenças significativas ( $p < 0,05$ ); ns = não significativo; C.E.= condutividade elétrica; Turb = turbidez; STS = sólidos totais em suspensão; Transp = transparência; Zeu = zona eufótica; NH<sub>4</sub><sup>+</sup> = íon amônio; NO<sub>2</sub><sup>-</sup> = nitrito; NO<sub>3</sub><sup>-</sup> = nitrato; NT = nitrogênio total; P-orto = ortofosfato; PT = fósforo total; DT = densidade total; Div = diversidade; Eq = equitabilidade.

Tabela 3: Correlação das variáveis abióticas com os componentes principais da PCA.

<b>Resultados</b>	<b>Eixos 1</b>	<b>Eixo 2</b>
Autovalores	9.497	1.476
Broken-stick	3.103	2.103
<b>Variáveis</b>	<b>Autovalores</b>	
Turbidez (Turb)	<b>-0.9718</b>	0.2005
Sólidos totais em suspensão (STS)	<b>-0.9368</b>	0.0399
Condutividade elétrica (C.E.)	<b>-0.9467</b>	0.0072
Zona eufótica (Z.eu)	0.9864	-0.0892
Transparência da água (Transp)	0.9892	-0.0566
Silicato (Si-SO <sub>4</sub> )	0.2851	0.8425
Ortofosfato (P-Orto)	-0.8300	0.1685
Fósforo total (PT)	<b>-0.9247</b>	0.1796
Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	<b>-0.9941</b>	0.0984
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	-0.5376	-0.7691
Íon amônio (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	<b>-0.9953</b>	0.0749
Nitrogênio total (NT)	<b>-0.9665</b>	-0.2149

Tabela 4: Lista de táxons comuns e exclusivos das estações a montante (E1, E2), ao longo (E3, E4) e a jusante da cidade de São Mateus (E5, E6).

<b>Táxons</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>	<b>E5</b>	<b>E6</b>
<b>Cyanophyceae</b>						
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. et G.S. West	X	X	X	X	X	X
<i>Chroococcus minor</i> (Kützing) Nageli	X	X	X	X	X	X
Cyanophyceae não identificada 1			X	X		
<i>Lyngbya aerogineo-caerulea</i> (Kützing) Gomont			X	X		
<i>Lyngbya cf. comperei</i> (Meneghini) Senna					X	X
<i>Lyngbya orientalis</i> (G.S.West) Compère	X	X	X	X	X	X
<i>Lyngbya perelegans</i> Lemmermann	X	X				
<i>Lyngbya subtilis</i> W. West	X	X	X	X	X	X
<i>Oscillatoria bornetii</i> (Zucal) Forti					X	X
<i>Oscillatoria chalybea</i> Mertens ex Gomont	X	X	X	X	X	X
<i>Oscillatoria simplicissima</i> Gomont	X	X	X	X	X	X
<i>Synechococcus nidulans</i> (Pringsheim) Komárek	X	X	X	X	X	X
<i>Synechocystis aquatilis</i> Sauvageau	X	X	X	X	X	X
<i>Synechocystis minima</i> Veronichin					X	X
<b>Bacillariophyceae</b>						
<i>Bacillaria paxillifera</i> (Müller) Marsson	X	X	X	X	X	X
<i>Calloneis</i> sp.2					X	X
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	X	X	X	X	X	X
<i>Cocconeis fluviatilis</i> Wallace	X	X	X	X	X	X
<i>Eunotia flexuosa</i> (Brébisson in Kützing) Berg					X	X
<i>Eunotia formica</i> Ehrenberg	X	X	X	X	X	X
<i>Gomphonema contraturris</i> Lange-Bertalot & Reichardt	X	X	X	X	X	X
<i>Gomphonema lagenula</i> Kützing	X	X	X	X	X	X
<i>Gomphonema turris</i> Ehrenberg	X	X	X	X	X	X
<i>Gomphonema turris</i> var. <i>coartata</i> (Frenguelli)	X	X	X	X	X	X
<i>Gyrosigma spencerii</i> (Quick) Griff & Henfr.	X	X	X	X	X	X
<i>Pleurosira laevis</i> (Ehrenberg) Compère	X	X	X	X	X	X
<i>Polymyxus coronalis</i> Bailey	X	X	X	X	X	X
<i>Surirella tenera</i> Gregory	X	X				
<i>Synedra</i> sp.2					X	X
<i>Terpsinoe musica</i> Ehrenberg	X	X	X	X	X	X
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	X	X	X	X	X	X
<b>Chrysophyceae</b>						
<i>Mallomonas</i> sp.2					X	X
<b>Zygnemaphyceae</b>						
<i>Hyalotheca</i> sp.1					X	X
<b>Rhodophyceae</b>						
<i>Compsopogon</i> sp.1	X	X	X	X	X	X
<b>Oedogoniophyceae</b>						
<i>Oedogonium</i> sp.4	X	X	X	X	X	X
<b>Ulothricophyceae</b>						
<i>Ulothrix cf. tenerrima</i> (Kützing) Kützing					X	X

Tabela 5: Táxons de algas perifíticas com valor de indicação (indval) das estações amostrais do rio São Mateus, em setembro e outubro/2010.

<b>Estações amostrais</b>	<b>táxons</b>	<b>Valor de indicação</b>
A montante da cidade de São Mateus	<i>Oscillatoria chalybea</i>	38.6
	<i>Trachelomonas volvocinopsis</i>	39.3
Ao longo da cidade	<i>Synechocystis aquatilis</i>	17.4
	<i>Lyngbya orientalis</i>	34.6
	<i>Pleurosira laevis</i>	43.8
	<i>Pseudanabaena minima</i>	45.2
	<i>Frustulia</i> sp.1	52.3
	<i>Nitzschia palea</i>	100
A jusante da cidade de São Mateus	<i>Synechococcus nidulans</i>	20.6
	<i>Gomphonema contraturris</i>	36.2
	<i>Chlorella. vulgaris</i>	50.1
	<i>Gomphonema turris</i>	51
	Pennales 2	51.3
	Pennales 1	61.6
	<i>Calloneis</i> sp.2	75
	Pennales 3	100

Tabela 6: Resumo estatístico e coeficientes de correlação entre as associações perifíticas e variáveis abióticas sobre os dois primeiros eixos da CCA.

<b>Variáveis abióticas</b>	<b>Coefficientes canônicos</b>		<b>Correlação intra-set</b>	
	<b>Eixo 1</b>	<b>Eixo 2</b>	<b>Eixo 1</b>	<b>Eixo 2</b>
Turb (Turbidez)	8,337	1,772	0,666	-0,417
PT (fósforo total)	1,153	2,844	0,480	-0,262
P-Orto (ortofosfato)	0,593	-1,231	0,437	-0,129
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (íon amônio)	-12,832	-3,374	0,550	-0,516
NT (nitrogênio total)	3,683	-0,377	0,393	-0,750

Tabela 7: Resumo estatístico e coeficientes de correlação de Pearson entre as associações periféricas sobre os dois primeiros eixos da CCA.

Variáveis bióticas	Código	Coeficientes canônicos	
		Eixo 1	Eixo 2
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) D.G. Mann	E. siles	1.308975	2.256995
Penalles 8	Penalles	1.308975	2.256995
<i>Synechococcus elongatus</i> (Nageli) Nageli	S. elong	0.196820	-0.091505
<i>Synechocystis aquatilis</i> Sauvageau	S. aquat	-0.239118	0.063250
<i>Gomphonema turris</i> Ehremberg	G. turr	1.114696	0.416034
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. et G.S West	A. delic	-0.089642	0.118318
<i>Gomphonema turris</i> var. <i>coartata</i> (Frenguelli) Frenguelli	G. turri	1.082316	0.109207
Pennales 9	Pennales	1.308975	2.256995
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Swirenko	T. volvo	0.725317	0.056156
<i>Polymyxus coronalis</i> Bailey	P. coron	0.715686	-0.368096
<i>Cocconeis fluviatilis</i> Wallace	C. fluvi	-0.239118	0.063250
Pennales 10	Pennales	1.308975	2.256995
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	C. meneg	-0.148078	-0.110510
<i>Eunotia fórmica</i> Ehremberg	E. formi	-0.060112	0.005363
<i>Terpsinoe musica</i> Ehremberg	T. music	-0.031348	0.171110
<i>Eunotia pectinalis</i> (Kützing) Rabenhorst	E. pecti	0.061218	0.562947
<i>Lyngbya orientalis</i> (G.S. West) Compère	L.orient	0.634092	-0.235416
<i>Lyngbya subtilis</i> W. West	L.subtil	1.308975	2.256995
<i>Gomphonema lagenula</i> Kützing	G. lagen	-0.269763	-0.034186
<i>Synechococcus nidulans</i> (Pringsheim) Komárek	S. nidul	-0.316987	0.178239
<i>Oscillatoria chalybea</i> Mertens ex Gomont	O. chaly	-1.043759	1.082837
<i>Oedogonium</i> sp. 4	Oedogoni	-0.520564	-0.520564
<i>Frustulia</i> sp. 1	Frustuli	-1.745161	0.261434
<i>Pseudanabaena minima</i> (G. S. An.) Anagnostidis	P. minim	-2.022074	0.627646
<i>Oscillatoria simplicissima</i> Gomont	O. simpl	-0.928167	-0.228203
<i>Chroococcus minor</i> (Kützing) Nageli	C. minor	-0.067371	0.284365
<i>Frustulia</i> sp. 2	Frustuli	-1.161065	-0.568942
<i>Tetraedron minimum</i> (A. Braun) Hansgirg	T. mimin	-0.936222	0.613398
<i>Surirella robusta</i> Ehremberg	S. robus	-1.422843	-0.251705
<i>Gyrosigma spencerii</i> (Quek) Griff & Henfr.	G. spenc	0.546818	0.029631
<i>Eunotia veneris</i> (Kützing) De Toni	E. vener	0.154694	-0.064102
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	N. palea	-0.637508	-1.203416
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	U. ulna	0.117473	-0.049630
<i>Choricystis chodatti</i> Fott	C. choda	0.015002	-0.141363
<i>Achnanthes elata</i> (Leuduger-Fortmorel) Gandhi	A. elata	-0.063452	-1.432799
<i>Synedra</i> sp. 1	Synedra	-0.637508	-1.203416
<i>Gomphonema contraturris</i> Lange- Bertalot & Reichardt	G. contr	0.049476	-0.693966
<i>Pleurosira laevis</i> (Ehremberg) Compère	P. laev	-1.526125	-0.049957
<i>Pinullaria</i> sp. 1	Pinullar	0.968987	-0.964687
<i>Calloneis</i> sp. 2	Callonei	1.084661	-1.891567
<i>Ulothrix tenerrina</i> (Kützing) Kützing	U. tener	1.007545	-1.273647
<i>Mallomonas</i> sp.2	Mallomon	0.533510	0.541136
Pennales 5	Pennales	0.356373	-0.426344

Pennales 2	Pennales	0.990715	0.050401
Pennales 3	Pennales	0.853313	-0.037808
Pennales 1	Pennales	1.035578	0.880114
Pennales 8	Pennales	1.308975	2.256995
<i>Limnothrix redekei</i> (Van Goor) Meffert	L. redek	-2.208178	0.700006
<i>Pinnularia</i> sp. 2	Pinnular	-1.68462	0.065532
<i>Geitlerinema</i> sp.1	Geitleri	0.061819	0.355145
<i>Koliella longiseta</i> (Vischer) Hindák	K. longi	0.223576	-1.547491
<i>Chlorella vulgaris</i> Beijerinck	C. vulga	0.223576	-1.547491
<i>Frustulia</i> sp. 3	Frustuli	-1.835970	0.555286
<i>Calloneis</i> sp. 1	Callonei	1.084661	-1.891567
<i>Bacillaria paxilifera</i> (O.F.Müller) T.Marsson	B. paxil	1.084661	-1.891567
<i>Eunotia flexuosa</i> (Brébisson in Kutzing) A. Berg	E. flexu	1.084661	-1.891567
<i>Synechocystis minima</i> Veronichin	S. minim	1.084661	-1.891567

---

### **CAPÍTULO 3**

A ser encaminhado para a Acta Scientiarum Biological Science

Normas disponíveis em:

<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciBiolSci/about/submissions#onlineSubmissions>

# **Influência das ações antrópicas na biomassa da comunidade perifítica em um ecossistema lótico tropical**

## **Título resumido: Biomassa perifítica em um rio tropical**

THAIS DE ALMEIDA PEREIRA<sup>1\*</sup>, SIRLENE APARECIDA FELISBERTO<sup>2</sup> & VALÉRIA DE OLIVEIRA FERNANDES<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Taxonomia e Ecologia de Algas Continentais. Universidade Federal do Espírito Santo – CCHN/ Botânica / PPGBV: Av. Fernando Ferrari n° 514, Campo Goiabeiras, Vitória (ES). CEP: 29075-015.

<sup>2</sup> Universidade Federal de Goiás - Programa de Pós\_graduação em Ecologia e Evolução: Instituto de Ciências Biológicas I - Campus Samambaia - CEP:74001-970 - Caixa Postal: 131

\*Autor para correspondência: thais\_bioufes@yahoo.com.br

## RESUMO

O presente estudo avaliou a influência das variáveis limnológicas sobre a biomassa da comunidade perifítica e verificou as diferenças entre as estações amostrais. Ao longo do rio São Mateus seis estações foram determinadas: duas a montante da cidade de São Mateus (E1, E2), duas ao longo da cidade (E3, E4) e duas a jusante da cidade (E5, E6). O perifíton foi coletado de raízes de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. As amostragens foram realizadas em intervalos semanais, em setembro e outubro/2010. A biomassa perifítica foi estimada através da clorofila *a*, biovolume, massa seca, massa seca livre de cinzas e cinzas. Maiores valores de clorofila *a* foram registrados em E1 enquanto o biovolume total apresentou valores mais elevados em E4 e E3. Quanto aos valores de massa seca perifítica, a parte inorgânica se apresentou mais elevada, principalmente nas estações ao longo e a jusante da cidade de São Mateus, a parte inorgânica da estação E2 diferiu de E6. A biomassa perifítica foi influenciada pelos nutrientes (fósforo e nitrogênio), assim como pela turbidez, como constatado pela CCA, sugerindo que a entrada de material alóctone, proveniente principalmente das atividades antrópicas (piscicultura intensiva e lançamento de efluentes domésticos e industriais) alteram a qualidade da água (como evidenciado na PCA), assim como as comunidades perifíticas.

## INTRODUÇÃO

Os rios são ecossistemas aquáticos abertos, com fluxo unidirecional, contínuo da nascente à foz, fortemente influenciados pelas características naturais, que se integram aos ecossistemas terrestres adjacentes, formando uma unidade funcional mais equilibrada (MARGALEF, 1983). Com o crescente aumento do uso dos recursos hídricos para diversos fins para sustento da sociedade humana, vários trechos do eixo longitudinal dos rios vêm sendo cada vez mais impactados. Para descrever e compreender a função dos ecossistemas hidrográficos, visando o entendimento sobre a distribuição das comunidades bióticas diversas teorias ecológicas são desenvolvidas. Dentre elas, destaca-se a teoria da descontinuidade serial (WARD; STANFORD, 1983; WARD; STANFORD, 1995), a qual postula que uma interferência antrópica, como construção de reservatórios e despejos de dejetos de qualquer origem rompem o gradiente do rio em relação às condições ambientais, alterando os processos bióticos e abióticos.

Nesse sentido, os rios tropicais são caracterizados ecologicamente por eventos localizados em pontos distintos da bacia que resultam numa descontinuidade serial (MARQUES et al., 2003; SILVA et al., 2010), em que evidenciam os efeitos de diversos impactos na dissociação das comunidades biológicas, quebrando a prevista continuidade do sistema (BRIGANTE; ESPINDOLA, 2003).

Sobre comunidades biológicas alguns estudos avaliando a biomassa perifítica têm sido realizados (FELISBERTO; RODRIGUES, 2005; LEANDRINI; RODRIGUES, 2008; FERRAGUT et al., 2010; MARTINS; FERNANDES, 2011), através da determinação do peso seco total, peso seco livre de cinzas (=matéria orgânica), pigmentos fotossintetizantes e biovolume total. Tais dados são excelentes bases para discussões acerca da característica orgânica/inorgânica do perifíton, assim como seu estado heterotrófico ou autotrófico, além de permitir discussões sobre a real importância da comunidade nos ecossistemas aquáticos. Quanto ao biovolume, se comparado com os dados de densidade, permite avaliar a real contribuição de algas de maior ou de menor tamanho nos processos dinâmicos do sistema (FERNANDES; ESTEVES, 2011).

Apesar da dificuldade em esclarecer quais os fatores físicos, químicos e biológicos que regulam o desenvolvimento do perifíton (SAND-JENSEN, 1983), este pode ser influenciado pela disponibilidade de nutrientes (RODRIGUES; BICUDO, 2001; MURAKAMI; RODRIGUES, 2009; FERRAGUT; BICUDO, 2010), luz (HILL, 1996, TUJI, 2000), temperatura (DENICOLA, 1996; RODRIGUES; BICUDO, 2004; ALGARTE et al., 2006; MURAKAMI; RODRIGUES, 2009), qualidade e velocidade da água e material suspenso

transportado pela corrente (STEVENSON et al., 1996; RODRIGUES et al., 2003), além da natureza e da qualidade do substrato (MOSCHINI-CARLOS et al., 2001).

Considerando que atividades antropogênicas interferem nas condições naturais físicas, químicas e biológicas provocando a descontinuidade do sistema ao longo do rio - trechos a jusante e a montante das cidades (MAMÃO et al., 2011 em prep), este estudo tem como hipótese que a biomassa perifítica e os dados abióticos terão valores mais elevados em trechos a jusante da cidade de São Mateus.

Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência das variáveis limnológicas sobre a biomassa da comunidade perifítica e verificar as diferenças destes fatores entre as estações amostrais.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### *Área de estudo*

O rio São Mateus, formado pela união dos rios Cotaxé (Braço Norte), com aproximadamente 244 km e Cricaré (Braço Sul), com 200 km (Figura 1), além de configurar-se como o principal manancial de abastecimento para várias cidades, tem fornecido água para diversos projetos de irrigação, e inevitavelmente também vem sendo usado como receptor dos efluentes domésticos e industriais destas e de outras localidades (ANA, 2009).



### *Amostragem e análises abióticas*

Ao longo de um trecho do rio São Mateus, seis estações amostrais foram determinadas, sendo duas situadas a montante da cidade de São Mateus (E1, E2), duas ao longo da cidade (E3, E4) e duas a jusante da cidade, com influência de piscicultura intensiva (tanques-rede) e do lançamento de efluentes domésticos e industriais (E5, E6), respectivamente. As amostragens foram realizadas em intervalos semanais nos meses de setembro e outubro/2010, totalizando quatro coletas (08, 15, 22/09 e 01/10).

Em cada estação amostral foram determinados em campo: transparência da água, limite inferior da zona eufótica e condutividade elétrica. Em laboratório foram determinados: turbidez, pH, sólidos totais em suspensão (APHA, 1995), e os principais nutrientes: nitrogênio total (VALDERRAMA, 1981), nitrito (GOLTERMAN et al., 1978) e nitrato (MACKERETH et al., 1978), além íon amônio, silicatos (CARMOUZE, 1994), ortofosfato (STRICKLAND; PARSONS, 1960) e fósforo total, (VALDERRAMA, 1981).

### *Análises bióticas*

O perifíton foi coletado de raízes da macrófita aquática flutuante *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms e removido do substrato, com pincéis e jatos de água destilada. A determinação da clorofila *a* foi realizada através de filtração das amostras perifíticas, em filtro de fibra de vidro GF-1, extração com acetona 90%, e posterior centrifugação. Os resultados foram obtidos através do método espectrofotométrico (PARSONS et al., 1984).

A biomassa perifítica expressa em massa seca, massa seca livre de cinzas e cinzas foi determinada segundo Schwarzbald (1990).

O volume celular das espécies quantificadas foi estimado considerando-se as dimensões médias dos indivíduos, usando modelos geométricos aproximados à forma das algas, conforme Hillebrand et al. (1999), Sun; Liu (2003) e Vadrucci et al. (2007). Foram medidos 20 indivíduos por táxon (distribuídos em diversas amostragens), de acordo com a frequência em que ocorreram nas amostras e, posteriormente, foi calculada a média do volume de cada espécie. O biovolume foi obtido através da multiplicação das médias de volumes pelas densidades de cada espécie, sendo os resultados expressos em  $\text{mm}^3/\text{mg}$ .

### *Análises estatísticas*

Para verificar diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os valores médios das variáveis bióticas e abióticas ao longo das estações amostrais foi aplicado o teste não paramétrico Kruskal-Wallis, Quando as mesmas ocorreram, teste de Dunn foi aplicado para verificar

entre quais pares de estações havia estas diferenças. Estes testes, por sua vez, foram efetuados através do programa BioEstat. Assim, a continuidade do sistema foi testada considerando-se os seguintes pares de estações: 1 e 5; 1 e 6; 2 e 5; 2 e 6; 3 e 5; 3 e 6; 4 e 5; 4 e 6.

A Análise multivariada em Componentes Principais (ACP), utilizada para verificar a variação longitudinal em relação às variáveis abióticas foi realizada com 12 variáveis (turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais em suspensão, zona eufótica, transparência da água, silicato, nitrato, nitrito, íon amônio, nitrogênio total, ortofosfato e fósforo total). Para a interpretação dos resultados da PCA, foram usados eixos com autovalores maiores que o modelo de Broken-Stick, como uma avaliação consistente para determinar o número apropriado de dados componentes para interpretação. A influência das cinco variáveis abióticas (ortofosfato, fósforo total, turbidez, íon amônio e nitrogênio total) sobre a biomassa perifítica (clorofila *a*, cinzas, massa seca livre de cinzas, biovolume das classes: Cyanophyceae, Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Euglenophyceae, Chrysophyceae, Oedogoniophyceae) foi avaliada através da análise de correspondência canônica (ACC), com significância pelo teste de Monte Carlo ( $p < 0,05$ ), com 999 aleatorizações. Para PCA e CCA as variáveis foram logaritmizadas e as análises realizadas através do programa PC-ORD 5.15.

## **RESULTADOS**

O rio São Mateus caracterizou-se por apresentar águas com valores mais altos de turbidez, sólidos totais em suspensão, condutividade elétrica, nitrito, íon amônio, nitrogênio total, ortofosfato, fósforo total nas estações a jusante da cidade de São Mateus (E5 e E6) (Tabela 1).

Tabela 1: Variação longitudinal das variáveis abióticas, seguida de desvio padrão, registradas nas estações amostrais, analisada em setembro e outubro de 2010.

Variável	E1	E2	E3	E4	E5	E6
pH	7,3±0,1	7,3±0,1	7,3±0,2	7,2±0,1	7,3±0,1	7,3±0,1
Turb	14,5±7,4	10,6±4,0	9,5±3,4	9,6±4,2	36,3±9,8	38,0±9,4
C.E.	209,8±6,3	213,7±11,7	208,9±5,9	214,0±9,9	309,6±75,6	275,0±32,2
STS	3,2±2,1	5,8±4,0	2,7±2,6	3,9±1,8	19,5±6,8	14,2±11,9
Z. eu	1,9±0,5	2,1±0,6	2,3±0,5	1,9±0,4	0,9±0,5	0,6±0,2
Transp	0,6±0,2	0,7±0,2	0,8±0,2	0,6±0,1	0,3±0,2	0,2±0,1
Si-SiO <sub>4</sub>	7.74±0,13	7.62±0,31	7.62±0,43	7.24±0,80	7.58±0,22	7.20±1,15
PT	0.033±0,004	0.030±0,01	0.035±0,01	0.028±0,009	0.067±0,014	0.092±0,047
P-orto	0,02±0,004	0,011±0,002	0,014±0,003	0,015±0,004	0,044±0,04	0,067±0,07
NT	0.452±0,02	0.519±0,08	0.538±0,07	0.607±0,12	0.894±0,11	0.866±0,15
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.096±0,04	0.108±0,04	0.126±0,05	0.151±0,06	0.159±0,03	0.127±0,02
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.002±0,002	0.003±0,004	0.001±0,001	0.002±0,002	0.011±0,003	0.013±0,002
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.010±0,004	0.014±0,009	0.009±0,005	0.016±0,007	0.288±0,042	0.329±0,08

\*Turb = turbidez; C.E.= condutividade elétrica; STS = sólidos totais em suspensão; Zeu = zona eufótica; Transp = transparência; Si-SiO<sub>4</sub> = silicato; NO<sub>3</sub><sup>-</sup> = nitrato; NO<sub>2</sub><sup>-</sup> = nitrito; NH<sub>4</sub><sup>+</sup> = íon amônio; NT = nitrogênio total; P-orto = ortofosfato; PT = fósforo.

A turbidez, condutividade elétrica, fósforo total, nitrito e íon amônio das estações amostrais E5 e E6 diferiram ( $p < 0,05$ ) daquelas das demais estações. Sólidos totais em suspensão de E6 diferiu das demais estações; ortofosfato da estação E5 diferiu de E2 e E3, enquanto E6 diferiu significativamente das estações E1, E2, E3 e E4. Com relação aos compostos nitrogenados, nitrogênio total nas estações E5 e E6 diferiram de E1, E2 e E3; nitrato de E1 diferiu de E5 (Tabela 2).

Tabela 2: Comparação entre série as estações amostrais no eixo longitudinal de um trecho do rio São Mateus através de teste de Kruskal-Wallis /Dunn utilizando parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Pares de estações	C.E.	Turb	STS	Transp.	Z.eu	NH <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	NT	P-orto	PT	C
1x5	*	*	*	ns	ns	*	*	*	*	ns	*	ns
1x6	*	*	ns	*	*	*	*	ns	*	*	*	ns
2x5	*	*	*	ns	ns	*	*	ns	*	*	*	ns
2x6	*	*	ns	*	*	*	*	ns	*	*	*	*
3x5	*	*	*	*	*	*	*	ns	*	*	*	ns
3x6	*	*	ns	*	*	*	*	ns	ns	*	*	ns
4x5	*	*	*	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	*	ns
4x6	*	*	ns	*	*	*	*	ns	ns	*	*	ns

\* diferenças significativas ( $p < 0,05$ ); ns = não significativo; C.E.= condutividade elétrica; Turb = turbidez; STS = sólidos totais em suspensão; Transp = transparência; Zeu = zona eufótica; NH<sub>4</sub><sup>+</sup> = íon amônio; NO<sub>2</sub><sup>-</sup> = nitrito; NO<sub>3</sub><sup>-</sup> = nitrato; NT = nitrogênio total; P-orto = ortofosfato; PT = fósforo total; C= cinzas.

Os resultados da análise de componentes principais (PCA) explicaram 91% da variabilidade conjunta dos dados nos dois primeiros eixos (Tabela 3). No eixo 1 (79% de explicação), houve separação entre as estações amostrais com E5 e E6 posicionadas a esquerda do eixo, associando-se principalmente à turbidez, sólidos totais em suspensão, condutividade elétrica, fósforo total, ortofosfato e compostos nitrogenados (nitrito, íon amônio e nitrogênio total). Em contrapartida, E2 e E3 associaram-se positivamente a transparência e zona eufótica (Figura 2). Embora com baixa explicabilidade (12,3%), o eixo 2 evidenciou uma clara separação entre as estações a montante da cidade (E1) e ao longo da cidade (E4), sendo estas influenciadas positivamente pelos maiores valores de sílica e negativamente pelos valores de nitrato, respectivamente (Figura 2).

Tabela 3: Correlação das variáveis abióticas com os componentes principais da PCA.

<b>Resultados</b>	<b>Eixo 1</b>	<b>Eixo 2</b>
Autovalores	9.497	1.476
% explicada	79.142	12.304
Broken-stick	3.103	2.103
<b>Variáveis</b>	<b>Autovalores</b>	
Turbidez (Turb)	<b>-0.9718</b>	0.2005
Sólidos totais em suspensão (STS)	<b>-0.9368</b>	0.0399
Condutividade elétrica (C.E.)	<b>-0.9467</b>	0.0072
Zona eufótica (Z.eu)	0.9864	-0.0892
Transparência da água (Transp)	0.9892	-0.0566
Silicato (Si- SiO <sub>4</sub> )	0.2851	0.8425
Ortofosfato (P-Orto)	-0.8300	0.1685
Fósforo total (PT)	<b>-0.9247</b>	0.1796
Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	<b>-0.9941</b>	0.0984
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	-0.5376	-0.7691
Íon amônio (NH <sup>+</sup> )	<b>-0.9953</b>	0.0749
Nitrogênio total	<b>-0.9665</b>	-0.2149

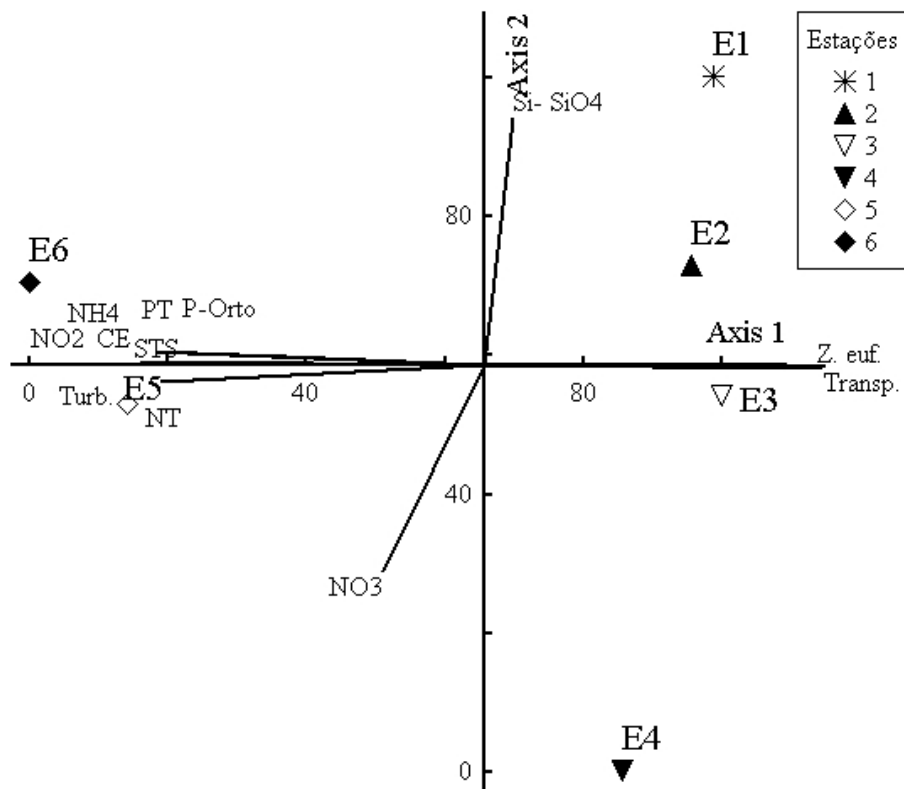


Figura 2: Análise de componentes principais (PCA) com variáveis abióticas (12) e ordenação das estações amostrais do rio São Mateus, em setembro e outubro/2010. \*Turb = turbidez; STS = sólidos totais em suspensão; C.E.= condutividade elétrica; Zeu = zona eufótica; Transp = transparência; Si-SiO<sub>4</sub> = silicato; NO<sub>3</sub><sup>-</sup> = nitrato; NO<sub>2</sub><sup>-</sup> = nitrito; NH<sub>4</sub><sup>+</sup> = íon amônio; NT = nitrogênio total; P-orto= ortofosfato; PT= fósforo total .

Em relação a biomassa perifítica, quanto à concentração de clorofila *a* nas estações amostrais, os menores valores médios foram registrados na estação E2 e os maiores valores médios foram registrados na estação E1 ( ambas a montante da cidade de São Mateus) (Figura 3). A estação E2 diferiu significativamente ( $p < 0,05$ ) de E1, E3 e E4 (Tabela 2).

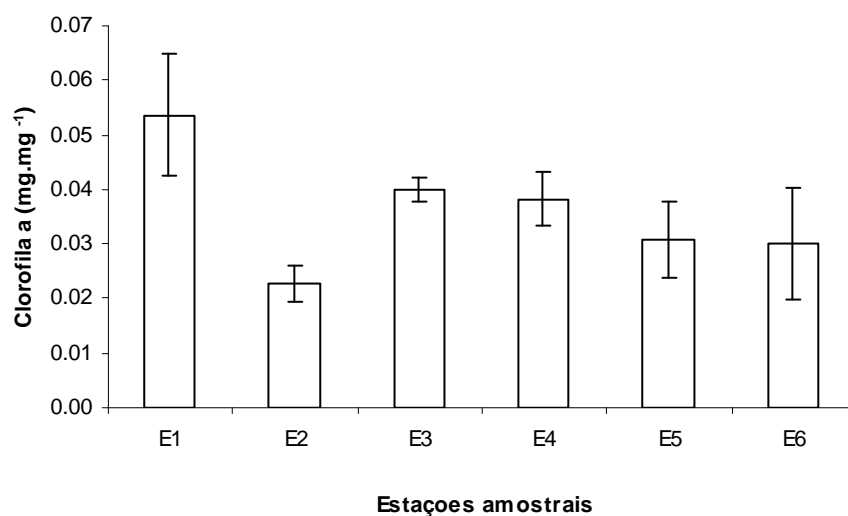


Figura 3: Variação longitudinal da clorofila *a* da comunidade perifítica nas estações amostrais, seguido de erro padrão.

Já em relação aos valores de biovolume total das algas perifíticas, estes não diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) nas estações amostrais analisadas. O biovolume total variou de 61.348 a 156.476 mm<sup>3</sup>.mg<sup>-1</sup>, sendo que os maiores valores médios foram registrados em E4 e E3, respectivamente (Figura 4), estações ao longo da cidade de São Mateus.

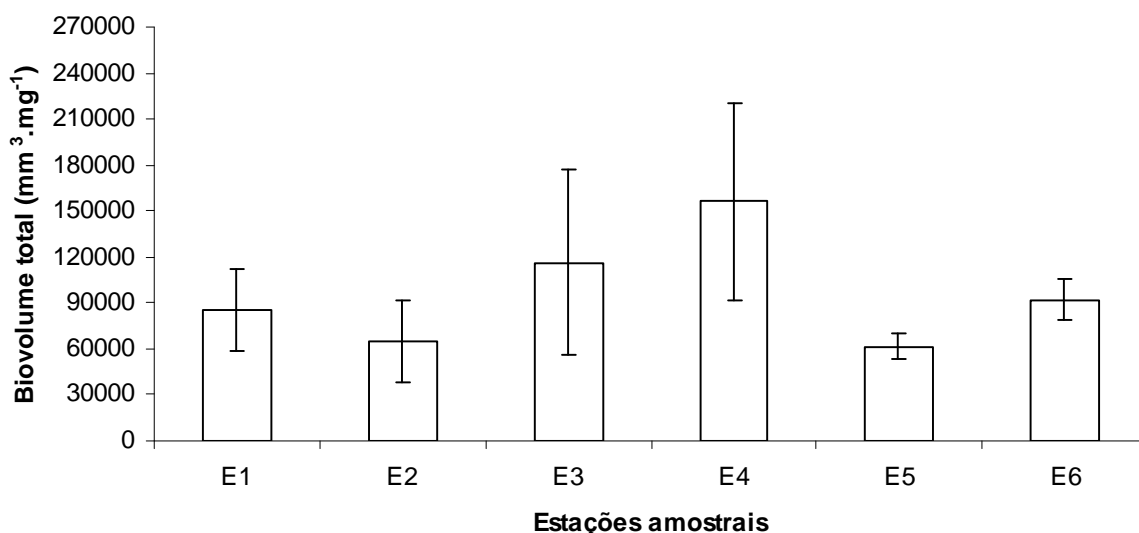


Figura 4: Variação longitudinal do biovolume total médio da comunidade perifítica, nas estações amostrais, seguida de erro padrão.

A classe Bacillariophyceae foi a que mais contribuiu para o biovolume total em todas as estações amostrais. Cyanophyceae e Oedogoniophyceae tiveram elevada contribuição no biovolume total na estação E2 (Figura 5).

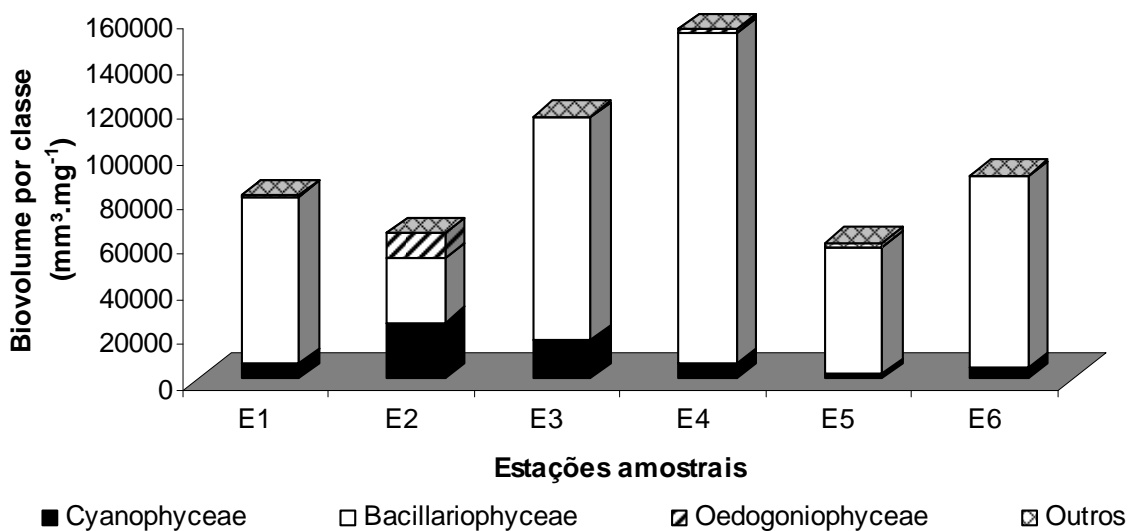


Figura 5: Contribuição relativa do biovolume total das Classes de algas perifíticas nas estações amostrais.

\*Outros: Classes: Euglenophyceae, Chlorophyceae, Chrysophyceae, Ulothricophyceae.

Quanto aos valores de massa seca perifítica, a parte inorgânica (cinzas) apresentou mais elevada, principalmente nas estações amostrais ao longo e a jusante da cidade de São Mateus (Figura 6). Os valores de cinzas das estações E2 diferiram estatisticamente da estação E6 (Tabela 2). Já a parte orgânica (massa seca livre de cinzas) variou de 0,02 mg.mg<sup>-1</sup> (E4) a 0,04 mg.mg<sup>-1</sup> (E6; Figura 6).

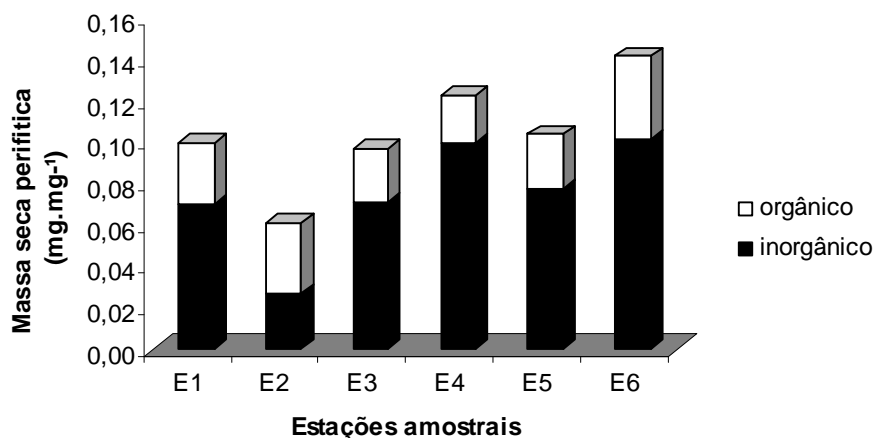


Figura 6: Variação longitudinal da massa seca perifítica nas estações amostrais.

A análise de correspondência canônica resumiu 82,2% da variabilidade conjunta dos dados nos dois primeiros eixos (Tabela 4), com alta relação significativa ( $p < 0,05$ ) entre as variáveis bióticas e abióticas utilizadas na ordenação (Figura 7). No eixo 1 (64,2%), a estação E2 (a montante da cidade de São Mateus) distanciou-se das demais estações, devido aos maiores valores de biovolume das Oedogoniophyceae, que possivelmente tenham tido menor influência da turbidez, enquanto as estações E5 e E6 (a jusante da cidade) estiveram relacionadas aos valores de biovolume das Ulothricophyceae, Euglenophyceae, Chrysophyceae e da parte inorgânica (cinzas) da comunidade perifítica, com maior influência dos valores elevados de turbidez, íon amônio, ortofosfato e fósforo total (Figura 7).

Tabela 4: Resumo estatístico e coeficientes de correlação entre as associações perifíticas e variáveis abióticas e bióticas sobre os dois primeiros eixos da CCA.

Variáveis abióticas	Coeficientes canônicos		Correlação intra-set	
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 1	Eixo 2
P-orto (Ortofosfato)	-5,423	-3,233	<b>0,557</b>	-0,419
PT (Fósforo Total)	<b>12,240</b>	6,745	0,644	-0,497
Turb (turbidez)	<b>11,804</b>	4,723	<b>0,727</b>	<b>-0,630</b>
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (íon amônio)	-25,297	<b>-11,480</b>	0,675	<b>-0,659</b>
N-total (nitrogênio total)	7,459	3,179	0,559	-0,725

Variáveis bióticas	Coeficientes canônicos	
	Eixo 1	Eixo 2
Cl a (clorofila a)	0,0200	0,8853
Cinzas	0,2404	0,1619
MSLC (massa seca livre de cinzas)	-0,1257	0,1199
Cy (Biovolume de Cyanophyceae)	-0,2884	0,5168
Bacil (Biovolume de Bacillariophyceae)	-0,1171	0,3706
Eugl (Biovolume de Euglenophyceae)	0,6565	-0,7023
Oedo (Biovolume de Oedogoniophyceae)	-2,8026	-1,3434
Chloro (Biovolume de Chlorophyceae)	0,1512	0,4773
Chryso (Biovolume de Chrysophyceae)	1,1482	1,0253
Uloth (Biovolume de Ulothricophyceae)	1,6825	-3,0516

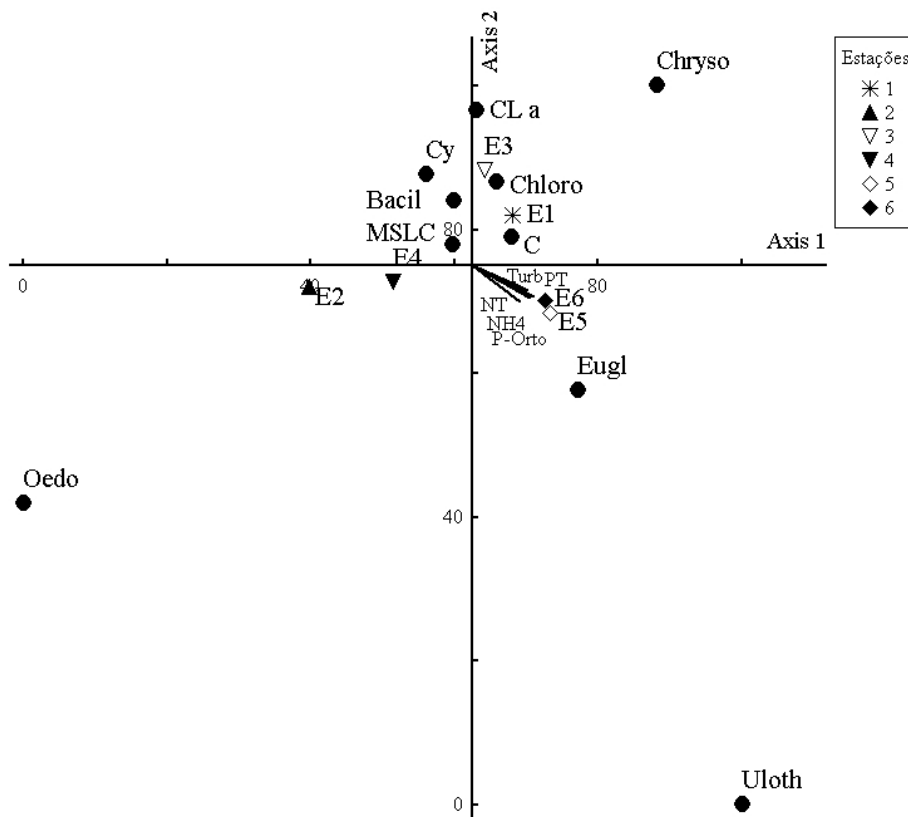


Figura 7: Ordenação pela Análise de correspondência canônica (CCA) das variáveis bióticas e abióticas para as seis estações amostrais do rio São Mateus.

\*Cl *a* = clorofila *a*; C = cinzas, MSLC = massa seca livre de cinzas; Cy = biovolume de Cyanophyceae; Bacil = Biovolume de Bacillariophyceae; Eugl = Biovolume de Euglenophyceae; Chlor = Biovolume de Chlorophyceae; Chryso = Biovolume de Chrysophyceae; Oedo = Biovolume de Oedogoniophyceae; Uloth = Biovolume de Ulothricophyceae.

## DISCUSSÃO

A aplicação mais comum no monitoramento biológico utilizando algas perifíticas e não biológico usando parâmetros físicos e químicos envolve a investigação de impactos em sistemas lóticos, principalmente quando estes sistemas são importantes para os diversos usos da água. Desta forma, avaliar os impactos exige investigação a montante e a jusante do ponto de interesse (LOWE; PAN, 1996) e, neste caso, os organismos da comunidade perifítica são ideais.

Os diversos usos da água do rio, como piscicultura intensiva e lançamento de efluentes domésticos e industriais nas estações amostrais a jusante da cidade de São Mateus possivelmente tenha influenciado na biomassa da comunidade perifítica e contribuído na

separação das estações E5 e E6 das demais no perfil longitudinal do rio São Mateus (evidenciado na PCA). A entrada de material alóctone contribui para aumento de turbidez e concentração de nutrientes, que têm papel essencial no controle da composição e da biomassa dos produtores primários, além de promover a redução na transparência da água, pois substâncias em suspensão na água, de natureza orgânica ou inorgânica, afetam diretamente a penetração da luz (PEIXOTO, 2008).

Em termos de biomassa das algas, a clorofila *a* tem grande valor no estudo da produtividade quando espécies com grande biomassa passam a ter forte influência na transferência de energia e de matéria (LOWE; PAN, 1996). Porém fatores como a incidência luminosa e a deficiência de nutrientes podem alterar a razão entre o pigmento e a matéria orgânica algal (STEVENSON, 1996). Na presente pesquisa, os baixos valores de clorofila *a* da comunidade perifítica, podem estar relacionados, em partes, com a morfologia da macrófita, uma vez que as raízes da *Eichhornia crassipes*, onde as algas perifíticas estão aderidas, ficam sombreadas pelas próprias folhas, diminuindo a incidência luminosa. Martins e Fernandes (2011) relacionaram a baixa biomassa fotossintética no rio Santa Maria da Vitória (0,07  $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$  a 0,67  $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$  de clorofila *a*), mesmo com disponibilidade de nutrientes, aos fatores físicos (turbulência e correnteza), os quais poderiam provocar remoção das formas frouxamente aderidas ao substrato. Ainda, o aporte de material inorgânico alóctone poder ter efeito abrasivo na comunidade (FERNANDES; ESTEVES, 1998; OLIVEIRA; RODRIGUES, 2002).

O elevado percentual de cinzas (parte inorgânica) na comunidade perifítica em ambientes aquáticos está sujeito às entradas de material alóctone (FERNANDES, 1997). No presente trabalho, a matéria inorgânica da massa seca total com maior contribuição quando o rio passa pela cidade de São Mateus e após a cidade, possivelmente deve-se a influência do sistema de tanques de piscicultura e lançamento de efluentes domésticos situados a jusante da cidade. A grande contribuição da parte inorgânica também pode explicar os baixos valores de clorofila *a*, uma vez que a variação dos conteúdos de cinzas e clorofila *a* indicam mudanças dos organismos autotróficos e heterotróficos (FERNANDES; ESTEVES, 2003).

A biomassa algal também pode ser avaliada através do biovolume, que capacita uma análise mais acurada da real contribuição das espécies para a comunidade (BIGGS; KILROY, 2000). Os altos valores de biovolume registrados, principalmente nas estações amostrais ao longo e a jusante da cidade de São Mateus podem estar relacionados com a entrada de material alóctone no ambiente. A entrada destes materiais promove o incremento

dos principais nutrientes, que são essenciais para o metabolismo, desenvolvimento e constituição celular (biomassa) dos organismos autotróficos (ESTEVES; AMADO, 2011).

De modo geral, a classe Bacillariophyceae foi mais representativa na contribuição relativa do biovolume perifítico total nas estações amostrais, e seus altos valores estão relacionados à elevada densidade e aos maiores tamanhos celulares dos indivíduos dessa classe, representado principalmente pelas espécies *Terpsinoe musica* Ehrenberg, *Pleurosira laevis* (Ehrenberg) Compère e *Polymyxus coronalis* Bailey. A segunda classe mais representativa no biovolume total do perifíton, Cyanophyceae, deve-se a elevada densidade de *Synechocystis aquatilis* Sauvaegau, (apesar do tamanho reduzido, porém abundantes), e a presença de cianobactérias filamentosas, tais como *Oscillatoria* e *Lyngbya* (elevada biomassa devido ao maior tamanho). Ambientes com elevada concentração de nitrogênio, favorecem o desenvolvimento de algas filamentosas com altos biovolumes (LAMPERT; SOMMER, 2007), visto que os filamentos são excelentes formas adaptativas que crescem rapidamente em comprimento, e podem permanecer com a razão área/volume constante (MARGALEF, 1983).

Martins (2006) relacionou a grande contribuição de Bacillariophyceae no rio Santa Maria da Vitória (após passar pelo centro urbano) à disponibilidade nutricional. Os nutrientes têm papel fundamental na composição e biomassa dos produtores primários aquáticos, dentre os quais se destacam as algas perifíticas (HUSZAR et al., 2005). Desta forma, a elevada concentração de nutrientes, principalmente nas estações ao longo e a jusante da cidade de São Mateus (como evidenciado na PCA) registrada nesse estudo possivelmente devem ter favorecido os indivíduos de Bacillariophyceae e Cyanophyceae.

Nossos resultados mostraram que turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais em suspensão, fósforo total, nitrito e íon amônio das estações amostrais a jusante da cidade de São Mateus (E5 e E6) diferiram das demais. Assim, os resultados dessa pesquisa para os dados abióticos corroboram a hipótese inicial (teoria da descontinuidade fluvial), ou seja, o rio São Mateus apresenta, ao longo de seu curso, pulsos de entrada de material alóctone proveniente principalmente de atividades antrópicas, especialmente em trechos ao longo e a jusante da cidade. O mesmo não foi constatado para a biomassa perifítica, devido ao comportamento diferenciado entre as estações submetidas à diferentes condições ambientais. Contudo, a biomassa perifítica foi influenciada pelos nutrientes (fósforo e nitrogênio), assim como pela turbidez, como constatado pela CCA, sugerindo que a entrada de material alóctone altera a qualidade da água (como evidenciado na PCA) após a entrada do rio na cidade de São Mateus e a jusante. Isto indica que as mudanças abruptas induzidas pelo homem, como lançamentos de efluentes representam alterações no funcionamento dos rios.

## **AGRADECIMENTOS**

À Associação de Pescadores de São Mateus (APESAM) pela disposição em ajudar e pelo apoio logístico, ao Laboratório de Taxonomia e Ecologia de Algas Continentais (LATEAC) pelas análises no laboratório e ao Laboratório de Ciências Ambientais (UENF) – Laboratório de Ecologia, pelo auxílio nas análises de nutrientes, e a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e ao Programa de Pós Graduação em Biodiversidade Tropical, pela bolsa de mestrado da primeira autora.

## **REFERÊNCIAS**

- ALGARTE, V. M.; MORESCO, C.; RODRIGUES, L. Algas do perifíton de distintos ambientes na planície de inundação do alto rio Paraná. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 28, n. 3, p. 243-251, 2006.
- ANA – Agência Nacional de Águas. Bacias hidrográficas do Atlântico Sul – trecho leste. 2009. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/doc/BHASLeste/index.htm>. Acesso em 27/09/2011.
- APHA - American Publication Health Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater. In: GREENBERG, A. E.; CLESCERI, L. S.; EATON, A. D. (Eds.). 18° Ed. U.S.A: Washington D. C., 1992.
- BIGGS, B. J. F.; KILROY, C. **Stream Periphyton Monitoring Manual**. New Zeland: Niwa, 2000.
- BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. **Limnologia Fluvial: Mogi-Guaçu**. São Carlos: Ed.Rima. 2003.
- CARMOUZE, L. **O metabolismo dos ecossistemas aquáticos – Fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas**. São Paulo: Edgard Blucher. 1994.
- DENICOLA, D.M. Periphyton responses to temperature at different ecological levels. In: STEVENSON, R.J.; BOTHWELL, M. L.; LOWE, R. L. (Ed.). **Algal Ecology: Freshwater Benthic Ecosystems**. San Diego: Academic Press, cap. 6, p. 149-181. 1996.
- ESTEVE, F.A.; AMADO, A. M. Nitrogênio. In: ESTEVES, F.A., (Ed.). **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro. Ed. Interciências. p. 239-258. 2011.
- FELISBERTO, S.A.; RODRIGUES, L., Periphytic community of reservoirs cascade in the Paranapanema Periphytic Paranapanema river, Brazil. **Acta Scientiarum. Biological Science.**, v. 27, n. 3, p. 215-223, 2005.

- FERNANDES, V. O. **Variação temporal da estrutura e dinâmica da comunidade perifítica em dois tipos de substrato na Lagoa Imboassica, Macaé (RJ)**. 198 p. Tese. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1997.
- FERNANDES, V. O.; ESTEVES, F. A. **Variations in dry weight, organic matter and chlorophyll a of the periphytic community in Imboacica lagoon**, Rio de Janeiro, RJ, Brazil: Verhandlungen Internationale Vereinigung Limnologie, v.26, p.1445-1447, 1998.
- FERNANDES, V.O.; ESTEVES, F.A. The use of índices of evaluating the periphytic community in two kinds of substrate in Imboassica Lagoon, Rio de Janeiro, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**. v. 63, n.2, p.233-243, 2003.
- FERNANDES, V. O.; ESTEVES, F.A. Comunidade Perifítica. In: ESTEVES, F.A., (Ed.) **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro. Ed. Interciências. p. 447-460, 2011.
- FERRAGUT, C.; BICUDO, D. C. Periphytic algal community adaptative strategies in N and P enriched experiments in a tropical oligotrophic reservoir. **Hydrobiologia**, v. 646, p.295-309, 2010.
- FERRAGUT, C.; RODELLO, A. F.; BICUDO, C. E. M. Seasonal variability of periphyton nutrient status and biomass on artificial and natural substrates in a tropical mesotrophic reservoir **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 22, n. 4, p. 397-409, 2010.
- GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. A. **Methods for physical and chemical analysis of fresh waters**. IBP Handbook, n.08. 1978.
- HILL, W. R. Factors affecting benthic algae. In: STEVENSON, J. R.; BOTHWELL, M. L.; LOWE, R. L. (Eds.). **Algal ecology: freshwater benthic ecosystems**. New York: Academic Press. p. 121-148, 1996.
- HILLEBRAND, H. DURSELEN, C. D.; KIRSCHTEL, D.; POLLUNGHER, U.; ZOHARY, T. Biovolume Calculation for pelagic and benthic microalgae. **Journal of Phycology**, v. 35, p. 403-424, 1999.
- HUSZAR, V. L. M.; BICUDO, D. C.; GIANI, A.; FERRAGUT, C.; MARTINELLI, L. A.; HENRY, R. Subsídios para compreensão sobre a limitação de nutrientes ao crescimento do fitoplâncton e do perifíton em ecossistemas continentais lênticos do Brasil. In: ROLAND; F. D.; CESAR, D; MARINHO, M. (Ed.). **Lições de limnologia**. São Carlos: Rima, p. 243-260, 2005.
- LAMPERT, W.; SOMMER, U. **Limnoecology**. The ecology of lakes and streams. 2º Ed. Oxford: University Press. 2007.

- LEANDRINI, J. A.; ROGRIGUES, L. Temporal variation of periphyton biomass in semilotic environments of the upper Paraná River floodplain. **Acta Limnologica Brasiliensia.**, v. 20, n.1, p. 21-28, 2008.
- LOWE, R. L.; PAN, Y. Benthic Algal Communities as Biological Monitors. In: STEVENSON, R.J. BOTHWELL, M. L.; LOWE, R.L. **Algal Ecology: Freshwater Benthic Ecosystems**. San Diego: Academic Press, cap. 22, p. 705-739, 1996.
- MACKERETH, F. Y. H.; HERON, J. R.; TAILING, J. F. **Water analysis: Some revised methods for limnologists** (Scientific Publication, 36). Freshwater Biological Association, 1978.
- MARGALEFF, R. **Limnologia**. Barcelona: Omega, 1983.
- MARQUES, P. H. C.; OLIVEIRA, H. T.; MACHADO, E. C. Limnological study of Piraquara river (upper Iguazu basin): Spatiotemporal variation of physical and chemical variables and watershed zoning. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 46, n. 3, p. 383-394, 2003.
- MARTINS, F. C. O. Respostas ecofisiológicas da comunidade perifítica (in situ) a diferentes condições ambientais no rio Santa Maria da Vitória, ES. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo. 133p. 2006
- MARTINS, F. C. O.; FERNANDES, V. O. Biomassa e composição elementar (C, N, P) da comunidade perifítica no alto Rio Santa Maria da Vitória, Espírito Santo, Brasil. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**.15 n.1, p. 11-18, 2011.
- MOSCHINI-CARLOS, V.; POMPEO, M. L. M.; HENRY, R. Periphyton on Natural Substratum in Jurumirim Reservoir (São Paulo, Brazil): Community Biomass and Primary Productivity. **Int. Journal of Ecology Environmental Science**, v. 27, p. 171-177, 2001.
- MURAKAMI, E.A.; RODRIGUES, L. Resposta das algas perifíticas às alterações de temperatura e ao enriquecimento artificial de nutrientes em curto período de tempo. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 31, n. 3, p. 273-284, 2009
- OLIVEIRA, M. D.; RODRIGUES, L. Impacto do sedimento sobre o desenvolvimento do perifíton no rio Taquari, Pantanal, MS: Embrapa Pantanal. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento**, v. 37, 2002.
- PARSONS, T. R.; TAKAHASHI, M.; HARGRAVE, B. **Biological Oceanographic Process**. 3. ed. Oxford: Pergamon Press Ltd, 1984.
- PEIXOTO, M. J. B. M. M. Qualidade Biológica da Água do rio Cavado. Dissertação (Mestrado em Hidrobiologia). Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. 2008.

- RODRIGUES, L.; BICUDO, D. C. Similarity among periphyton algal communities in a lentic-lotic gradient of the upper Paraná river floodplain, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 3, p. 235-248, 2001.
- RODRIGUES, L.; BICUDO, D. C.; MOSCHINICARLOS, V. O papel do perifíton em áreas alagáveis e nos diagnósticos ambientais. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (Ed.). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: Eduem, cap. 10, p. 211-230, 2003.
- RODRIGUES, L.; BICUDO, D. C. Periphytic algae. In: THOMAZ, S. M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. (Ed.). **The upper Paraná river and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation**. The Netherlands: Backhuys Publishers, cap. 6, p. 125-143, 2004.
- SAND-JENSEN, K. Physical and chemical parameters regulating growth of periphytic communities. In: WETZEL, R. G. (Ed.). **Periphyton of freshwater ecosystem**. The Netherlands: Dr. W. Junk Publishers, p. 63-71, 1983.
- SCHWARZBOLD, A. Métodos ecológicos aplicados ao estudo do perifíton. **Acta Limnologica Brasiliensia** v. 3, p. 545-592, 1990.
- SILVA, W. J.; FELISBERTO, S. A.; FONSECA, C. P.; SOUZA, M. G. M. Serial discontinuity along the Descoberto River Basin, Central Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, vol. 22, no. 3, p. 344-355, 2010.
- STANFORD, J. A.; WARD, J. V. Revisiting the serial discontinuity concept. **Regulated rivers research & management**, v. 17, p. 303-310, 2001.
- 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**. San Diego: Academic Press, cap. 1, p. 3-30, 1996.
- STRICKLAND, J.D.; PARSONS, T.R. **A manual of sea water analysis**. Bulletin. Fisheries Research Board of Canada. 125, 1-185, 1960.
- SUN, J.; LIU, D. Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. **Journal of Phytoplankton Research**, v. 25, n. 2, p. 1331-1346, 2003.
- TUJI, A. The effect of irradiance on the growth of different forms of freshwater diatoms: implications for succession in attached diatom communities. **Journal of Phycology**, v. 36, p. 659-661, 2000.
- VALDERRAMA, J.C. **The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters**. Marine Chemistry., v. 10, p. 109-122, 1981.
- VADRUCI, M. R.; CABRINI, M; BASSET, A. Biovolume determination of phytoplankton guilds in transitional water ecosystem of Mediterranean Ecoregion. **Transitional Waters Bulletin** v. 2, p. 83-102, 2007.

WARD, J.V.; STANFORD, A.J. The serial discontinuity concept of lotic ecosystems. In: FONTAINE, T. D. & BARTELL, S. M. (eds.): **Dynamics of Lotic Ecosystems**: Ann Arbor Science Publ., Ann Arbor, Michigan., p. 29-42,1983.

WARD, J. V.; STANFORD, J. A. The serial discontinuity concept: extending the model to floodplain rivers. **Regulated rivers research & management**, v. 10, p. 159-168, 1995.

## CONCLUSÕES GERAIS

- As variáveis limnológicas analisadas apresentaram variação longitudinal no rio São Mateus, com aumento nos valores nas estações amostrais a jusante da cidade como um reflexo dos impactos antrópicos no ecossistema;
- Não foi constatada variação longitudinal para a biomassa perifítica em termos de clorofila *a* e massa seca, devido ao comportamento diferenciado entre as estações amostrais submetidas a diferentes condições ambientais;
- A riqueza de espécies registradas no presente estudo indicou alta biodiversidade de algas perifíticas no rio São Mateus, com contribuição das Classes Bacillariophyceae (riqueza e biovolume) e Cyanophyceae (densidade total) em todas as estações amostrais;
- O rio São Mateus caracterizou-se pela elevada riqueza de táxons, densidade total e biovolume principalmente nas estações amostrais ao longo e a jusante da cidade de São Mateus, explicadas pela influência dos nutrientes advindos dos impactos antrópicos (tanques de piscicultura e lançamento de efluentes domésticos e industriais);
- A entrada de material alóctone, proveniente principalmente das atividades antrópicas alterara a qualidade da água assim como a comunidade perifítica presente;
- O aporte de material alóctone nas estações amostrais ao longo e a jusante da cidade provocaram descontinuidade do sistema. Esse aporte é decorrente dos principais impactos registrados: sistema de piscicultura intensiva, lançamento indiscriminado de ração e excretas dos peixes, lançamento de grande volume de efluentes de diversas origens sem tratamento.

## ANEXO A

Lista de táxons registrados no rio São Mateus ao longo nos meses de setembro e outubro de 2010.

Táxons	E1	E2	E3	E4	E5	E6
<b>Cyanophyceae</b>						
<i>Aphanocapsa</i> sp.1						X
<i>Aphanocapsa</i> sp.2						X
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. et G.S. West	X	X	X	X	X	X
<i>Aphanocapsa</i> cf. <i>elachista</i> W. et. G. S. West				X		
<i>Aphanocapsa incerta</i> (Lemm) Cromberg et Komárek			X			X
<i>Aphanotece nidulans</i> Richter		X	X		X	
<i>Brasilonema</i> sp.			X			
<i>Chroococcus</i> sp.1			X			
<i>Chroococcus minor</i> (Kutzing) Nageli	X	X	X	X	X	X
<i>Chroococcus</i> cf. <i>minutus</i> (Kutzing) Nageli			X		X	
Cyanophyceae 1			X	X		
Cyanophyceae 2						X
Cyanophyceae 3					X	
Cyanophyceae 4	X	X	X	X	X	
Chroococcales 1						X
<i>Geitlerinema/Jaaginema</i>	X		X		X	X
Komvophoron cf. <i>constrictum</i> (Szafer) Anag et Komárek				X		
<i>Leibleinia</i> cf. <i>epiphytica</i> (Hieronymus) Anag & Komárek						X
<i>Limnotrix</i> cf. <i>redekei</i> (Van Goor) Meffert			X			
<i>Lyngbya</i> sp.1					X	
<i>Lyngbya aerogineo-coerulea</i> (Kutzing) Gomont			X	X		
<i>Lyngbya</i> cf. <i>comperei</i> (Meneghini) Senna					X	X
<i>Lyngbya latissima</i> Prescott					X	
<i>Lyngbya</i> cf. <i>lindavii</i> Lemmermann			X			
<i>Lyngbya martensiana</i> Gomont	X			X	X	X
<i>Lyngbya orientalis</i> (G.S. West) Compère	X	X	X	X	X	X
<i>Lyngbya perelegans</i> Lemmermann	X	X				
<i>Lyngbya putealis</i> Montagne ex Gomont		X				
<i>Lyngbya subtilis</i> W. West	X	X	X	X	X	X
<i>Lyngbya tchadensis</i> Compère				X		
Merismopedia sp.1			X			
Merismopedia sp.2			X			
<i>Oscillatoria acuta</i> Brühl & Biswas						X
<i>Oscillatoria agardhii</i> Gomont				X		X
<i>Oscillatoria bornetii</i> (Zucal) Forti					X	X
<i>Oscillatoria chalybea</i> Mertens ex Gomont	X	X	X	X	X	X
<i>Oscillatoria formosa</i> Bory ex Gomont				X		
<i>Oscillatoria</i> cf. <i>griseo-violacea</i> Skuja						X



<i>Gomphonema turris</i> Ehremberg	X	X	X	X	X	X
<i>Gomphonema turris</i> var. <i>coartata</i> (Frenguelli) Frenguelli	X	X	X	X	X	X
<i>Gomphonema</i> sp.1				X	X	X
<i>Gyrosigma spencerii</i> (Quek) Griff & Henfr	X	X	X	X	X	X
<i>Hidrosera whampoensis</i> (Schwartz) Deby	X	X	X			X
<i>Nitzschia</i> sp.1		X				
<i>Nitzschia</i> sp.2						X
<i>Nitzschia intermedia</i> Hantzsch ex Cleve e Grunow				X		
<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch						X
<i>Nitzschia palea</i> (Kutzing) W. Smith	X			X	X	X
Pennales 1	X					
Pennales 2					X	
Pennales 3	X	X		X	X	X
Pennales 4				X		X
Pennales 5	X					X
Pennales 6	X					
Pennales 8	X					
Pennales 9	X					
Pennales 10	X					
<i>Pinnularia</i> sp1				X	X	
<i>Pinnularia</i> sp.2			X			
<i>Pinnularia acrosphaeria</i> (Brébisson) Wm. Smith		X				
<i>Pinnularia maior</i> (Kutzing) Rabenhorst						X
<i>Pinnularia stauroptera</i> (Grunow) Rebenhorst			X	X	X	X
<i>Pleurosira laevis</i> (Ehremberg) Compère	X	X	X	X	X	X
<i>Polymysus coronalis</i> Bailey	X	X	X	X	X	X
<i>Staurosira</i> sp.1						X
<i>Surirella robusta</i> Ehremberg		X	X	X		X
<i>Surirella tenera</i> Gregory	X	X				
<i>Synedra goulardi</i> Brébisson	X		X			
<i>Synedra</i> sp.1				X		
<i>Synedra</i> sp.2					X	X
<i>Terpsinoe musica</i> Ehremberg	X	X	X	X	X	X
<i>Tryblionella victoriae</i> Grunow	X					X
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	X	X	X	X	X	X

---

### Chlorophyceae

<i>Chlorella vulgaris</i> Beijerinck	X			X	X	
<i>Choricystis chodatti</i> Fott	X		X	X	X	
<i>Chlorococcum infusionum</i> (Schrank) Meneghini				X	X	
<i>Desmodesmus</i> sp.1			X			
<i>Koliella longiseta</i> (Vischer) Hindák				X		
<i>Oocystis borgei</i> J.Snow						X
<i>Oocystis pusilla</i> Hansgirg						X

<i>Tetraedron minimum</i> (A. Braun) Hansgirg	X		X	X		X
<b>Ulotrichophyceae</b>						
<i>Ulothrix cf. tenerrima</i> (Kützing)Kützing					X	X
<i>Ulothrix cf. zonata</i> (Weber & Mohr) Kützing	X					
<i>Uronema confervicolum</i> Lagerheim				X	X	X
<b>Oedogoniophyceae</b>						
<i>Oedogonium</i> sp.1					X	
<i>Oedogonium</i> sp.2					X	
<i>Oedogonium</i> sp.3		X				
<i>Oedogonium</i> sp.4	X	X	X	X	X	X
<i>Oedogonium</i> sp. 5	X		X		X	X
<b>Zygnemaphyceae</b>						
<i>Cosmarium porrectum</i> Nordstedt				X		
<i>Closterium ehrenberg</i> (Ehrenberg) Reiman & Lewin,		X	X	X		
<i>Hyalotheca</i> sp.1					X	X
<i>Mougeotia</i> sp.1			X			
<i>Mougeotia</i> sp.2					X	
<i>Mougeotia</i> sp.3		X				
<i>Pleurotaenium</i> sp.1		X				
<i>Spirogyra</i> sp.1					X	
<i>Spirogyra</i> sp. 2					X	
<i>Spirogyra</i> sp. 3						X
<b>Rhodophyceae</b>						
<i>Audoiuella</i> sp.1	X		X		X	
<i>Compsopogon</i> sp.1	X	X	X	X	X	X
<b>Euglenophyceae</b>						
<i>Euglena</i> sp.1	X					
<i>Euglena</i> sp.2					X	
<i>Euglena</i> sp.3		X				
<i>Phacus</i> sp.1						X
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Swirenko	X			X	X	X
<b>Chrysophyceae</b>						
<i>Mallomonas</i> sp.1						
<i>Mallomonas</i> sp.2		X	X	X	X	