

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PPG- ECOLOGIA, CONSERVAÇÃO E MANEJO DA VIDA SILVESTRE



Macroinvertebrados bentônicos em lagoas do médio rio Doce, MG: estrutura e composição taxonômica e funcional das comunidades

Liss Gato Cupertino Santos

Belo Horizonte
2014

Liss Gato Cupertino Santos

**Macroinvertebrados bentônicos em lagoas do médio rio
Doce, MG: estrutura e composição taxonômica e funcional
das comunidades**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Orientador: Francisco Antônio R. Barbosa
Coorientadora: Maria Margarida G. S. M. Marques

Belo Horizonte
2014

Dedico este trabalho aos meus pais, com todo meu amor e gratidão!

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador, Professor Francisco Barbosa, por me apresentar à limnologia e me orientar desde o início na pesquisa, me incentivar e acompanhar durante todos os anos em que estive em seu laboratório.

À minha coorientadora Maria Margarida Marques (Meg), por todo o auxílio e orientação durante vários anos, pela disponibilidade em tirar minhas dúvidas e dar sugestões e palpites, sempre bem vindos e essenciais para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

À banca, Professor Henrique Paprocki, Professora Paulina Maia-Barbosa e Professora Teofânia Vidigal por se disporem à leitura e análise do trabalho.

Aos meus colegas do LIMNEA, que se tornaram verdadeiros amigos durante todo este tempo, tanto os mais antigos quanto os que chegaram há pouco, em especial Paulinha, Lorena, Thécia, Raquel, Nat, Karine, Taci, Marcelo, Maione, Graça, e tantos outros que por lá passaram. Agradeço a todos pela ótima convivência e pelos momentos divertidos que vivemos, bem como pelas ajudas com as coletas e com as análises de laboratório.

Ao Diego Pujoni, também colega do LIMNEA, pelo grande auxílio com as análises estatísticas, por sua disponibilidade e boa vontade em ajudar sempre, não só a mim como a todos os colegas.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre pela enorme contribuição para minha formação, e aos secretários do programa, Fred e Cris, por todo o apoio.

Ao pessoal do laboratório Nuvelhas, em especial ao Prof. Marcos Callisto por ter permitido o uso de suas instalações e equipamentos e à Juliana França por me acompanhar no desenvolvimento das análises de sedimento. Agradeço muito também à Kele e à Letícia, pelas conversas e material sobre bentos, e auxílio na identificação de alguns organismos.

Aos meus pais, pelo amor incondicional, apoio, carinho e suporte que tive durante toda a vida, por serem grandes exemplos para mim e pela amizade de sempre. Serei

eternamente grata! Ao Biel, pelo enorme companheirismo, amor, carinho e apoio! Amo vocês!

Ao restante da minha família, avós, padrinhos, tios e primos, que de uma forma ou outra sempre estiveram presentes, e também fazem parte desta conquista.

A todos os meus amigos, companheiros de sempre que amo muito, em especial Bia, Renatinha, Dani, Fê, Bella, a “família A Árvore” e toda a turma da “Biologia PUC/Federal”.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado a mim concedida.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) pelo financiamento do projeto através do Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD-Site 4).

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	6
LISTA DE FIGURAS	6
RESUMO	10
ABSTRACT	11
1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS.....	17
2.1. Objetivo Geral.....	17
2.2. Objetivos Específicos	17
3. MATERIAIS E MÉTODOS	17
3.1. Área de Estudo.....	17
3.2. Amostragem.....	20
3.3. Análises dos dados.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1. Parâmetros ambientais	26
4.2. Análise Taxonômica da Comunidade Bentônica.....	35
4.2.1. Riqueza, Abundância e Diversidade.....	35
4.2.2. Estrutura e composição da fauna bentônica	42
4.2.3. Associação entre taxa e variáveis físicas e químicas.....	56
4.3. Análise Funcional da Comunidade Bentônica.....	58
4.3.1. Definição dos Tipos Funcionais	58
4.3.2. Caracterização dos Tipos Funcionais	61
4.3.3. Associação entre os TFs e as variáveis ambientais	65
4.3.4. Abundância e Composição dos TFs nas Comunidades.....	67
5. CONCLUSÕES.....	76
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
ANEXOS.....	86
Anexo I	86
Anexo II	90
Anexo III	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Coordenadas geográficas, altitude, profundidade, índice de desenvolvimento de margem (DL) e área das lagoas estudadas (modificado de Barros, 2010).....	20
Tabela 2. Características ambientais das margens dos pontos de amostragem nas lagoas Carioca, Dom Helvécio, Gambazinho e Jacaré, PERD-MG.....	21
Tabela 3. Características dos organismos e suas modalidades (adaptação de Usseglio-Polatera, 1994).....	24
Tabela 4. Valores máximos, mínimos, médias e desvio padrão das variáveis físicas e químicas da água em cada ponto das lagoas Carioca, Dom Helvécio, Gambazinho e Jacaré, no PERD-MG.....	29
Tabela 5. Médias por período (seca e chuva) das variáveis físicas e químicas da água em cada ponto das lagoas Carioca, Dom Helvécio, Gambazinho e Jacaré, no PERD-MG.....	31
Tabela 6. Número de taxa encontrados nos diferentes pontos das lagoas Carioca, Dom Helvécio, Gambazinho e Jacaré, representando separadamente a quantidade de taxa presentes em todos os pontos ou em dois deles, e os taxa exclusivos de cada ponto de coleta.....	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Variação mensal da temperatura média do ar (linha) e da precipitação acumulada (barras) nos meses de janeiro a dezembro (valores médios entre 2004 e 2008). Dados da estação climatológica do PERD. Fonte: Barros (2010).	18
Figura 2. Parte do Sistema lacustre do médio Rio Doce, evidenciando os limites do Parque Estadual do Rio Doce e os lagos estudados (1 a 4). Imagem cedida pelo Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais – IEF/MG (modificada).	19
Figura 3. Imagem de satélite mostrando a localização aproximada dos pontos de coleta na região litorânea das lagoas Carioca, Dom Helvécio, Gambazinho e Jacaré, no PERD-MG. Fonte: www.earth.google.com	20
Figura 4. Exemplos de Matrizes para análise funcional dos organismos. Matriz “Bio”= Taxa x Atributos; Matriz “Com”= Taxa x Comunidades; Matriz “Ecos”= Variáveis Ambientais x Comunidades. Fonte: modificado de Pillar (2004).	25
Figura 5. Teores de matéria orgânica no sedimento em cada ponto das lagoas Carioca, Dom Helvécio, Gambazinho e Jacaré (PERD-MG), nos períodos de seca e chuva.	32

- Figura 6.** Porcentagem média de cada tipo de substrato nos pontos amostrais das lagoas Carioca, Dom Helvécio, Gambazinho e Jacaré (PERD-MG). AMG= areia muito grossa; AG= areia grossa; AM= areia média; AF= areia fina; AMF= areia muito fina; S+Argila= silte e argila.33
- Figura 7.** Análise de Componentes Principais (PCA) das variáveis abióticas nas lagoas estudadas, onde: Temp= temperatura da água; Cond= condutividade elétrica; OD= oxigênio dissolvido; NT= nitrogênio total; PT=fósforo total; MO= matéria orgânica; Casc=cascalho; AG= areia grossa (agrupando areia muito grossa e areia grossa); AM= areia média; AF= areia fina (agrupando areia fina e areia muito fina); S+Arg= silte e argila. Os pontos que representam as lagoas Gambazinho e Jacaré estão circulosados de verde e de roxo, respectivamente, evidenciando seu agrupamento.34
- Figura 8.** Análise de Componentes Principais (PCA) das variáveis abióticas nos períodos estudados, onde: Temp= temperatura da água; Cond= condutividade elétrica; OD= oxigênio dissolvido; NT= nitrogênio total; PT=fósforo total; MO= matéria orgânica; Casc=cascalho; AG= areia grossa (agrupando areia muito grossa e areia grossa); AM= areia média; AF= areia fina (agrupando areia fina e areia muito fina); S+Arg= silte e argila. Os pontos que representam os períodos de seca e chuva estão circulosados de vermelho e de azul, respectivamente, evidenciando seu agrupamento. ...35
- Figura 9.** Riqueza de taxa e abundância de indivíduos em cada coleta realizada, considerando os organismos de todas as lagoas estudadas.36
- Figura 10.** Média e desvio padrão da riqueza de taxa e da abundância de indivíduos na seca e na chuva, considerando os organismos de todas as lagoas estudadas.37
- Figura 11.** Riqueza de taxa e abundância de indivíduos em cada uma das lagoas estudadas, considerando todos os períodos de coleta.39
- Figura 12.** Média e desvio padrão da riqueza de taxa e da abundância de indivíduos em cada umas das lagoas estudadas, considerando todos os períodos de coleta.39
- Figura 13.** Riqueza de taxa e abundância de indivíduos em cada ponto das lagoas estudadas, considerando todos os períodos de coleta.41
- Figura 14.** Média e desvio padrão da riqueza de taxa e da abundância de indivíduos em cada ponto das lagoas estudadas, considerando todos os períodos de coleta.41
- Figura 15.** Diversidade (Shannon-Wiener) em cada ponto das lagoas estudadas e em cada período de coleta.42
- Figura 16.** Abundância relativa dos taxa com maior representatividade (>0.1% da abundância total) em cada um dos pontos amostrados.46
- Figura 17.** Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos nos pontos 1, 2 e 3 da lagoa Carioca (PERD-MG), nos períodos de chuva e seca entre 2011 e 2013. Os gráficos apresentam a abundância total de indivíduos somando os dois períodos de chuva e os dois períodos de seca entre 2011 e 2013.48

- Figura 18.** Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos nos pontos 1, 2 e 3 da lagoa Dom Helvécio (PERD-MG). Os gráficos apresentam a abundância total de indivíduos somando os dois períodos de chuva e os dois períodos de seca entre 2011 e 2013.51
- Figura 19.** Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos nos pontos 1, 2 e 3 da lagoa Gambazinho (PERD-MG). Os gráficos apresentam a abundância total de indivíduos somando os dois períodos de chuva e os dois períodos de seca entre 2011 e 2013.53
- Figura 20.** Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos nos pontos 1, 2 e 3 da lagoa Jacaré (PERD-MG). Os gráficos apresentam a abundância total de indivíduos somando os dois períodos de chuva e os dois períodos de seca entre 2011 e 2013.54
- Figura 21.** Análise de Correlação Canônica entre as variáveis ambientais e os organismos (exceto Turbellaria e Nematoda), onde: Temp= temperatura da água; Cond= condutividade elétrica; OD= oxigênio dissolvido; NT= nitrogênio total; PT= fósforo total; MO= matéria orgânica; Casc= cascalho; AG= areia grossa (agrupando areia muito grossa e areia grossa); AM= areia média; AF= areia fina (agrupando areia fina e areia muito fina); S+Arg= silte e argila; Mollu= Mollusca; Annel= Annelida; Crust= Crustacea; Coleo= Coleoptera; Dipt= Diptera; Ephem= Ephemeroptera; Hemip= Hemiptera; Odon= Odonata e Trich= Trichoptera.56
- Figura 22.** Análise de Correspondência entre os organismos a partir de sua classificação funcional. Obs: os taxa analisados estão representados no gráfico de acordo com as cores dos grupos aos quais fazem parte, indicadas na legenda.59
- Figura 23.** Dendograma contendo a classificação funcional dos organismos obtido a partir do Método de Ward com distâncias euclidianas, baseado nas coordenadas dos taxa nos eixos 1 a 4 da Análise de Correspondência (Figura 22). A linha azul indica o nível de partição que define os grupos com atributos similares. Os quadrados vermelhos indicam quais taxa pertencem a cada um dos Tipos Funcionais, representados pelas letras de A a H.61
- Figura 24.** Perfis de descrição dos Tipos Funcionais baseados nas frequências de distribuição das médias dos escores dos taxa (=afinidade) de cada grupo para cada modalidade e característica.62
- Figura 25.** Análise de Correlação Canônica entre os Tipos Funcionais (letras de A a H) e as variáveis ambientais, onde: Temp= temperatura da água; Cond= condutividade elétrica; OD= oxigênio dissolvido; NT= nitrogênio total; PT= fósforo total; MO= matéria orgânica; Casc= cascalho; AG= areia grossa (agrupando areia muito grossa e areia grossa); AM= areia média; AF= areia fina (agrupando areia fina e areia muito fina) e S+Arg= silte e argila.66
- Figura 26.** Abundância de indivíduos de cada um dos Tipos Funcionais, considerando todos os períodos e locais de coleta.67

Figura 27. Abundância total de indivíduos de cada Tipo Funcional em períodos de seca e chuva, considerando todos os locais de coleta. Obs.: o Tipo C apresentou abundância muito inferior a dos outros nos períodos de seca (N=31) e chuva (N=22), de forma que as barras de valores não chegam a aparecer no gráfico.	68
Figura 28. Abundância relativa de cada um dos Tipos Funcionais encontrados nas lagoas Carioca, Dom Helvécio, Gambazinho e Jacaré (PERD-MG).	69
Figura 29. Abundância relativa dos Tipos Funcionais em cada ponto de coleta da lagoa Carioca (PERD-MG).	72
Figura 30. Abundância relativa dos Tipos Funcionais em cada ponto de coleta da lagoa Dom Helvécio (PERD-MG).	73
Figura 31. Abundância relativa dos Tipos Funcionais em cada ponto de coleta da lagoa Gambazinho (PERD-MG).	73
Figura 32. Abundância relativa dos Tipos Funcionais em cada ponto de coleta da lagoa Jacaré (PERD-MG).	74

RESUMO

Em Ecologia é usual descrever-se uma comunidade através de sua composição em espécies, o que permite determinar padrões espaciais e temporais e suas possíveis conexões com fatores ambientais. Classificações funcionais dos organismos vêm sendo propostas como complemento ou alternativa aos descritores taxonômicos, tendo como base suas características biológicas e ecológicas, que são essenciais para entender e prever as consequências de mudanças em comunidades e ecossistemas. No presente estudo, foram selecionadas quatro lagoas com diferentes níveis de trefia que sofrem impactos variados, localizadas dentro dos limites do Parque Estadual do Rio Doce (Carioca, Dom Helvécio e Gambazinho) e em sua região de entorno (Jacaré), com o objetivo de analisar as comunidades de macroinvertebrados bentônicos utilizando as abordagens taxonômica e funcional. As comunidades zoobentônicas e parâmetros físicos e químicos da água e do sedimento das lagoas foram amostrados sazonalmente entre 2011 e 2013. Riqueza de taxa (71) e abundância de indivíduos (25.367) apresentaram variação sazonal, e refletiram um padrão associado às condições de preservação ambiental das lagoas, tendo os ambientes mais preservados apresentado maior número de taxa e de indivíduos. A composição e estrutura das comunidades também diferiram entre as lagoas, com dominância do molusco invasor *Melanooides tuberculatus* nas lagoas Dom Helvécio e Jacaré, mais impactadas, e da família de díptera Chironomidae nas lagoas Carioca e Gambazinho, mais preservadas. Os diferentes grupos taxonômicos associaram-se aos parâmetros ambientais abióticos, confirmando a influência das condições do habitat na distribuição dos organismos. A análise funcional resultou em agrupamento dos organismos com maior semelhança em suas características, dando origem a oito Tipos Funcionais (TFs), os quais apresentaram correlação com as variáveis ambientais. A composição de TFs não diferiu muito entre as lagoas, mas a estrutura de cada comunidade é distinta, com o TF dominante nas lagoas Dom Helvécio e Jacaré apresentando características de acordo com o esperado para locais impactados (como rápido crescimento populacional, presença de hemoglobina, entre outros). De forma diferente, nas lagoas Carioca e Gambazinho, apenas parte das características esperadas para organismos de locais preservados foram encontradas nos taxa mais dominantes nesses locais. Os pontos de Dom Helvécio e Jacaré apresentaram maior variação na composição de TFs entre si do que os pontos das outras lagoas, provavelmente devido à maior heterogeneidade ambiental encontrada naqueles locais.

ABSTRACT

In Ecology it is usual to describe a community through its species' composition, which allows determining spatial and temporal patterns and their possible correlations with environmental factors. Functional classifications of organisms have been proposed as a complement or alternative to taxonomic descriptors, based on their biological and ecological characteristics, which are essential to understand and predict the consequences of changes in communities and ecosystems. In this study, four lakes with distinct trophic levels and under different anthropogenic impact were selected within the boundaries of the Rio Doce State Park (Carioca, Dom Helvécio and Gambazinho) and its surrounding region (Jacaré), aiming to analyze their benthic macroinvertebrate communities using taxonomic and functional approaches. The zoobenthic communities and physical and chemical parameters of water and sediment were sampled seasonally between 2011 and 2013. Taxa richness (71) and abundance of individuals (25.367) showed seasonal variation, and reflected a pattern associated with the level of environmental conservation of the lakes, where the best preserved environments showed higher numbers of taxa and individuals. The composition and structure of communities also differed between lakes, with dominance of the introduced aquatic snail *Melanooides tuberculatus* in lakes Dom Helvécio and Jacaré (the most impacted), and the dominance of Diptera Chironomidae in lakes Carioca and Gambazinho (the most preserved ones). The different taxonomic groups were related to abiotic environmental parameters, confirming the influence of habitat conditions in the distribution of organisms. Functional analysis resulted in groups of organisms with similar traits, giving rise to eight Functional Types (FT), which were correlated with environmental variables. The composition of Functional Types did not differ much between the lakes, but the structure of each community is distinct, with the dominant FT in lakes Dom Helvécio and Jacaré presenting characteristics as expected for impacted sites (such as fast populational growth, presence of hemoglobin, among others). Unlikely, in lakes Carioca e Gambazinho, not all characteristics of the dominant type fit into the expected. The sites inside lakes Dom Helvécio and Jacaré showed higher variation in the composition of Functional Types amongst each other than amongst points of the other lakes, probably because of the greater environmental heterogeneity in those locations.

1. INTRODUÇÃO

A comunidade de macroinvertebrados bentônicos, organismos que vivem diretamente associados ao substrato de fundo de ambientes aquáticos, tem destacada importância nos processos ecológicos desses ecossistemas. Esses organismos apresentam papel central no fluxo de energia e na dinâmica de nutrientes do ambiente, pois contribuem com a fragmentação e decomposição da matéria orgânica, além de participar da cadeia alimentar de peixes e outros organismos aquáticos (McCafferty, 1981; Esteves, 2011).

O zoobentos é uma comunidade diversificada, composta por vários grupos taxonômicos, dos quais os mais representativos são as larvas de insetos, e também representantes de Annelida, Mollusca e Crustacea (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2008). Os indivíduos pertencem a guildas tróficas diversas, podendo ocupar nichos variados, o que torna esse grupo amplamente distribuído e diversificado nos ecossistemas.

A variação dos parâmetros físicos e químicos da água, velocidade das correntes, concentração de matéria orgânica, tipos de substrato e transporte de sedimentos, exercem influência e podem alterar a composição, a estrutura e o funcionamento dessas comunidades (Vannote et al., 1980; Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2008). A riqueza de espécies de invertebrados aquáticos é fortemente influenciada por perturbações antrópicas, que podem levar à extinção local de taxa e causar discontinuidades espaciais em gradientes previsíveis. Particularmente insetos aquáticos das ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT), os quais são frequentemente indicadores de boas condições do ambiente (Rosemberg & Resh, 1993; Compin & Céréghino, 2003; Goulart & Callisto, 2003; Caldeira et al., 2013), são sensíveis aos impactos de atividades humanas nos ecossistemas. Dessa forma, invertebrados aquáticos apresentam grande importância como indicadores ambientais no monitoramento da qualidade de água (Bonada et al., 2006; Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2008) e têm sido amplamente utilizados há bastante tempo com essa finalidade (Rosenberg & Resh, 1993; Bonada et al., 2006).

Ferramentas de medida da qualidade dos ecossistemas aquáticos, como o uso de macroinvertebrados bentônicos, podem ser aplicadas para auxiliar nos processos de

avaliação ambiental, agindo efetivamente na indicação de áreas de particular interesse para conservação. Alguns dos parâmetros da comunidade mais comumente utilizados para a avaliação da saúde dos corpos d'água são: diversidade de organismos, índices comparativos entre comunidades sob diferentes impactos, proporções de organismos indicadores de poluição, composição de espécies e abundância de grupos funcionais (Marques, 2004).

Em Ecologia é usual descrever-se uma comunidade por sua composição em espécies, o que permite, através de comparações, descortinarem-se padrões espaciais e temporais e suas possíveis conexões com fatores ambientais bióticos ou abióticos. Apesar de comum, tal descrição permite inferências apenas a limites geográficos restritos, pois a distribuição geográfica dos taxa é desigual. Além do que, ao ter como unidade básica a espécie, os processos ecológicos fundamentais na manutenção da estrutura da comunidade são ignorados (Pillar, 2004).

Para contornar tais limitações, há muito tempo vêm sendo propostas classificações funcionais dos organismos que se mostram essenciais para entender e prever as consequências de mudanças, locais ou globais, em comunidades e ecossistemas (Woodward & Cramer, 1996). Formas de crescimento, formas de vida, estratégias reprodutivas, guildas, têm sido utilizados então para classificar plantas e animais de acordo com seus tipos funcionais (Wilson, 1999).

Atualmente, é amplamente reconhecido que a biodiversidade abrange muitos outros fatores além de apenas números de espécies, em particular a inclusão de atributos funcionais (Bêche & Stutzner, 2009). Atributos são propriedades mensuráveis dos organismos, e os atributos funcionais compreendem aquelas propriedades que influenciam fortemente o seu desempenho no ambiente (McGill et al., 2006). Em qualquer comunidade biológica, um tipo funcional (TF) é um grupo de organismos, filogeneticamente relacionados ou não, que se assemelham em: i) um certo conjunto de características (ex.: tamanho de corpo, tipo de aparato bucal, longevidade); ii) nas respostas a fatores ambientais (ex.: recursos disponíveis, regime de perturbações); iii) nos seus efeitos sobre processos ecossistêmicos (ex.: produtividade, decomposição, fragmentação de serapilheira) (Pillar, 2004). Em trabalhos com invertebrados terrestres, por exemplo, espécies com o mesmo nível trófico mas com outros atributos funcionais contrastantes podem mostrar interações sinérgicas, afetando de modos distintos (e

possivelmente complementares) a fragmentação da serapilheira (Podgaisk et al., 2011). Segundo Silva & Brandão (2010), a análise funcional é fortemente operacional para taxa hiperdiversos, como os invertebrados.

A abordagem funcional representa um importante complemento ao uso dos tradicionais descritores taxonômicos (Silva & Brandão, 2010), e traz benefícios ao entendimento de padrões de organização das comunidades e relação com serviços ecossistêmicos, determinando dimensões da biodiversidade de uma maneira simplificada, abrangente e preditiva (Podgaisk et al., 2011). Esse tipo de estudo pode ser mais informativo do que a abordagem taxonômica para investigar a relação entre o ambiente físico e as respostas da comunidade (Bêche et al., 2006), inclusive de ambientes alterados pelo homem (Poff et al., 2006), sendo apontada como uma das ferramentas mais promissoras para biomonitoramento de ecossistemas de água doce (Menezes et al., 2010). Em seu estudo utilizando atributos de macroinvertebrados que habitam rios franceses, Usseglio-Polatera et al. (2000a) concluíram que a análise envolvendo características das espécies foi capaz de avaliar o estado atual dos ecossistemas, discriminar entre diferentes tipos de impacto humano, e desenvolver ferramentas de monitoramento considerando a diversidade funcional das comunidades. Comparando-se indicadores baseados em atributos funcionais e o índice BMWP (um dos índices bióticos mais amplamente utilizados) para determinar a sensibilidade de macroinvertebrados à poluição orgânica, encontrou-se estreita correspondência entre as duas abordagens, podendo a utilização das características dos organismos ser relevante também na avaliação de outros estressores dos ambientes aquáticos (Monaghan & Soares, 2012).

A utilização de atributos de espécies para caracterizar a composição funcional de comunidades de invertebrados bentônicos tornou-se bem estabelecida na literatura ecológica (*e.g.* Usseglio-Polatera et al., 2000a, 2000b; Poff et al., 2006; Bonada et al., 2007; Bêche & Stanzner, 2009). Muitos dos estudos vinham sendo desenvolvidos em ambientes de clima temperado, porém, Tomanova et al. (2008) afirmam que essa abordagem pode ser utilizada com eficácia para biomonitoramento de águas neotropicais, como comprovado por seu trabalho que sugere forte relação entre condições do habitat e estrutura funcional da comunidade, proporcionando assim um apoio substancial para a teoria Habitat-Templet (Townsend & Hildrew, 1994). Tal teoria foi base para o estudo de Marques (2004), desenvolvido também com

macroinvertebrados em região de clima tropical. De acordo com Usseglio-Polatera et al. (2000a), algumas combinações de características biológicas e da história de vida (especialmente adaptações reprodutivas, fisiológicas e comportamentais) são selecionadas em função das características ambientais dos habitats. Consequentemente, para explicar a distribuição local de organismos aquáticos, deve-se estudar a relação entre os atributos dos organismos e a variabilidade ambiental.

Em estudos utilizando atributos funcionais, a resolução taxonômica a nível de gênero e/ou família resultou em aplicação bem sucedida de atributos para caracterizar comunidades aquáticas para fins de bioavaliação (Dolédec et al., 1998, 2000; Gayraud et al., 2003), não sendo necessária a identificação a nível de espécie, que por vezes é mais dispendiosa e sujeita a erros (Viera et al., 2006). A principal dificuldade da abordagem de TFs na análise de comunidades e ecossistemas é como definir os tipos, quais são os atributos relevantes e quais os métodos apropriados de classificação (Pillar, 2004). Um atributo relevante seria a expressão observável (e, preferencialmente, quantificável) de uma forma ou comportamento associado, em termos de ocorrência ou performance, a alterações em fatores ou efeitos ecossistêmicos (Pillar, 1999).

Segundo Paula et al. (1997) a região do médio rio Doce resume os grandes problemas ambientais brasileiros, sofrendo as suas águas de múltiplos estresses provenientes de atividades econômicas impactantes e do crescimento populacional acentuado nas últimas décadas. A região é ocupada por áreas de pastagem, indústria metalúrgica, além de vastas áreas com cultivo de *Eucalyptus* spp., promovendo impactos significativos no sistema lacustre (Brito et al., 1997).

A introdução de espécies exóticas é um dos mais influentes e menos reversíveis efeitos humanos em comunidades e no funcionamento dos ecossistemas naturais (Simberloff, 1996), sendo a extinção de espécies nativas um dos mais graves resultados decorrentes desse processo (Ricciardi & MacIsaac, 2000). O Parque Estadual do Rio Doce (PERD) em Minas Gerais vem sofrendo grandes impactos negativos com essa problemática que se espalha em suas lagoas. Cerca de sete espécies não nativas de peixes são encontradas atualmente no sistema lacustre do médio rio Doce (Sunaga & Verani, 1991; Latini et al., 2004; Oporto, 2013), sendo elas o tucunaré *Cichla kelberi* Kullander & Ferreira, 2006, o apaiari *Astronotus* cf. *ocellatus* (Agassiz, 1831), a piranha *Pygocentrus nattereri* Kner, 1858, o tamboatá *Hoplosternum littorale* (Hancock, 1828),

o bagre-africano *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) e as tilápias *Tilapia rendalli* (Boulenger, 1897) e *Oreochromis cf. niloticus* (Linnaeus, 1758). Além dos peixes, os moluscos exóticos também chamam a atenção pelo aumento da área infestada na região. O gastrópode *Melanooides tuberculatus* (Müller, 1774) originário da Ásia (Pointier & McCulloch, 1989) ocorre em altas densidades em lagoas do PERD (De Marco, 1999; Lucca, 2006). Ainda não existem estudos que mostrem os reais efeitos da presença compartilhada de *M. tuberculatus* sobre a biodiversidade da fauna bentônica, mas especula-se que a população dessa espécie pode interferir eliminando espécies nativas. Em estudos na bacia do rio Piracicaba, trecho médio da bacia do rio Doce (Vidigal et al., 2005), observou-se que a espécie possui grande potencial invasor que pode resultar em desequilíbrio ecológico em áreas preservadas.

Diante disso, a partir do desenvolvimento de trabalhos enfocando a estrutura taxonômica e funcional das comunidades será possível avaliar impactos desses distúrbios nas comunidades de macroinvertebrados bentônicos.

Hipótese

A estrutura e a composição taxonômica e de Tipos Funcionais das comunidades de macroinvertebrados bentônicos são influenciadas pelas características ambientais das lagoas.

Predições

1) A riqueza e a composição taxonômica de macroinvertebrados bentônicos variam tanto entre lagoas com diferentes características ambientais, quanto entre diferentes regiões de uma mesma lagoa.

2) A riqueza e a composição de Tipos Funcionais de macroinvertebrados bentônicos variam tanto entre lagoas com diferentes características ambientais, quanto entre diferentes regiões de uma mesma lagoa.

3) Os perfis de características apresentadas pelos Tipos Funcionais estão relacionados às condições ambientais das lagoas em que eles se encontram.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Analisar a estrutura e a composição das comunidades de macroinvertebrados em quatro lagoas, utilizando as abordagens taxonômica e funcional, verificando a interferência de fatores ambientais na distribuição e abundância dos organismos.

2.2. Objetivos Específicos

- Determinar riqueza, abundância e diversidade, e analisar a composição da fauna de macroinvertebrados bentônicos em diferentes lagoas;
- Avaliar a influência de fatores ambientais (variáveis físicas e químicas da água e do sedimento) sobre a estrutura das comunidades;
- Avaliar os taxa em conjuntos de atributos funcionais, selecionando Tipos Funcionais (TFs) a partir das suas características biológicas e ecológicas;
- Associar TFs a fatores ou efeitos ambientais;
- Identificar padrões temporais e espaciais de estruturação funcional das comunidades, relacionados à qualidade/degradação ambiental e sazonalidade, em diferentes escalas espaciais.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área de Estudo

A bacia do rio Doce localiza-se na região leste do Brasil, abrangendo uma área de drenagem de 83.400 km², dos quais 86% pertencem a Minas Gerais e 14% ao Espírito Santo. O sistema de lagos do médio rio Doce, está situado em área de Mata Atlântica, com duas estações climáticas bem definidas (Barbosa & Tundisi, 1980): a seca, compreendida entre os meses de abril e setembro, e a chuvosa, entre os meses de outubro e março (Figura 1).

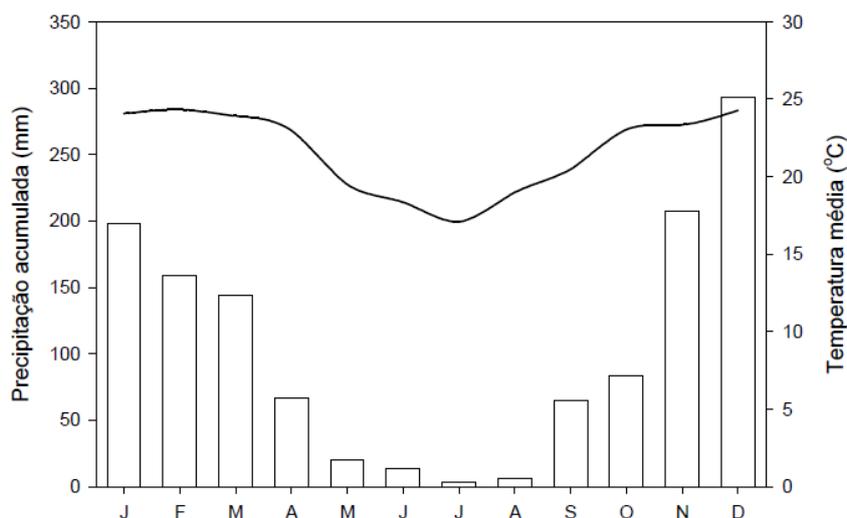


Figura 1. Variação mensal da temperatura média do ar (linha) e da precipitação acumulada (barras) nos meses de janeiro a dezembro (valores médios entre 2004 e 2008). Dados da estação climatológica do PERD. Fonte: Barros (2010).

Apesar dos impactos provenientes do desenvolvimento de atividades econômicas e do crescimento populacional (Paula et al., 1997), a região mantém ainda o maior fragmento contínuo de Mata Atlântica no estado de Minas Gerais, o Parque Estadual do Rio Doce (PERD). Esta área torna-se, assim, um local excelente para o desenvolvimento de pesquisas em meio ambiente, podendo constituir área de referência para a definição de padrões de qualidade de água. O PERD (19°29'24" - 19°48'18" S; 42°32'01" - 42°38'30" W), com área de 36.000 ha, abriga c. 51 dos 202 lagos pertencentes ao trecho médio da bacia do rio Doce, e sua matriz de entorno é composta principalmente por grandes plantações de *Eucalyptus* spp., pastagens e áreas de agricultura diversificada (Barbosa & Moreno, 2002). A região foi estabelecida desde 1999 como o site 4 do Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD), no âmbito do qual o presente trabalho foi desenvolvido.

O estudo foi realizado em quatro lagoas (Figura 2), sendo três dentro do PERD (Dom Helvécio, Carioca e Gambazinho) e uma na região de seu entorno (Jacaré), incluindo áreas com diferentes impactos antrópicos.

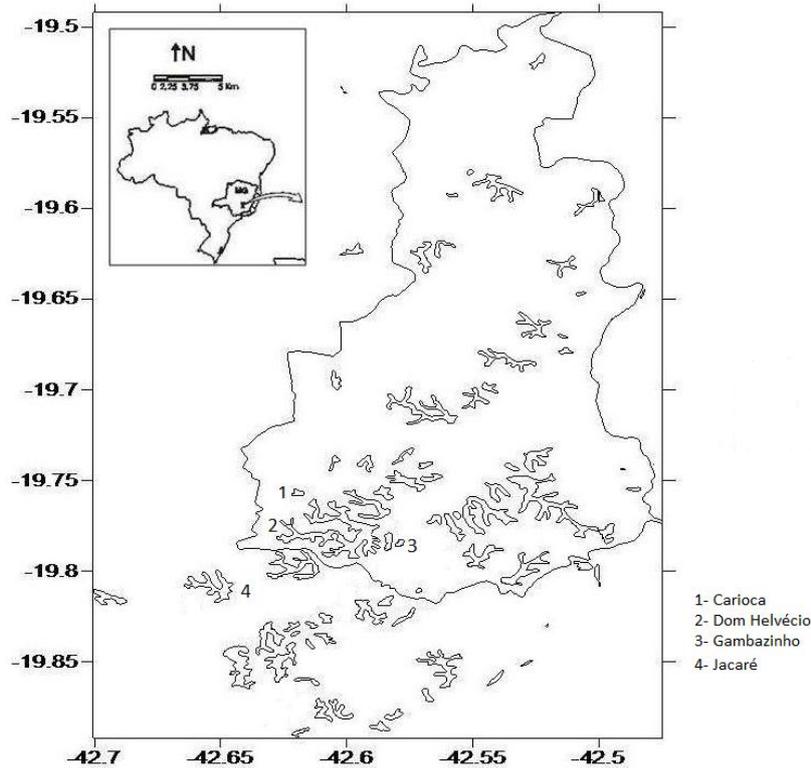


Figura 2. Parte do Sistema lacustre do médio Rio Doce, evidenciando os limites do Parque Estadual do Rio Doce e os lagos estudados (1 a 4). Imagem cedida pelo Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais – IEF/MG (modificada).

O lago Dom Helvécio, maior e mais profundo lago do sistema, situa-se dentro dos limites do PERD, porém, é aberto a turistas para pesca desportiva, banho e passeios de barco. A lagoa Carioca, também dentro do PERD, não é aberta a visitantes e apresenta-se mais preservada, com extensa floresta de Mata Atlântica em seu entorno, assim como a lagoa Gambazinho, sendo essa última a única que ainda não apresenta registros de espécies exóticas de peixes e moluscos. A lagoa Jacaré localiza-se fora dos limites do PERD, é circundada por monoculturas de *Eucalyptus* spp. e abriga um clube de pesca, recebendo lançamentos de efluentes domésticos não tratados.

Características morfométricas e as coordenadas geográficas de cada um dos lagos estudados são mostradas na Tabela 1.

Tabela 1. Coordenadas geográficas, altitude, profundidade, índice de desenvolvimento de margem (DL), e área das lagoas estudadas no PERD-MG (modificado de Barros, 2010).

Lagoa	Coordenadas geográficas	Altitude (m)	Prof. máx (m)	DL	Área km ²	Área da bacia km ²
Carioca	19° 45'26,0''S 042°37'06,2''W	270	10,0	1,28	0,13	0,67
D. Helvécio	19° 46'55,7''S 042°35'28,9''W	257	28,0	4,93	5,27	14,58
Gambazinho	19° 47'07,7''S 042°34'45,5''W	260	10,0	2,90	0,09	0,11
Jacaré	19° 48'37,8''S 042°38'57,0''W	269	8,5	1,28	1,22	4,55

3.2. Amostragem

As coletas foram realizadas levando-se em consideração as flutuações sazonais de pluviosidade. Foram feitas quatro campanhas, sendo duas em períodos de chuva (dezembro/2011 e janeiro/2013) e duas em períodos de seca (agosto/2011 e agosto/2012), completando assim dois ciclos hidrológicos.

Em cada lagoa foram definidos três pontos de amostragem na região litorânea, sendo a localização aproximada de cada um deles apresentadas na Figura 3.



Figura 3. Imagem de satélite mostrando a localização aproximada dos pontos de coleta na região litorânea das lagoas Carioca, Dom Helvécio, Gambazinho e Jacaré, no PERD-MG. Fonte: www.earth.google.com

Os pontos em cada lago apresentam características ambientais diferentes entre si - áreas de borda de mata com acúmulo de serrapilheira, margens com bancos de macrófitas, locais que mesclam essas duas características, e margens sem vegetação (Tabela 2).

Tabela 2. Características ambientais das margens dos pontos de amostragem nas lagoas Carioca, Dom Helvécio, Gambazinho e Jacaré, no PERD-MG.

	P1	P2	P3
D. Helvécio	Banco misto de macrófitas (diversos tipos)	Borda de mata	Borda de mata e banco de macrófitas emergentes e submersas
Carioca	Borda de mata e serrapilheira	Borda de mata e serrapilheira	Banco de macrófitas emergentes e submersas
Gambazinho	Borda de mata e serrapilheira	Borda de mata e macrófitas submersas	Borda de mata e banco de macrófitas emergentes e submersas
Jacaré	<i>Eucalyptus</i> sp. no entorno; margem arenosa; algumas macrófitas submersas	Borda de mata e serrapilheira	Banco de macrófitas emergentes e submersas

Parâmetros físicos e químicos da água- Amostragem e análise

Em cada ponto de amostragem foi realizada *in situ* a caracterização física e química da água, utilizando-se uma sonda modelo Hydrolab DS 5 - Hydromet Inc. para determinar na sub-superfície: temperatura (°C), pH, oxigênio dissolvido (mg/L) e condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Foram coletadas amostras de água para determinação em laboratório dos nutrientes fósforo total ($\mu\text{g}/\text{L}$) segundo MACKERETH et al. (1978) com amostras não filtradas, e nitrogênio total ($\mu\text{g}/\text{L}$) determinado por combustão em TOC Analyzer (modelo TOC-L CSH/CSN – Shimadzu).

Parâmetros do sedimento- Amostragem e análise

Amostras de sedimento foram coletadas em cada ponto de amostragem para determinação da granulometria e teores de matéria orgânica, após secagem em estufa a 60°C durante 72 horas, sendo as análises realizadas no NuVelhas - Núcleo

Transdisciplinar e Transinstitucional pela Revitalização da bacia do Rio das Velhas (UFMG).

- Composição granulométrica: Determinada segundo Suguio (1973), modificada por Callisto & Esteves (1996). Após secagem do sedimento a amostra foi macerada para separação dos aglomerados e então foram retiradas porções de 100g. Essas porções foram submetidas a uma série de peneiras (16,00; 4,00; 1,00; 0,50; 0,250; 0,125 e 0,063 mm - gravimetria) por 30 minutos e as frações retidas em cada peneira, pesadas individualmente para a determinação das proporções de cada tipo de sedimento nas amostras: seixos (16,00mm); cascalho (4,00 mm); areia muito grossa (1,00 mm); areia grossa (0,50 mm); areia média (0,250 mm); areia fina (0,125 mm); areia muito fina (0,063 mm) e silte + argila (menor que 0,063 mm).

- Teores de Matéria Orgânica: Após a secagem do sedimento, foram retiradas duas alíquotas de 0,3 g de cada amostra, maceradas e queimadas em mufla por 4 horas a 550°C. As frações de sedimento foram levadas à mufla em cadinhos de porcelana previamente queimados a 550°C durante 1 hora (para retirar vestígios de umidade) e tarados.

Os teores de matéria orgânica foram calculados como a diferença entre o peso inicial da amostra e o peso após a incineração (Esteves et al., 1995), a partir da seguinte fórmula:

$$\% \text{PPC} = \frac{P1 - P3}{P2} \times 100$$

Onde:

%PPC – Porcentagem de Perda por Calcinção

P1 – Peso do Cadinho + Peso da Amostra

P2 – Peso da Amostra

P3 – Peso do Cadinho + Peso da Amostra Calcificada

Macroinvertebrados Bentônicos

A comunidade zoobentônica foi coletada a partir do método “hand net” conforme Macan (1978), utilizando-se rede com malha de $\approx 350 \mu\text{m}$. Em cada estação de amostragem foram colhidas amostras em triplicata, fazendo arrastos de aproximadamente 0,5 metro cada no sedimento, procurando manter-se igual esforço amostral em todos os pontos coletados. O material coletado foi fixado com formalina

bruta e levado ao laboratório, onde foi feita a lavagem do mesmo sobre bateria de peneiras de malhas de tamanho decrescente (2mm, 1mm; 0,5mm e 0,25mm). Os organismos retidos em cada peneira foram triados, contados e identificados até o menor nível taxonômico possível. A identificação dos organismos foi feita com a utilização das seguintes chaves taxonômicas: Costa et al. (2006), McCafferty (1981), Merritt & Cummins (1984), Mugnai et al. (2010) e Nieser & Melo (1997).

3.3. Análises dos dados

Variáveis Ambientais e Biológicas (Riqueza, Abundância e Diversidade)

A normalidade dos resíduos e a homogeneidade das variâncias dos dados foram testadas. A partir dos resultados dessas análises definiu-se, em cada caso, a utilização dos testes mais adequados (paramétricos ou não-paramétricos). As diferenças nos parâmetros físicos, químicos e biológicos entre as lagoas, entre os pontos e entre os períodos foram verificadas através de testes T de Student, Kruskal-Wallis e Mann-Whitney. Essas análises foram feitas utilizando o programa Statistica 7.0.

Para analisar a variância nos valores dos parâmetros ambientais mensurados, recorreu-se a Análise de Componentes Principais (PCA). As relações entre as variáveis do habitat e as variáveis biológicas foram avaliadas a partir de Análise de Correlação Canônica (CCA). Ambas as análises foram realizadas no programa Past.

Avaliação das populações em atributos funcionais

Informações sobre ecologia de populações e história de vida dos taxa encontrados foram recolhidas da literatura, e as características (atributos funcionais) de cada táxon assinaladas em modalidades (categorias) como mostrado na Tabela 3. Foram avaliados em atributos funcionais apenas os taxa que estavam presentes em mais de 5% das amostras e que, ao mesmo tempo, representavam mais de 0,1% da abundância total de indivíduos.

As informações sobre os organismos foram retiradas da seguinte literatura: Merritt & Cummins (1984), Carvalho & Nessimian (1998), Irving et al. (2004), Marques (2004), Domínguez et al. (2006), Tomanova et al. (2006), Vieira (2006), Brusca & Brusca (2007), Castiglioni (2007), Tomanova et al. (2008), Trivinho-Strixino (2011).

Tabela 3. Características dos organismos e suas modalidades (adaptação de Usseglio-Polatera, 1994).

Características	Modalidades	Características	Modalidades
1) Tamanho do Corpo	1) ≤ 5mm 2) >5-10mm 3) >10-20mm 4) >20-40mm 5) >40mm	2) Número de gerações/ano	1) <1 2) 1 3) >1
3) Técnica reprodutiva	1) Partenogênese 2) Sexuada 3) Fissão transversal	4) Flexibilidade do corpo	1) Nenhuma (<10°) 2) Baixa (>10-45°) 3) Alta (>45°)
5) Ligação ao substrato	1) Imaturo nadador 2) Adulto nadador 3) Imaturo rastejante 4) Adulto rastejante 5) Imaturo enterrado 6) Adulto enterrado	6) Oviposição	1) Ovos separados 2) Ovos agregados 3) Na vegetação 4) Na água 5) No sedimento 6) Cuidado parental 7) Ovoviviparidade
7) Forma do corpo	1) Imaturo achatado 2) Adulto achatado 3) Imaturo cilíndrico 4) Adulto cilíndrico 5) Imaturo esférico 6) Adulto esférico	8) Grupo funcional de alimentação	1) Fragmentador 2) Raspador 3) Catador 4) Filtrador 5) Predador
9) Itens alimentares	1) Detrito <1mm 2) Detrito >1mm 3) Plantas <1mm 4) Plantas >1mm 5) Animais <1mm 6) Animais >1mm	10) Respiração	1) Branquial 2) Tegumentar 3) Espiráculo/Sifão 4) Plastron
11) Hemoglobina	1) Presente 2) Ausente		

Cada táxon foi assinalado às modalidades dos atributos usando-se o “código fuzzy” (Usseglio-Polatera, 1991; Chevenet et al., 1994), que codifica o grau em que

cada táxon se enquadra nas várias categorias e ajuda a compensar diferentes níveis de informação disponível para os diferentes taxa (Chevenet et al., 1994). Os taxa foram classificados para cada uma das categorias da seguinte forma: 0, o táxon não se encaixa na categoria; 1, o táxon se encaixa fracamente na categoria; 2, o táxon se encaixa moderadamente na categoria; 3, o táxon se encaixa fortemente na categoria.

Foram construídas três matrizes a partir dos dados obtidos (Figura 4): uma de “taxa por atributos” (Bio), uma de “taxa por comunidades” (Com), e uma de “variáveis ambientais por comunidades” (Ecos). A matriz “Bio” contém a classificação em “código fuzzy” de cada táxon nas diferentes modalidades das características (Anexo III, pág.102); a matriz “Com” contém a abundância absoluta de cada táxon em cada comunidade (diferentes pontos e lagos); e a matriz “Ecos” contém os valores das variáveis ambientais em cada comunidade (diferentes pontos e lagos).

Táxon	Atributos			Táxon	Comunidades		
	Mod.1	Mod.2	Mod.3		1	2	3
A	3	0	2	A	5	25	0
B	2	1	0	B	40	0	0
C	0	3	0	C	0	20	10
D	1	1	2	D	0	10	0
E	0	0	3	E	15	0	20
F	3	2	1	F	10	0	0

Variáveis ambientais		Comunidades		
		1	2	3
Δ°	C	10	15	20
g/L/ano		4	9	14

=Ecos

Figura 4. Exemplos de Matrizes para análise funcional dos organismos. Matriz “Bio”= Taxa x Atributos; Matriz “Com”= Taxa x Comunidades; Matriz “Ecos”= Variáveis Ambientais x Comunidades. Fonte: modificado de Pillar (2004).

Tomando como referência a matriz de “Taxa x Atributos”, foram definidos padrões de agrupamentos dos taxa, selecionando grupos funcionalmente semelhantes em seus atributos, caracterizando os Tipos Funcionais.

Dessa forma, para analisar a relação entre os taxa de acordo com sua classificação funcional e os atributos, foi feita uma Análise de Correspondência

utilizando a Matriz “Bio” (classificação em código fuzzy dos taxa para cada característica).

Baseado em Usseglio-Polatera et al. (2000b), os grupos com conjuntos similares de atributos foram definidos a partir de uma análise de agrupamento (Cluster) utilizando o método de ligação de Ward e distâncias euclidianas. Essa análise de agrupamento teve como base as coordenadas de cada táxon nos primeiros quatro eixos da Análise de Correspondência realizada anteriormente, que juntos explicaram 50% da variação dos dados. A partir do dendograma obtido, foram determinados os grupos de organismos que formaram os TFs. Para isso, definiu-se um nível de partição, ainda de acordo com Usseglio-Polatera et al. (2000b), traçando uma linha através do dendograma a certo nível de similaridade, a qual então determina os grupos resultantes.

Os TFs definidos foram associados à matriz “Com”, dando origem então a uma nova matriz de Tipos Funcionais x Comunidades. Os dados dessa nova matriz, juntamente com os dados da Matriz “Ecos” foram submetidos a uma Análise de Correlação Canônica para verificar a relação entre os TFs e as variáveis ambientais.

As análises de Correspondência, Agrupamento e Correlação Canônica foram realizadas no programa Past.

Para descrever os TFs, foram elaborados perfis de atributos para cada um deles, utilizando as frequências de distribuição das médias dos escores dos taxa de cada grupo para cada modalidade e característica (Usseglio-Polatera et al., 2000b).

As comunidades (diferentes lagoas e diferentes pontos em cada lagoa) foram comparadas com relação a sua composição em TFs.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Parâmetros ambientais

A temperatura da água das lagoas atingiu os maiores valores na chuva de 2013, quando chegou a 32.07°C na Gambazinho, e o menor valor (23.85°C) foi registrado na lagoa Jacaré durante a seca de 2012. As médias de temperatura tiveram valores aproximados (Tabela 4), e as diferenças nesse parâmetro não foram significativas entre as lagoas, apenas entre os períodos de seca e chuva ($Z=-5.938$; $p=0.000$) (Tabela 5).

Médias de temperatura mais altas na chuva do que na seca também foram observados por Barros (2010) em seu trabalho nas mesmas lagoas.

Em geral, todas as lagoas apresentaram águas bem oxigenadas, assim como encontrado por Marques (2004), sendo que apenas o Ponto 1 do lago Dom Helvécio registrou valor de oxigênio dissolvido (OD) abaixo de 5 mg/L, no período de chuva de 2011 (Tabela 4). Assim como para a temperatura, houve diferenças significativas no OD entre seca e chuva ($Z=4.76$; $p=0.002$), evidenciando o efeito da sazonalidade sobre essas duas variáveis (Tabela 5).

Os valores de nitrogênio total variaram de 221 $\mu\text{g/L}$ (lagoa Gambazinho), a 798.2 $\mu\text{g/L}$ (lagoa Carioca). Já o fósforo total atingiu o valor máximo de 82,01 $\mu\text{g/L}$ (lagoa Carioca) e o valor mínimo (8,97 $\mu\text{g/L}$) na lagoa Gambazinho. A lagoa Carioca apresentou as maiores médias para os dois nutrientes, e também a média mais baixa de PT, enquanto a menor média encontrada para NT ocorreu na lagoa Gambazinho (Tabela 4). Os valores desses nutrientes foram significativamente diferentes entre os períodos de seca e chuva (NT: $Z=5.258$; $p=0.000$; e PT: $Z=3.406$; $p=0.000$) (Tabela 5).

O fósforo total apresentou o padrão de variação esperado para nutrientes, ou seja, aumento da concentração nos períodos de chuva, quando ocorre maior carreamento de material externo pelas águas de enxurrada para o interior dos corpos d'água, e diminuição da concentração na época de seca. Porém, para o nitrogênio total observou-se padrão inverso ao esperado, com maiores valores de concentração nos períodos de seca (Tabela 5). A circulação total ou parcial da coluna d'água durante o período de seca pode levar à disponibilização de nutrientes que estavam concentrados no sedimento, ocasionando os níveis mais altos de N total encontrados nessa época.

A condutividade atingiu seu valor mais alto (43 $\mu\text{S/cm}$) na lagoa Jacaré (seca/2012) e o mais baixo (10 $\mu\text{S/cm}$) na lagoa Gambazinho durante a seca de 2011. Essas mesmas lagoas também apresentaram, respectivamente, as maiores e as menores médias de condutividade elétrica (Tabela 4), porém, houve diferenças significativas nos valores de condutividade apenas entre as lagoas Jacaré e Carioca ($p=0.000$), Jacaré e Gambazinho ($p=0.000$) e Gambazinho e Dom Helvécio ($p=0.000$). Em ambientes tropicais, a condutividade está relacionada com as características geoquímicas da região, com as condições climáticas, e é influenciada também pelo estado trófico

principalmente em ambientes impactados (Esteves, 2011), como é o caso da lagoa Jacaré, explicando seus valores mais elevados. Dessa forma, o aporte de nutrientes nessa lagoa devido ao esgoto que recebe, comparado com a condição mais preservada principalmente da lagoa Gambazinho pode explicar a diferenciação entre essas lagoas para a variável condutividade.

O pH variou de 5,96 (lagoa Gambazinho, seca/2012) a 9,34 (lagoa Carioca, seca/2012) (Tabela 4). Não houve diferença significativa dos valores de pH entre seca e chuva (Tabela 5), mas esse parâmetro variou significativamente entre as lagoas Gambazinho e Jacaré ($p=0.000$) e Gambazinho e Dom Helvécio ($p=0.002$).

Quando os parâmetros físicos e químicos da água foram analisados separadamente em cada lagoa, houve diferenças significativas entre os períodos de seca e chuva para cada variável em pelo menos uma lagoa. Temperatura e nitrogênio total, por exemplo, variaram em todas as lagoas, já pH e fósforo total apenas na Jacaré. A observação dessas variações demonstra a influência da sazonalidade sobre esses ambientes.

Variações nos parâmetros ambientais abióticos entre as lagoas estudadas e entre os períodos seco e chuvoso também foram observados por outros autores, como Marques (2004) e Barros (2010), que trabalharam com dados coletados entre 1999 e 2001, e entre 2007 e 2008, respectivamente. Nota-se, portanto, que essas variações são uma tendência apresentadas pelas lagoas ao longo de tempo, que pôde ser observada a partir do desenvolvimento de projetos inseridos no Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD).

Tabela 4. Valores máximos, mínimos, médias e desvio padrão das variáveis físicas e químicas da água em cada ponto das lagoas Carioca, Dom Helvécio, Gambazinho e Jacaré, no PERD-MG.

Lagoa	Ponto	Valor	Temp (C°)	pH	Cond (µS/cm)	OD (mg/L)	NT (µg/L)	PT (µg/L)
Carioca	1	Máx	30.71	7.51	29	11.76	798.2	26.47
		Mín	24.4	6.72	25	10.15	331.4	12.86
		Méd	27.62 ± 2.97	6.72 a 7.51	27 ± 1.82	11.1 ± 0.68	507.25 ± 205.09	19.66 ± 9.62
	2	Máx	31.12	8.16	29	12.77	513.9	32.39
		Mín	24.57	6.37	25	10.34	320.4	14.06
		Méd	27.36 ± 3.03	6.37 a 8.16	27 ± 1.63	11.49 ± 1.24	398.35 ± 88.46	23.23 ± 12.95
	3	Máx	30.98	9.34	30	14.04	599.3	82.01
		Mín	24.95	6.21	24	10.21	287.2	43.41
		Méd	27.65 ± 2.72	6.21 a 9.34	27.25 ± 2.5	11.68 ± 1.67	449.62 ± 162.35	62.71 ± 27.29
D. Helvécio	1	Máx	28.24	8.04	47	12.88	732.6	40.40
		Mín	24.19	6.02	33	4.27	281.1	36.65
		Méd	26.71 ± 1.86	6.02 a 8.04	38 ± 6.21	8.88 ± 3.69	453.82 ± 212.2	38.52 ± 2.65
	2	Máx	30.63	7.71	39	12.32	632.1	43.551
		Mín	25.4	7.15	34	10.65	285	9.07
		Méd	27.47 ± 2.34	7.15 a 7.71	36.25 ± 2.21	11.36 ± 0.69	413.8 ± 157.73	26.31 ± 24.38
	3	Máx	30.72	7.77	40	11.81	651.8	35.72
		Mín	24.91	7.07	34	10.36	271.9	10.36
		Méd	27.54 ± 2.43	7.07 a 7.77	36.5 ± 2.64	10.95 ± 0.71	418.3 ± 176.42	23.04 ± 17.93
Gambazinho	1	Máx	32.03	6.81	12	11.46	516.8	27.58
		Mín	23.99	6.22	11	9.94	250.9	13.09
		Méd	27.43 ± 3.62	6.22 a 6.81	11.5 ± 0.57	10.75 ± 0.65	351.97 ± 121.37	20.34 ± 10.24
	2	Máx	31.98	6.77	12	11.51	461.9	37.16

		Mín	23.92	6.15	11	9.79	221	8.978
		Méd	27.34 ± 3.65	6.15 a 6.77	11.5 ± 0.57	10.56 ± 0.75	350.17 ± 101.83	23.07 ± 19.92
	3	Máx	32.07	7.06	12	11.92	411.5	33.78
		Mín	27.59	5.96	10	9.69	240.1	16.52
		Méd	27.59 ± 3.53	5.96 a 7.06	11.25 ± 0.95	10.85 ± 0.94	312.6 ± 80.04	25.15 ± 12.2
Jacaré	1	Máx	30.52	7.49	42	11.98	498.2	47.99
		Mín	24.07	6.89	40	9.21	327.9	11.75
		Méd	26.66 ± 3.18	6.89 a 7.49	41 ± 0.81	10.86 ± 1.19	388.02 ± 75.4	29.87 ± 25.62
	2	Máx	30.59	7.71	43	11.99	481.4	42.9
		Mín	23.85	6.84	40	9.6	359.2	12.58
		Méd	26.64 ± 3.25	6.84 a 7.71	41.25 ± 1.25	10.97 ± 1.11	395.9 ± 57.3	27.74 ± 21.43
	3	Máx	30.44	8.17	42	13.1	453.8	50.81
		Mín	24.69	6.97	40	9.72	326.6	13.79
		Méd	27.51 ± 2.77	6.97 a 8.17	41.25 ± 0.95	11.52 ± 1.23	382.35 ± 53.9	32.3 ± 26.18

Temp= temperatura da água; Cond= condutividade elétrica; OD= oxigênio dissolvido; NT= nitrogênio total; PT= fósforo total, Máx= valor máximo, Mín= valor mínimo, Méd= média e desvio padrão. Para o pH, estão representados o menor e o maior valor encontrados em cada ponto.

Tabela 5. Médias por período (seca e chuva) das variáveis físicas e químicas da água em cada ponto das lagoas Carioca, Dom Helvécio, Gambazinho e Jacaré, no PERD-MG.

Lagoa	Ponto	Temp(°C)		Cond (µS/cm)		pH		OD (mg/L)		NT (µg/L)		PT(µg/L)	
		seca	chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca	chuva
Carioca	1	25.14	30.11	28.5	25.5	6.72 a 7.5	6.75 a 7.51	11.50	10.71	646.3	368.2	12.86	26.47
	2	24.91	29.81	28	26	6.37 a 8.16	6.82 a 6.86	12.56	10.43	452.15	326.55	14.06	32.39
	3	25.47	29.84	29	25.5	6.21 a 9.34	6.93 a 6.98	12.84	10.52	589.1	310.15	43.41	82.01
DH	1	25.31	28.12	42	34	6.02 a 8.04	6.23 a 7.25	8.57	9.19	619.05	288.6	36.65	40.40
	2	25.71	29.23	38	34.5	7.15 a 7.6	7.61 a 7.71	11.75	10.97	528.85	298.75	9.07	43.55
	3	25.81	29.28	38.5	34.5	7.07 a 7.47	7.67 a 7.77	11.09	10.81	554.55	282.05	10.36	35.72
Gambazinho	1	24.57	30.29	11.5	11.5	6.26 a 6.38	6.22 a 6.81	11.24	10.25	442.9	261.05	13.09	27.58
	2	24.45	30.23	11.5	11.5	6.29 a 6.77	6.15 a 6.26	11.15	9.98	358.9	341.45	8.97	37.16
	3	24.86	30.32	11	11.5	5.96 a 7.06	6.37 a 6.53	11.55	10.15	377.35	247.85	16.52	33.78
Jacaré	1	24.05	29.27	41.5	40.5	7.36 a 7.43	6.89 a 7.49	11.70	10.03	433.1	342.95	11.75	47.99
	2	23.98	29.31	42	40.5	7.58 a 7.71	6.84 a 7.18	11.88	10.07	427	364.8	12.58	42.90
	3	25.16	29.85	42	40.5	8.01 a 8.17	6.97 a 7.33	12.57	10.48	421.05	343.65	13.79	50.81

Temp= temperatura da água; Cond= condutividade elétrica; OD= oxigênio dissolvido; NT= nitrogênio total; PT= fósforo total, Máx= valor máximo, Mín= valor mínimo, Méd= média e desvio padrão. Para o pH, estão representados o menor e o maior valor encontrados em cada ponto.

A percentagem de matéria orgânica (% MO) encontrada no sedimento variou entre os períodos, os pontos e as lagoas. As lagoas Gambazinho e Jacaré apresentaram em quase todas suas amostras teores de MO abaixo de 16%. Em contraste, as lagoas Dom Helvécio e Carioca chegaram a registrar concentrações de MO > 50% (Figura 5). Não foi observado um padrão de variação sazonal nesse parâmetro - assim como encontrado por Marques (2004) em lagoas da região - tendo havido diferenças significativas apenas entre as lagoas Jacaré e Carioca ($p=0.02$). Os altos índices de MO nos pontos 1 e 2 da lagoa Carioca e no ponto 2 da Dom Helvécio provavelmente devem-se ao grande acúmulo de serrapilheira nesses locais, proveniente da vegetação da margem. Já nos pontos 3 e 1 da Carioca e da Dom Helvécio, respectivamente, esses altos valores devem estar relacionados aos representativos bancos de macrófitas em que estão localizados, além do perifíton associado à superfície dessas plantas. Nos pontos de coleta das lagoas Gambazinho e Jacaré havia menor acúmulo de material vegetal, tanto serrapilheira quanto macrófitas aquáticas, ocasionando os índices mais baixos de MO encontrados.

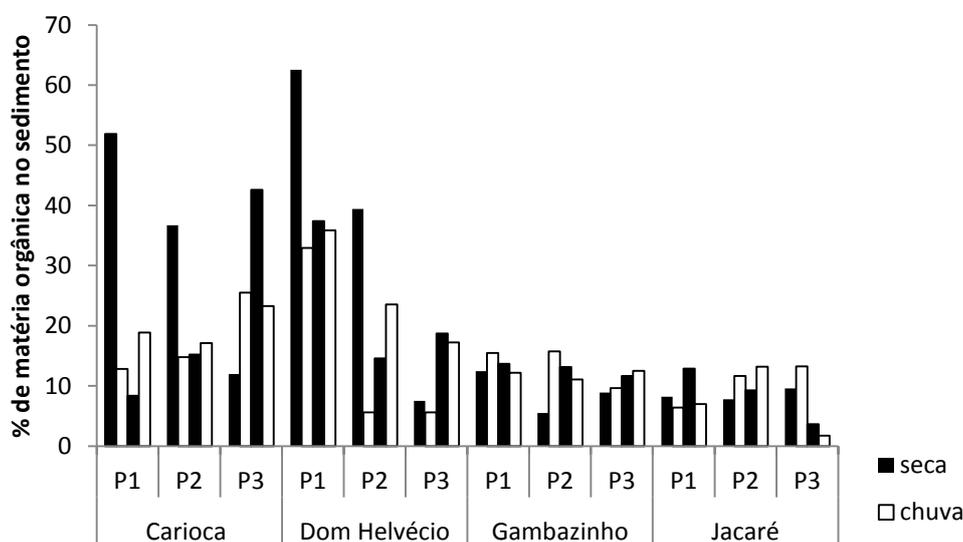


Figura 5. Teores de matéria orgânica no sedimento em cada ponto das lagoas Carioca, Dom Helvécio, Gambazinho e Jacaré (PERD-MG), nos períodos de seca e chuva.

A Figura 6 mostra a distribuição dos tipos de sedimento nos pontos amostrados. Houve predominância de grãos finos, principalmente Areia Fina e Areia Muito Fina, em todos os pontos representando, quando somadas, quase sempre mais de 70% do sedimento. Os pontos da lagoa Jacaré e o ponto 3 da Dom Helvécio apresentaram

maiores quantidades de sedimento grosso (Areia Grossa e Areia Muito Grossa) do que os outros ambientes, tendo sido notado nesses locais um aspecto arenoso mais grosseiro do substrato.

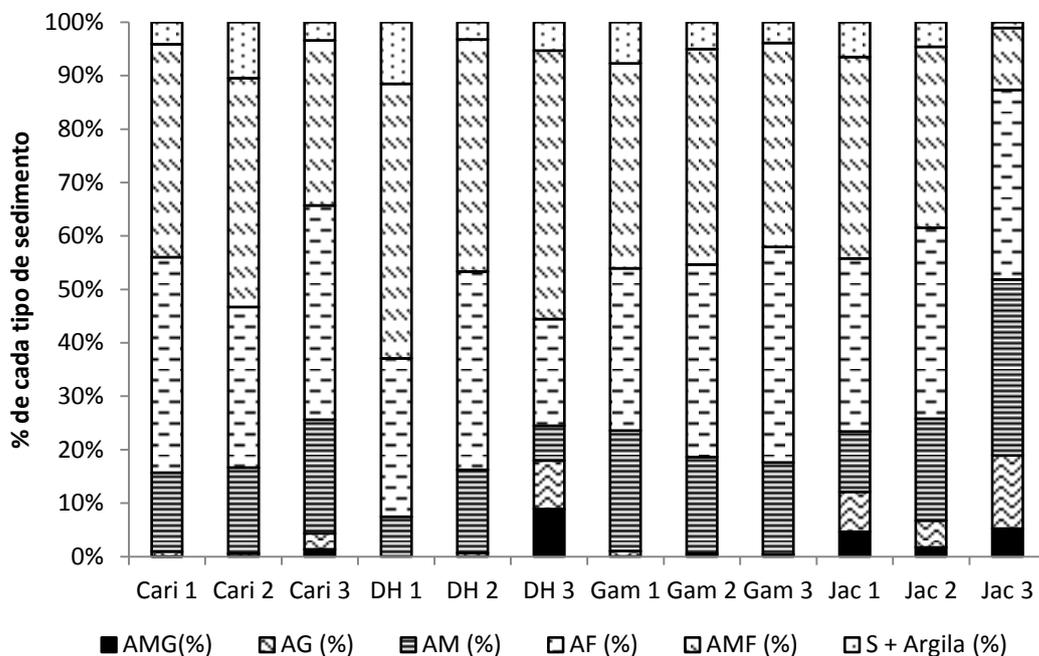


Figura 6. Porcentagem média de cada tipo de sedimento nos pontos amostrais das lagoas Carioca, Dom Helvécio, Gambazinho e Jacaré. AMG= areia muito grossa; AG= areia grossa; AM= areia média; AF= areia fina; AMF= areia muito fina; S+ Argila= silte e argila.

Na Análise de Componentes Principais (PCA) entre os parâmetros físicos e químicos da água e do sedimento, os dois primeiros eixos explicam juntos 45% da variação nos dados (Figuras 7 e 8). O primeiro componente representa uma variação dos tipos de sedimento encontrados, indo dos grãos menores (Areia Fina e Silte+Argila), que apresentaram correlação negativa com o eixo, aos grãos maiores (Areia Média, Areia Grossa e Cascalho), que tiveram correlação positiva com o eixo. O segundo componente representa variação nos parâmetros físicos e químicos da água, e também na porcentagem de MO. O fósforo total e a temperatura apresentaram correlação negativa com o segundo eixo, ao contrário de condutividade, pH, OD, MO e nitrogênio total, que tiveram correlação positiva.

A Figura 7 mostra os pontos de cada lagoa distribuídos entre os eixos. Nele, os pontos que representam o lago Gambazinho encontram-se agrupados e em posição

oposta aos demais, os quais apresentam seus pontos distribuídos de forma dispersa. Esta oposição é mais evidente em relação aos pontos da lagoa Jacaré, sugerindo diferenças expressivas nas variáveis ambientais entre essas lagoas. As diferenças entre Gambazinho e as outras lagoas podem ser explicadas por ela ser o ambiente mais íntegro entre os estudados, inclusive sendo única que não possui espécies exóticas de moluscos e peixes.

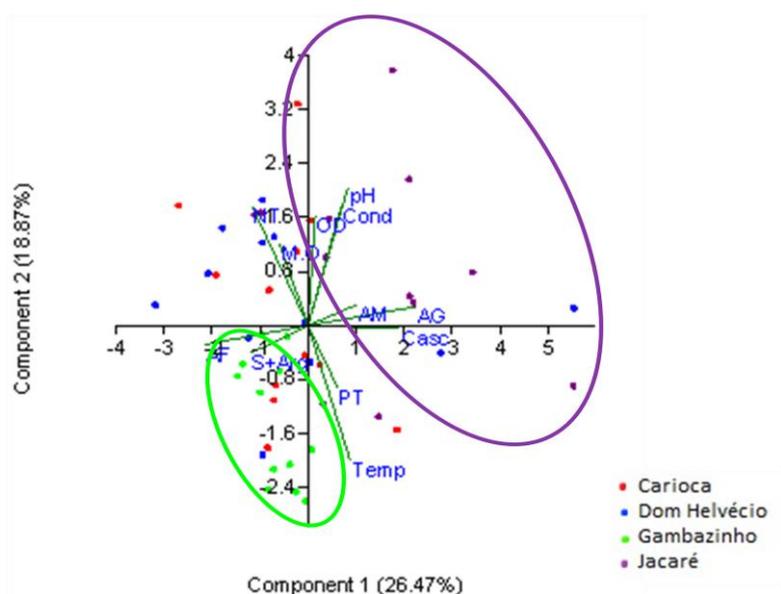


Figura 7. Análise de Componentes Principais (PCA) das variáveis abióticas nas lagoas estudadas, onde: Temp= temperatura da água; Cond= condutividade elétrica; OD= oxigênio dissolvido; NT= nitrogênio total; PT=fósforo total; MO= matéria orgânica; Casc=cascalho; AG= areia grossa (agrupando areia muito grossa e areia grossa); AM= areia média; AF= areia fina (agrupando areia fina e areia muito fina); S+Arg= silte e argila. Os pontos que representam as lagoas Gambazinho e Jacaré estão circulado de verde e de roxo, respectivamente, evidenciando seu agrupamento.

Na Figura 8, os pontos estão representados de acordo com o período de coleta, evidenciando clara oposição entre chuva e seca quanto às variáveis ambientais, o que confirma a influência da sazonalidade sobre os ambientes estudados, já ressaltada anteriormente.

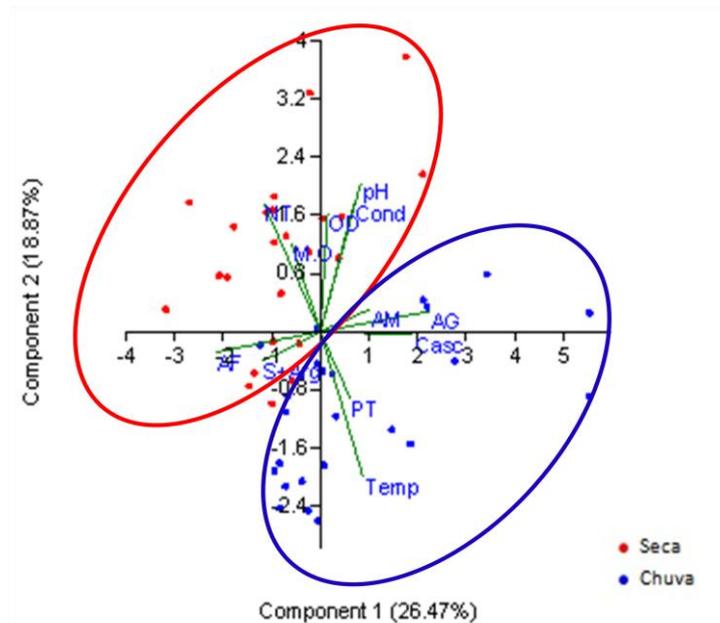


Figura 8. Análise de Componentes Principais (PCA) das variáveis abióticas nos períodos estudados, onde: Temp= temperatura da água; Cond= condutividade elétrica; OD= oxigênio dissolvido; NT= nitrogênio total; PT=fósforo total; MO= matéria orgânica; Casca=cascalho; AG= areia grossa (agrupando areia muito grossa e areia grossa); AM= areia média; AF= areia fina (agrupando areia fina e areia muito fina); S+Arg= silte e argila. Os pontos que representam os períodos de seca e chuva estão circulado de vermelho e de azul, respectivamente, evidenciando seu agrupamento.

4.2. Análise Taxonômica da Comunidade Bentônica

No total foram coletados 25.367 organismos, pertencentes a 71 taxa, com representantes principalmente dos grupos Mollusca, Annelida, Crustacea e diversas ordens da classe Insecta (Anexos I e II, págs. 86 e 90, respectivamente). Esta classe dominou a comunidade bentônica com 15.671 indivíduos de 29 famílias com destaque para Chironomidae, família de Diptera presente em todos os pontos amostrados e, em grande parte das vezes, em altas abundâncias.

4.2.1. Riqueza, Abundância e Diversidade

A riqueza de taxa apresentou diminuição ao longo dos períodos de coleta sendo mais alta durante as secas, e a abundância de indivíduos também teve maiores valores nas secas do que nas chuvas (Figura 9). Ambos os parâmetros apresentaram diferenças significativas entre seca e chuva (riqueza: $t=4.254$, $p=0.000$; abundância: $t=2.893$,

$p=0.004$), evidenciando a influência dos efeitos da sazonalidade sobre a comunidade (Figura 10). Quando cada lagoa foi avaliada separadamente, abundância e riqueza também apresentaram diferenças sazonais significativas nas lagoas Carioca e Gambazinho. Variações sazonais em valores de temperatura, pH e concentração de oxigênio dissolvido podem explicar, em parte, as diferenças nos parâmetros biológicos, já que reconhecidamente influenciam na abundância e riqueza das espécies de macroinvertebrados aquáticos. A diminuição da abundância de zoobentos durante o período chuvoso é uma tendência geral observada em ambientes lóticos, como os rios, devido ao aumento da velocidade da vazão e conseqüente carreamento dos organismos (Bispo, 2001). Em ambientes lênticos, é possível que a desestabilização física causada pela chuva na água das lagoas, levando também ao carreamento de material alóctone para seu interior com conseqüentes distúrbios no substrato da região litorânea, exerça um importante papel na estruturação da comunidade levando à diminuição de abundância e riqueza na estação úmida. Além dos distúrbios físicos, distúrbios químicos locais, alterações em cadeias tróficas, assim como o ciclo de vida e o padrão comportamental das espécies, também podem levar à variação temporal da comunidade.

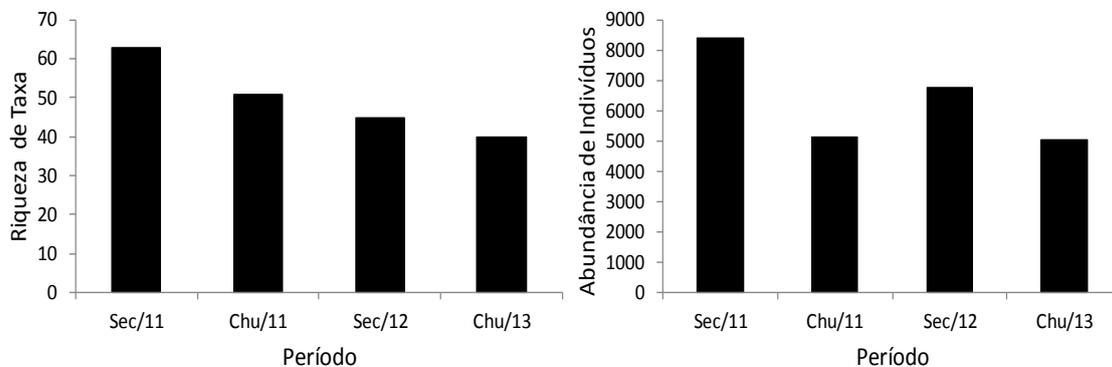


Figura 9. Riqueza de taxa e abundância de indivíduos em cada coleta realizada, considerando os organismos de todas as lagoas estudadas.

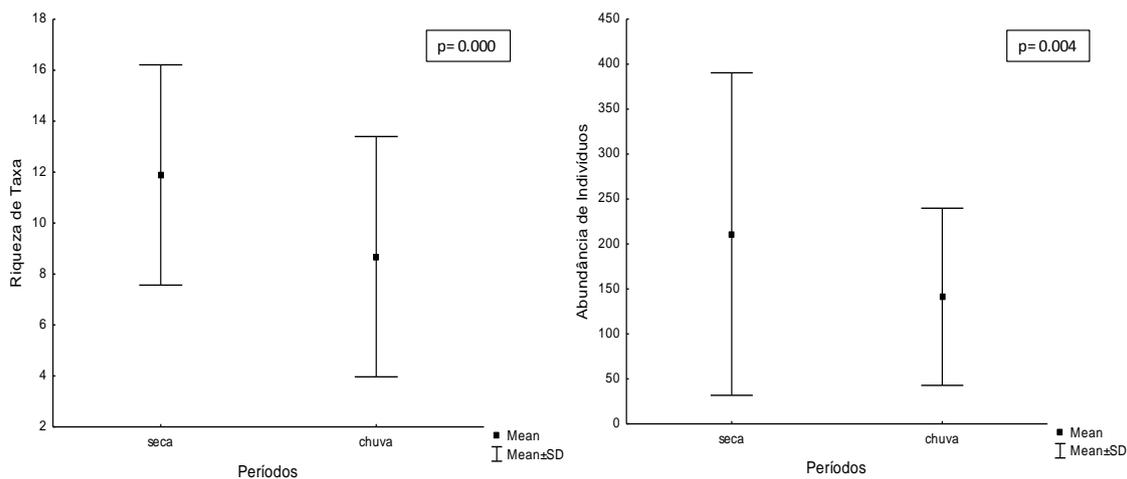


Figura 10. Média e desvio padrão da riqueza de taxa e da abundância de indivíduos na seca e na chuva, considerando os organismos de todas as lagoas estudadas.

A maior riqueza foi encontrada na lagoa Carioca com 50 taxa, seguida por Gambazinho (49), Dom Helvécio (36) e Jacaré (29) (Figura 11). Houve diferenças significativas na riqueza entre Carioca e as outras três lagoas (Dom Helvécio: $p=0.000$; Gambazinho: $p=0.04$; Jacaré: $p=0.000$) e entre Jacaré e Gambazinho ($p=0.000$), apresentadas na Figura 12. Marques (2004) e Lucca (2006) também encontraram riqueza mais alta na Carioca do que em outras lagoas da mesma bacia.

A partir da observação dos valores de riqueza encontrados é possível estabelecer uma relação direta entre os mesmos e o nível de preservação ambiental das lagoas, já que os mais altos números de taxa foram encontrados nas lagoas consideradas mais preservadas, ou seja, expostas a menos fontes de distúrbios. Carioca e Gambazinho (que tiveram valores aproximados de riqueza total) são lagoas localizadas dentro dos limites do PERD e não abertas à visitação, sendo a alta riqueza de taxa encontrada nesses locais provavelmente um reflexo de seu maior nível de preservação. O lago Dom Helvécio, apesar de se encontrar também dentro do PERD, recebe visitantes para recreação (banho, pesca desportiva, etc), representando uma potencial fonte de distúrbio e podendo ocasionar impactos no ambiente. A menor riqueza de macroinvertebrados nesse local do que nas lagoas mais preservadas pode representar um reflexo desses impactos. A lagoa Jacaré é a que apresenta menor número de taxa, o que provavelmente se deve ao seu baixo nível de preservação ambiental, pois além de estar localizada fora da área do PERD, é cercada por plantações de *Eucalyptus* spp. e abriga um clube de

pesca, recebendo lançamentos de esgotos não tratados. A dominância do molusco invasor *M. tuberculatus* nas lagoas Dom Helvécio e Jacaré, como discutido mais a frente, também pode ter influência na riqueza mais baixa encontrada nesses ambientes.

De acordo com a “relação espécie-área”, mais espécies são encontradas em áreas grandes do que em pequenas, devido à possibilidade de aquelas apresentarem alta heterogeneidade ambiental, representando uma variedade de habitats para o desenvolvimento de maior diversidade de organismos (Ricklefs, 2011). Dessa forma, seria esperado que a lagoa Dom Helvécio, que possui área muito maior do que as outras, apresentasse a maior riqueza de taxa. Porém esse padrão não foi observado, sendo possível que outros fatores, como a própria preservação do local como já citado, sejam mais estruturadores da comunidade e responsáveis pela riqueza de espécies no ambiente do que somente o tamanho de sua área. Além disso, como se trata de um ambiente de dimensão muito grande, os pontos amostrados, mesmo em diferentes regiões da lagoa, podem não ter sido representativos de toda sua extensão.

Da mesma forma, a abundância foi maior nas lagoas Carioca (10.537 indiv.) e Gambazinho (6.098 indiv.), seguida por Jacaré (5.444 indiv.) e Dom Helvécio (3.288 indiv.), como é possível observar na Figura 11. A abundância variou significativamente (Figura 12) entre Dom Helvécio e as outras três lagoas (Carioca: $p=0.000$; Gambazinho: $p=0.001$; Jacaré: $p=0.01$), e entre Jacaré e Carioca ($p=0.015$). Este padrão, parecido com o apresentado pela riqueza, provavelmente também reflete as condições ambientais relacionadas ao nível de preservação dos ecossistemas, com maiores números de indivíduos em áreas mais preservadas. Apesar disso, a lagoa Jacaré (que sofre os maiores impactos) apresentou maior abundância do que Dom Helvécio, devido à grande quantidade de *M. tuberculatus*. Essa espécie apresenta alto potencial de desenvolvimento em ambientes impactados, e inclusive sua frequência pode ser maior nesses locais se comparado a áreas preservadas como demonstrado por Vidigal et al. (2005).

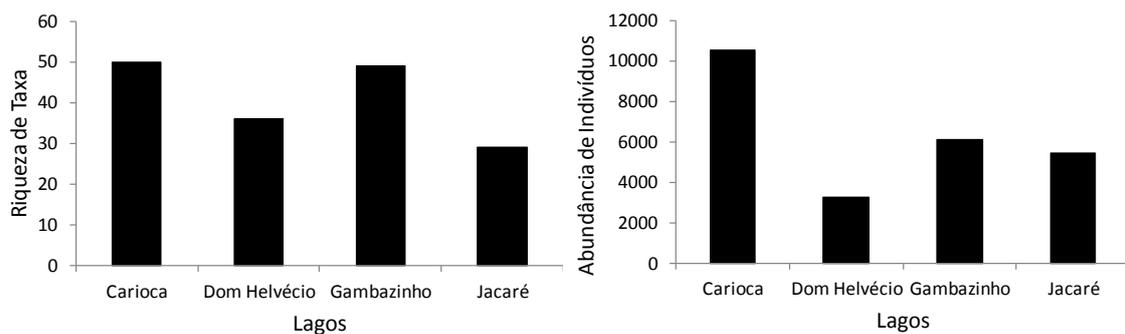


Figura 11. Riqueza de taxa e abundância de indivíduos em cada uma das lagoas estudadas, considerando todos os períodos de coleta.

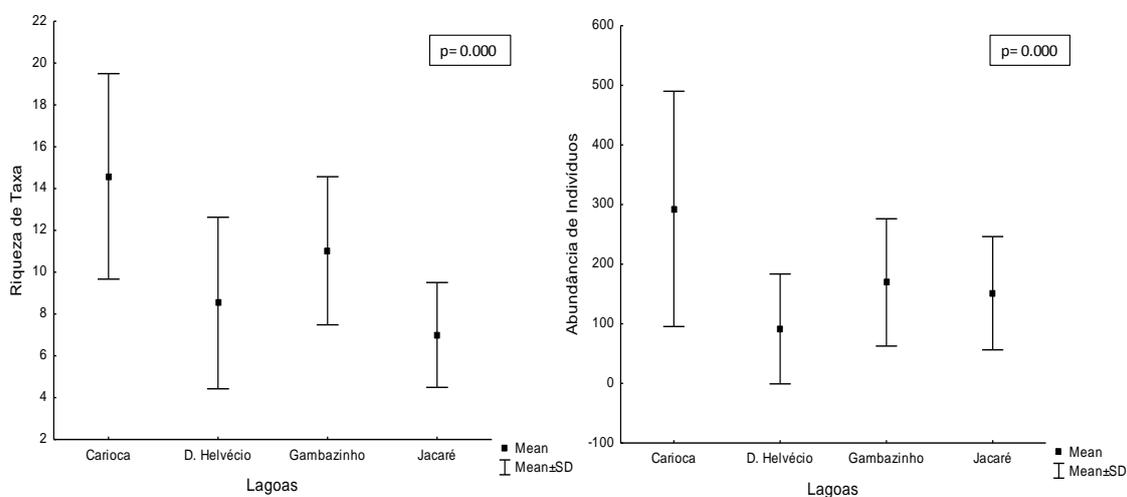


Figura 12. Média e desvio padrão da riqueza de taxa e da abundância de indivíduos em cada uma das lagoas estudadas, considerando todos os períodos de coleta.

Abundância e riqueza também variaram bastante entre os pontos de cada lago (Figura 13), e as diferenças foram significativas (Figura 14) no lago Dom Helvécio entre os pontos 1 e 2 ($p=0.007$ e $p=0.000$, respectivamente), e 1 e 3 ($p=0.006$ e $p=0.017$, respectivamente), bem como entre os pontos 2 e 3 da Jacaré ($p=0.032$ e $p=0.033$, respectivamente).

Todos os pontos das lagoas Carioca e Gambazinho apresentaram alta riqueza e alta abundância de indivíduos comparativamente às outras lagoas, quando consideradas todas as coletas realizadas (Figura 13). Como já exposto, esses ambientes são mais preservados em comparação aos outros.

O ponto 1 do lago Dom Helvécio está localizado em um banco misto de macrófitas, sendo o único em que as coletas de sedimento foram realizadas a mais de

0,5 m de profundidade. Nesse ponto os sedimentos são bastante finos, há grande acúmulo de matéria orgânica, as taxas de oxigênio dissolvido são mais baixas e os valores de NT, PT e condutividade mais altos do que nos outros pontos da mesma lagoa. Essa variação nos parâmetros ambientais pode explicar as diferenças significativas na riqueza e na abundância entre o ponto 1 e os demais, tendo sido encontrados naquele, apenas 457 organismos de 15 taxa (Figuras 13 e 14).

O ponto 1 da lagoa Jacaré está localizado em uma margem arenosa com árvores de *Eucalyptus* spp. nas proximidades, sendo o ponto com o menor número de taxa nesse ambiente. De acordo com Graça e Canhoto (2006), ecossistemas aquáticos cercados por plantações de *Eucalyptus* possuem baixa diversidade de invertebrados e hifomicetos aquáticos, pois essas plantas produzem litter de baixa qualidade e difícil decomposição por parte desses organismos detritívoros e decompositores, principalmente por suas folhas possuírem defesas como cutícula espessa e glândulas de óleo. Afirmam ainda que experimentos utilizando *Eucalyptus* como alimento para invertebrados demonstraram diminuição nas taxas de sobrevivência, crescimento e alimentação desses organismos. Além disso, os óleos voláteis presentes nas folhas de *Eucalyptus* representam um risco potencial à biota aquática, já que podem ser tóxicos para alguns organismos, como comprovado por Araújo et al. (2010) em seu trabalho em lagoas da região do médio rio Doce. Os autores observaram efeitos de toxicidade do óleo volátil da serapilheira de uma espécie de *Eucalyptus* sobre espécies do zooplâncton, sugerindo que outros organismos, como o zoobentos, possam também ser sensíveis aos componentes presentes nessas folhas. Já o ponto 2, em área de borda de mata, apresenta a menor abundância de indivíduos da lagoa, devido ao número reduzido de *M. tuberculatus*, em comparação com os outros pontos. Nesse ponto a margem da lagoa apresenta grande inclinação, o que diminui a extensão da região litorânea e restringe o tamanho da área disponível para a colonização de organismos bentônicos. O ponto 3 apresenta a maior riqueza e a maior abundância (Figura 13), possivelmente devido às macrófitas presentes nesse local, que propiciam maior variedade de microhabitats para o desenvolvimento de diferentes organismos.

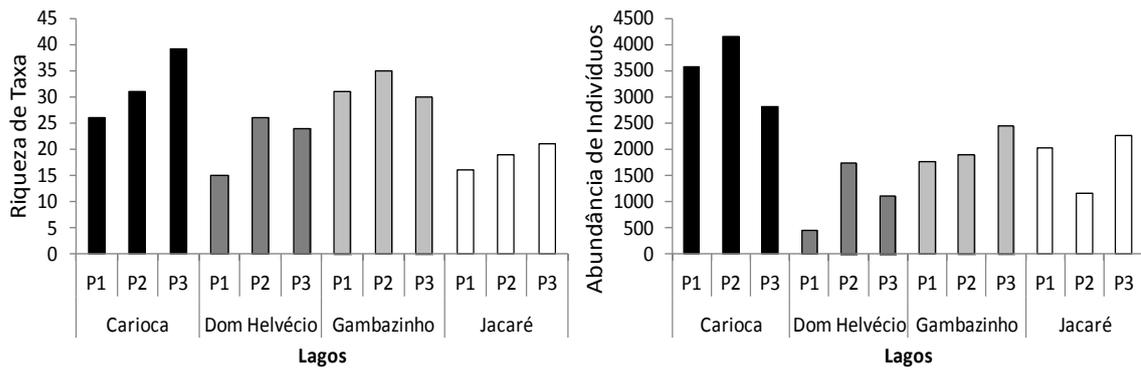


Figura 13. Riqueza de taxa e abundância de indivíduos em cada ponto das lagoas estudadas, considerando todos os períodos de coleta.

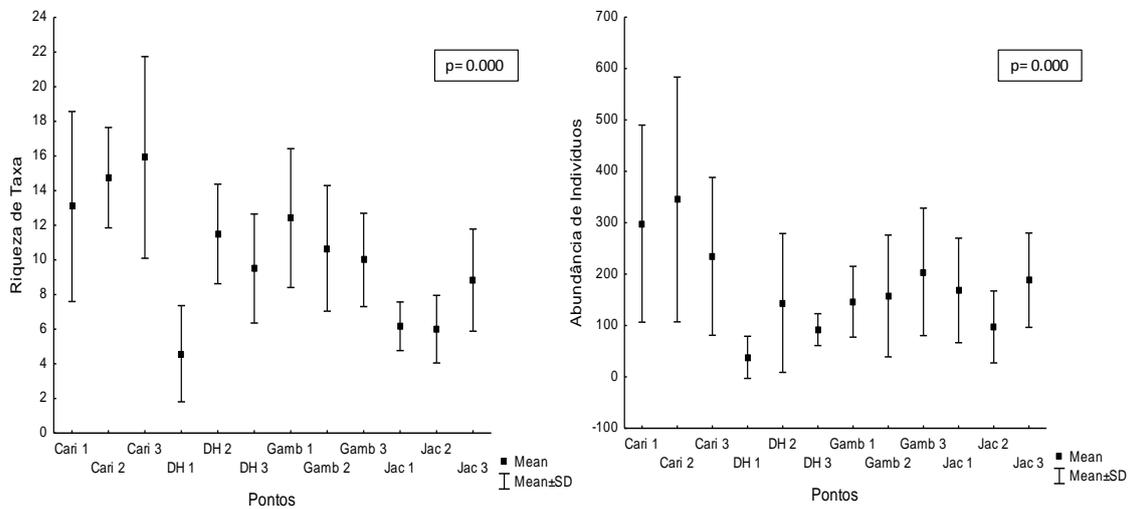


Figura 14. Média e desvio padrão da riqueza de taxa e da abundância de indivíduos em cada ponto das lagoas estudadas, considerando todos os períodos de coleta.

A diversidade, variou entre as lagoas e os períodos de coleta (Figura 15), com diferenças significativas entre chuva e seca ($t=2.48$; $p=0.01$), refletindo diretamente os valores de riqueza e abundância encontrados em cada período. Também houve diferenças entre a lagoa Carioca, apresentando os valores mais altos de diversidade, e Gambazinho e Jacaré, essas duas últimas apresentando os menores valores.

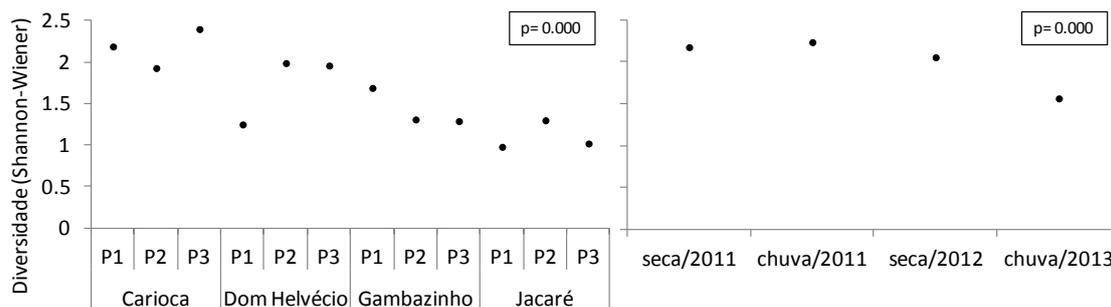


Figura 15. Diversidade (Shannon-Wiener) em cada ponto das lagoas estudadas e em cada período de coleta.

4.2.2. Estrutura e composição da fauna bentônica

Abundância relativa e frequência de ocorrência dos taxa

Os Anexos I e II (págs 86 e 90, respectivamente) apresentam a listagem da fauna de macroinvertebrados bentônicos encontrada na área de estudo.

O táxon mais abundante considerando-se todas as lagoas e coletas foi a família de diptera Chironomidae, com indivíduos da sub-família Chironominae representando 37.5% da abundância total de organismos (N= 9503). A sub-família Tanypodinae também foi encontrada, porém em números bem mais baixos (N= 1969). Não houve registro da sub-família Orthoclaadiinae, sendo esses resultados compatíveis com aqueles obtidos por Marques (2004) em estudo realizado nas mesmas lagoas (exceto Gambazinho). Além de muito abundante, Chironomidae também foi muito frequente, tendo sido encontrada em mais de 90% das amostras coletadas. A importância ecológica dos Chironomidae, bem como suas características de ampla distribuição e alta densidade na maioria dos ecossistemas aquáticos (Cranston, 1995; Trivinho-Strixino, 2011), pode ser confirmada por sua alta abundância e distribuição ubíqua nos lagos do presente estudo. As larvas desta família de Diptera colonizam o substrato e a vegetação aquática, apresentam diversidade de hábitos alimentares assim como importantes adaptações respiratórias, e podem viver em uma ampla faixa de condições ambientais, o que reflete sua alta capacidade adaptativa (Cranston, 1995; Goulart & Callisto, 2003; Trivinho-Strixino, 2011).

A espécie *M. tuberculatus* foi o segundo táxon mais abundante, representando mais de 20% da abundância total de indivíduos (N= 5227), e presente em 70% das

amostras. Esta espécie apresentou números mais elevados na lagoa Jacaré. *M. tuberculatus* é um gastrópode invasor e possui diversas características adaptativas que lhe conferem sucesso no seu estabelecimento nas comunidades, como: altas taxas de nascimento e crescimento e baixa taxa de mortalidade; predominância de indivíduos jovens durante todo o ano; alta capacidade migratória e de expansão; capacidade de se estabelecer em tipos diferentes de substrato; alta plasticidade e resistência a grandes variações físicas e químicas do ambiente (Freitas et al., 1987; Bedê, 1992; Fernandez et al., 2003; Lucca, 2006; Wier & Salice, 2011). Em outros estudos em lagos e rios da bacia do médio rio Doce também foram encontradas altas abundâncias desses organismos (e.g. Vidigal et al., 2005; Marques, 2004; Lucca, 2006; Dornelas, 2013).

Outros seis taxa do filo Mollusca foram encontrados, porém, em abundâncias bem mais baixas do que *M. tuberculatus*, representando juntos apenas 0,98% da abundância total. Estes moluscos são: *Physa* sp., *Pomacea* sp., Hidrobiidae, *Diplodon* sp. e *Biomphalaria* sp., apresentando 150, 53, 18, 12 e 11 indivíduos, respectivamente, e Ancyliidae apresentando apenas 1 indivíduo. Dentre esses organismos, *Physa* sp. e *Pomacea* sp. foram os mais frequentes, presentes em mais de 10% das amostras, o que não ocorreu para os outros moluscos.

O impacto da introdução de *M. tuberculatus* sobre a diversidade da malacofauna bentônica nativa vem sendo estudado por vários autores que encontraram resultados diversos, desde o compartilhamento do ambiente entre as diferentes espécies, até a diminuição substancial da abundância de determinados organismos pelo molusco invasor devido à competição (e.g. Pointier, 1993; Fernandez et al., 2001; Giovanelli, 2005). As baixas abundâncias de outros gastrópodes nas lagoas estudadas sugerem haver competição entre o gastrópode exótico e espécies nativas, apesar de na lagoa Gambazinho onde não há *M. tuberculatus* também não ter sido encontrado nenhum outro molusco.

Destaca-se a importância dos Mollusca como componentes da comunidade zoobentônica, tanto no aspecto ecológico, como em relação à saúde humana, já que diversas espécies desse grupo participam como hospedeiros no ciclo biológico de diferentes patógenos que infectam os homens. Dentre os moluscos encontrados nas lagoas avaliadas no presente estudo, *Biomphalaria* sp. é altamente relevante nesse aspecto, por ser hospedeiro intermediário de *Schistosoma mansoni*, verme causador da

esquistossomose. Apesar de *Biomphalaria* sp. ter sido encontrado em apenas uma lagoa (Carioca) e em baixa abundância, a presença do molusco merece atenção, devido à possibilidade de os indivíduos estarem infectados com o patógeno e ocasionarem a contaminação de humanos, o que se agrava se houver dispersão da população para outras lagoas, aumentando a área atingida pela doença. É necessário ressaltar, porém, que os indivíduos coletados não foram submetidos a testes para verificar se havia infecção por *S. mansoni*, não sendo possível fazer afirmações sobre seu potencial de disseminação da doença.

Os organismos pertencentes ao Filo Annelida foram Oligochaeta (N= 1944) e Hirudinea (N=353), representando 7,6% e 1,3% da abundância de indivíduos, respectivamente. A frequência de ocorrência de Oligochaeta foi bastante alta, próxima de 70%, e a de Hirudinea chegou a 18% das amostras coletadas. Os Oligochaeta são organismos de distribuição cosmopolita, e em ambientes de água doce ocorrem sob diferentes condições, tanto em ambientes preservados quanto alterados (Martin et al., 2008), o que explica sua ubiquidade nos ambientes estudados.

O sub-filo Crustacea foi representado por Amphipoda do gênero *Hyaella* e Decapoda do gênero *Macrobrachium*, contribuindo cada um com 3,68% do total de indivíduos. Esses crustáceos foram frequentes nas amostras coletadas, estando *Hyaella* sp. em 31% e *Macrobrachium* sp. em 63% delas.

Das 4 famílias de Coleoptera encontradas, Dytiscidae foi a mais abundante, com 102 indivíduos, equivalendo a 0,4% da abundância total. As outras três famílias – Elmidae, Girinidae e Haliplidae - apresentaram números muito baixos de indivíduos (11, 13 e 4, respectivamente), contribuindo pouco para a abundância total. Além da baixa abundância, os indivíduos de Coleoptera apresentaram baixa frequência nas amostras, sendo a mais alta delas a de Dytiscidae (10%).

Diptera apresentou enorme abundância devido aos altos números de Chironomidae já relatados. As outras famílias pertencentes a essa ordem registraram abundâncias muito menores, sendo elas Ceratopogonidae (N= 171), Chaoboridae (N= 3), Culicidae (N= 60) e Tabanidae (N= 2), representando juntas 0,9% do total de organismos encontrados. Dessas quatro famílias, apenas Ceratopogonidae teve alta frequência de ocorrência, estando presente em quase 50% das amostras coletadas.

A ordem Ephemeroptera representou 9% da abundância total, sendo as famílias mais abundantes Leptophlebiidae com 1231 indivíduos, e Caenidae, com 944 indivíduos. Baetidae e Polymitarcyidae apresentaram números bem menores (N= 72 e N= 54, respectivamente). Todas as famílias de Ephemeroptera estiveram presentes em mais de 10% das amostras, com destaque para Leptophlebiidae (48%). As famílias Leptophlebiidae e Baetidae são as que apresentam maior distribuição geográfica e são as mais numerosas no Brasil, comportando grande parte das espécies brasileiras existentes (Salles, 2006), o que pode ter levado ao alto número de Leptophlebiidae encontrado (apesar de o mesmo não ter ocorrido para Baetidae). Além disso, os pontos em que houve maior abundância relativa de Leptophlebiidae (Pontos 1 e 2 da Carioca, e 2 e 3 da Dom Helvécio- Figura 16) estão em áreas de borda de mata que promovem acúmulo de serrapilheira, e de acordo com Salles (2006), apesar de ambientes lânticos apresentarem menor diversidade do que os lóticos, áreas com retenção de folhiço em decomposição podem ser ocupadas por uma variedade de gêneros dessa família.

Os Hemiptera foram representados por 9 gêneros de 7 famílias diferentes. Os mais abundantes deles foram *Tenagobia* (Corixidae) com 290 indivíduos, e *Martarega* com 95 indivíduos, equivalendo juntos a 1,1% da abundância total. As famílias Belostomatidae, Gerridae, Pleidae, Naucoridae e Nepidae somaram 50 indivíduos. Apenas *Tenagobia* sp. e *Martarega* sp. estiveram presentes em mais de 10% das amostras.

Odonata foi a ordem de maior riqueza, registrando 6 famílias e 24 gêneros, no mínimo (para alguns organismos muito pequenos só foi possível chegar a sub-ordem, por isso o número de gêneros pode estar subestimado). Essa ordem apresenta alta diversidade em regiões tropicais e suas larvas são consideradas um dos principais predadores na região litoral de lagos (Corbet, 1980). Apesar disso, apresentou baixa contribuição numérica para a comunidade, já que todos os organismos dessa ordem somados representaram apenas 1,75% da abundância total. A família Libellulidae (N= 191) foi a mais abundante, seguida por Gomphidae (N= 68), Protoneuridae (N= 62), Coenagrionidae (N= 54), Corduliidae (N=19) e Aeshnidae (N=15). De todos os taxa de Odonata, apenas alguns representantes das famílias Gomphidae, Libellulidae, Coenagrionidae e Protoneuridae foram encontrados em mais de 10% das amostras, mas nenhum deles chegando a 20%.

A ordem Trichoptera apresentou 5 gêneros de 3 famílias, sendo que *Oecetis* (Leptoceridae) foi o gênero mais abundante com 377 indivíduos. Os organismos das famílias Hydropsychidae e Polycentropodidae somados representaram apenas 1% da abundância total, com 266 indivíduos. Dentre os 5 gêneros, apenas *Nectopsyche* (Leptoceridae) apresentou frequência de ocorrência de menos de 10%.

A Figura 16 mostra as abundâncias relativas dos taxa que apresentaram maior representatividade (>0.1 da abundância total), em cada um dos pontos de coleta.

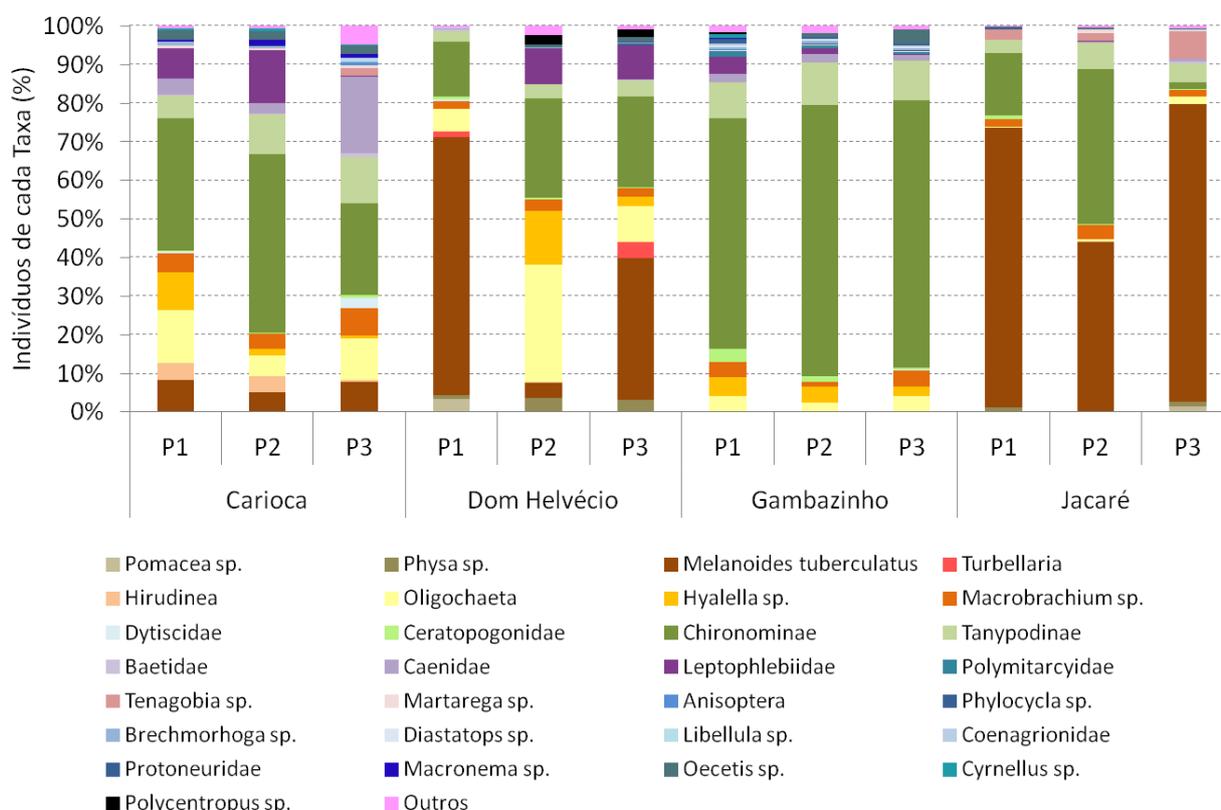


Figura 16. Abundância relativa dos taxa com maior representatividade (>0.1% da abundância total) em cada um dos pontos amostrados.

Em geral, as comunidades das lagoas Carioca e Gambazinho foram dominadas por indivíduos da sub-família Chironominae, a da lagoa Jacaré por *M. tuberculatus*, e a da Dom Helvécio manteve-se dividida entre esses dois taxa, apresentando também alta representatividade de Oligochaeta. A dominância dos dois primeiros grupos nas lagoas estudadas reflete a influência de suas características já relatadas, que acabam por favorecer seu estabelecimento e predomínio nas comunidades bentônicas.

Estrutura das comunidades- Composição taxonômica e abundância de indivíduos

Além da variação na riqueza de taxa entre as lagoas e seus diferentes pontos, houve diferenciação também na composição taxonômica entre esses locais. Foram encontrados taxa exclusivos de cada lagoa e também de cada ponto, bem como taxa compartilhados por esses ambientes. Observou-se 15 taxa comuns a todas as lagoas, outros 15 presentes em três delas, e mais 19 encontrados em apenas duas. A lagoa Gambazinho apresentou 9 taxa exclusivos, seguida pela Carioca com 8, Dom Helvécio com 3 e Jacaré com 2. Analisando as lagoas separadamente, a maioria dos taxa em cada uma delas estava presente em pelo menos dois pontos, mas para cada ponto houve pelo menos 1 taxa exclusivo, como pode ser observado na Tabela 6. O ponto 3 da lagoa Carioca destacou-se com 16 taxa exclusivos, número muito superior ao apresentado pelos outros pontos.

As diferenças na composição taxonômica, bem como na riqueza e abundância observadas entre as lagoas, reafirmam a influência das características ambientais particulares de cada um dos ambientes estudados sobre a comunidade zoobentônica. Apesar de estarem localizados em uma mesma região, as pressões sofridas por cada ambiente lântico não são as mesmas, ocasionando comunidades diversas entre si. O mesmo ocorre para os diferentes pontos em cada lagoa, que apresentam variações de suas características como, por exemplo, tipos de substrato, macrófitas presentes e disponibilidade de recursos, fatores essenciais na determinação dos organismos colonizadores em cada um desses habitats (Rosemberg & Resh, 1993; Callisto et al., 2001).

Tabela 6. Número de taxa encontrados nos diferentes pontos das lagoas Carioca, Dom Helvécio, Gambazinho e Jacaré representando separadamente a quantidade de taxa presentes em todos os pontos ou em dois deles, e os taxa exclusivos de cada ponto de coleta.

Pontos	Carioca	Dom Helvécio	Gambazinho	Jacaré
Todos	19	9	17	10
Dois pontos	8	11	13	8
P1	2	4	6	1
P2	5	7	7	6
P3	16	5	6	4

- Lagoa Carioca

Os pontos da lagoa Carioca apresentaram semelhança na estrutura de suas comunidades, sendo que vários dos taxa mais abundantes são os mesmos entre os pontos, e há alta dominância de Chironominae, principalmente na seca, quando foram registrados > 1000 indivíduos nos pontos 1 e 2 (Figura 17).

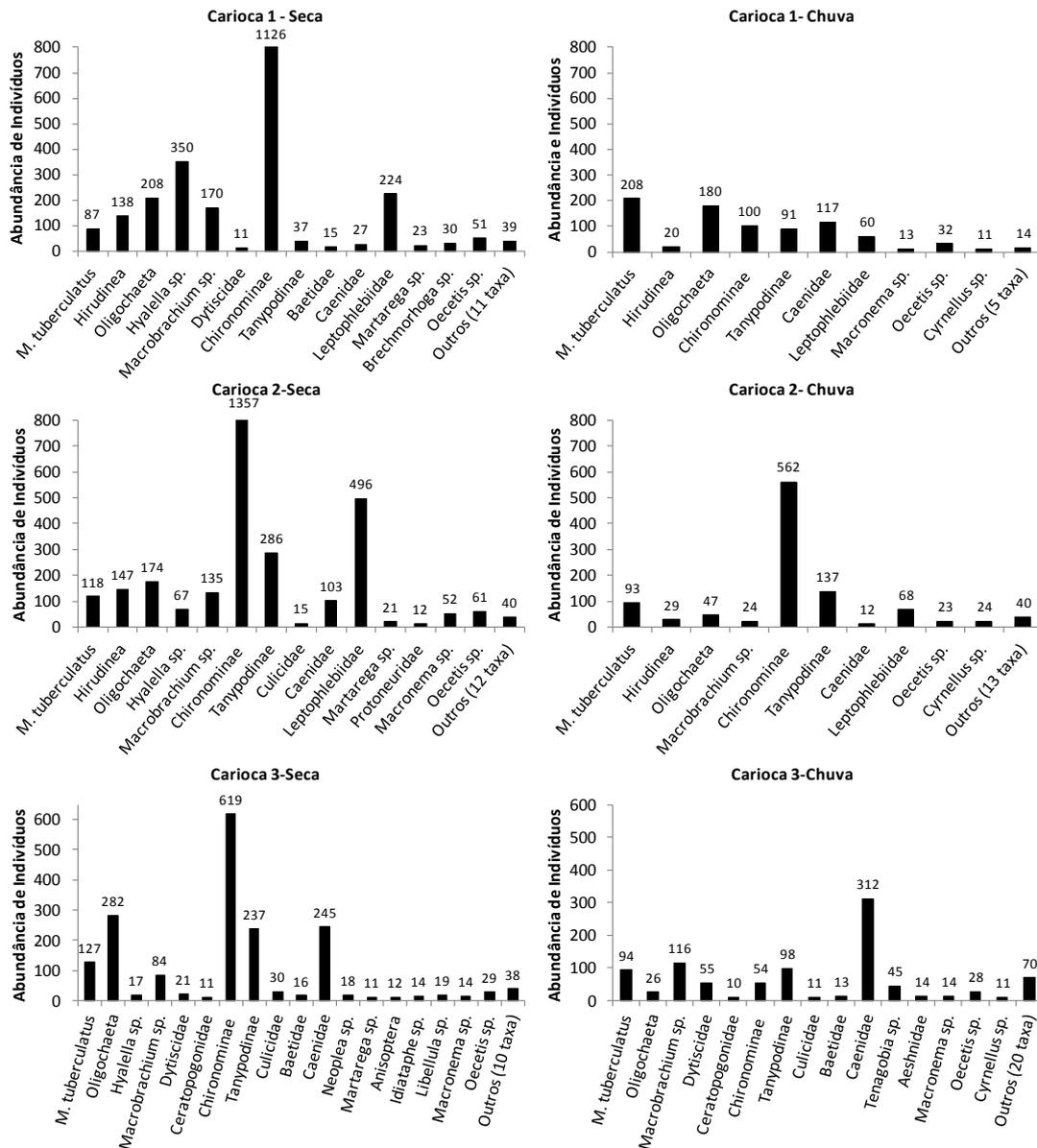


Figura 17. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos nos pontos 1, 2 e 3 da lagoa Carioca (PERD-MG), nos períodos de chuva e seca entre 2011 e 2013. Os gráficos apresentam a abundância total de indivíduos somando os dois períodos de chuva e os dois períodos de seca entre 2011 e 2013.

No ponto 1 durante a seca, além do destaque de Chironominae, houve altos números de *Hyalella* sp., Leptophlebiidae, Oligochaeta, *Macrobrachium* sp., Hirudinea e *M. tuberculatus*. A representatividade dos outros taxa encontrados foi mais baixa, sendo eles uma família de Coleoptera, duas de Ephemeroptera, um gênero de Hemiptera, um de Odonata, um de Trichoptera, e mais a sub-família Tanypodinae. Os taxa mais raros (com abundância <10 indivíduos) foram, principalmente, gêneros de Odonata e Trichoptera. Já no período de chuva no mesmo ponto a abundância de *M. tuberculatus* duplicou, e diminuiu a quantidade de indivíduos de todos os outros taxa que haviam sido mais representativos na seca, chegando a ser 10 vezes menor para Chironominae, *Hyalella* sp. e *Macrobrachium* sp., tendo esses dois crustáceos se tornado raros. Houve também expressivo aumento nas abundâncias de Tanypodinae e Caenidae.

A comunidade do ponto 2 durante a seca apresentou grande semelhança à do ponto 1 no mesmo período, sendo os mesmos grupos os mais abundantes, com a diferença de o ponto 2 conter altos números também de Tanypodinae e Caenidae. Os taxa de abundâncias mais baixas foram representantes dos mesmos grupos que ocorreram no ponto 1. Durante a chuva no ponto 2, todos os taxa sofreram diminuição de sua abundância, inclusive *M. tuberculatus*, tendo o número de Chironominae nesse ponto caído pela metade.

O ponto 3 apresentou a maior riqueza durante os dois períodos, sendo o único em que o número de taxa aumentou na chuva. Nesse ponto durante a seca, Chironominae dominou, e Oligochaeta, *M. tuberculatus* e *Macrobrachium* sp. também apresentaram altas abundâncias. Porém, não houve registro de Hirudinea, e Leptophlebiidae apresentou números muito baixos, tendo se destacado outra família de Ephemeroptera, os Caenidae. Assim como no ponto 2, Tanypodinae apresentou alta abundância. Os grupos com abundância um pouco mais baixa foram famílias de Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, gêneros de Odonata e Trichoptera, e dois gêneros de Hemiptera, sendo um deles exclusivo deste ponto (*Neoplea* sp.). Os taxa raros incluem o molusco *Biomphalaria* sp., e outros gêneros de Hemiptera e Odonata. Durante a chuva, houve diminuição de alguns dos taxa mais abundantes, porém, o número de Caenidae aumentou, tendo sido esse grupo altamente representativo nesta comunidade. Ocorreram vinte taxa raros nesse período, entre eles representantes de

Diptera, Hemiptera e principalmente de Odonata. Esse ponto da lagoa está localizado em um banco de macrófitas e possui também grande quantidade de perifíton associada às mesmas, caracterizando alta disponibilidade de alimento para a família Caenidae - representada em parte considerável por organismos raspadores - o que pode explicar sua alta representatividade nesse local.

Nota-se que nesta lagoa o grupo Chironominae é dominante durante a seca e sofre grande diminuição de sua abundância no período de chuva em todos os pontos. Também há redução na abundância dos outros taxa, bem como na riqueza em cada ponto. Esse fato sugere que a dominância de Chironominae não é um fator preponderante no estabelecimento ou não de outros organismos na comunidade - já que não há aumento de abundância de outros taxa em decorrência da diminuição de Chironominae - e que a presença ou ausência de diferentes taxa esteja mais relacionada a fatores do ambiente que variam sazonalmente, ou a características próprias das espécies (como por exemplo, períodos de reprodução).

- Lagoa Dom Helvécio

Os pontos da Lagoa Dom Helvécio apresentam diferenças entre si na estrutura da comunidade (Figura 18), pelo fato de o ponto 1 possuir riqueza de taxa notadamente mais baixa, como mostrado anteriormente.

O ponto 1 desta lagoa durante a seca apresenta dominância de *M. tuberculatus* e abundância significativa também de Chironominae. O molusco *Pomacea* sp. e os anelídeos Oligochaeta também estão presentes, mas em baixas abundâncias. Os taxa raros nesse período foram *Physa* sp., Turbellaria, *Macrobrachium* sp., e representantes de Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera e Odonata. Nesse mesmo ponto, durante a chuva, a prevalência de *M. tuberculatus* se mantém, Oligochaeta continua em baixa abundância, e os taxa raros foram três moluscos (os presentes no período de seca e mais Ancyliidae), representantes de Diptera e Ephemeroptera. No período chuvoso há grande diminuição no número de Chironominae, com registro de apenas 2 indivíduos.

Com um padrão diferente do apresentado pelo ponto 1, o ponto 2 durante a seca teve registro de baixo número de *M. tuberculatus*, tendo sido *Hyalella* sp. e Chironominae os grupos mais abundantes. Leptophlebiidae também apresentou abundância significativa, e a representatividade dos outros taxa encontrados foi mais

baixa, sendo eles Oligochaeta, *Macrobrachium* sp., Tanypodinae e o Trichoptera *Polycentropus* sp.. Dentre os taxa raros estão indivíduos de Mollusca, Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Hemiptera e Trichoptera. Durante a chuva, a riqueza de taxa foi maior, e a abundância de Oligochaeta apresentou um aumento de aproximadamente 20 vezes, dominando a comunidade. Chironominae manteve-se como segundo grupo mais abundante, houve aumento significativo na abundância dos moluscos *M. tuberculatus* e *Physa* sp., e Hidrobiidae que era táxon raro apresentou 10 indivíduos. Os grupos com representatividades mais baixas foram os mesmos, e os taxa raros incluíram Nematoda, Turbellaria, Hirudinea, Diptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Odonata e Trichoptera.

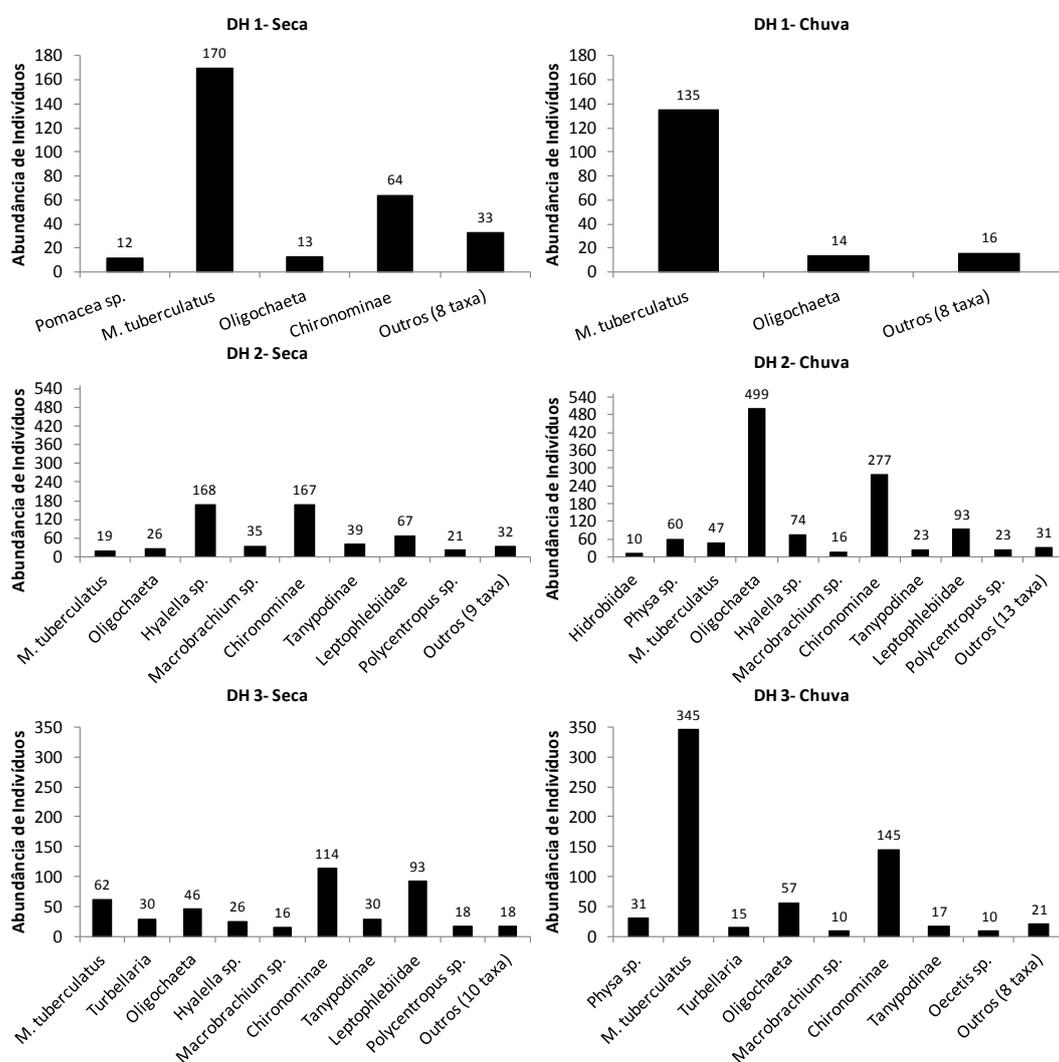


Figura 18. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos nos pontos 1, 2 e 3 da lagoa Dom Helvécio (PERD-MG). Os gráficos apresentam a abundância total de indivíduos somando os dois períodos de chuva e os dois períodos de seca entre 2011 e 2013.

No ponto 3 durante a seca, a composição da comunidade é muito semelhante à do ponto 2, no que diz respeito aos grupos que tiveram abundância ≥ 10 . Chironominae, Leptophlebiidae e *M. tuberculatus* foram os organismos mais abundantes, e os taxa com representatividade um pouco mais baixa foram os mesmos do ponto 2, incluindo apenas Turbellaria. Os taxa raros incluíram *Physa* sp., Nematoda, Coleoptera, Diptera, Trichoptera, e principalmente alguns gêneros de Odonata. Assim como no ponto 2, o ponto 3 durante a chuva apresentou aumento na abundância de moluscos, principalmente *M. tuberculatus* que dominou a comunidade. Houve grande diminuição de Leptophlebiidae, tornando-se táxon raro, mas os organismos com abundâncias um pouco mais baixas se mantiveram os mesmos. Os taxa raros também foram principalmente gêneros de Odonata.

- Lagoa Gambazinho

A estrutura das comunidades nos pontos da lagoa Gambazinho foi bastante semelhante, principalmente entre os pontos 2 e 3. Os grupos mais abundantes são quase sempre os mesmos e a sub-família Chironominae foi dominante nos três pontos, tanto na seca quanto na chuva, seguido sempre por Tanypodinae como segundo táxon com maior número de indivíduos (Figura 19).

Da mesma forma, taxa como Oligochaeta, *Hyalella* sp., *Macrobrachium* sp., Caenidae, Leptophlebiidae e Ceratopogonidae apresentaram abundâncias representativas em vários pontos nos dois períodos. Apesar de quase sempre os mesmos grupos dominarem as comunidades nesses pontos, eles também apresentam um grande número de taxa raros, que variam em sua composição entre as comunidades, contribuindo para a alta riqueza encontrada na lagoa.

Durante a seca, os taxa raros nos três pontos foram representados por alguns gêneros de Hemiptera e Trichoptera, mas principalmente por gêneros de Odonata, pertencentes a todas as famílias encontradas. Durante a chuva, as abundâncias de *Hyalella* sp. diminuem bastante nos três pontos, deixando de ser um taxa representativo para se tornar raro. Além dele, nesse período os taxa com abundância inferior a 10 indivíduos foram principalmente representantes de Ephemeroptera, Odonata e Trichoptera.

Nesta lagoa, assim como ocorre na lagoa Carioca, o grupo Chironominae domina durante a seca e sofre diminuição de sua abundância no período de chuva em todos os pontos. A dominância da família Chironomidae na lagoa Gambazinho é compatível com os resultados encontrados por Dornelas (2013).

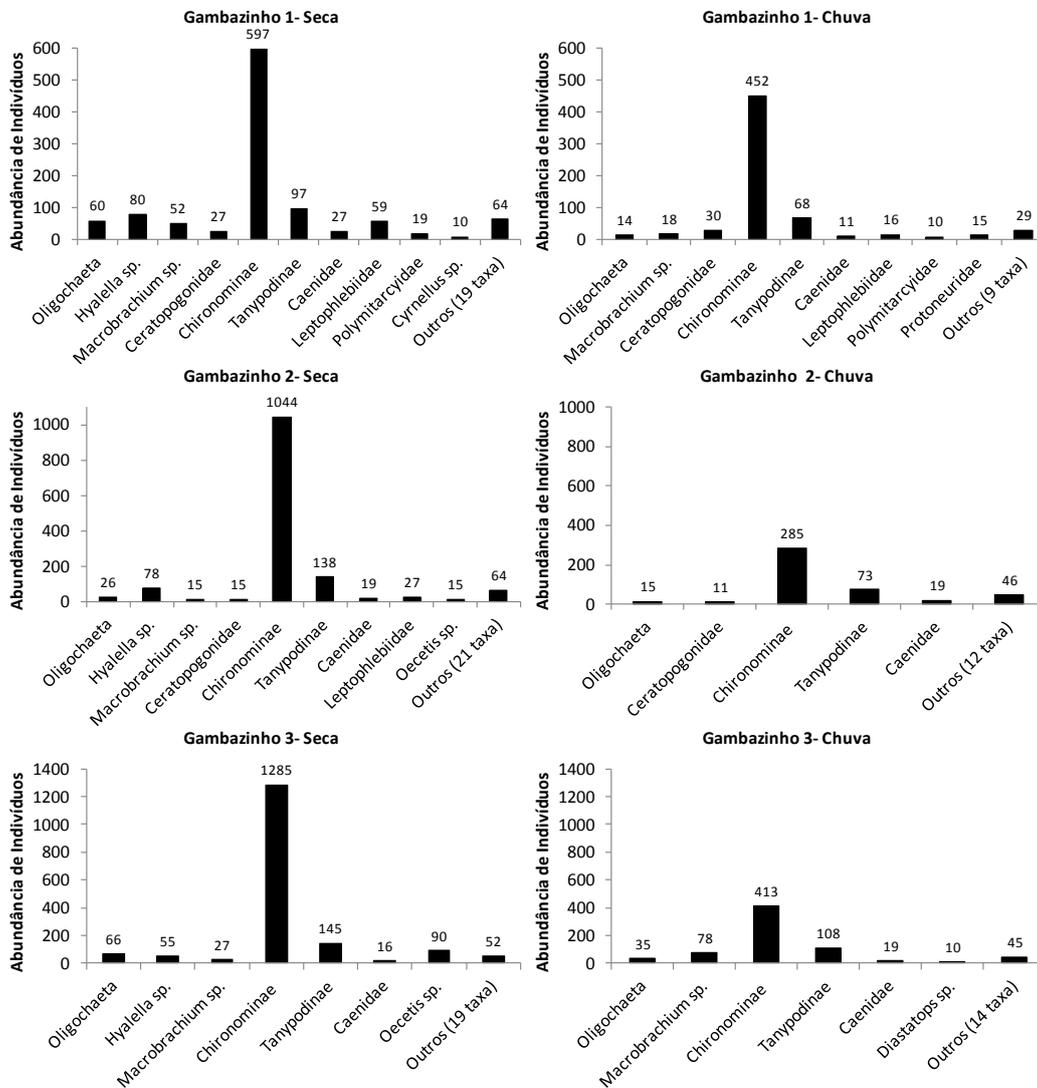


Figura 19. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos nos pontos 1, 2 e 3 da lagoa Gambazinho (PERD-MG). Os gráficos apresentam a abundância total de indivíduos somando os dois períodos de chuva e os dois períodos de seca entre 2011 e 2013.

- Lagoa Jacaré

As comunidades dos três pontos da lagoa Jacaré foram quase sempre dominadas por *M. tuberculatus* (Figura 20).

No ponto 1 durante a seca, além da dominância de *M. tuberculatus*, as duas sub-famílias de Chironomidae apresentaram abundâncias significativas, e *Physa* sp., Ceratopogonidae e *Tenagobia* sp. (Hemiptera) apareceram com números de indivíduos acima de 10. Os taxa raros foram Oligochaeta, dois gêneros de Odonata e um de Trichoptera, além de *Diplodon* sp., molusco encontrado apenas nessa lagoa. No período de chuva nesse mesmo ponto a abundância de *M. tuberculatus* aumentou muito, chegando a mais de 1000 indivíduos. Além de Chironominae, Tanypodinae e *Tenagobia* sp., *Macrobrachium* sp. também apresentou número representativo de indivíduos. Os taxa raros foram os moluscos *Pomacea* sp. e *Physa* sp., Ceratopogonidae, dois gêneros de Hemiptera e dois de Odonata.

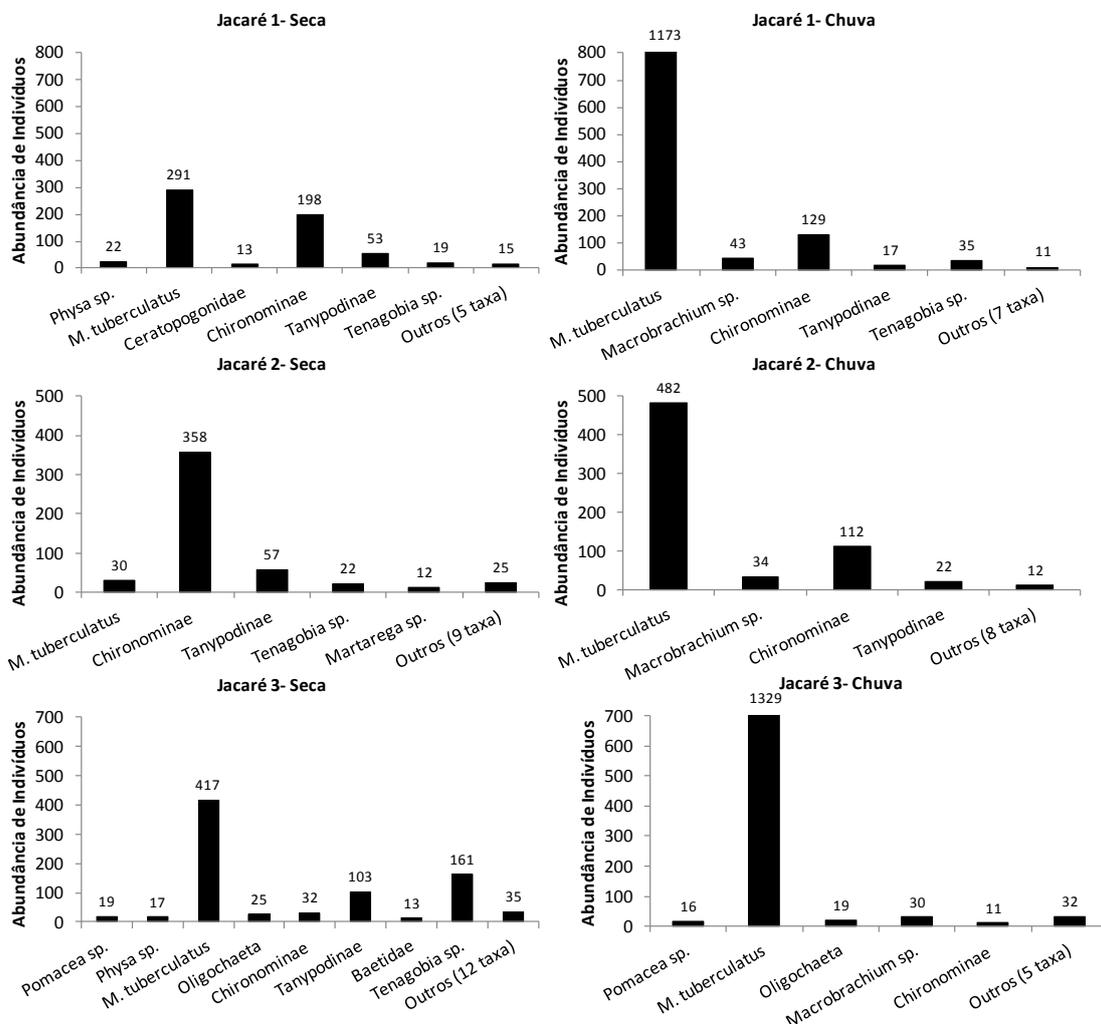


Figura 20. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos nos pontos 1, 2 e 3 da lagoa Jacaré (PERD-MG). Os gráficos apresentam a abundância total de indivíduos somando os dois períodos de chuva e os dois períodos de seca entre 2011 e 2013.

O ponto 2 durante a seca foi o único que apresentou dominância de Chironominae ao invés de *M. tuberculatus*, tendo a abundância do molusco sido muito baixa se comparada aos outros pontos e ao mesmo ponto durante a chuva. Tanypodinae, *Tenagobia* sp. e *Martarega* sp. apresentaram números significativos de indivíduos, e os taxa raros foram representantes de Annelida, Crustacea, Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Odonata e Trichoptera. Na chuva, assim como ocorreu no ponto 1, houve grande aumento no número de indivíduos de *M. tuberculatus*, que passou a dominar a comunidade. Chironominae e Tanypodinae continuaram com abundâncias expressivas, *Macrobrachium* sp. apresentou aumento de número de indivíduos e parte dos taxa raros foram os mesmos ocorridos durante a seca.

O ponto 3 durante a seca possui mais taxa com abundância ≥ 10 do que os pontos 1 e 2. *M. tuberculatus* é dominante e *Tenagobia* sp. apresenta alto número de indivíduos, sendo o segundo organismo mais abundante, seguido por Tanypodinae. Os outros grupos têm representatividade mais baixa, sendo eles *Pomacea* sp., *Physa* sp., Oligochaeta, Chironomidae e Baetidae. Os taxa raros foram *Diplodon* sp., *Macrobrachium* sp., Ceratopogonidae, Caenidae, *Martarega* sp., sete gêneros de Odonata e um de Trichoptera. No período de chuva ocorreu grande aumento na abundância de *M. tuberculatus*, assim como nos outros pontos, e os outros taxa com abundância ≥ 10 foram quase os mesmos: *Pomacea* sp., Oligochaeta, *Macrobrachium* sp., Chironomidae. Os taxa com menos de 10 indivíduos foram *Physa* sp., *Diplodon* sp., alguns representantes de Diptera, Odonata e Trichoptera. Nota-se que este ponto apresenta a abundância mais baixa de Chironominae, considerando-se seca e chuva juntas, entre todos os pontos das quatro lagoas.

Também nesta lagoa, como ocorreu na Carioca e na Gambazinho, a abundância de Chironominae diminuiu na chuva em todos os pontos. O molusco *M. tuberculatus* que é o táxon mais abundante na lagoa Jacaré, apresentou nesse local padrão contrário ao de Chironominae, tendo sido registrados números muito mais altos do molusco durante o período de chuva, em todos os três pontos. Em seu estudo analisando as comunidades de lagoas do médio Rio Doce ao longo dos anos de 2004 a 2009, Dornelas (2013) também encontrou dominância de *M. tuberculatus* na lagoa Jacaré em todos os períodos de coleta, e constatou que o nível de invasão dessa espécie na lagoa é o mais alto da escala que propôs, indicando um estágio de difícil reversão ou controle.

Os dois primeiros eixos da CCA foram responsáveis por explicar 86% da relação entre os organismos e os fatores ambientais. É possível observar que os grupos Diptera e Odonata estiveram mais relacionados com o sedimento fino, o que pode estar associado ao hábito apresentado por alguns de seus representantes de se enterrarem no sedimento. Essas duas ordens de insetos também se relacionaram mais com a lagoa Gambazinho, ambiente que apresentou maior abundância e riqueza de Odonata, explicando a ligação encontrada entre a lagoa e esses insetos.

Trichoptera foi o grupo mais relacionado com OD, provavelmente devido à sua necessidade de altas concentrações de oxigênio para sobreviver, e consequente sensibilidade a alterações ambientais, sendo comumente utilizados como bioindicadores de boa qualidade (Callisto et al., 2001; Goulart & Callisto, 2003). Ephemeroptera (outro organismo sensível), Annelida e Crustacea também apresentaram relação com o oxigênio dissolvido, assim como com NT e MO. Esses quatro grupos de organismos e as variáveis mostraram associação com as lagoas Carioca e Dom Helvécio.

Os moluscos estiveram mais relacionados com grãos maiores de sedimento, temperatura e PT, mas também com a condutividade, e a associação de todas essas variáveis foi mais evidente na lagoa Jacaré. Neste estudo, os moluscos foram representados principalmente pelo gastrópode *M. tuberculatus* que, como já citado, possui alta tolerância à poluição das águas. Altos valores de condutividade e PT são geralmente associados a ambientes alterados, explicando a relação observada entre esses parâmetros, o gastrópode invasor e a lagoa Jacaré. Além disso, gastrópodes são organismos raspadores, sendo favorecidos em ambientes que contêm perifíton. Este é o caso dos dois pontos da lagoa Jacaré (pontos 1 e 3) que apresentaram altas abundâncias de gastrópodes (*M. tuberculatus* e outros), pois neles há presença de macrófitas submersas e perifíton associado às mesmas, propiciando ambiente favorável ao estabelecimento desses moluscos.

Não foi possível observar relação entre os grupos Coleoptera e Hemiptera e as variáveis ambientais, pois eles encontram-se posicionados distantes das mesmas no gráfico.

4.3. Análise Funcional da Comunidade Bentônica

Devido à escassez de conhecimento sobre a biologia e ecologia de macroinvertebrados da região tropical (Tomanova et al., 2008), existem poucas informações disponíveis sobre as características dos organismos. Dessa forma, foram utilizadas também para a classificação funcional características atribuídas aos taxa em trabalhos realizados em regiões temperadas. Utilizou-se para a análise funcional os 30 taxa que estiveram presentes em mais de 5% das amostras e que representaram mais de 0.1% da abundância total de indivíduos. Esses taxa foram: *M. tuberculatus*, *Physa* sp., *Pomacea* sp., Turbellaria, Hirudinea, Oligochaeta, *Hyaella* sp., *Macrobrachium* sp., Dytiscidae, Ceratopogonidae, Chironominae, Tanypodinae, Culicidae, Baetidae, Caenidae, Leptophlebiidae, Polymitaeridae, *Tenagobia* sp., *Martarega* sp., Anisoptera NI, *Phylocyca* sp., *Brechmohoga* sp., *Diastatops* sp., *Libellula* sp., Coenagrionidae, Protoneuridae, *Macronema* sp., *Oecetis* sp., *Cyrnellus* sp. e *Polycentropus* sp.. A classificação desses organismos em atributos funcionais utilizando código fuzzy é apresentada no Anexo III (Pág. 102).

4.3.1. Definição dos Tipos Funcionais

Na Análise de Correspondência entre os taxa baseada em sua classificação funcional (Figura 22), os dois primeiros eixos explicaram juntos 28% da variação nos dados, sendo possível observar um agrupamento entre organismos funcionalmente mais semelhantes.

A partir dessa análise foi possível determinar Tipos Funcionais, agrupando os organismos funcionalmente mais semelhantes entre si. Para isso, foi realizada uma Análise de Agrupamentos (Cluster) baseada nos valores de cada táxon para os quatro primeiros eixos da Análise de Correspondência, tendo os mesmos explicado juntos 50% da variação nos dados. Determinou-se o nível de partição no valor de similaridade aproximado de 1.0. Como resultado foram obtidos 8 Tipos Funcionais, representados pelas letras A, B, C, D, E, F, G e H na Figura 23. Os TFs formados são compostos cada um pelos taxa que aparecem mais proximamente relacionados no gráfico da Análise de Correspondência.

Nota-se que alguns dos TFs são formados apenas por taxa pertencentes ao mesmo grupo taxonômico (por exemplo, o Tipo D é exclusivo de Odonata e Tipo H de Mollusca), como já havia sido observado por seu agrupamento na Análise de Correspondência (Figura 22). Além disso, há tipos formados por apenas um táxon, como é o caso do C (*Pomacea* sp.) e do F (Oligochaeta). Essa preservação parcial das relações filogenéticas entre os grupos também foi observada por Usseglio-Polatera (2000b), tendo como resultado alguns grupos bastante homogêneos em sua estrutura sistemática. O restante dos TFs foi formado por grupos taxonômicos diversos.

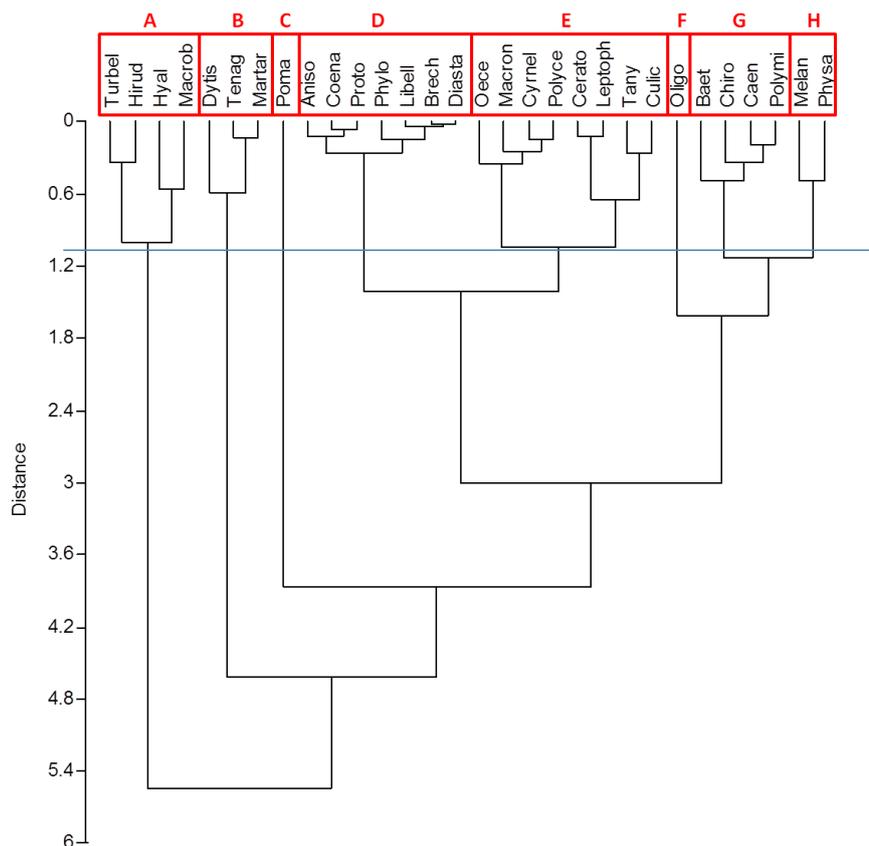


Figura 23. Dendrograma contendo a classificação funcional dos organismos obtido a partir do Método de Ward com distâncias euclidianas, baseado nas coordenadas dos taxa nos eixos 1 a 4 da Análise de Correspondência (Figura 22). A linha azul indica o nível de partição que define os grupos com atributos similares. Os quadrados vermelhos indicam quais taxa pertencem a cada um dos Tipos Funcionais, representados pelas letras de A a H.

4.3.2. Caracterização dos Tipos Funcionais

A Figura 24 apresenta perfis com a caracterização de cada um dos TFs formados. Esses perfis foram baseados nas frequências de distribuição das médias dos escores dos taxa de cada grupo para cada modalidade e característica.

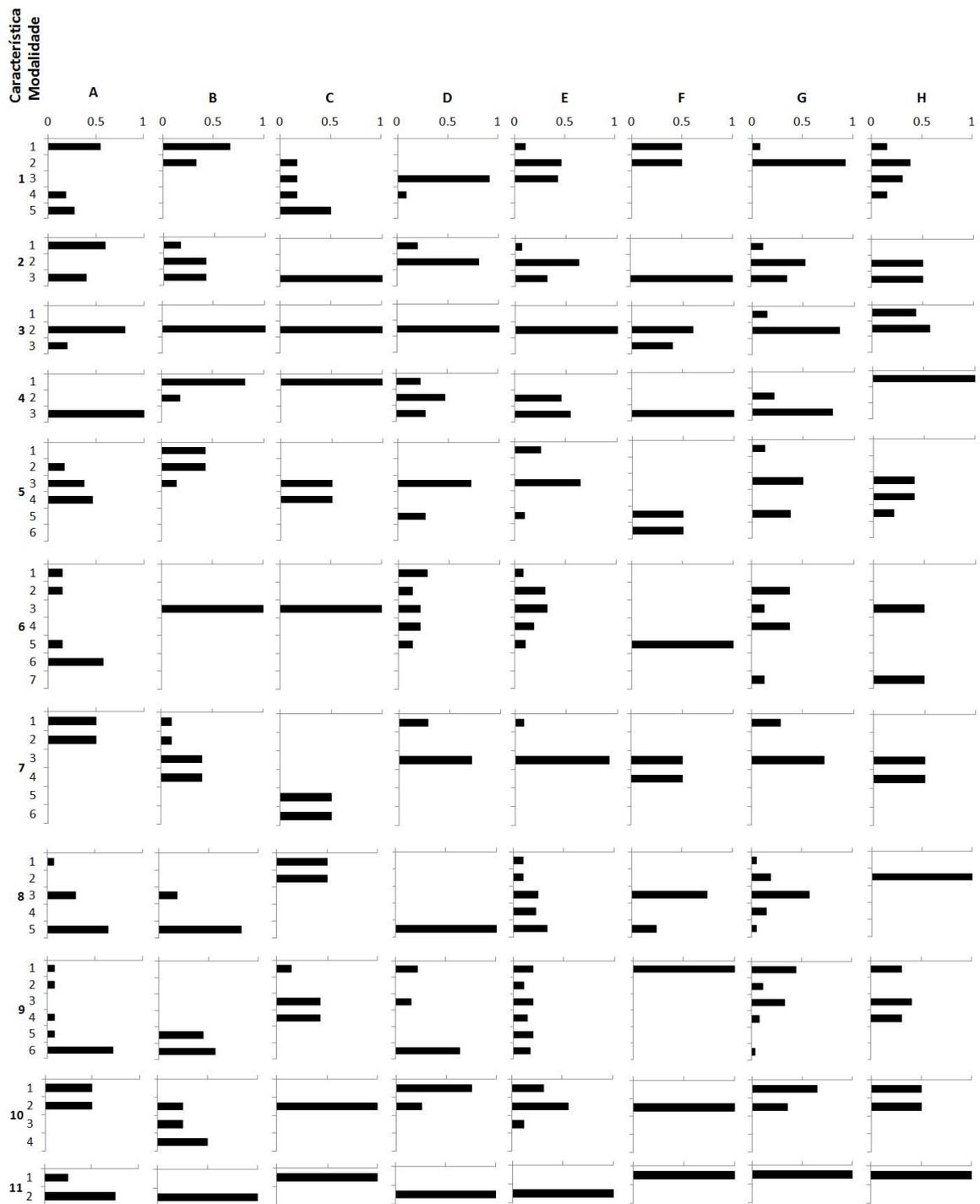


Figura 24. Perfis de descrição dos Tipos Funcionais baseados nas frequências de distribuição das médias dos escores dos taxa (=afinidade) de cada grupo para cada modalidade e característica.

O Tipo A é composto em sua maioria por organismos pequenos, apesar de alguns poderem ultrapassar os 40mm, e que possuem formato de corpo achatado.

Apresentam alta flexibilidade corporal e se locomovem principalmente rastejando sobre o substrato, mas alguns realizam também movimentos natatórios. Podem ter menos ou mais de uma geração por ano, e se reproduzem principalmente de forma sexuada, mas também por fissão transversal. Muitos apresentam cuidado parental, e seus ovos podem ser depositados isolados ou agrupados no sedimento. São em grande parte predadores de animais maiores do que 1mm, mas há também catadores de detritos e plantas, e uns poucos fragmentadores. Respiram por brânquias ou através do tegumento, sendo que alguns podem ter hemoglobina (Figura 24). Fazem parte do Tipo A os Turbellaria, Hirudinea, *Hyaella* sp. e *Macrobrachium* sp. (Figura 23).

O Tipo B inclui organismos nadadores pequenos, cilíndricos e um pouco achatados, que apresentam baixa flexibilidade corporal. São sexuados, com número de gerações por ano variável, e depositam seus ovos na vegetação. Alimentam-se predominantemente por predação, tendo como presas animais menores ou maiores do que 1mm, mas alguns também são catadores. Sua respiração ocorre através de plastron, espiráculos ou tegumento, e não possuem hemoglobina (Figura 24). O Tipo B compreende Dytiscidae, *Tenagobia* sp., e *Martarega* sp. (Figura 23).

No grupo definido como Tipo C, os indivíduos possuem corpo esférico não flexível, de tamanho variável, principalmente de médio a grande. Se reproduzem sexuadamente e apresentam mais de uma geração por ano, sendo seus ovos depositados na vegetação. São raspadores e fragmentadores, se alimentando de plantas e pequenos detritos. A respiração é tegumentar e possuem hemoglobina (Figura 24). Esse Tipo é representado apenas pelo molusco *Pomacea* sp. (Figura 23).

Os organismos do Tipo D são de tamanho médio, cilíndricos e um pouco achatados, apresentando flexibilidade do corpo variável. A reprodução é sexuada, e ocorre até uma geração por ano. A oviposição é feita em substratos variados (vegetação ou sedimento), ou diretamente na água, sendo os ovos depositados agrupados ou isolados. Locomovem-se rastejando sobre o sedimento ou permanecem enterrados nele. São exclusivamente predadores, se alimentando principalmente de animais >1mm, mas também de plantas e detritos pequenos. A respiração é na maioria branquial podendo ocorrer também através do tegumento, e não possuem hemoglobina (Figura 24). Compõem o Tipo D os taxa Anisoptera NI, *Phylocycla* sp., *Brechmohoga* sp.,

Diastatops sp., *Libellula* sp., Coenagrionidae, Protoneuridae, todos pertencentes à ordem Odonata (Figura 23).

O Tipo E compreende organismos de tamanho pequeno a médio, e corpo predominantemente cilíndrico que pode ser pouco ou muito flexível. Reproduzem-se sexuadamente e o número de gerações varia de menos de uma a mais de uma por ano. Locomovem-se principalmente rastejando sobre o substrato, mas também podem nadar ou se enterrar. Os ovos são depositados em substratos variados (vegetação ou sedimento), ou diretamente na água, podendo ser agrupados ou isolados. Nesse tipo ocorre grande variação na forma de se alimentar, assim como nos itens utilizados como alimentação: há fragmentadores, filtradores, catadores, predadores e raspadores, que se alimentam de detritos, plantas e animais, sendo esses itens pequenos ou grandes. A respiração é principalmente tegumentar, podendo ser também por brânquias ou espiráculos (Figura 24). No Tipo E estão Ceratopogonidae, Culicidae, Tanyptodinae, Leptophlebiidae, *Oecetis* sp., *Macronema* sp., *Cyrnellus* sp. e *Polycentropus* sp. (Figura 23).

Os indivíduos do Tipo F são pequenos, cilíndricos e altamente flexíveis. Podem se reproduzir sexuadamente ou por fissão transversal, apresentando mais de uma geração por ano. Vivem enterrados no sedimento, local onde depositam seus ovos. São principalmente catadores de detritos mas alguns também podem ser predadores. Possuem hemoglobina e respiram através do tegumento (Figura 24). Apenas os Oligochaeta fazem parte do Tipo F (Figura 23).

Os organismos do Tipo G apresentam características bastante heterogêneas. São pequenos, de corpos cilíndricos ou mais achatados e em geral muito flexíveis. O número de gerações varia de menos de uma a mais de uma por ano, a reprodução é predominantemente sexuada, mas alguns podem apresentar partenogênese. Vivem principalmente rastejando ou enterrados, mas também podem nadar, e seus ovos são depositados agregados, na vegetação ou na água, sendo alguns indivíduos ovovivíparos. Com relação à alimentação, são em geral catadores, mas há também filtradores, raspadores e alguns fragmentadores e predadores, alimentando-se principalmente de detritos e plantas. A respiração é branquial ou tegumentar, e podem possuir hemoglobina (Figura 24). São incluídos no Tipo G os Chironomidae, Baetidae, Caenidae e Polymitarcyidae (Figura 23).

Os organismos do Tipo H têm corpo cilíndrico não flexível, de tamanho pequeno a médio. A reprodução é sexuada ou partenogenética, ocorrendo pelo menos uma geração por ano. Vivem rastejando sobre o sedimento ou enterrados nele, seus ovos são postos na vegetação e alguns indivíduos são ovovivíparos. São exclusivamente raspadores, principalmente de plantas mas também de detritos. A respiração é branquial ou tegumentar e possuem hemoglobina (Figura 24). Os taxa *M. tuberculatus* e *Physa* sp. compõem o Tipo H (Figura 23).

4.3.3. Associação entre os TFs e as variáveis ambientais

De acordo com Townsend & Hildrew (1994), as condições do habitat fornecem um modelo para a seleção de características e estratégias de história de vida específicas dos organismos. Certas combinações de adaptações, principalmente as que dizem respeito à sobrevivência e reprodução, são selecionadas em diferentes habitats de acordo com as características ambientais dos mesmos (Usseglio-Polatera, 1994). Dessa forma, TFs com diferentes características biológicas e ecológicas devem apresentar relação com os parâmetros ambientais dos locais em que se encontram.

Na Análise de Correlação Canônica entre os TFs e as variáveis ambientais nas lagoas estudadas, os dois primeiros eixos explicam juntos 84% da variação nos dados (Figura 25). No gráfico, é possível observar uma associação entre os tipos G e D e sedimentos de menor tamanho. Parte significativa dos organismos desses dois tipos possui o hábito de se enterrar nos sedimentos, o explica sua relação com os grãos de sedimento mais finos, assim como encontrado por Lamouroux et al. (2004), Tomanova & Usseglio-Polatera (2007) e Tomanova et al. (2008). Estes TFs estiveram associados principalmente à lagoa Gambazinho.

Os tipos A e F possuem entre seus representantes alguns organismos com tolerância a alterações ambientais, o que é compatível com a relação encontrada entre esses TFs e teores de NT, já que altos valores desse nutriente refletem elevadas cargas de matéria orgânica. O tipo E apresentou relação com teores de oxigênio dissolvido, sugerindo a importância dessa variável para os organismos desse TF, que possuem respiração principalmente tegumentar. Os TFs A, E e F estiveram associados principalmente às lagoas Carioca e Dom Helvécio.

O tipo H apresentou relação com sedimentos mais grossos, temperatura e PT. Os organismos desse TF são tolerantes à poluição e possuem algumas características que aumentam sua capacidade de estabelecimento em ambientes alterados, como a presença de hemoglobina e a reprodução partenogenética, o que possivelmente explica sua associação à temperatura e à concentração de fósforo total. Esse tipo esteve correlacionado com a lagoa Jacaré.

Os tipos B e C aparecem isolados no gráfico.

Esses resultados corroboram o encontrado para a CCA entre as variáveis ambientais e os taxa, já que os mesmos parâmetros do ambiente que apresentaram relação com determinados organismos, também se associaram aos TFs que representam as características desses indivíduos.

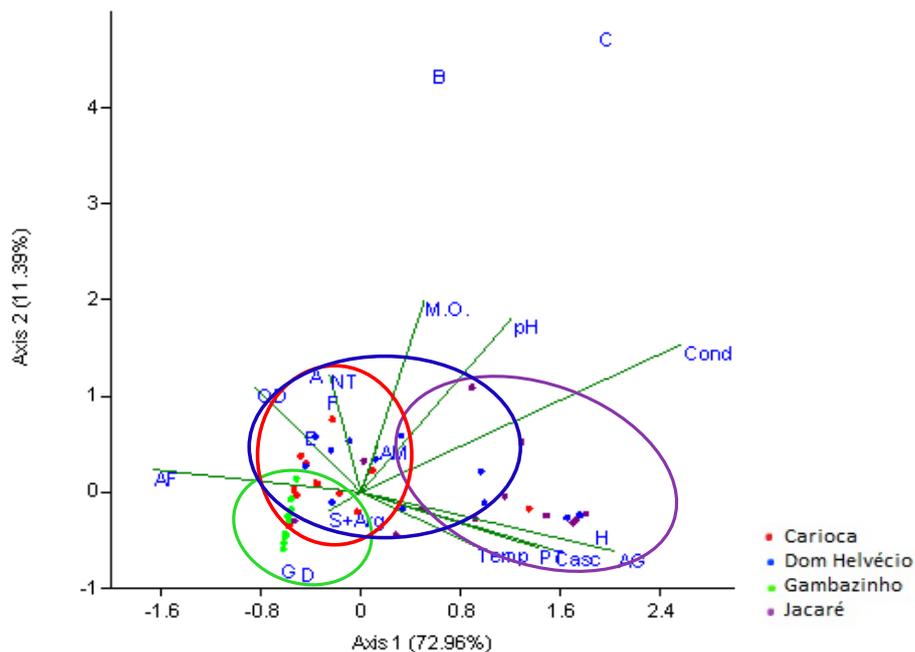


Figura 25. Análise de Correlação Canônica entre os Tipos Funcionais (letras de A a H) e as variáveis ambientais, onde: Temp= temperatura da água; Cond= condutividade elétrica; OD= oxigênio dissolvido; NT= nitrogênio total; PT= fósforo total; MO= matéria orgânica; Casc= cascalho; AG= areia grossa (agrupando areia muito grossa e areia grossa); AM= areia média; AF= areia fina (agrupando areia fina e areia muito fina) e S+Arg= silte e argila.

A CCA demonstrou relações entre os TFs e as variáveis ambientais, porém, “síndromes” de atributos - que ocorrem quando características individuais se intercorrelacionam através dos taxa devido a relações filogenéticas, como no já citado caso dos gêneros de Odonata - podem interferir nas respostas funcionais observadas no nível da comunidade (Poff, 2006). Dessa forma, considerar a diversidade total de informação fornecida por múltiplos atributos, analisando cada uma das modalidades das características de forma separada para relacioná-las às condições ambientais, pode ser também muito importante para compreender a influência do ambiente e de possíveis estressores na funcionalidade das comunidades (Statzner e Bêche, 2010).

4.3.4. Abundância e Composição dos TFs nas Comunidades

O TF mais abundante foi o tipo G, chegando a atingir quase 12.000 indivíduos, enquanto o menos abundante foi o tipo C, com apenas 53 indivíduos. É importante ressaltar que o tipo G compreende, entre outros, o táxon de maior abundância encontrado, os Chironominae, e o tipo C é representado apenas pelo molusco *Pomacea* sp. Os tipos B e D também apresentaram menor abundância, registrando 487 e 300 indivíduos, respectivamente. O tipo F teve 1944 de abundância e os outros três tipos (A, E e H), apresentaram mais de 2000 organismos (Figura 26).

Além de menos abundante, o tipo C foi o menos frequente, tendo sido encontrado em apenas 5 dos 12 pontos de coleta. O segundo tipo menos frequente foi o H, estando presente em 9 pontos, seguido pelo tipo B, em 10 pontos. Cada um dos outros TFs foi encontrado em todos os pontos coletados.

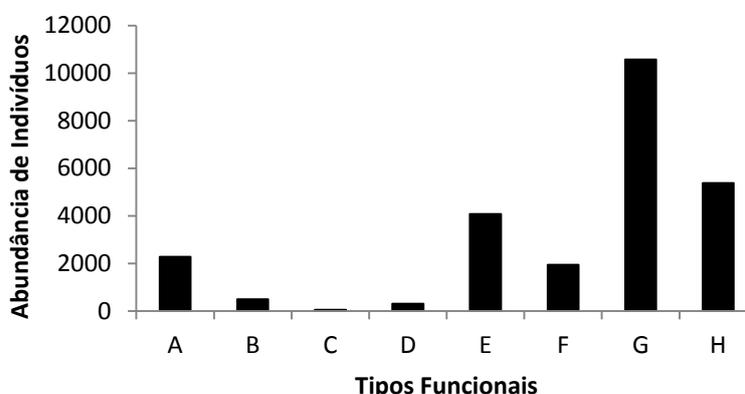


Figura 26. Abundância de indivíduos de cada um dos Tipos Funcionais, considerando todos os períodos e locais de coleta.

Com relação à sazonalidade, todos os TFs foram encontrados tanto em períodos chuvosos, quanto de seca. Com exceção do tipo H, todos os outros tipos apresentaram diminuição de sua abundância durante a chuva (Figura 27), o que constitui um reflexo do padrão encontrado para a abundância total de organismos. A diferença apresentada pelo tipo H em relação aos outros deve-se à presença de *M. tuberculatus* neste grupo. Como já citado, este organismo foi encontrado em maiores abundâncias no período de chuva em muitos dos pontos em que foi coletado, assim como observado por Dornelas (2013) em lagoas da região.

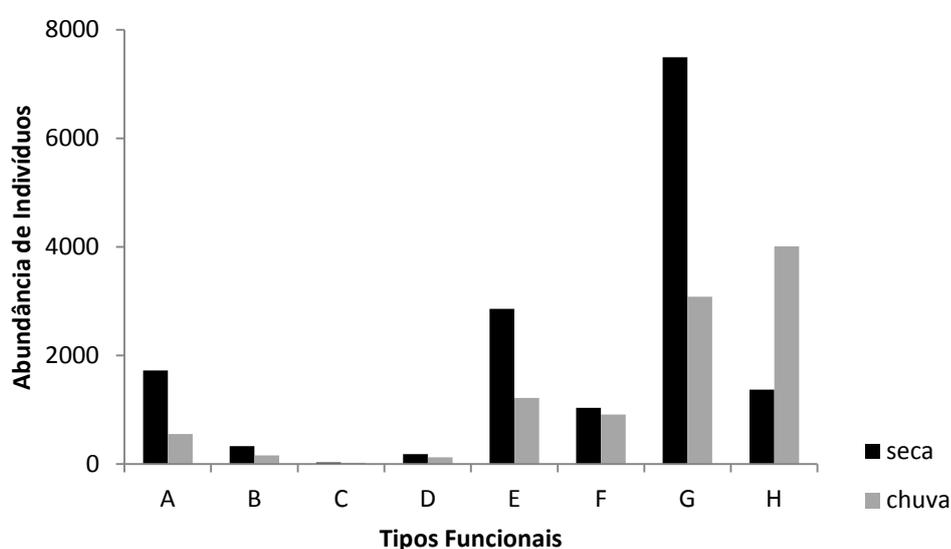


Figura 27. Abundância total de indivíduos de cada Tipo Funcional em períodos de seca e chuva, considerando todos os locais de coleta. Obs.: o Tipo C apresentou abundância muito inferior a dos outros nos períodos de seca (N=31) e chuva (N=22), de forma que as barras de valores não chegam a aparecer no gráfico.

- Lagoas

A lagoa Carioca foi dominada pelo tipo G, mas também houve abundâncias representativas de quase todos os outros TFs, com exceção de B e D que tiveram abundâncias relativas inferiores a 5%, e C que não foi encontrado nessa lagoa. Na lagoa Dom Helvécio a ocorrência dos TFs foi mais equitativa, e não houve dominância de um só tipo sobre os outros. Apesar da baixíssima abundância relativa dos tipos B, C e D, o restante deles teve representação significativa na comunidade, tendo sido o tipo H o mais abundante, seguido por G, F, E e A. Na lagoa Gambazinho não ocorrem os tipos C

e H e o tipo B apresentou abundância relativa muito baixa. G é o TF dominante (aprox. 70% da abundância relativa), assim como na lagoa Carioca, e os outros grupos ocorrem em números significativamente mais baixos. Na lagoa Jacaré houve alta dominância do tipo H, e o tipo G foi o segundo com maior representatividade. Os outros tipos apresentaram abundâncias relativas muito mais baixas, principalmente F, C e D (Figura 28).

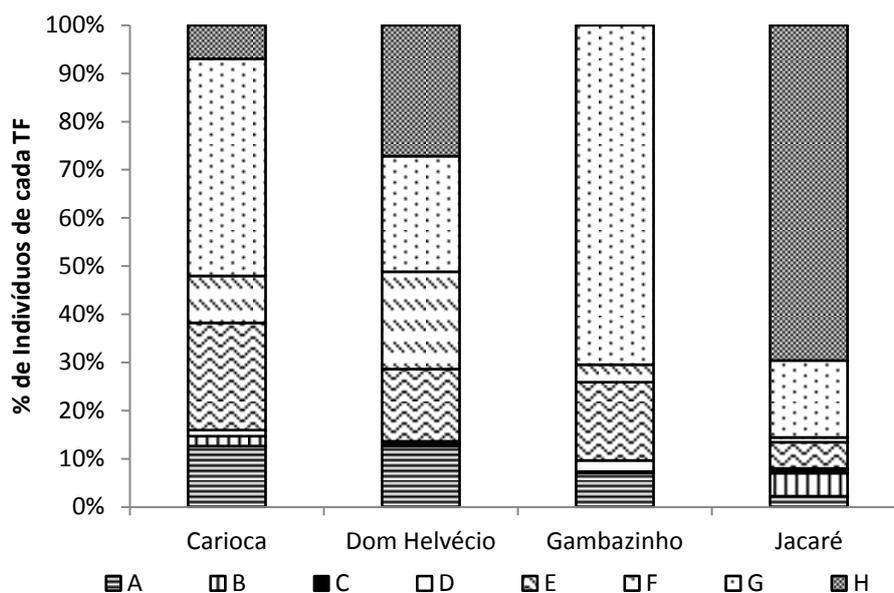


Figura 28. Abundância relativa de cada um dos Tipos Funcionais encontrados nas lagoas Carioca, Dom Helvécio, Gambazinho e Jacaré (PERD-MG).

Espera-se que ambientes mais impactados apresentem menor riqueza funcional, por poderem conter apenas espécies com características que lhes permitam sobreviver e reproduzir mesmo enfrentando condições adversas, enquanto os ambientes mais preservados sejam mais ricos funcionalmente, por poderem conter uma grande variedade de organismos com diferentes características e estratégias, incluindo aquelas dos ambientes impactados (Marques, 2004). Porém, na composição de TFs apresentada pelas lagoas neste estudo, os ambientes mais preservados tiveram menor número de TFs. É possível que o número reduzido de taxa utilizado para a análise funcional, se comparado à riqueza de taxa total encontrada nas quatro lagoas, explique, pelo menos parcialmente esse resultado. Assim, é provável que, com a inclusão de todos os taxa na análise funcional, outros TFs se formassem, e a composição e estrutura funcional das comunidades se apresentasse diferente. Principalmente porque muitos dos organismos

desconsiderados nessa análise provavelmente estivessem presentes apenas nos ambientes mais preservados (lagoas Carioca e Gambazinho), que apresentaram riqueza taxonômica maior, o que possibilitaria maior variedade de características, e consequentemente de TFs nesses locais. Segundo Johnson et al. (1993), a caracterização das histórias de vida de muitas espécies é o maior obstáculo para a utilização dessa abordagem, o que refletiu nos resultados encontrados. O desconhecimento de características de história de vida de um organismo pode trazer dificuldades à interpretação dos dados, além de que há dificuldade em obter informações sobre os taxa, principalmente de áreas tropicais, como citado anteriormente, fatores que tiveram influência na realização das análises funcionais.

De modo geral, nota-se que a composição funcional não difere muito entre as quatro lagoas estudadas, apenas pela inexistência do tipo H na lagoa Gambazinho, e do tipo C nesse mesmo ambiente e também na Carioca. Porém, a estrutura de cada comunidade é distinta, já que a proporção em que cada um dos grupos ocorre nesses ecossistemas é desigual. É notável a alternância de dominância entre os tipos G e H nos locais mais preservados e mais impactados, respectivamente, principalmente nas lagoas Gambazinho e Jacaré.

Apesar de a composição de TFs encontrados nas lagoas ter sido bastante próxima e a riqueza ter sido um pouco maior nos locais impactados, o tipo dominante nesses últimos ambientes possui menos variação nas modalidades em seus atributos do que os outros, indicando que uma riqueza maior de TFs não corresponde necessariamente a uma maior diversidade nas características funcionais da comunidade. Dessa forma, a lagoa Jacaré apresenta grande abundância de um grupo com características mais marcadas, enquanto as outras lagoas possuem maiores quantidades de grupos com características mais diversas.

É esperado que a maioria dos organismos em ambientes degradados possua atributos como rápido crescimento populacional, presença de hemoglobina e reprodução partenogenética, entre outros (Marques, 2004), que possam favorecer seu estabelecimento nesses locais. Além disso, o aumento da perturbação ambiental pode favorecer organismos de tamanho médio, que se alimentam de detritos finos, possuem respiração tegumentar, são cilíndricos e aqueles que permanecem enterrados (Tomanova et al., 2008), assim como a poluição orgânica pode favorecer os raspadores (Feio &

Dolédec, 2012). Tais características estão de acordo com o perfil do tipo H, grupo dominante nas lagoas menos preservadas, principalmente na Jacaré, ambiente que sofre os maiores e mais diversos impactos dentre os quatro estudados. Apesar da dominância do tipo H nessas duas lagoas, elas também apresentam organismos de todos os outros TFs, indicando que os distúrbios ambientais nesses locais, mesmo ocasionando diminuição na riqueza de taxa se comparado às lagoas mais preservadas, ainda permitem a existência de organismos com relativa diversidade de características. Este fato é menos notável na lagoa Jacaré, que possui proporções muito baixas dos outros TFs que não o H, sugerindo que o alto impacto antrópico nesse ambiente favoreça a expansão do grupo dominante em detrimento dos outros. Já a lagoa Dom Helvécio que sofre impactos menos expressivos, é capaz de manter boa parte dos TFs com alta representatividade na comunidade.

Em ambientes de melhor qualidade espera-se maior fração de organismos de grande tamanho, ciclo de vida mais comprido, e com ovoviviparidade, entre outras características (Marques, 2004). Tomanova et al. (2008) encontraram em ambientes mais preservados maiores porcentagens de organismos com os seguintes atributos: fragmentadores, raspadores e filtradores, que se alimentavam de matéria orgânica e plantas pequenas e grandes; corpos achatados; bons nadadores; respiração através de brânquias ou plástron. Algumas dessas características correspondem às apresentadas pelo grupo dominante (tipo G) nas lagoas mais preservadas, Carioca e Gambazinho. Variedade nos grupos alimentares, ovoviviparidade, respiração por brânquias são algumas delas, porém, nem todo o perfil desse grupo se enquadra no esperado. De acordo com Townsend e Hildrew (1994), é difícil prever quantas e quais das características esperadas para os indivíduos de determinado local ocorreriam juntas em um mesmo organismo. Segundo os autores, um único mecanismo ou estratégia de sobrevivência pode, por exemplo, assegurar o sucesso de um organismo em determinado local de condições adversas, sem que necessariamente todas as outras características de história de vida tenham que estar presentes. Além disso, Statzner e Bêche (2010) afirmam que os mecanismos de ação dos estressores ambientais sobre os atributos dos macroinvertebrados podem facilitar predições a priori, mas a complexidade do potencial de resposta dos atributos pode tornar essas predições difíceis, em alguns casos.

- Pontos em cada lagoa

Os diferentes pontos da lagoa Carioca apresentaram suas composições em TFs bastante semelhantes entre si. Houve dominância do tipo G como já citado, seguido pelos tipos E, A e H em todos os três pontos. Os tipos B e D foram menos representativos, com abundâncias relativas muito baixas nos pontos 1 e 2, e aparecendo um pouco mais no ponto 3 (Figura 29). Esse último ponto apresenta variedades de tipos de macrófitas, que podem favorecer o estabelecimento de organismos predadores, como é o caso dos indivíduos dos tipos B e D.

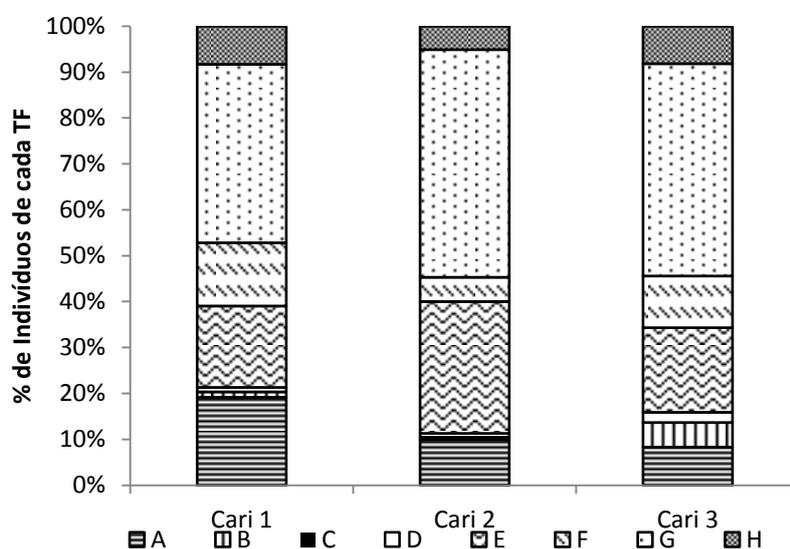


Figura 29. Abundância relativa dos Tipos Funcionais em cada ponto de coleta da lagoa Carioca (PERD-MG).

Os Pontos da Lagoa Dom Helvécio apresentaram variação na distribuição dos TFs. No ponto 1, o tipo H dominou a comunidade, representando mais de 60% dos indivíduos encontrados. A grande quantidade de macrófitas com perifíton associado presentes nesse ponto pode ter favorecido esse TF que é composto por organismos raspadores. O tipo G também apresentou certa representatividade, e apesar de terem sido encontrados indivíduos pertencentes a todos os outros tipos, os mesmos ocorreram em abundâncias bem mais baixas. Já o ponto 2, apesar de não ter nenhum indivíduo dos tipos B e C, e apenas 3 do D, apresentou as abundâncias dos outros grupos mais equitativamente distribuídas, sem nenhum TF dominando a comunidade. No ponto 3, há

novamente maior abundância do tipo H, o tipo B não é encontrado, e os tipos C e D ocorrem em abundâncias muito baixas. Os outros TFs ocorrem com representatividade significativa (Figura 30).

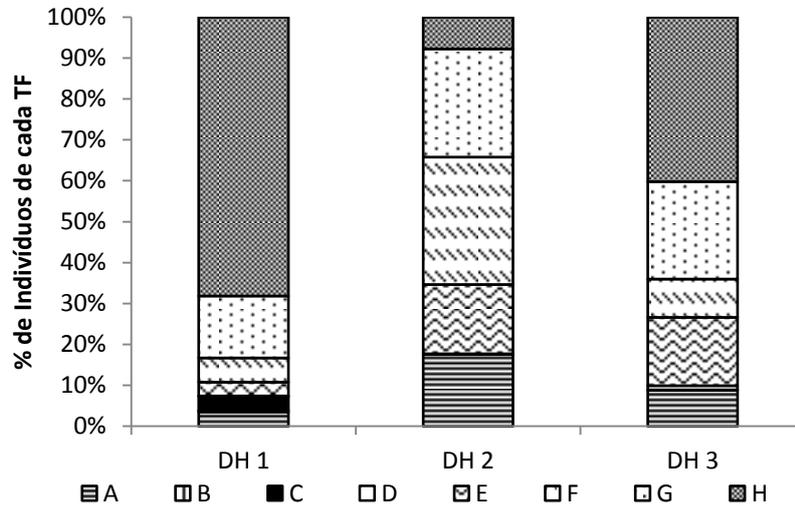


Figura 30. Abundância relativa dos Tipos Funcionais em cada ponto de coleta da lagoa Dom Helvécio (PERD-MG).

Os três pontos da lagoa Gambazinho apresentam estrutura e composição de TFs muito parecidas, com dominância do tipo G, o tipo E como o segundo de maior abundância, seguidos por A, F, D e B, este último com número de indivíduos bastante baixo. Como já citado, nenhum dos pontos apresenta os tipos C e H (Figura 31).

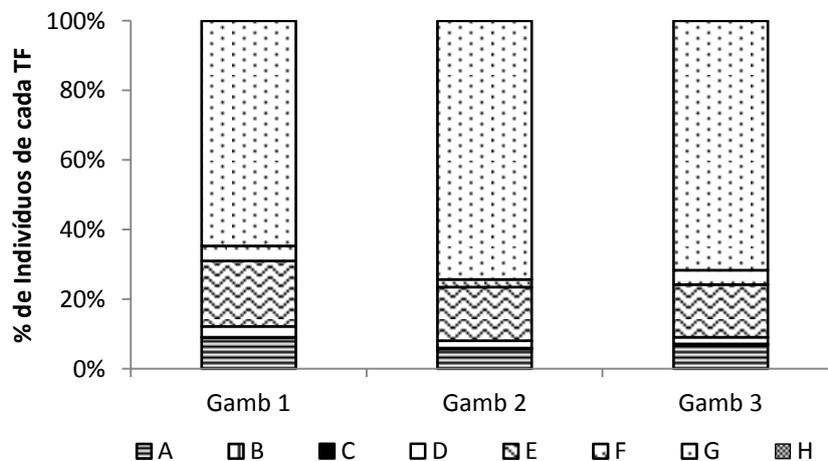


Figura 31. Abundância relativa dos Tipos Funcionais em cada ponto de coleta da lagoa Gambazinho (PERD-MG).

Na lagoa Jacaré, o ponto 1 teve a comunidade dominada pelo tipo H, seguido por G, E, B e A. Neste ponto, os tipos C, D e F foram muito pouco abundantes. A diferença observada no ponto 2 em relação ao ponto 1 foi que não houve dominância de H, apesar de continuar um dos mais abundantes juntamente com o tipo G. No ponto 3 houve novamente dominância do tipo H, porém, dessa vez o segundo mais abundante foi o tipo B. Os outros TFs apresentaram números bem mais baixos de indivíduos (Figura 32).

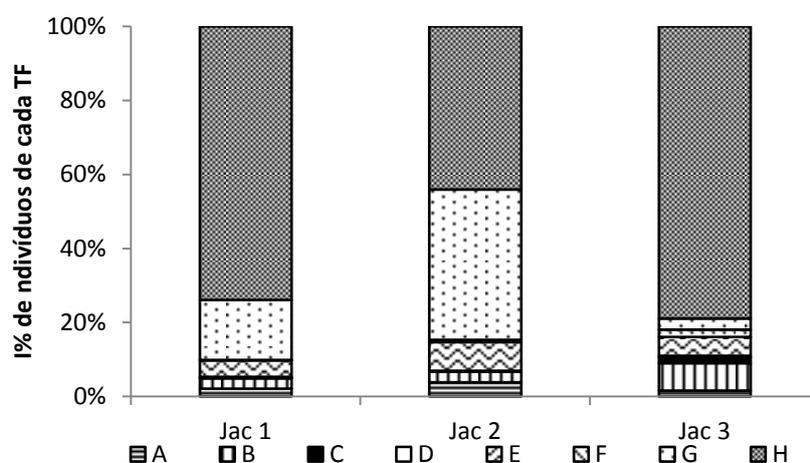


Figura 32. Abundância relativa dos Tipos Funcionais em cada ponto de coleta da lagoa Jacaré (PERD-MG).

Como já demonstrado, os três pontos de amostragem da lagoa Carioca apresentaram a composição de TFs bastante semelhante entre si, assim como ocorre na lagoa Gambazinho. Essas duas lagoas foram representadas por pontos mais agrupados no gráfico da CCA entre os TFs e as variáveis ambientais, sugerindo que nelas as condições ambientais sejam mais homogêneas entre os locais de coleta do que nas outras duas lagoas, que apresentaram pontos mais dispersos. Dessa forma, a semelhança na composição de TFs entre os pontos de coleta em cada uma das lagoas em questão, possivelmente se deve a essa menor heterogeneidade ambiental, que propicia o estabelecimento dos mesmos TFs nos diferentes pontos de uma mesma lagoa e em proporções aproximadas de indivíduos.

De forma diferente, as lagoas Dom Helvécio e Jacaré foram representadas por pontos dispersos na CCA, sugerindo variabilidade nos parâmetros ambientais entre os

pontos de amostragem, e conseqüentemente em sua composição de TFs. A maior heterogeneidade ambiental nesses ambientes pode estar relacionada à sua maior extensão se comparado às outras lagoas, proporcionando habitats mais distantes e diferentes entre si, o que leva também à heterogeneidade nas comunidades biológicas. Outro fator preponderante é que esses dois locais sofrem impactos antrópicos, gerando alguns pontos mais deteriorados do que outros dentro da mesma lagoa e ocasionando as diferenças nas comunidades de macroinvertebrados nesses ambientes.

Lamouroux et al. (2004) encontraram forte relação entre a estrutura funcional da comunidade de macroinvertebrados em uma escala de microhabitat e as variáveis do habitat, indicando que os microhabitats influenciam fortemente a distribuição dos indivíduos. Essa influência foi mais marcante nas lagoas impactadas, onde provavelmente as diferenças nas características ambientais de cada microhabitat (ou ponto de coleta) exerceram papel fundamental na distribuição dos organismos. Já que as condições ambientais não parecem ser o fator preponderante na variação de estruturação das comunidades das lagoas mais preservadas, outros fatores, como por exemplo relações ecológicas interespecíficas, devem atuar sobre cada uma delas ocasionando as pequenas diferenças na distribuição dos organismos.

A importância ecológica de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade de água e como parte essencial do metabolismo de ambientes aquáticos requer o constante monitoramento dessas comunidades, auxiliando na conservação de corpos d'água. O presente trabalho contribui para o entendimento da ecologia desses organismos a partir de um enfoque mais abrangente e preditivo, sendo complementar à abordagem taxonômica. Contribui, principalmente, fornecendo conhecimento para subsidiar ações de conservação e manejo que se façam necessárias, ajudando a detectar a influência de condições ambientais no desempenho dos organismos nos ecossistemas. Além disso, o trabalho reforça a importância do desenvolvimento de pesquisas a respeito das características biológicas e ecológicas dos macroinvertebrados da região tropical, que ainda é escasso.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que as lagoas estudadas sofrem influência da sazonalidade, evidenciada por variações temporais em parâmetros ambientais e biológicos. A riqueza e a composição taxonômica das comunidades de macroinvertebrados refletem um padrão associado ao nível de preservação ambiental das lagoas. A influência das condições do habitat na distribuição dos organismos foi comprovada pela associação dos taxa e dos Tipos Funcionais aos parâmetros ambientais abióticos.

A análise funcional da comunidade resultou em agrupamento dos organismos com maior semelhança em seus atributos. Riqueza e composição de Tipos Funcionais não refletiram diretamente as diferenças na diversidade funcional entre as lagoas, mas a estrutura de cada comunidade se mostrou distinta. Nas lagoas impactadas, a maior heterogeneidade ambiental esteve relacionada à variação na composição e estrutura funcional das comunidades entre os pontos amostrados. Previsões para o perfil esperado do Tipo Funcional dominante em cada ambiente nem sempre correspondem às respostas funcionais apresentadas pelos organismos, devido à complexidade do potencial de resposta dos atributos às condições do meio ambiente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, F. O. L.; RIETZLER, A. C.; DUARTE, L. P.; SILVA G. D. F.; CARAZZA, F. & VIEIRA FILHO, S. A. 2010. *Constituintes químicos e efeito ecotoxicológico do óleo volátil de folhas de Eucalyptus urograndis(Mirtaceae)*. Química Nova, v. 33, n. 7, p.1510-1513.
- BARBOSA, F.A.R. & TUNDISI, J.G. 1980. *Primary production of phytoplankton and environmental characteristics of a shallow quaternary lake at Eastern Brazil*. Archiv für Hydrobiologie, 90: 139-161.
- BARBOSA, F.A.R. & MORENO, P. 2002. *Mata Atlântica e Sistema Lacustre do Rio Doce Site 4*. In: SEELIGER, U.; CORDAZZO, C. & BARBOSA, F.A.R. (eds). *Os Sites e o Programa Brasileiro de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração*. Belo Horizonte, p. 69- 81.
- BARROS, C.F.A. 2010. *Diversidade e ecologia do fitoplâncton em 18 lagoas naturais do médio Rio Doce*. Tese de Doutorado. Instituto de Ciências Biológicas, UFMG. Belo Horizonte, Brasil.
- BÊCHE, L.A.; MCELRAVY, E.P. & RESH, V.H. 2006. *Long-term seasonal variation in the biological traits of benthic-macroinvertebrates in two Mediterranean-climate streams in California, U.S.A*. Freshwater Biology, 51: 56-75.
- BÊCHE, L.A. & STATZNER, B. 2009. *Richness gradients of stream invertebrates across the USA: taxonomy- and trait- based approaches*. Biodiversity and Conservation, 18: 3909-3930.
- BEDÊ, L.C. 1992. *Dinâmica populacional de Melanoides tuberculata (Prosobranchia: Thiaridae) no Reservatório da Pampulha, Belo Horizonte, MG – Brasil*. Dissertação de mestrado. Instituto de Ciências Biológicas, UFMG. Belo Horizonte, Brasil.
- BISPO, P. C.; OLIVEIRA, L. G.; CRISCI, V. L. & SILVA, M. M. 2001. *A pluviosidade como fator de alteração da entomofauna bentônica (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em córregos do planalto central do Brasil*. Acta Limnologica Brasiliensis, v. 13, n. 2, p. 1-9.
- BONADA, N.; PRAT, N.; RESH, V. H. & STATZNER, B. 2006. *Developments in aquatic insect biomonitoring: A Comparative Analysis of Recent Approaches*. Annual Review of Entomology, 51: 495-523.

- BONADA, N.; DOLÉDEC, S.; STATZNER, B. 2007. *Taxonomic and biological trait differences of stream macroinvertebrate communities between mediterranean and temperate regions: implications for future climatic scenarios*. *Global Change Biology*, 13: 1658-1671.
- BRITO, F.R.A.; OLIVEIRA, A.M.H.C. & JUNQUEIRA, A.C. 1997. *A ocupação e a devastação da Mata Atlântica*. In: PAULA, J.A.; GUERRA C.B.; BRITO, F.R.A.; BARBOSA, F.A.R. & NABUCO, M.R. (eds). *Biodiversidade, População e Economia: uma região de Mata Atlântica*. Belo Horizonte, Rona Editora, PADCT-CIAMB/CEDEPLAR-ECMVS/UFMG, p. 49-89.
- BRUSCA, R.C. & BRUSCA, G.J. 2007. *Invertebrados*. 2nd edição. Rio de Janeiro, 968 p.
- CALDEIRA, D.A.; LEDA, L.R. & MUGNAI, R. *Caracterização da entomofauna aquática de um trecho do rio Taquara no Parque Natural Municipal da Taquara, Duque de Caxias*. *Saúde & Ambiente em Revista*, v.8, n.1, p.09-18.
- CALLISTO, M. & ESTEVES, F. 1996. *Composição granulométrica do sedimento de um lago amazônico impactado por rejeito de bauxita e um lago natural*. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 8: 115-126.
- CALLISTO, M.; MORENO, P. & BARBOSA, F. A. R. 2001. *Habitat diversity and benthic functional trophic groups at Serra do Cipó, Southeast Brazil*. *Revista Brasileira de Biologia*, 61(2): 259-266
- CALLISTO, M.; MORETTI, M. & GOULART, M. 2001. *Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos*. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, vol. 6., n^o 1.
- CARVALHO, A.L. & NESSIMIAN, J.L. 1998. *Odonata do Estado do Rio de Janeiro, Brasil: hábitos e hábitos das larvas*. *Ecologia de Insetos Aquáticos. Séries Oecologia Brasiliensis*, vol. 5. PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro.
- CASTIGLIONI, D.S. 2007. *Os ciclos biológicos de duas espécies simpátricas de Hyalella Smith, 1874 (Crustacea, Peracarida, Amphipoda, Dogielinotidae)*. Tese de Doutorado. Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Brasil.
- CHEVENET, F.; DOLÉDEC, S. & CHESSEL, D. 1994. *A fuzzy coding approach for the long term ecological data*. *Freshwater Biology*, 31: 295-309.

- COMPIN, A. & CÉRÉGHINO, R. 2003. *Sensitivity of aquatic insect species richness to disturbance in the Adour–Garonne stream system (France)*. *Ecological Indicators*, 3: 135-142.
- COSTA, C.; IDE, S. & SIMONKA, C.E. 2006. *Insetos imaturos: metamorfose e identificação*. Editora Holos. Ribeirão Preto, Brasil, 249 p.
- CORBET, P.S. 1980. *Biology of Odonata*. *Annual Review of Entomology*, 25:189-217.
- CRANSTON, P.S. 1995. *Introduction to the Chironomidae*. In: ARMITAGE, P., CRANSTON, P.S. & PINDER, C.V. (eds). *The Chironomidae: the biology and ecology of non-biting midges*. Chapman & Hall, New York, p. 1-7.
- DE MARCO, P.Jr. 1999. *Invasion by the introduced aquatic snail *Melanooides tuberculatus* (Müller, 1774) (Gastropoda: prosobranchia: thiaridae) of the rio Doce state park, Minas Gerais, Brazil*. *Studies On Neotropical Fauna and Environment*. Tübinge. 34: 186-189.
- DE MARCO, P.Jr. & LATINI, A.O. 1998. *Estrutura de guildas e riqueza de espécies em uma comunidade de larvas de Anisoptera (Odonata)*. In: NESSIMIAN, J.L. & CARVALHO A.L. (eds). *Ecologia de insetos aquáticos*. Séries Oecologia Brasiliensis, vol. 5. P. 101-112. PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro.
- DOLÉDEC, S.; STATZNER, B. & FRAINAY, V. 1998. *Accurate description of functional community structure: identifying stream invertebrates to species-level?* *Bulletin of the North American Benthological Society*, 15: 154–155.
- DOLÉDEC, S.; OLIVIER, J.M. & STATZNER, B. 2000. *Accurate description of the abundance of taxa and their biological traits in stream invertebrate communities—effects of taxonomic and spatial resolution*. *Archiv für Hydrobiologie*, 148: 25–43.
- DOMÍNGUEZ, E.; MOLINERI, C.; PESCADOR, M.L.; HUBBARD, M.D. & NIETO, C. 2006. *Ephemeroptera of South America*. In: ADIS, J.; ARIAS, J.R.; RUEDA-DELGADO, G. & K.M. WANTZEN (eds). *Aquatic Biodiversity in Latin America (ABLA)*. vol. 2. Pensoft, Sofia-Moscow, 646 p.
- DORNELAS, N.M.L. 2013. *Mudanças espaço-temporais na estrutura e composição da comunidade zoobentônica em lagos do médio rio Doce, Minas Gerais, Brasil, afetados pela introdução de *Melanooides tuberculatus* (Gastropoda, Thiaridae)*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Ciências Biológicas, UFMG. Belo Horizonte, Brasil.

- ESTEVEES, F.A. 2011. *Fundamentos de Limnologia*. 3ª ed. Editora Interciência. Rio de Janeiro, Brasil.
- ESTEVEES, F.A.; SUZUKI, M.S.; CALLISTO, M. & PERES-NETO, P. 1995. *Teores de matéria orgânica, carbono orgânico, nitrogênio, fósforo e feopigmentos no sedimento de alguns ecossistemas lacustres do litoral do estado do Espírito Santo*. *Oecologia brasiliensis*, 1:407-417.
- FEIO, M.J. & DOLÉDEC, S. 2012. *Integration of invertebrate traits into predictive models for indirect assessment of stream functional integrity: A case study in Portugal*. *Ecological Indicators*, 15: 236–247.
- FERNANDEZ, M.A.; THIENGO, S.C. & BOAVENTURA, M.F. 2001. *Gastrópodes límnicos do campus de Manguinhos*. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 3 (34): 279-282.
- FERNANDEZ, M.A.; THIENGO, S.C & SIMONE, L.R.L. 2003. *Distribution of the introduced freshwater snail *Melanoides tuberculatus* (Gastropoda:Thiaridae) in Brasil*. *The Nautilus*, 117(3): 78-82.
- FREITAS, J.R., BEDÊ, L.C. & DE MARCO, P.Jr. 1987. *Population dynamics of aquatic snails in Pampulha Reservoir*. *Memória do Instituto Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, 82 (4): 299-305.
- GAYRAUD, S.; STATZNER, B.; BADY, P.; HAYBACHP, A.; SHOLL, F.; USSEGLIO-POLATERA, P. & BACCHI, M. 2003. *Invertebrate traits for the biomonitoring of large European rivers- an initial assessment of alternative metrics*. *Freshwater Biology*, 48: 2045–2064.
- GIOVANELLI, A. 2005. *Avaliação dos efeitos de *Melanoides tuberculatus* sobre *Biomphalaria* spp. e sobre a biodiversidade das comunidades de macroinvertebrados aquáticos em Guapimirim, RJ*. Tese de doutorado, Fiocruz, Rio de Janeiro.
- GOULART, M. & CALLISTO, M. 2003. *Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental*. *Revista da FAPAM*, ano 2, n° 1.
- GRAÇA, M.A.S. & CANHOTO, C. 2006. *Leaf litter processing in low order streams*. *Limnetica*, 25(1-2): 1-10.
- IRVING, E.C.; LIBER, K. & CULP, J.M. 2004. *Lethal and sublethal effects of low dissolved oxygen condition on two aquatic invertebrates, *Chironomus tentans* and*

- Hyalella azteca*. Environmental Toxicology and Chemistry, vol. 23, n^o. 6: 1561–1566.
- JOHNSON, R.K.; WIEDERHOLM, T. & ROSEMBERG, D.M. 1993. *Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations and species assemblages of benthic macroinvertebrate*. In: ROSEMBERG, D.M. & RESH, V.H. (eds). *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrate*. Chapman & Hall, New York, 488 p.
- LAMOUREUX, N.; DOLÉDEC, S. & GAYRAUD, S. 2004. *Biological traits of stream macroinvertebrate communities: effects of microhabitat, reach, and basin filters*. Journal of North American Benthological Society, 23(3):449-466.
- LATINI, A.O.; LIMA JUNIOR, D.P.; GIACOMINI, H.C.; LATINI, R.O.; RESENDE, D.C.; ESPÍRITO-SANTO, H.M.V.; BARROS, D.F. & PEREIRA, T.L. 2004. *Alien fishes in lakes of the Doce river basin (Brazil): range, new occurrences and conservation of native communities*. Lundiana, 5:135-142.
- LUCCA, J.V. 2006. *Caracterização limnológica e análise da comunidade bentônica sujeita a invasão por espécies exóticas, em lagos do Vale do Rio Doce, MG, Brasil*. Tese de doutorado, Universidade Federal de São Carlos. São Paulo, Brasil.
- MACAN, T.T. 1978. *Freshwater Ecology*. 2nd ed. London, 343p.
- MACKERETH, F.J.H.; HERON, J. & TALLING, J.F. 1978. *Water Analysis: some revised methods for limnologists*. Freshwater Biology Association. Windermere, 120 p.
- MARQUES, M.M.G.S.M. 2004. *Aplicação da teoria de habitat-templats à avaliação da qualidade da água: proposta de criação de índices bióticos no trecho médio da bacia do rio Doce, MG*. Tese de Doutorado. Instituto de Ciências Biológicas, UFMG. Belo Horizonte, Brasil.
- MARTIN, P.; MARTINEZ-ANSEMIL, E.; PINDER, A.; TIMM, T. & WETZEL, M.J. 2008. *Global diversity of oligochaetous clitellates (“Oligochaeta”; Clitellata) in freshwater*. Hydrobiologia, 1:117-127.
- McCAFFERTY, W.P. 1981. *Aquatic entomology: the fishermen’s and ecologists illustrated guide to insects and their relatives*. Boston, Jones and Bartlett Publishers inc., 448 p.
- McGILL, B.J.; ENQUIST, B.J.; WEIHER, E. & WESTOBY, M. 2006. *Rebuilding community ecology from functional traits*. Trends in Ecology and Evolution, 21: 178-185.

- MENEZES, S.; BAIRD, D.J. & SOARES, A.M.V.M. 2010. *Beyond taxonomy: a review of macroinvertebrate trait-based community descriptors as tools for freshwater biomonitoring*. *Journal of Applied Ecology*, 47: 711-719.
- MERRITT, R.W. & CUMMINS, K.W. 1984. *An introduction to the aquatic insects of North America*. 2nd ed. Dubuque Iowa, Kendall Hunt, 722 p.
- MONAGHAN, K.A. & SOARES, A.M.V.M. 2012. *Bringing new knowledge to an old problem: Building a biotic index from lotic macroinvertebrate traits*. *Ecological Indicators*, 20: 213-220.
- MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J.L. & BAPTISTA, D.F. 2010. *Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro*. Technical Books. Rio de Janeiro, 176 p.
- NIESER, N. & MELO, A.L. 1997. *Os Heterópteros Aquáticos de Minas Gerais. Guia Introductório com Chave de Identificação para as espécies de Nepomorpha e Gerromorpha*. Editora UFMG. Belo Horizonte, Brasil, 180 p.
- OPORTO, L.T. 2013. *Aspectos ecológicos e sociais da invasão de peixes em lagos naturais do médio Rio Doce, MG, Brasil*. Tese de Doutorado. Instituto de Ciências Biológicas, UFMG. Belo Horizonte, Brasil.
- PAULA, J.A.; GUERRA C.B.; BRITO, F.R.A.; BARBOSA, F.A.R. & NABUCO, M.R. 1997. *Dinâmica capitalista, divisão internacional do trabalho e meio ambiente*. In: *Biodiversidade, População e Economia*. CEDEPLAR-ECMVS/UFMG, 27-46 p.
- PILLAR, V.D. 1999. *On the identification of optimal plant functional types*. *Journal of Vegetation Science*, 10: 631:640.
- PILLAR, V.D. 2004. *Tipos funcionais e percepção de padrões em comunidades e ecossistemas*. In: COELHO, A.S.; R.D. LOYOLA, & M.B.G. SOUZA, (eds). *Ecologia Teórica: desafios para o aperfeiçoamento da Ecologia no Brasil*. O Lutador. Belo Horizonte, p. 73-90.
- PODGAISKI, L.R.; MENDONÇA, M.S. & PILLAR, V.D. 2011. *O uso de Atributos Funcionais de Invertebrados terrestres na Ecologia: o que, como e por quê?* *Oecologia Australis*, 15: 835-853.
- POFF, N.L.; OLDEN, J.D.; VIEIRA, N.K.M.; FINN, D.S.; SIMMONS, M.P. & KONDRATIEFF, B.C. 2006. *Functional trait niches of North American lotic insects: trait-based ecological applications in light of phylogenetic relationships*. *Journal of the North American Benthological Society*, 25: 730- 755.

- POINTIER, J.P. & MCCULLOGH, F. 1989. *Biological control of the snail hosts of Schistosoma mansoni in the Caribbean area using Thiara spp.* Acta Tropica, 46: 147-155.
- POINTIER, J.P. 1993. *The introduction of Melanoides tuberculata (Mollusca: Thiaridae) to the island of Saint Lucia (West Indies) and its role in the decline of Biomphalaria glabrata, the snail intermediate host of Schistosoma mansoni.* Acta Tropica, 54: 13-18.
- RICCIARDI, A. & MacISAAC, H.J. 2000. *Recent mass invasion of the North American Great Lakes by Ponto-Caspian species.* Trends in Ecology and Evolution. 15: 62-65.
- RICKLEFS, R.E. 2011. *A economia da natureza.* 6nd ed. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 546 p.
- ROSENBERG, D.M. & RESH, V.H. 1993. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates.* Chapman and Hall, 448 p.
- SALLES, F.F. 2006. *A ordem Ephemeroptera no Brasil (Insecta): taxonomia e diversidade.* Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- SILVA, R.R. & BRANDÃO, C.R.F. 2010. *Morphological patterns and community organization in leaf-litter ant assemblages.* Ecological Monographs, 80: 107-124.
- SIMBERLOFF, D. 1996. *Risks of species introduced for biological control.* Biological Conservation, 78: 185-192.
- STATZNER, B. & BÊCHE, L.A. 2010. *Can biological invertebrate traits resolve effects of multiple stressors on running water ecosystems?* Freshwater Biology, 55(1):80-119.
- SUGUIO, K. 1973. *Introdução à sedimentologia.* Ed. Edgard Blucher Ltda, EDUSP, 317 p.
- SUNAGA, T. & VERANI, J.R. 1991. *The fish communities of the lakes in Rio Doce Valley, Northeast Brazil.* Verhandlungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie, 24: 2563-2566.
- TOMANOVA, S.; GOITIA, E. & HELESIC, J. 2006. *Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams.* Hydrobiologia, 556: 251-264.

- TOMANOVA, S.; MOYA, N. & OBERDORFF, T. 2008. *Using macroinvertebrate biological traits for assessing biotic integrity of neotropical streams*. River Research and Applications, 24: 1230-1239.
- TOWNSEND, C. R. & HILDREW, A. G. 1994. *Species traits in relation to habitat templet for river systems*. Freshwater Biology, 31: 265-275.
- TRIVINHO-STRIXINO, S. 2011. *Larvas de Chironomidae. Guia de Identificação*. Departamento de Hidrobiologia/ Laboratório de Entomologia aquática/ UFSCar. São Carlos, 371 p.
- TUNDISI, J.G. & MATSUMURA-TUNDISI, T. 2008. *Limnologia*. Oficina de Textos. São Paulo, 631 p.
- USSEGLIO-POLATERA, P. 1991. *Représentation graphique synthétique de la signification écologique d'un peuplement. Application aux macroinvertébrés du Rhône à Lyon*. Bulletin d'Ecologie, 22: 195–202.
- USSEGLIO-POLATERA, P. 1994. *Theoretical habitat templets, species traits, and species richness: aquatic insects in the Upper Rhône River and its floodplain*. Freshwater Biology, 31:417-437.
- USSEGLIO-POLATERA, P.; BOURNAUD, M.; RICHOUX, P. & TACHET, H. 2000a. *Biomonitoring through biological traits of benthic macroinvertebrates: how to use species trait databases?* Hydrobiologia, 422/423: 153–162.
- USSEGLIO-POLATERA, P.; BOURNAUD, M.; RICHOUX, P. & TACHET, H. 2000b. *Biological and ecological traits of benthic freshwater macroinvertebrates: relationships and definition of groups with similar traits*. Freshwater Biology, 43: 175-205.
- VANNOTE, R.L.; MINSHALL, G.W.; CUMMINS, K.W.; SEDELL, J.R. & CUSHING, C.E. 1980. *The river continuum concept*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 37:130-137.
- VIDIGAL, T.H.D.A.; MARQUES, M.M.G.S.M.; LIMA, H.P. & BARBOSA, F.A.R. 2005. *Gastrópodes e bivalves límnicos do trecho médio da bacia do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil*. Lundiana 6 (supplement):67-76.
- VIEIRA, N.K.M.; POFF, N.L.; CARLISLE, D.M.; MOULTON, S.R.; KOSKI, M.L. & KONDRATIEFF, B.C. 2006. *A database of lotic invertebrate traits for North America*. U.S. Geological Survey Data Series 187, US Department of the Interior. Reston, Virginia. <http://pubs.water.usgs.gov/ds187>.

- WEIR, S.M. & SALICE, C.J. 2011. *High tolerance to abiotic stressor and invasion success of the slow growing freshwater snail, Melanoides tuberculatus*. *Biological Invasions*, 14(2): 385-394.
- WILSON, J.B. 1999. *Guilds, functional types and ecological groups*. *Oikos*, 86: 507-522.
- WOODWARD, F.I. & CRAMER, W. 1996. *Plant functional types and climatic changes: introduction*. *Journal of Vegetation Science.*, 7: 306-308.

ANEXOS

Anexo I. Abundância de Mollusca, Nematoda, Platyhelminthes, Annelida e Crustacea nos lagos Carioca, Dom Helvécio, Gambazinho e Jacaré, nos períodos de seca e chuva de 2011, seca de 2012 e chuva de 2013.

		CARIOCA																	
		Seca/2011									Chuva/2011								
TAXA		1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C
Mollusca																			
Thiaridae	<i>Melanoides tuberculatus</i>	2	3		1			3			1	2	3	3	1		14	4	21
Planorbidae	<i>Biomphalaria</i> sp.								2									4	5
Annelida																			
Hirudinea		13	32	22	24		32				2	11	2	2	8	3	5	2	2
Oligochaeta		87	73	48	25	2	48	63	70	100	75	92	12		3	2	1		
Crustacea																			
Amphipoda	<i>Hyalella</i> sp.	50	142	158	4		2	12		5	1								
Decapoda	<i>Macrobrachium</i> sp.	20	15	26	29	21	19	3		3	3	1			4	3	12	34	70
		Seca/2012									Chuva/2013								
TAXA		1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C
Mollusca																			
Thiaridae	<i>Melanoides tuberculatus</i>	31	32	19	35	38	44	23	16	85	45	71	86	27	52	10	17	24	14
Annelida																			
Hirudinea		30	31	10	11	55	25				2	3		1	10	5			
Oligochaeta		12	32	59	14	45	40	15	14	20	1			12	4	26	10	8	7
Crustacea																			
Amphipoda	<i>Hyalella</i> sp.				13	28	20								7	1			
Decapoda	<i>Macrobrachium</i> sp.	24	50	35	30	14	22	18	17	43				5	11	1			

Anexo I. Continuação.

		DOM HELVÉCIO																		
		Seca/2011									Chuva/2011									
		1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	
Mollusca																				
Ampullaridae	<i>Pomacea</i> sp.		6	2																
Ancylidae													1							
Hidrobiidae					3	3	1							4	6					
Physidae	<i>Physa</i> sp.												3	35	23	2	1	8	4	
Thiaridae	<i>Melanooides tuberculatus</i>	29	84	18	1	12	2	15	14	13	2		1	5	12	3	28	62	37	
Nematoda																				
Platyhelminthes	Turbellaria		6	1				10	13	7					1			7	8	
Annelida																				
Oligochaeta		3	6	1	4	8	2	5	14	5			13	52	206	227	14	26	11	
Crustacea																				
Amphipoda	<i>Hyalella</i> sp.				8	30	55	7	8	8				28	34	11				
Decapoda	<i>Macrobrachium</i> sp.		2	1	4	13	10	7	4	4				5	2	2	1		1	
		Seca/2012									Chuva/2013									
		1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	
Mollusca																				
Ampullaridae	<i>Pomacea</i> sp.	1		3									3					1		
Hidrobiidae							1													
Physidae	<i>Physa</i> sp.	2			1	1	2	1	1									3	2	13
Thiaridae	<i>Melanooides tuberculatus</i>	14	4	21	1	2	1	8	4	8	12	88	32	5	13	9	78	91	49	
Annelida																				
Hirudinea																2				
Oligochaeta		2		1	2	3	7	10	8	4			1	10		4	3		3	
Crustacea																				
Amphipoda	<i>Hyalella</i> sp.				9	13	53	3								1				
Decapoda	<i>Macrobrachium</i> sp.	3	1		5		3	1					2	1	3	3		3	5	

Anexo I. Continuação.

		GAMBAZINHO																	
		Seca/2011									Chuva/2011								
		1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C
Nematoda																1			1
Annelida																			
Hirudinea					6														
Oligochaeta			6	4		8		2				2	1	1	1	3	1	5	1
Crustacea																			
Amphipoda	<i>Hyalella</i> sp.	17	48	15	47		10	16	5	25		1							4
Decapoda	<i>Macrobrachium</i> sp.	5	6	3						2	2		1		1		6		
		Seca/2012									Chuva/2013								
		1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C
Annelida																			
Oligochaeta		24	1	25	8	3	7	34	24	6		1	10	7	1	2	8	5	15
Crustacea																			
Amphipoda	<i>Hyalella</i> sp.				4	8	9	3	3	3	2	1	1						
Decapoda	<i>Macrobrachium</i> sp.	13	12	13	4	7	4	2	10	13		4	11	3	1	2	29	34	9

Anexo I. Continuação.

		JACARÉ																	
		Seca/2011									Chuva/2011								
		1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C
Mollusca																			
Ampullaridae	<i>Pomacea</i> sp.							9	4	4			1	1			4	9	1
Physidae	<i>Physa</i> sp.			22				9	8										1
Thiaridae	<i>Melanoides tuberculatus</i>	39	61	63	1	1	3	65	96	53	79	157	112	19	20	14	143	177	148
Hyriidae	<i>Diplodon</i> sp.								1	1									
Annelida																			
Oligochaeta		1		1	1	1	1	4	2	3						3		2	1
Crustacea																			
Decapoda	<i>Macrobrachium</i> sp.				1	2	1		1	3	3	7	3		4	3			
		Seca/2012									Chuva/2013								
		1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C
Mollusca																			
Ampullaridae	<i>Pomacea</i> sp.									2							1		1
Physidae	<i>Physa</i> sp.										1		1				1	4	1
Thiaridae	<i>Melanoides tuberculatus</i>	57	30	41	5	1	19	42	72	89	415	202	208	150	147	132	298	207	356
Hyriidae	<i>Diplodon</i> sp.			1				1									3	4	1
Annelida																			
Hirudinea					2														
Oligochaeta							1	6	6	4							7		9
Crustacea																			
Amphipoda	<i>Hyaella</i> sp.															1			
Decapoda	<i>Macrobrachium</i> sp.						3	1			5	15	10	4	16	7	10	1	19

Anexo II. Abundância de indivíduos da classe Insecta nos lagos Carioca, Dom Helvécio, Gambazinho e Jacaré nos períodos de seca e chuva de 2011, seca de 2012 e chuva de 2013.

TAXA		CARIOCA																	
		Seca/2011									Chuva/2011								
		1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C
Coleoptera																			
Dytiscidae			5	6				12	5	4		3					12	39	4
Girinidae		2	1											1					
Haliplidae																	2	2	
Diptera																			
Ceratopogonidae					2		1	2	6	2		2	1		1		2	4	1
Chaoboridae																			1
Chironomidae	Chironominae	235	251	100	386	57	228	174	120	290	44	42	7	99	150	72	19	14	
	Tanypodinae	19	10	8	89	2	46	74	26	72	17	32	2	19	14	7	16	8	26
Culicidae		1	2	1	9	4											5	6	
Ephemeroptera																			
Baetidae		4	1	3		2	4		1	1							3	3	7
Caenidae		5	2	1	35	5	21	44	31	83	33	70	14	2	3	3	75	35	115
Leptophlebiidae		49	42	52	126	52	45				32	26	1	1	6	3		1	
Polymitarcyidae														1	1				
Hemiptera																			
Belostomatidae	<i>Belostoma</i> sp.							3									1	1	
Corixidae	<i>Tenagobia</i> sp.																6	37	2
Pleidae	<i>Neoplea</i> sp.							4										6	1
Naucoridae	<i>Pelocoris</i> sp.																1	1	
Notonectidae	<i>Martarega</i> sp.	2	1	4	2	7	4	2	2	1							2	7	

Odonata																							
Anisoptera NI		10																					
Aeshnidae		NI																					
		<i>Castoraeshna</i> sp.																					
									2	1													3
		<i>Coryphaeshna</i> sp.																					
																			2	1			
Gomphidae		NI																					
		<i>Cyanogomphus</i> sp.																					
		1																1					
		<i>Hagenius</i> sp.																					
									1	2										2			
		<i>Phylocyclus</i> sp.																					
																			1				
Libellulidae		NI																					
		<i>Brechmorhoga</i> sp.																					
		9	11	9					3	7					2								
		<i>Diastatops</i> sp.																					
								1															
		<i>Dythemis</i> sp.																					
		3	1					1															
		<i>Idiataphe</i> sp.																					
									5	1	4												
		<i>Libellula</i> sp.																					
									3	5									1				
		<i>Macrothemis</i> sp.																					
			2																				
		<i>Planiplax</i> sp.																					
																			1				
Zygoptera NI		1																					
Coenagrionidae		NI																					
		2	1	1					1	1						1	2						
		<i>Chromagrion</i> sp.																					
																			1	6			
Protoneuridae		NI																					
					3	1											2	1					
Trichoptera																							
Hydropsychidae		<i>Macronema</i> sp.																					
			1	1	4	1					4	3	6	6	7	1	4	2	6	1	7		
Leptoceridae		<i>Nectopsyche</i> sp.																					
			1																	2			
		<i>Oecetis</i> sp.																					
		23	20	8	16	5	21	15	4	8	19	10	1	9	7	4	12	9	6				
Polycentropodidae		<i>Cyrnellus</i> sp.																					
			1	3	1	3	2					9	2	8	2	1	4	2	4				

Anexo II. Continuação.

		Seca/2012									Chuva/2013											
		1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C			
Coleoptera																						
Dytiscidae		1	3	1	1																	
Elmidae																1						
Girinidae					1	3	1															
Diptera																						
Ceratopogonidae		4	2	1			1			1	1		1			1	2	1				
Chironomidae	Chironominae	177	214	149	97	243	346	11	15	9	3	2	2	99	55	87	8	9	4			
	Tanypodinae	33	25	18	33	61	55	26	19	20	12	19	9	30	30	37	17	24	7			
Culicidae					2			3	5	22												
Tabanidae											1						1					
Ephemeroptera																						
Baetidae		1	2	4	3			6	3	5						1						
Caenidae		5	7	7	16	6	20	23	24	40				1	3		31	38	18			
Leptophlebiidae		12	18	51	65	95	113	5	2			1		10	24	24						
Hemiptera																						
Belostomatidae	<i>Belostoma</i> sp.																		1			
Corixidae	<i>Tenagobia</i> sp.				1														6			
Pleidae	<i>Neoplea</i> sp.							4	1	9												
Naucoridae	<i>Pelocoris</i> sp.																		1			
Nepidae	<i>Ranatra</i> sp.																		1			
Notonectidae	<i>Martarega</i> sp.	2	9	5	1	1	6	2	3	1												
Odonata																						
Anisoptera NI																			2	4	3	4

Anexo II. Continuação.

		DOM HELVÉCIO																	
		Seca/2011									Chuva/2011								
		1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C
Coleoptera																			
Elmidae						1		1											1
Girinidae					1		1												
Diptera																			
Ceratopogonidae		1	1					1		1				1	2	3			
Chironomidae	Chironominae	19	35		12	32	20	7	8	13				58	55	153	36	48	59
	Tanypodinae	2	1		6	9	5	5	3	2			2	3	1	5	3	7	6
Ephemeroptera																			
Leptophlebiidae					16	11	31	34	26	29				24	21	18	2	1	1
Hemiptera																			
Naucoridae	<i>Pelocoris</i> sp.					1	1								2	2			
Nepidae	<i>Curicta</i> sp.																		
	<i>Ranatra</i> sp.					1													
Odonata																			
Gomphidae	<i>Aphylla</i> sp.																		1
	<i>Cyanogomphus</i> sp.							1											
	<i>Hagenius</i> sp.									1									
	<i>Phyllogomphoides</i> sp.							1											
	<i>Phylocycla</i> sp.													1			3		1
Coenagrionidae	NI																		1
Protoneuridae	NI							1	1										
Trichoptera																			
Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i> sp.													1					
	<i>Oecetis</i> sp.				1	2		1		1				7	1	1	7	1	1
Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i> sp.				2	3	4	1		3				7	6	8		1	1

Anexo II. Continuação.

	Seca/2012									Chuva/2013								
	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C
Coleoptera																		
Dytiscidae	2																	
Elmidae				2	1	2		2										
Girinidae				1														
Diptera																		
Ceratopogonidae		1			1	1												
Chaoboridae										1								
Chironomidae																		
Chironominae	1	4	5	33	32	38	29	24	33		2		1	4	6	2		
Tanypodinae	3	1	2	2	2	15	7	8	5		1		3	7	4	1		
Ephemeroptera																		
Baetidae	1		1	1														
Caenidae											1							
Leptophlebiidae				3	2	4	2	1	1				6	9	15			1
Hemiptera																		
Naucoridae				1	1													
Nepidae																		1
Odonata																		
Aeshnidae																		1
Gomphidae																		1
Libellulidae																		1
<i>Brechmorhoga</i> sp.																		2
<i>Libellula</i> sp.	1																	
Protoneuridae																		1
Trichoptera																		
Leptoceridae																		1
<i>Oecetis</i> sp.																		1
Polycentropodidae				4	5	3	6	7	1				1		1	1		1
<i>Polycentropus</i> sp.				4	5	3	6	7	1				1		1	1		1

Anexo II. Continuação.

		GAMBAZINHO																	
		Seca/2011									Chuva/2011								
		1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C
Diptera																			
Ceratopogonidae		4	4	5	2			3	1	1	8	11	8			4	1	1	
Chironomidae	Chironominae	47	88	202	299	110	79	164	82	210	46	102	80	44	10	96	61	40	119
	Tanypodinae	6	24	52	65	15	17	38	12	34	4	13	1			5	5	1	7
Ephemeroptera																			
Caenidae		5	8		4	2	6	4	3	5									4
Leptophlebiidae		8	25	10			1						2	1					
Polymitarcyidae			10	9	1		1			1		4	3						
Hemiptera																			
Gerridae	<i>Halobatopsis</i> sp.					1													
	<i>Metrobates</i> sp.													1					
Nepidae	<i>Curicta</i> sp.							1											
Notonectidae	<i>Martarega</i> sp.	1			2	1	2												
Odonata																			
Aeshnidae	<i>Coryphaeshna</i> sp.				1														
Corduliidae	<i>Neurocordulia</i> sp.	1	3	2			4												
	<i>Somathocloria</i> sp.				5														
Gomphidae	<i>Aphylla</i> sp.								1										
	<i>Cyanogomphus</i> sp.					1													

	<i>Gomphoides</i> sp.	1	1			1							1
	<i>Hagenius</i> sp.			3	2								
	<i>Phyllogomphoides</i> sp.							1					
	<i>Phylocycla</i> sp.								1		1		1 5
Libellulidae	NI	1							1				
	<i>Brechmorhoga</i> sp.			1	1		2	1		5	3	2	1 2
	<i>Elasmothemis</i> sp.	1											
	<i>Elga</i> sp.	1											
	<i>Diastatops</i> sp.												1
	<i>Dythemis</i> sp.	1					1	1					
	<i>Idiataphe</i> sp.			1									
	<i>Macrothemis</i> sp.				1	1	1						
	<i>Miathyria</i> sp.	1											
	<i>Zenithoptera</i> sp.				1		1	1					
Zygoptera NI		4	1			1							
Coenagrionidae	NI	5		3	1	1	1	3	1				
	<i>Chromagrion</i> sp.	1		1					4				
Protoneuridae	NI	5					2	1	4	5	1		4
Trichoptera													
Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i> sp.	1	2	1									
	<i>Oecetis</i> sp.	1	1	1	9	2	4	31	15	43			1
Polycentropodidae	<i>Cyrnellus</i> sp.	4	2	4				2			3		
	<i>Polycentropus</i> sp.	1											

Anexo II. Continuação.

		Seca/2012									Chuva/2013										
		1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C		
Coleoptera																					
Dytiscidae																			4		
Diptera																					
Ceratopogonidae		3	5	6	4	6	3	2	1	1		2	1	3	2	2			3		
Chironomidae	Chironominae	106	76	78	160	204	192	381	271	177	79	76	69	35	65	35	68	39	86		
	Tanypodinae	5	4	6	11	15	15	26	23	12	13	28	9	23	21	24	25	25	45		
Ephemeroptera																					
Caenidae		4	3	7	5	2			4		2	5	4	9	8	2	5	3	7		
Leptophlebiidae		5	8	3	9	14	3	3	3	1	2	7	5	2			1	1			
Polymitarcyidae					2	2	1				1	1	1		4	2		1	8		
Hemiptera																					
Corixidae	<i>Tenagobia</i> sp.																		1		
	<i>Ranatra</i> sp.										1										
Notonectidae	<i>Martarega</i> sp.								1											1	3
Odonata																					
Anisoptera NI		4	1																		
Aeshnidae	<i>Castoraeshna</i> sp.																1				
	<i>Limnetron</i> sp.					1														1	
Corduliidae	<i>Neurocordulia</i> sp.				1																
Gomphidae	<i>Cyanogomphus</i> sp.			1	1																
	<i>Gomphoides</i> sp.													1	2						
	<i>Phylocycla</i> sp.												1	2	2						

Libellulidae	<i>Brechmorhoga</i> sp.	1	1	1	1	4				1	4	2					
	<i>Diastatops</i> sp.	1	1	1	5	2	1	4	3	1	2			5	2	2	
	<i>Dythemis</i> sp.									1	1						
	<i>Idiataphe</i> sp.								1					1	2	1	1
Coenagrionidae	NI	1															
	<i>Chromagrion</i> sp.		1		1												
Protoneuridae	NI	2				1		2		2	6	1	1	2	1		
Trichoptera																	
Hydropsychidae	<i>Macronema</i> sp.										1	1	1				
Leptoceridae	<i>Oecetis</i> sp.	1							1								
Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i> sp.	3	2	1	1		2					2					

Anexo II. Continuação.

		JACARÉ																					
		Seca/2011									Chuva/2011												
		1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C				
Coleoptera																							
Girinidae		1																					
Diptera																							
Ceratopogonidae			1	7			1	1	2		2								1				
Chironomidae	Chironominae	22	14	40	38	200	62	8	6	5	43	28	38	21	25	38	4		2				
	Tanypodinae	3	15	5	8	20	5	15	62	21		4	1					1					
Ephemeroptera																							
Baetidae		1 1 8																					
Caenidae		1 1 2 2 1																					
Hemiptera																							
Corixidae	<i>Tenagobia</i> sp.		2	2		2	4	41	47	28	3	8	24										
Nepidae	<i>Ranatra</i> sp.												1										
Notonectidae	<i>Martarega</i> sp.												1	1									
Odonata																							
Corduliidae	<i>Neurocordulia</i> sp.	1																					
Gomphidae	<i>Phylocyclus</i> sp.		1	1																1			
	<i>Progomphus</i> sp.																		1				
Libellulidae	<i>Libellula</i> sp.	1																					
	<i>Macrothemis</i> sp.																1						
Zygoptera NI		1 1																					
Coenagrionidae	NI	1 1																					
Protoneuridae	NI																1						
Trichoptera																							
Leptoceridae	<i>Oecetis</i> sp.	5 1 3 1																					

Anexo II. Continuação.

		Seca/2012									Chuva/2013								
		1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C
Diptera																			
Ceratopogonidae		1	3	1		1								1					
Chironomidae	Chironominae	67	37	18	10	10	38	3	7	3	9	6	5	2	2	24	2	3	
	Tanypodinae	1	16	13	5	5	14	2	1	2	5	6	1	12	1	9		1	3
Ephemeroptera																			
Baetidae							1	2		1									
Caenidae								5		1								1	
Leptophlebiidae														2	1				
Hemiptera																			
Corixidae	<i>Tenagobia</i> sp.	4	10	1	1	11	4	19	21	5									
Notonectidae	<i>Martarega</i> sp.								4	1				1					
Odonata																			
Corduliidae	<i>Neurocordulia</i> sp.												1						1
Gomphidae	<i>Aphylla</i> sp.	2						1											
	<i>Philocycla</i> sp.	2	1						1		2								3
Coenagrionidae	NI									1									1
Trichoptera																			
Leptoceridae	<i>Oecetis</i> sp.				1			1											

Anexo III. Características biológicas e ecológicas e suas modalidades para os macroinvertebrados bentônicos encontrados neste estudo. Obs: As características e modalidades estão numeradas conforme a Tabela 3. Foram utilizados para essa classificação os taxa que estavam presentes em mais de 5% das amostras e que, ao mesmo tempo, representavam mais de 0.1% da abundância total de indivíduos.

Variável Modalidade	1					2			3			4			5			6											
	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
<i>Melanoides tuberculatus</i>	2	2	3	1	0	0	0	3	3	1	0	3	0	0	0	0	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Physa</i> sp.	0	3	1	0	0	0	3	0	0	3	0	3	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	
<i>Pomacea</i> sp.	0	1	1	1	3	0	0	3	0	3	0	3	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	
Turbellaria	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	3	0	0	3	3	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	
Hirudinea	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	
Oligochaeta	3	3	0	0	0	0	0	3	0	3	2	0	0	3	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	3	0	0	0	
<i>Hyalella</i> sp.	3	0	0	0	0	0	0	2	0	3	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	
Macrobrachium	0	0	0	2	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	
Dytiscidae	3	1	0	0	0	2	2	2	0	3	0	3	2	0	3	3	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	
Ceratopogonidae	0	3	0	0	0	0	2	2	0	3	0	0	0	3	0	0	2	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	
Chironominae	0	3	0	0	0	2	2	2	0	3	0	0	0	3	0	0	2	0	3	0	0	3	1	3	0	0	0	0	
Tanypodinae	0	3	0	0	0	2	2	2	0	3	0	0	0	3	3	0	3	0	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	
Culicidae	3	0	0	0	0	0	2	2	0	3	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	2	2	0	3	2	0	0		
Baetidae	1	3	0	0	0	0	1	3	1	3	0	0	1	3	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Caenidae	0	3	0	0	0	0	3	1	1	3	0	0	2	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Leptophlebiidae	0	3	1	0	0	0	3	0	0	3	0	0	3	1	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Polymitarcyidae	0	3	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Tenagobia</i> sp.	3	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0	3	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	

<i>Martarega sp.</i>	2	3	0	0	0	0	3	0	0	3	0	3	0	0	3	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	
Anisoptera NI	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Phylocyclus sp.</i>	0	0	3	0	0	3	0	0	0	3	0	1	2	0	0	0	3	0	3	0	2	2	2	2	2	0	0
<i>Brechmorhoga sp.</i>	0	0	3	0	0	0	3	0	0	3	0	1	2	0	0	0	3	0	1	0	2	2	2	2	2	0	0
<i>Diastatops sp.</i>	0	0	3	0	0	0	3	0	0	3	0	1	2	0	0	0	3	0	0	0	2	2	2	2	2	0	0
<i>Libellula sp.</i>	0	0	3	0	0	0	3	0	0	3	0	1	2	0	0	0	3	0	1	0	3	0	0	3	0	0	0
Coenagrionidae NI	0	0	3	1	0	0	3	0	0	3	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0
Protoneuridae NI	0	0	3	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Macronema sp.</i>	0	3	2	0	0	0	2	2	0	3	0	0	3	2	0	0	3	0	0	0	2	0	3	0	0	0	0
<i>Oecetis sp.</i>	0	1	3	0	0	0	3	0	0	3	0	0	3	2	0	0	3	0	0	0	0	3	3	1	1	0	0
<i>Cyrnellus sp.</i>	0	0	3	0	0	0	3	0	0	3	0	0	3	2	0	0	3	0	0	0	0	3	3	1	1	0	0
<i>Polycentropus sp.</i>	0	0	3	0	0	0	3	2	0	3	0	0	3	2	0	0	3	0	0	0	0	3	3	1	1	0	0

Anexo III. Continuação.

Variável	7						8					9					10				11		
Modalidade	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	1	2
<i>Melanoides tuberculatus</i>	0	0	3	3	0	0	0	3	0	0	0	3	0	3	0	0	0	3	1	0	0	1	0
<i>Physa</i> sp.	0	0	3	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	3	0	0	1	3	0	0	1	0
<i>Pomacea</i> sp.	0	0	0	0	3	3	3	3	0	0	0	1	0	3	3	0	0	0	1	0	0	1	0
Turbellaria	3	3	0	0	0	0	1	0	0	0	3	1	0	0	0	0	3	0	3	0	0	1	3
Hirudinea	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0	3	0	0	1	0
Oligochaeta	0	0	3	3	0	0	0	0	3	0	1	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0
<i>Hyaella</i> sp.	3	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
Macrobrachium	3	3	0	0	0	0	0	0	2	0	3	0	1	0	1	1	3	3	0	0	0	0	0
Dytiscidae	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	3	0	3	3	0	0	0
Ceratopogonidae	0	0	3	0	0	0	0	1	1	0	3	1	0	1	0	0	3	3	1	0	0	0	0
Chironominae	0	0	3	0	0	0	0	0	3	3	0	3	1	1	0	0	1	2	3	0	0	1	0
Tanypodinae	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	3	0	3	0	0	0	0
Culicidae	0	0	3	0	0	0	0	0	3	3	1	3	0	3	0	3	0	0	0	3	0	0	0
Baetidae	0	0	3	0	0	0	1	2	3	0	1	3	1	2	0	0	0	3	1	0	0	0	0
Caenidae	2	0	2	0	0	0	0	2	3	0	0	3	0	3	1	0	0	3	1	0	0	0	0
Leptophlebiidae	2	0	2	0	0	0	1	2	2	1	0	3	1	1	0	1	0	3	1	0	0	0	0
Polymitarcyidae	2	0	2	0	0	0	0	0	3	0	0	3	1	3	1	0	0	3	1	0	0	0	0

<i>Tenagobia</i> sp.	0	0	3	3	0	0	0	0	2	0	3	0	0	0	0	2	3	0	0	0	3	0	3
<i>Martarega</i> sp.	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	2	3	0	0	0	3	0	3
Anisoptera NI	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	3	3	1	0	0	0	3
<i>Phylocyclus</i> sp.	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	1	0	0	3	3	1	0	0	0	3
<i>Brechmorhoga</i> sp.	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	1	0	0	3	3	1	0	0	0	3
<i>Diastatops</i> sp.	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	1	0	0	3	3	1	0	0	0	3
<i>Libellula</i> sp.	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	1	0	0	3	3	1	0	0	0	3
Coenagrionidae NI	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	3	3	1	0	0	0	3
Protoneuridae NI	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	3
<i>Macronema</i> sp.	0	0	3	3	0	0	0	0	2	2	2	3	3	2	3	2	2	1	3	0	0	0	3
<i>Oecetis</i> sp.	0	0	3	3	0	0	3	0	0	0	0	1	1	2	3	2	0	0	3	0	0	0	3
<i>Cyrnellus</i> sp.	0	0	3	3	0	0	0	0	2	2	2	1	1	2	2	0	0	1	3	0	0	0	3
<i>Polycentropus</i> sp.	0	0	3	3	0	0	0	1	0	1	3	1	1	2	1	2	3	0	0	0	0	0	3