



GRAZIELE WOLFF DE ALMEIDA

**ASPECTOS ECOLÓGICOS DA COMUNIDADE
DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS NA REPRESA
DO FUNIL, MG: PERSPECTIVA PARA O
MANEJO**

**LAVRAS – MG
2012**

GRAZIELE WOLFF DE ALMEIDA

**ASPECTOS ECOLÓGICOS DA COMUNIDADE DE MACRÓFITAS
AQUÁTICAS NA REPRESA DO FUNIL, MG:
PERSPECTIVA PARA O MANEJO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais em Paisagens Fragmentadas e Agrossistemas, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Eduardo van den Berg

Coorientador

Dr. Fernando Alves Ferreira

**LAVRAS - MG
2012**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Almeida, Grazielle Wolff de.

Aspectos ecológicos da comunidade de macrófitas aquáticas na Represa do Funil, MG : perspectiva para o manejo / Grazielle Wolff de Almeida Carvalho. – Lavras : UFLA, 2012.

154 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Eduardo van den Berg.

Bibliografia.

1. Planta aquática. 2. Hidrelétrica. 3. Reservatório. 4. Monitoramento. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 574.52632

GRAZIELE WOLFF DE ALMEIDA

**ASPECTOS ECOLÓGICOS DA COMUNIDADE DE MACRÓFITAS
AQUÁTICAS NA REPRESA DO FUNIL, MG:
PERSPECTIVA PARA O MANEJO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais em Paisagens Fragmentadas e Agrossistemas, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 28 de fevereiro de 2012

Dra. Dayse Lucy M. Carneiro Resende	UFLA
Dra. Flávia Freitas Coelho	UFLA
Dr. Maurício Mello Petrucio	UFSC
Dr. Paulo dos Santos Pompeu	UFLA

Dr. Eduardo van den Berg
Orientador

**LAVRAS - MG
2012**

A DEUS, dono do meu ser.

Ao Giuslan, meu esposo, amigo e eterno namorado que sempre esteve ao meu lado, mesmo quando nem eu gostaria de estar.

Aos meus pais, Toninho e Elen, que me ensinaram o caminho que devo andar.

Ao meu irmão, Mateus, que mesmo sem saber, foi exemplo de força e fé.

Aos meus sogros, Jair e Lúcia, que sempre oraram por mim.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me capacitado e me dado forças em toda a caminhada.

A meu esposo, Giuslan, pela parceria e ajuda em todo o trabalho.

A meus pais, Elen e Toninho, por lutarem para que hoje eu estivesse aqui.

A meu irmão, Mateus, que, mesmo a distância, sempre me apoiou.

A meus sogros, Jair e Lúcia, e toda a família Pereira, que nos apoiaram nessa decisão.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, pela oportunidade de realização do doutorado.

À UHE Funil, pela parceria e fomento do projeto.

Ao meu fiel escudeiro Mário Eduardo A. Barbosa e nosso barqueiro Seu Joaquim.

Ao professor Eduardo van den Berg, pela orientação, amizade e paciência.

Ao Fernando Alves Ferreira, pela coorientação e ajuda com a identificação das plantas.

Aos membros da banca examinadora, professores Dayse Lucy M. Carneiro Resende, Flávia F. Coelho, Maurício Mello Petrucio e Paulo do Santos Pompeu pela disponibilidade e contribuições valiosas.

A todos os professores do Setor de Ecologia, pela amizade, apoio e ensinamento.

A todos do laboratório de Ecologia Vegetal pelas horas divertidas e de muito trabalho.

Ao IF Sudeste de Minas Gerais, em especial ao Diretor Geral, José Roberto e ao Diretor de Ensino, Luis Carlos, pelo apoio.

Ao casal parceiro Ludmila e Fábio, pela ajuda, amizade e horas de descontração.

À família que não é de sangue, mas é de coração Vanesca, Rodrigo (Cotonete), Livia e Leopoldo.

Aos meus afilhados Lisiane e Victor pelo carinho.

Aos amigos, Érica (Teta), Ana Cristina, Thais, Renan (Calourada), Ruany (Tatau), Ivo, Cléver, Feranda, e tantos outros mais, pelos ótimos e divertidos momentos que passamos. Com certeza, vocês são inesquecíveis!

Aos amigos do IFSEMG / campus Barbacena, em especial, Dani, Aquiles, Elisa, Hélcio, Cida, Josimar, Leandro, Vanessa, Procópio, Zé Emílio, e outros, porque o sistema é mal, mas nossa turma é legal!

As minhas orientadas Claudionice e Jeliane, pela compreensão da minha ausência.

Aos meus queridos alunos dos cursos, Técnico em Meio Ambiente e Tecnologia em Gestão Ambiental do IFSEMG / campus Barbacena, que me mostraram que é gratificante ser professora.

RESUMO

As macrófitas aquáticas são importantes componentes nos corpos d'água mas as mesmas podem proliferar causando grandes prejuízos às usinas hidrelétricas. São vários os fatores que podem afetar a distribuição e estruturação das comunidades de macrófitas nos reservatórios e é de extrema importância conhecer esses fatores e como os mesmos atuam sobre as plantas, a fim de propor ações efetivas de manejo e monitoramento. No reservatório do Funil, que está localizado no Rio Grande e tem como afluentes o Rio das Mortes e o Rio Capivari, foi observada a ocorrência de diversas espécies de macrófitas. Este trabalho objetivou realizar um inventário da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório verificando a ocorrência das espécies em períodos secos e chuvosos, identificando quais as espécies são mais frequentes no reservatório além de monitorar a expansão dos principais bancos e verificar suas relações com fatores abióticos. Para verificar a frequência de ocorrência das espécies foram determinados 100 pontos amostrais em todo o reservatório, onde foram observadas presença/ausência das plantas nas estações chuvosas e seca de 2010 e 2011. Para o monitoramento, medidas da porcentagem de cobertura vegetal das espécies e variáveis abióticas foram obtidas em três regiões do reservatório a cada dois meses durante um ano. Foram inventariadas 53 espécies no reservatório distribuídas em 23 famílias, sendo que o período chuvoso de 2010 foi quando ocorreu menor riqueza. A região do Rio das Mortes apresentou maior frequência de ocorrência e cobertura de espécies flutuantes como *E. crassipes*, *S. auriculata* e *P. stratiotes*. As águas dessa região apresentaram os maiores valores de P total, evidenciando contaminação por matéria orgânica. Em termos de composição de espécies e de caracterização abiótica, a região do Rio Capivari foi a mais distinta das demais. As variáveis abióticas variaram temporalmente e espacialmente, sendo que a variação espacial foi mais pronunciada que a temporal. A condutividade elétrica e o P total foram as variáveis mais correlacionadas para a estruturação espacial das espécies, sendo que as regiões do Rio das Mortes e Reservatório se agruparam, diferindo da região do Rio Capivari. A espécie *U. subquadripara* apresentou alta frequência no reservatório do Funil. Essa espécie exótica vem causando grandes alterações nas comunidades de macrófitas aquáticas onde está presente. As informações geradas, além de fornecer um panorama da estrutura e dinâmica da comunidade de macrófitas no Funil, permitem o monitoramento de novos pontos de colonização e da dinâmica dos bancos já existentes. Esses resultados são primeiros passos para um monitoramento efetivo da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório do Funil, pois fornecem dados necessários para tomadas de decisão futura.

Palavras-chave: Planta aquática. Hidrelétrica. Reservatório. Monitoramento.

ABSTRACT

Aquatic macrophytes are important components in the waterbodies, but they can proliferate causing great damages to the hydroelectric power stations. Several factors can affect the distribution and structure of aquatic macrophyte communities in the reservoirs and it is extremely important to know these factors and how they act on macrophytes, in order to propose effective management and monitoring actions. In Funil Reservoir, which is located in Rio Grande and has Rio das Mortes and Rio Capivari as the main tributaries, it was observed the occurrence of several macrophyte species. This study aimed to do an inventory of the aquatic macrophyte community in the reservoir, verifying the occurrence of the species in dry and rainy periods and identifying which species were the most frequent in the reservoir, besides monitoring the expansion of the main macrophyte banks and verifying their relations with abiotic factors. To verify the frequency of species occurrence, 100 sampling points were determined in the reservoir, where the presence/absence of the plants during the rainy and dry seasons of 2010 and 2011 were observed. For the monitoring, measures of the species percentage cover and abiotic variables were obtained in three regions of the reservoir every two months during one year. 53 families were inventoried in Funil Reservoir, distributed among 23 families. that the rainy season of 2010 corresponded to the period in which it was observed the lowest richness. The region of Rio das Mortes presented higher occurrence and cover frequency of floating species with invasive potential, such as *E.crassipes*, *S. auriculata* and *P. stratiotes*. The waters in this region showed the higher values of total P, indicating contamination by organic matter. According to species composition and abiotic characteristics, the region of Rio Capivari was the most distinct from the others. The abiotic variables varied temporally and spatially, being the spatial variation more pronounced than the temporal one. The electrical conductivity and total P were the variables most correlated to the spatial structure of the species, and the regions of Rio das Mortes and reservoir agrupated, differing from the region of Rio Capivari. The species *U. subquadrifera* showed high frequency in Funil reservoir. This exotic species is considered troublesome and has caused great alterations in the aquatic macrophyte communities where it occurs. The generated information, besides providing an overview of the structure and dynamics of the macropl community in Funil, make possible the monitoring of new colonization pc and the dynamics of existing banks. These results are the first step towards an effective monitoring of the aquatic macrophyte community in Funil reservoir, because they provide necessary data for future decision making.

Keywords: Aquatic plant. Hydroelectric power station. Reservoir. Monitoring.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1	Esquema da classificação das formas biológicas de macrófitas aquáticas	28
Figura 2	Mapa com a localização do Reservatório do Funil e seus afluentes.....	39

CAPÍTULO 2

Figura 1	Reservatório do Funil com 100 pontos de coletas demarcados, onde o ponto 1 é a barragem	51
Figura 2	Estacas utilizadas para demarcar os pontos no reservatório do Funil	51
Figura 3	Número de espécies das famílias mais representativas no reservatório do Funil, MG.....	60
Figura 4	Epifitismo de A: <i>Utricularia gibba</i> e B: <i>Oxycarium cubensis</i> , ambas crescendo sobre <i>Salvinia auriculata</i>	61
Figura 5	Riqueza de espécies no reservatório do Funil, MG encontrada nos quatro períodos amostrais. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)	63
Figura 6	Frequência de ocorrência das espécies de macrófitas registradas nos meses de janeiro e julho nos anos de 2010 e 2011 em 100 pontos no reservatório do Funil, MG	64

Figura 7	Escalonamento multidimensional não métrico para a comunidade de macrófitas aquáticas coletadas em quatro períodos amostrais no reservatório do Funil, MG. <i>Stress</i> = 0,16, R global = 0,024.....	67
Figura 8	Riqueza de espécies no reservatório do Funil, MG encontrada nas seis regiões. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).....	69
Figura 9	Ordenação da estrutura da comunidade de macrófitas no reservatório do Funil, A: durante o período chuvoso de 2010. <i>Stress</i> = 0,13, R Global = 0,293; B: durante o período seco de 2010. <i>Stress</i> = 0,16. R Global = 0,21	72
Figura 10	Ordenação da estrutura da comunidade de macrófitas no reservatório do Funil, A: durante o período chuvoso de 2011. <i>Stress</i> = 0,15. R Global = 0,313; B: durante o período seco de 2011. <i>Stress</i> = 0,16. R Global = 0,172	73
Figura 11	Ordenação da estrutura da comunidade de macrófitas no reservatório do Funil. <i>Stress</i> = 0,16; R Global = 0,312.....	75
Figura 12	Imagens mostrando as diferentes morfologias encontradas no reservatório do Funil, MG. A: Região próxima à barragem; B: Região Intermediária; C: Corpo Central do Reservatório; D: Região do Rio das Mortes; E: Região do Rio Capivari; F: Região do Rio Grande.....	78

CAPÍTULO 3

Figura 1	Mapa do reservatório do Funil com a localização das três áreas amostrais: R – região do corpo central do Reservatório; M – região de influência no Rio das Mortes; C – região de influência o Rio Capivari 96
Figura 2	Média das porcentagens de cobertura em todos os períodos amostrais na região do Rio das Mortes. Barras representam a média do desvio padrão. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($F = 19,5652$; $p < 0,0001$)..... 103
Figura 3	Média das porcentagens de cobertura de cada espécie ao longo do período amostral em todas as estações de coleta na região do Rio das Mortes 103
Figura 4	Porcentagem de cobertura vegetal total em cada mês do monitoramento na região do Rio das Mortes. Barras representam o desvio padrão 104
Figura 5	Média da porcentagem de cobertura de <i>U. subquadripara</i> ($F = 10,8348$; $p < 0,001$); <i>S. auriculata</i> ($F = 20,6158$; $p < 0,001$) e <i>P. stratiotes</i> ($F = 29,5246$; $p < 0,001$) ao longo do monitoramento nas estações onde as mesmas ocorreram na região do Rio das Mortes. Barras mostram o intervalo de confiança $\pm 95\%$ 105
Figura 6	Porcentagem de cobertura de <i>E.crassipes</i> ($F = 20,6287$; $p < 0,001$) e <i>E.najas</i> ($F = 52,2845$; $p < 0,001$) ao longo do monitoramento nas estações onde as mesmas ocorreram na região do Rio das Mortes. Barras mostram o intervalo de confiança $\pm 95\%$ 106

Figura 7	Comportamento das variáveis abióticas ao longo dos meses na região do Rio das Mortes no reservatório do Funil, MG. A: pH; B: temperatura (°C); C: oxigênio dissolvido (mgL ⁻¹); D: transparência (m).....	107
Figura 8	Comportamento das variáveis abióticas ao longo dos meses na região do Rio das Mortes no reservatório do Funil, MG. A: condutividade elétrica (µS/cm); B: nitrogênio total (mgL ⁻¹); B: fósforo total (mgL ⁻¹).....	108
Figura 9	Regressão linear mostrando a relação de dependência entre a porcentagem de cobertura de A: <i>E. crassipes</i> , B: <i>P. stratiotes</i> com a concentração de N total (mgL ⁻¹) na água da região do Rio das Mortes	114
Figura 10	Média das porcentagens de cobertura em todos os períodos amostrais na região do Rio Capivari. Barras representam o desvio padrão. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey.....	116
Figura 11	Média das porcentagens de cobertura de cada espécie ao longo do período amostral em todas as estações de coleta na região do Rio Capivari	116
Figura 12	Porcentagem de cobertura vegetal total em cada mês do monitoramento na região do Rio Capivari. Barras representam o desvio padrão	117
Figura 13	Média da porcentagem de cobertura de <i>S.auricuata</i> (F = 65,49; p < 0,001), <i>E. azurea</i> (F = 1,7326; p = 0,1206) e <i>P.cordata</i> (F = 1,9565; p = 0,1183) em estações de coleta no Rio Capivari. Barras mostram o intervalo de confiança ± 95%..	118

Figura 14	Comportamento das variáveis abióticas ao longo dos meses na região do Rio Capivari no reservatório do Funil, MG. A: pH. B: temperatura (°C); C: oxigênio dissolvido (mgL ⁻¹); D: transparência (m); E: condutividade elétrica (μS/cm) 120
Figura 15	Comportamento das variáveis abióticas ao longo dos meses na região do Rio Capivari no reservatório do Funil, MG. A: nitrogênio total (mgL ⁻¹); B: fósforo total (mgL ⁻¹) 121
Figura 16	Regressão linear mostrando a relação de dependência entre a porcentagem de cobertura de <i>S. auriculata</i> e a concentração de N total na água da região do Rio Capivari 123
Figura 17	Média das porcentagens de cobertura em todos os períodos amostrais na região do corpo central do reservatório. Barras representam o desvio padrão. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey 124
Figura 18	Média das porcentagens de cobertura de cada espécie ao longo do período amostral na região do Reservatório 125
Figura 19	Porcentagem de cobertura vegetal total em cada mês do monitoramento na região do corpo central do reservatório. Barras representam o desvio padrão 125
Figura 20	Porcentagem de cobertura de <i>U. subquadripara</i> (F = 12,8596; p < 0,001) e <i>S. auriculata</i> (F = 2,069; p = 0,1231) em estações de coleta na região do corpo central do reservatório ao longo do período amostral mostrando a média e o intervalo de confiança ± 95%. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey 126

Figura 21	Comportamento das variáveis abióticas ao longo dos meses na região do corpo central do reservatório do Funil, MG. A: pH. B: temperatura (°C); C: oxigênio dissolvido (mgL ⁻¹); D: transparência (m); E: condutividade elétrica (µS/cm) 129
Figura 22	Comportamento das variáveis abióticas ao longo dos meses na região do corpo central do reservatório do Funil, MG. A: nitrogênio total (mgL ⁻¹); B: fósforo total (mgL ⁻¹) 130
Figura 23	Média da porcentagem de cobertura das espécies <i>S.auriculata</i> e <i>U. subquadripara</i> nas três regiões monitoradas no reservatório do Funil, MG. Barras representam o desvio padrão. Letras iguais sobre as barras da mesma espécie não indica diferença significativa 133
Figura 24	Escalonamento multidimensional não métrico segundo A: a porcentagem de cobertura B: presença e ausência das espécies, para a comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório do Funil durante o monitoramento 134
Figura 25	Escores de uma Análise de Correspondência Canônica (CCA) aplicada sobre a matriz de presença e ausência da comunidade de macrófitas aquáticas das três regiões do reservatório do Funil e a matriz de variáveis ambientais 137

LISTA DE QUADROS E TABELAS

CAPÍTULO 2

Quadro 1	Inventário da flora aquática no reservatório do Funil, MG (EM = emergentes; AN = anfíbias; FL = flutuante livre; FF = flutuante fixa; SL = submersa livre; SF = submersa fixa; EF = epífita; * indica espécies com potencial invasor definido por Brandão, Laca-Buendia e Gavilanes (1989).....	57
Tabela 1	Riqueza total estimada (Chao2, Jacknife 1, Jacknife 2) e observada no reservatório do Funil, MG durante os quatro períodos amostrais.....	63
Tabela 2	Valores de p e R da análise de similaridade (ANOSIM) para a comunidade de macrófitas aquáticas coletadas em quatro períodos amostrais no reservatório do Funil, MG (* p < 0,05).....	68
Tabela 3	Riqueza total estimada (Chao2, Jacknife 1, Jacknife 2) e observada no reservatório do Funil, MG nas seis regiões.....	69
Tabela 4	Relação das espécies com a frequência de ocorrência (%) nas seis regiões do reservatório do Funil, MG. (B = barragem; I = região intermediária; C = corpo central do reservatório; M = região Rio das Mortes; CA = Região Rio Capivari; G = região Rio Grande).....	71

Tabela 5	Valores de p e R da análise de similaridade (ANOSIM) para a comunidade de macrófitas aquáticas coletadas em quatro períodos amostrais em cada região no reservatório do Funil, MG (* p < 0,05). B = Região próxima à Barragem; C = Corpo Central do Reservatório; CA = Região do Rio Capivari; G = Região do Rio Grande antes da foz dos rios das Mortes e Capivari; I = Região Intermediária do Reservatório; M = região do Rio das Mortes	74
Tabela 6	Valores de p e R da análise de similaridade (ANOSIM) para a comunidade de macrófitas aquáticas coletadas em cada região no reservatório do Funil, MG (* p < 0,05). B = Região próxima à Barragem; C = Corpo Central do Reservatório; CA = Região do Rio Capivari; G = Região do Rio Grande antes da foz dos rios das Mortes e Capivari; I = Região Intermediária do Reservatório; M = região do Rio das Mortes	76
Tabela 7	Porcentagem de contribuição das principais espécies na dissimilaridade entre todas as regiões; entre as regiões do Rio Capivari e Rio das Mortes (Ca x M); e entre as regiões do Rio Grande e Rio das Mortes (G x M).....	77

CAPÍTULO 3

Tabela 1	Localização das estações de coletas no reservatório do Funil, MG	97
Tabela 2	Frequência de ocorrências das espécies de macrófitas aquáticas nas 7 estações de coleta na região do Rio das Mortes .	102
Tabela 3	Correlações de Pearson (R) entre a porcentagem de cobertura total das espécies, porcentagem de cobertura de <i>S. auriculata</i> , <i>U.subquadripara</i> , <i>P.stratiotes</i> e <i>E.crassipes</i> e variáveis abióticas. (* denota correlações significativas: $p < 0,05$)	112
Tabela 4	Frequência de ocorrências das espécies de macrófitas aquáticas nas 7 estações de coleta na região do Rio Capivari.....	115
Tabela 5	Correlações de Pearson entre a porcentagem de cobertura total das espécies, porcentagem de cobertura de <i>E. azurea</i> , <i>P. cordata</i> e <i>S. auriculata</i> e variáveis abióticas (*denota correlações significativas: $p < 0,05$).....	122
Tabela 6	Frequência de ocorrências das espécies de macrófitas aquáticas nas quatro estações de coleta na região do Corpo Central do Reservatório.....	123
Tabela 7	Valores de R obtidos nas correlações de Pearson entre a porcentagem de cobertura total das espécies, porcentagem de cobertura de <i>U.subquadripara</i> e <i>S. auriculata</i> e variáveis abióticas (* denota correlações significativas: $p < 0,05$)	131

Tabela 8	Valores de R e p da comparação de análise de similaridade (ANOSIM), baseado nos dados de porcentagem de cobertura (%) e presença e ausência (P/A) para a comunidade de macrófitas aquáticas em três regiões no reservatório do Funil. C: região do Rio Capivari; M: região do Rio das Mortes; R: região do corpo central do reservatório.....	135
Tabela 9	Média e desvio padrão da porcentagem de cobertura das espécies que foram as principais responsáveis pela dissimilaridade entre as regiões durante o monitoramento. (C: região do Rio Capivari; M: região do Rio das Mortes; R: região do corpo central do reservatório).....	136
Tabela 10	Valores médios e desvio padrão das variáveis físico-químicas avaliadas no reservatório do Funil, MG em cada região durante o monitoramento mostrando o valor do teste F e valor de p (M: região do Rio das Mortes; C: região do Rio Capivari; R: região do corpo central do reservatório; letras diferentes entre () na mesma linha denotam diferença significativa entre as regiões).....	140

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1	Introdução geral	23
1	INTRODUÇÃO		24
2	REFERENCIAL TEÓRICO		27
2.1	Macrófitas aquáticas		27
2.2	Fatores associados ao desenvolvimento das macrófitas aquáticas		30
2.2.1	Temperatura		30
2.2.2	Disponibilidade de luz		31
2.2.3	Variação do nível da água		31
2.2.4	Concentração de nitrogênio e fósforo		33
2.3	Macrófitas aquáticas em reservatórios artificiais		34
3	Usina Hidrelétrica do Funil (UHE Funil)		36
	REFERÊNCIAS		39
	CAPÍTULO 2	Variação espaço-temporal da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório do Funil – MG, Brasil	45
1	INTRODUÇÃO		48
2	MATERIAIS E MÉTODOS		50
2.1	Área de estudo		50
2.2	Amostragem e levantamento de dados		50
2.3	Análise dos dados		53
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO		57
3.1	Inventário das macrófitas aquáticas no reservatório do Funil		57
3.2	Variação temporal da frequência de macrófitas aquáticas no reservatório do Funil, MG		61
3.3	Variação espacial na estrutura da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório do Funil		68

4	CONCLUSÃO	81
	REFERÊNCIAS	83
	CAPÍTULO 3 Variação espacial e temporal da cobertura de macrófitas aquáticas no reservatório do Funil, MG	88
1	INTRODUÇÃO	91
2	MATERIAIS E MÉTODOS	94
2.1	Área de estudo	94
2.2	Amostragem e levantamento dos dados	97
2.3	Análise dos dados	98
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	101
3.1	Monitoramento das regiões do Rio das Mortes, Capivari e corpo central do Reservatório	101
3.1.1	Região do Rio das Mortes	102
3.1.2	Região do Rio Capivari	115
3.1.3	Região do corpo central do reservatório	123
3.2	Estrutura da comunidade de macrófitas aquáticas do Funil	132
4	CONCLUSÃO	142
	REFERÊNCIAS	144
	CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS	149
	ANEXO	151

CAPÍTULO 1 Introdução geral

1 INTRODUÇÃO

Macrófitas aquáticas são plantas visíveis a olho nu “cujas partes fotossinteticamente ativas estão permanentemente, ou por alguns meses em cada ano, submersas em águas ou flutuantes em sua superfície” (COOK et al., 1974). A comunidade de macrófitas constitui um importante componente dos corpos d’água, pois, além de contribuírem para a estruturação do espaço físico, proporcionando locais de reprodução e refúgio para diversos organismos (AGOSTINHO; GOMES; JÚLIO JÚNIOR, 2003; PELICICE; AGOSTINHO; THOMAZ, 2005), interfere na ciclagem de nutrientes e participa da base das teias alimentares como importante produtora dentro dos ecossistemas aquáticos. As plantas aquáticas são também utilizadas em programas de biomonitoramento de ambientes lóticos e lênticos atuando como indicadores ecológicos (ESTEVES, 2011).

São vários os fatores que podem afetar a distribuição e estruturação das comunidades de macrófitas aquáticas, seja em escala local ou regional. Dentre esses fatores podem ser citados os abióticos, como profundidade, grau de trofia, temperatura, pH, entre outros, e os fatores bióticos como competição, facilitação, potencial de dispersão e de colonização (LACOUL; FREEDMAN, 2006). Esses fatores atuam em conjunto tornando o corpo d’água propício ou não à colonização e desenvolvimento dessas comunidades. Sob condições favoráveis, as populações de plantas aquáticas são rapidamente disseminadas, colonizando extensas superfícies de água em um tempo reduzido (HENRY-SILVA; CAMARGO, 2006). Esse crescimento excessivo pode afetar o uso múltiplo da água, como irrigação, abastecimento, recreação, geração de energia além de contribuir para a eutrofização dos corpos d’água (ESTEVES, 2011).

Segundo Thomz e Bini (1998) reservatórios que apresentam alto tempo de residência, constância no nível da água e regiões protegidas da ação do vento, as quais tendem a ser mais eutróficas que o corpo central são propícios ao crescimento de macrófitas aquáticas. Através de observações, verificou-se que o reservatório do Funil, localizado no Rio Grande, entre os municípios de Perdões e Lavras, MG, apresenta essas características. Foram observadas também diversas espécies de macrófitas aquáticas no reservatório, sendo duas espécies flutuantes as mais abundantes, *Salvinia auriculata* Aublet (Savinacea) e *Pistia stratiotes* L. (Aracea). Segundo Filippo (2003), essas espécies podem ser um possível risco para as hidrelétricas, uma vez que essas plantas podem entrar pela tomada d'água afetando o funcionamento das turbinas de geração de energia.

A partir do momento em que as macrófitas começam a ocasionar problemas para os usos múltiplos dos ecossistemas aquáticos surge a necessidade de aplicações de métodos de controle e manejo (THOMAZ; BINI, 1998). Para efetuar o controle e o manejo dessas plantas, há necessidade do conhecimento sobre sua ecologia e um entendimento adequado da sua distribuição ao longo do reservatório, baseando-se em levantamentos do número de espécies e medidas abióticas de fácil obtenção (POMPÊO; MOSCHINI-CARLOS, 2003; POTT; POTT, 2000). Essas medidas auxiliam na predição de locais mais susceptíveis à colonização pelos diferentes grupos de macrófitas, sendo a base para qualquer programa de monitoramento (THOMAZ; BINI, 1998).

A fim de conhecer a flora aquática na região e entender a dinâmica da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório, o projeto foi realizado em parceria com o Consórcio do Funil e teve dois objetivos distintos: 1) realizar um inventário da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório do Funil verificando a ocorrência das espécies em períodos secos e chuvosos, identificando quais as espécies e grupos ecológicos mais frequentes no

reservatório; 2) monitorar a expansão dos principais bancos de macrófitas e sua relação com fatores abióticos.

Para melhor esclarecer as hipóteses e as metodologias empregadas, a tese foi dividida em três partes. A primeira constituída da introdução geral e referencial teórico e as demais formadas por cada objetivo geral.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Macrófitas aquáticas

As macrófitas aquáticas são plantas de diversos grupos que se caracterizam por terem partes vegetativas que crescem ativamente, permanentemente ou por um período, submersas, flutuando ou sobre a superfície da água (COOK et al., 1974; POTT; POTT, 2000). Elas apresentam grande plasticidade ecológica, podendo habitar os mais diversos habitats como brejos, lagos, rios, cachoeiras e ambientes salobros (COOK, 1996).

As macrófitas descendem de grupos que retornaram ao ambiente aquático a partir do terrestre. Em função disso, foram selecionadas diversas adaptações anatômicas e fisiológicas em detrimento de outras, para que esse retorno fosse viável. Entre as adaptações destaca-se a perda das funções estomáticas, a redução da quantidade de tecidos estruturais e o maior desenvolvimento dos aerênquimas, além da utilização de íons bicarbonato presentes na água como fonte de carbono inorgânico (ESTEVEES, 2011; SCREMIN-DIAS, 2009).

A comunidade de macrófitas aquáticas pode ser dividida baseada em seu modo de vida (biótipo), podendo ser classificadas em cinco grandes grupos funcionais: macrófitas aquáticas emersas ou emergentes (enraizadas no sedimento com folhas fora da água); macrófitas aquáticas flutuantes (flutuam livremente na superfície da água); macrófitas aquáticas submersas enraizadas (enraizadas no sedimento que crescem totalmente submersas); macrófitas aquáticas submersas livres (permanecem livres, “mergulhadas” na coluna d’água); e macrófitas aquáticas flutuantes fixas (enraizadas no sedimento com folhas flutuando na superfície da água) (ESTEVEES, 2011). Alguns pesquisadores ainda consideram outros dois grupos nessa classificação: as

macrófitas anfíbias ou semiaquáticas, que são aquelas capazes de viver tanto em área alagada, como fora da água; e as epífitas, que são aquelas que se instalam sobre outras plantas aquáticas (PEDRALLI, 1990) (Figura 1).

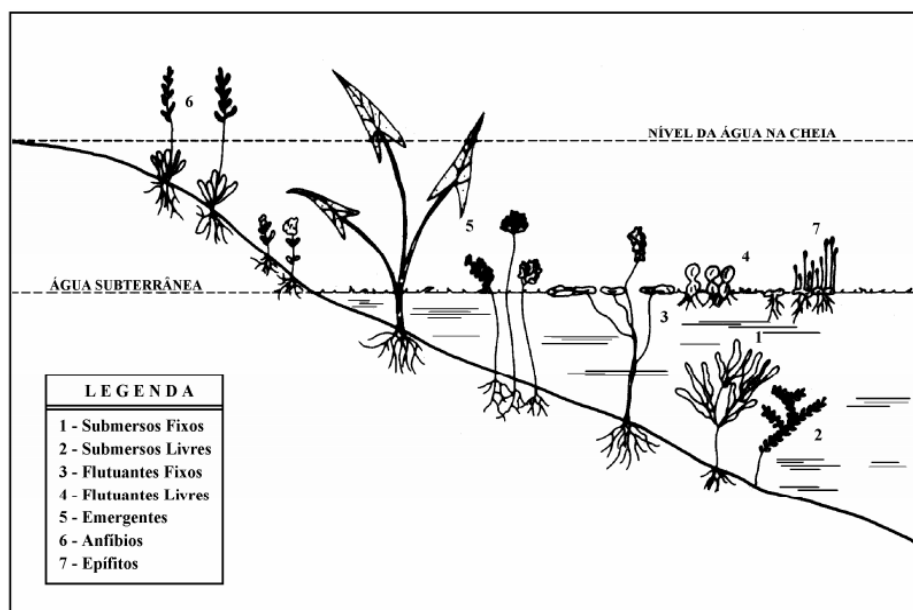


Figura 1 Esquema da classificação das formas biológicas de macrófitas aquáticas
Fonte: Adaptada de Pedralli (2003)

As macrófitas aquáticas, de todos os biotipos, desempenham diversas ações e funções nos ecossistemas aquáticos (ESTEVES; CAMARGO, 1986) entre eles a absorção, acumulação e liberação de nutrientes (por morte ou excreção), permitindo que esses sejam novamente incorporados aos fluxos ecossistêmicos (BRISTOW, 1974; GRANALI; SOLANDER, 1988); a interferência com o fitoplâncton e com outras macrófitas através do sombreamento e da competição por nutrientes (BEYRUTH, 1992); a diversificação de habitats, servindo de substrato para o perífiton e de refúgio e nidificação para animais aquáticos e terrestres, constituindo fonte de alimento a diversos organismos, sendo sua presença relacionada à manutenção da riqueza

de peixes na região neotropical (AGOSTINHO; GOMES; JÚLIO JÚNIOR, 2003; PELICICE; AGOSTINHO; THOMAZ, 2005).

Além da importância ecológica dessas plantas citadas acima, pesquisas mostram a eficiência da utilização de algumas espécies no tratamento de efluentes de piscicultura e carcinicultura (HENRY-SILVA; CAMARGO, 2008), extração de metais pesados (KAMAL et al., 2004; WOLFF et al., 2009) e atuação como indicadores biológicos da qualidade da água (LEWIS, 1995).

A taxonomia da comunidade de macrófitas aquáticas é bem ampla, tendo representantes de sete divisões de plantas: *Chlorophyta*, *Rhodophyta*, *Xanthophyta*, além de *Bryophyta*, *Pteridophyta* e *Spermatophyta*. As duas últimas divisões são representadas, por cerca de 2.614 espécies distribuídas em 88 famílias, sendo que, só na divisão *Spermatophyta* encontra-se a maioria dessas, cerca de 79 famílias, sendo todas angiospermas. As macrófitas aquáticas ocorrem em praticamente todas as regiões biogeográficas, sendo que a maior diversidade dessas plantas encontra-se na região neotropical, com aproximadamente 61% de espécies endêmicas (CHAMBERS et al., 2008).

Fatores climáticos parecem ter efeitos limitados sobre a distribuição das macrófitas aquáticas, alguns argumentos têm sido levantados para tentar explicar essa ampla distribuição como: as vantagens proporcionadas pela reprodução clonal, altas taxas de dispersão e a grande tolerância ecológica e plasticidade fenotípica apresentada por muitas dessas plantas (SANTAMARÍA, 2002).

Essas características das macrófitas aquáticas, em conjunto com condições favoráveis fazem com que algumas espécies apresentem crescimento excessivo no ambiente aquático, podendo afetar o uso múltiplo da água, como irrigação, abastecimento, recreação, geração de energia além de contribuir para a eutrofização dos corpos d'água (POMPÊO, 2008).

2.2 Fatores associados ao desenvolvimento das macrófitas aquáticas

O desenvolvimento das macrófitas aquáticas é influenciado principalmente por fatores inerentes à limnologia, incluindo os relacionados com atributos físicos como geomorfologia (geologia e topografia), sedimento, clima e hidrologia, além de interações bióticas (THOMAZ, 2002). Entre os principais fatores abióticos podem-se citar: temperatura, vento, precipitação, disponibilidade de luz, características do substrato, concentração de nutrientes (nitrogênio e fósforo), condutividade, pH e variação do nível da água. Entre os fatores bióticos ressalta-se a competição inter e intraespecífica, a herbivoria e o potencial de dispersão e colonização de cada espécie (LACOUL; FREEDMAN, 2006).

2.2.1 Temperatura

Welch (1952 apud LACOUL; FREEDMAN, 2006) relata que nenhum outro fator tem uma influência tão direta e indireta sobre as propriedades físico-químicas, o comportamento biológico, metabólico e fisiológico dos ecossistemas aquáticos como a temperatura. A temperatura da água influencia a distribuição e produtividade das plantas aquáticas por afetar sua fisiologia (ROONEY; KALFF, 2000).

Muitas macrófitas possuem ampla faixa de tolerância à temperatura, ocorrendo desde locais de climas temperados a climas tropicais, porém estudos revelam que elevadas temperaturas favorecerem o aumento de biomassa de diversas espécies sendo que cada uma possui seu valor de temperatura ótimo (BIUDI; CAMARGO, 2008).

2.2.2 Disponibilidade de luz

A disponibilidade de luz é de extrema importância para qualquer planta. No ecossistema aquático a luz influencia a produtividade das macrófitas, aumentando ou inibindo seu crescimento de acordo com cada espécie (CAMARGO; PEZZATO; HENRY-SILVA, 2003).

Os principais estudos relacionando à disponibilidade de luz em reservatórios e produtividade de macrófitas aquáticas enfocam principalmente espécies submersas, uma vez que essas são as mais afetadas pela turbidez da água que diminui a entrada da radiação no ambiente, diminuindo assim a taxa fotossintética dessas plantas (BARKO; SMART, 1981). Sob maior irradiância diversas espécies submersas apresentam maior crescimento (ZHU et al., 2008), já algumas espécies flutuantes como *Salvinia molesta* e *S. auriculata* apresentaram menores taxas de crescimento quando submetidas às altas intensidades de luz (RUBIM; CAMARGO, 2001).

A entrada de luz na coluna d'água está positivamente relacionada com a transparência da água, que por sua vez está negativamente relacionada à turbidez. Águas mais claras recebem mais luz, condição essencial para a colonização por espécies submersas (BINI; THOMAZ, 2005).

2.2.3 Variação do nível da água

A brusca oscilação do nível da água em rios e reservatórios pode atuar como fator limitante à produtividade de macrófitas aquáticas (CAMARGO; PEZZATO; HENRY-SILVA, 2003). As espécies emergentes e submersas são as mais afetadas pela diminuição das águas. Estudo mostra que a variação de 5m na cota do reservatório de Itaipu foi suficiente para diminuir a biomassa de *E.najas*, porém, quando o reservatório recuperou o nível normal, foi verificado que as

flutuantes *E. crassipes* e *Salvinia spp.* recuperaram a biomassa perdida em pouco tempo, cobrindo extensas áreas da lâmina d'água (THOMAZ et al., 2006).

Ambientes em que há grande flutuação do nível da água, como planícies de inundação, apresentam uma comunidade de macrófitas mais rica e diversa quando comparada à comunidade de ambientes estáveis, como muitos reservatórios, sendo que esses apresentam dominância de espécies com maior habilidade competitiva (LACOU; FREEDMAN, 2006). As cheias nas planícies de inundação são responsáveis por mudanças profundas na organização da comunidade de macrófitas aquáticas, além disso, essas cheias permitem a troca de espécies entre rios e lagoas marginais (PADIAL et al., 2009). O ciclo cheia-seca cria uma heterogeneidade ambiental que aumenta a diversidade de espécies. Além disso, por esses ambientes sofrerem distúrbios intermediários constantes, há uma provável redução da dominância de espécies, como as flutuantes.

O rebaixamento do nível da água em reservatórios tem sido utilizado como estratégia de controle de macrófitas aquáticas, porém a eficácia desse método pode ser temporária, uma vez que diversos estudos têm mostrado que muitas espécies de macrófitas aquáticas, consideradas daninhas nos reservatório, possuem estratégias de resistência à seca como é o caso da *S. auriculata* (COELHO; LOPES; SPERBER, 2005) e *Urochloa subquadrifera* (MICHELAN et al., 2010).

A velocidade da corrente também influencia no crescimento e na ocorrência das macrófitas aquáticas. Para espécies flutuantes a força da correnteza influencia em sua distribuição e ocorrência nos diversos ambientes, podendo impedir a formação de bancos de plantas, enquanto nas espécies enraizadas a influência ocorre sobre a estabilidade do solo, que pode ser afetada por processos erosivos ou pela sedimentação (CAMARGO; PEZZATO; HENRY-SILVA, 2003).

2.2.4 Concentração de nitrogênio e fósforo

Os elementos fósforo (P) e nitrogênio (N) são constituintes das moléculas que atuam no processo metabólico das macrófitas aquáticas, sendo o P um dos constituintes de compostos responsáveis pelo armazenamento de energia nas células e o N presente nas proteínas. Ambos os elementos estão relacionados aos mais importantes processos fisiológicos das plantas, como fotossíntese e respiração (LARCHER, 2000). Sendo assim, a concentração desses elementos no ecossistema aquático pode limitar ou favorecer a produtividade primária dessas plantas (DODDS, 2002; KOBAYASHI; THOMAZ; PELICICE, 2008). Dependendo do biótipo da planta, essa pode retirar os nutrientes necessários diretamente da coluna d'água (flutuantes e submersas livres), ou do sedimento (emergentes e fixas) (THOMAZ, 2002).

Altas concentrações de N e P na água indicam poluição, principalmente por matéria orgânica (MALIK; NADEM, 2011), o que pode acarretar em um processo de eutrofização com a diminuição do oxigênio dissolvido, causando grande perda na biodiversidade local. O aumento desses nutrientes na água também é proveniente do uso intensivo de fertilizantes na agricultura, que por lixiviação alcança os corpos d'água (VON SPERLING, 2011).

No início da formação dos reservatórios é comum o aumento da concentração desses nutrientes devido à decomposição da matéria orgânica que foi submersa, e esse incremento nutricional estimula a colonização e crescimento de muitas espécies de macrófitas (THOMAZ, 2002).

Diversos estudos têm mostrado uma relação positiva entre a abundância e produtividade de macrófitas aquáticas, com a concentração de N e P na água ou no sedimento e a maior ocorrência de espécies flutuantes em locais mais eutróficos também tem sido relatada (HENRY-SILVA; PEZZATO; CAMARGO, 2008; SHIPELY; KEDDY, 1988; THOMAZ et al., 2006). A

principal ação proposta no manejo de espécies flutuantes é a redução do nível de nutrientes no corpo d'água (NETEN et al., 2011).

2.3 Macrófitas aquáticas em reservatórios artificiais

O Brasil possui uma das mais extensas e densas redes de rios perenes, detendo cerca de 12% do recurso hídrico mundial. Devido a esse grande potencial hídrico, 65,75% da geração de energia elétrica no país é feita através de usinas hidrelétricas (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2012). Para gerar energia, uma usina hidrelétrica utiliza a diferença entre a energia potencial entre o nível de montante e jusante da usina. Como a maior parte dos rios no Brasil possui grande vazão e pequena declividade, para gerar energia, é necessária a construção de reservatórios e barragens que criem esse desnível e possibilite maior energia potencial (REBOUÇAS; BRAGA; TUNDISI, 2006).

Existem relatos de mais de 600 barragens construídas no Brasil, com a finalidade de além da geração de energia elétrica, a recreação, navegação, irrigação e pesca. Porém, a construção de reservatórios nos últimos 50 anos na região neotropical tem causado várias alterações nos ecossistemas, sejam eles terrestres ou aquáticos (AGOSTINHO; THOMAZ; GOMES, 2005; TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI; TUNDISI, 2008).

Para Agostinho, Thomaz e Gomes (2005), a construção de reservatórios no Brasil em conjunto com a eutrofização, introdução de espécies exóticas, assoreamento e pesca predatória, têm sido os principais causadores da perda da biodiversidade nos ecossistemas aquáticos.

As barragens alteram o regime de cheias, interrompem a movimentação dos peixes migratórios, modificam o ambiente de lótico para lântico contribuindo com maior sedimentação e aumentando o tempo de residência da

água, além disso, no enchimento do reservatório e com a inundação do material vegetal, as águas tendem a ficar mais eutróficas, porém à jusante dos reservatórios as águas tendem a ficar mais claras e com menor condutividade elétrica. Todas essas características favorecem a colonização e desenvolvimento de plantas aquáticas (BIANCHINI JÚNIOR, 2003; THOMAZ, 2002).

As plantas aquáticas nos reservatórios, quando em altos níveis de infestação entram pela tomada d'água e prejudicam a produção de energia, além de impedir a navegação e recreação (CAMARGO; PEZZATO; HENRY-SILVA, 2003). Além disso, espécies com potencial invasor podem excluir competitivamente outras espécies, formando grandes bancos monoespecíficos, reduzindo assim a riqueza local (THOMAZ et al., 2009), e o crescimento excessivo de espécies flutuantes impede a entrada de luz na coluna d'água, prejudicando as plantas submersas. Outro fator prejudicial é o aumento da concentração de matéria orgânica no sedimento causado pela morte e decomposição das plantas aquáticas (ESTEVES, 2011).

Diversos reservatórios já relataram problemas com a infestação de plantas aquáticas como Barra Bonita, SP, (CARVALHO et al., 2003), Mogi-Guaçu, SP, (CAVENAGH et al., 2005), Bariri, SP, (CARVALHO; VELINE; MARTINS, 2005), Aimorés, MG, (comunicação pessoal) e vários outros.

Diante dessa problemática, tem sido sugerida a criação de programas de controle preventivo e de monitoramento das comunidades de macrófitas aquáticas em reservatórios (THOMAZ; BINI, 1998). Mas para tal, faz-se necessário o conhecimento sobre a ecologia e um entendimento adequado da distribuição dessa comunidade ao longo do reservatório (POMPÊO; MOSCHINI-CARLOS, 2003).

3 Usina Hidrelétrica do Funil (UHE Funil)

A bacia hidrográfica do Rio Grande, sub-bacia do Rio Paraná, engloba territórios dos Estados de Minas Gerais e São Paulo, perfazendo 143.437,79 km², dos quais 60,2% em território mineiro e 39,8% em terras paulistas (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT, 2008).

O Rio Grande nasce na Serra da Mantiqueira e tem extensão de 1.300km até confluir com o Rio Paranaíba e formar o Rio Paraná entre os estados de MG, SP e RS (COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS - CEMIG, 2000). Este rio é reconhecido nacionalmente pelo seu grande potencial hidroelétrico, tendo uma potência instalada superior a 7.722 MW, encerrando cerca de 8% da capacidade instalada no Brasil (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA- ANEEL, 2005).

No Rio Grande e seus afluentes está localizada uma série de reservatórios construídos para fins de geração elétrica, alguns em sistema de cascata, como é o caso do reservatório da Usina Hidrelétrica (UH) do Funil, que está à jusante do reservatório de Itutinga e à montante do reservatório de Furnas, nas coordenadas 44° 55' Latitude W, 21° 05' Longitude S. A UH Funil foi implantada em 2002 através de um Consórcio estabelecido entre a Vale S.A. e a Cemig. Seu reservatório cobre uma área de 34,71km², armazena 258 milhões de metros cúbicos de água com lâmina d'água constante e atinge os municípios de Lavras, Perdões, Ijací Bom Sucesso, Ibituruna, e Itumirim (AHE FUNIL, 2011).

Além do próprio Rio Grande, que nessa região possui águas claras e oligotróficas, por estar à jusante de outros dois reservatórios, Camargos e Itutinga, o reservatório do Funil recebe contribuição de dois outros rios, o Rio das Mortes em sua margem direita e o Rio Capivari em sua margem esquerda (Figura 2).

O Rio das Mortes nasce na Serra da Mantiqueira próximo ao município de Barbacena, MG. Esse rio é corpo receptor de efluente doméstico e industrial de diversas cidades, entre elas Barbacena, Tiradentes, São João Del Rei e Bom Sucesso. Já o Rio Capivari tem sua nascente na Serra de Carrancas, MG e em sua porção mais alta possui boa qualidade de água, diversas cachoeiras e um alto nível de preservação da vegetação (POMPEU et al., 2009), possuindo grande importância biológica para a conservação da ictiofauna (DRUMMOND et al., 2005).

Outro curso d'água que tem sua foz no reservatório do Funil é o ribeirão Pirampum que recebe eventuais lançamentos de esgotos sanitários não tratados assim como tratado, proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do bairro de Nova Pedra Negra de Ijaci, MG.

O reservatório do Funil é um reservatório de nível constante e corpo receptor de diferentes fontes de contribuição de N e P, além de apresentar braços protegidos e de pouca profundidade. Essas características podem ser favoráveis ao desenvolvimento e colonização de macrófitas aquáticas, além disso, as diferentes morfometrias, qualidade da água e velocidade do fluxo de seus afluentes apresentam diversidade de habitats para a comunidade de macrófitas aquáticas.

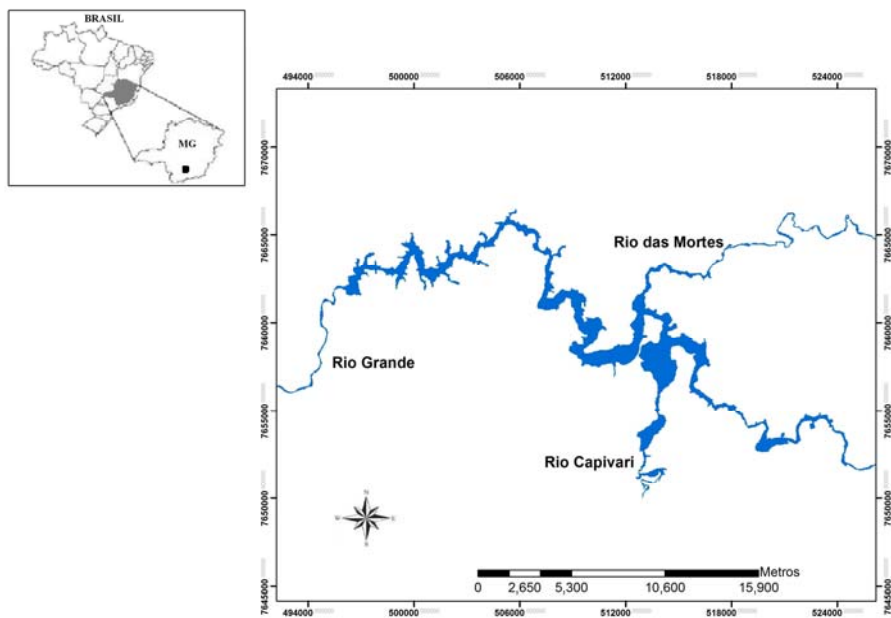


Figura 2 Mapa com a localização do Reservatório do Funil e seus afluentes

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 2. ed. Brasília: ANEEL, 2005. 243 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Banco de informações de geração**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/15.htm>>. Acesso em: 12 mar. 2012.

AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; JÚLIO JÚNIOR, H. F. Relações entre macrófitas aquáticas e fauna de peixes. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (Org.) **Ecologias e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: EDUEM, 2003. p. 319-341.

AGOSTINHO, A. A.; THOMAZ, S. M.; GOMES, L. C. Conservação da biodiversidade em águas continentais brasileiras. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v.1, n.1, 2005. Disponível em: <http://www.conservacao.org/publicacoes/files/11_Agostinho_et_al.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2011.

AHE FUNIL. **Apresentação e histórico**. Disponível em: <<http://www.ahefunil.com.br>>. Acesso em: 4 nov. 2011.

BARKO, J. W.; SMART, R. M. Comparative influences of light and temperature on the growth and metabolism of selected submersed freshwater macrophytes. **Ecological Monographs**, Lawrence, v. 51, n. 2, p. 219-235, 1981.

BEYRUTH, Z. Macrófitas aquáticas de um lago marginal ao rio Embu-Mirim, São Paulo, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 272-282, 1992.

BIANCHINI JÚNIOR, I. Modelos de crescimento e decomposição de macrófitas aquáticas. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: EDUEM, 2003. p. 85-126.

BINI, L. M.; THOMAZ, S. M. Prediction of *Egeria najas* and *Egeria densa* occurrence in a large subtropical reservoir (Itaipu Reservoir, Brazil-Paraguay). **Aquatic Botany**, Amsterdam, n. 83, 227-238, 2005.

BRISTOW, J. M. Nitrogen fixation in the rhizosphere of freshwater angiosperms. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 52, p. 217-221, 1974.

CAMARGO, A. F. M.; PEZZATO, M. M.; HENRY-SILVA, G. G. Fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (Org.) **Ecologias e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: EDUEM, 2003. p. 319-341.

CARVALHO, F. T. et al. Plantas aquáticas e nível de infestação das espécies presentes no Reservatório de Barra Bonita, no Rio Tiete. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 21, p. 15-19, 2003. Edição Especial.

CARVALHO, F. T.; VELINE, E. D.; MARTINS, D. Plantas aquáticas e nível de infestação das espécies presentes no reservatório de Bariri, no Rio Tietê. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 2, p. 371-374, 2005.

CAVENAGHI, A. L. et al. Monitoramento de problemas com plantas aquáticas e caracterização da qualidade de água e sedimento na UHE Mogi-Guaçu. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 2, p. 225-231, 2005.

CHAMBERS, P. A. et al. Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. **Hydrobiologia**, The Hague, n. 595, v.1, p. 9-26, 2008.

COELHO, F. F.; LOPES, F. S.; SPERBER, C. F. Persistence strategy of *Salvinia auriculata* Aublet in temporary ponds of Southern Pantanal, Brazil. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 81, p. 343-352, 2005.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. **Guia ilustrado de peixes da bacia do Rio Grande**. Belo Horizonte, 2000. 141 p.

COOK, C. D. K. **Aquatic plant book**. New York: SPB, 1996. 228 p.

COOK, C. D. K. et al. **Water plants of the world**. The Hague: Dr. Junk B. V., 1974. 561 p.

DODDS, W. K. **Freshwater ecology: concepts and environmental applications**. San Diego: Academic, 2002. 569 p.

DRUMMOND, G. M. et al. **Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005. 222 p.

ESTEVES, F. A.; CAMARGO, A. F. M. Sobre o papel das macrófitas aquáticas na estocagem e ciclagem de nutrientes. **Acta Limnologica Brasiliensia**, São Carlos, v. 1, p. 273-298, 1986.

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.

FILIPPO, R. Colonização e regressão da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório da UHE Serra da Mesa, Goiás. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (Org.). **Ecologias e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: EDUEM, 2003. p. 319-341.

GRANELI, W.; SOLANDER, D. Influence of aquatic macrophytes on Phosphorus Cycling in Lakes. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 170, n. 1, p. 245-266, 1988.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. Composição química de macrófitas aquáticas flutuantes utilizadas no tratamento de efluentes de aquíicultura. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 1, p. 21-28, 2006.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. Tratamento de efluentes de carcinicultura por macrófitas aquáticas flutuantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, n. 2, p. 181-188, fev. 2008.

HENRY-SILVA, G. G.; PEZZATO, M. M.; CAMARGO, A. F. M. Growth of free-floating aquatic macrophytes in different concentrations of nutrients. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 610, p. 153-160, 2008.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Diagnóstico da situação dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Grande SP/MG. 2008**. São Paulo, 2008.

KAMAL, M. et al. Phytoaccumulation of heavy metals by aquatic plants. **Environmet International**, New York, v. 29, p. 1029-1039, 2004.

KOBAYASHI, J. T.; THOMAZ, S. M.; PELICICE, F. M. Phosphorus as a limiting factor for *Eichhornia crassipes* growth in the upper Parana river floodplain. **Wetlands**, McLean, v. 28, n. 4, p. 905-913, 2008.

LACOUL, P.; FREEDMAN, B. Environmental influences on aquatic plants in freshwater ecosystems. **Environmental Review**, Denver, v. 14, n. 2, p. 89-136, 2006.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.

- LEWIS, M. A. Use of freshwater plants for phytotoxicity testing: a review. **Environmental Pollution**, BarKing, v. 87, p. 319-336, 1995.
- MALIK, R. N.; NADEEM, M. Spatial and temporal characterization of trace elements and nutrients in the Rawal Lake Reservoir, Pakistan using multivariate analysis techniques. **Environ Geochem and Health**, Dordrecht, v. 33, p. 525–541, 2011.
- MICHELAN, T. S. et al. Regeneration and colonization of an invasive macrophyte grass in response to desiccation. **Brazilian Journal of Nature e Conservation**, São Carlos, v. 8, n. 2, p. 133-139, 2010.
- NETEN, J. J. C. et al. Differential response to climatic variation of free-floating and submerged macrophytes in ditches. **Freshwater Biology**, Oxford, v. 56, p. 1761-1768, 2011.
- PADIAL, A. A. et al. The role of an extreme flood disturbance on macrophytes assemblages in a Neotropical floodplain. **Aquatic Sciences**, Basel, n. 71, p. 389–398, 2009.
- PEDRALLI, G. Macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade da água: alternativas para usos múltiplos de reservatórios. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (Org.). **Ecologias e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: EDUEM, 2003. p. 319-341.
- PEDRALLI, G. Macrófitas aquáticas: técnicas e métodos de estudos. **Estudos de Biologia**, Curitiba, n. 26, p. 5-24, 1990.
- PELICICE, F. M.; AGOSTINHO, A. A.; THOMAZ, S. M. Fish Assemblages Associated With *Egeria* in a tropical reservoir: investigating the effects of plant biomass and diel period. **Acta Oecologica**, Paris, v. 27, p. 9-16, 2005.
- POMPÊO, M. L. M. Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, p. 406-424, 2008.
- POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. **Macrófitas aquáticas e perifíton**. São Carlos: Rima, 2003.
- POMPEU, P. S. et al. The ichthyofauna of upper rio Capivari: defining conservation strategies based on the composition and distribution of fish species. **Neotropical Ichthyology**, London, v. 27, n. 4, p. 659-666, June 2009.

POTT, V. J.; POTT, A. **Plantas aquáticas do Pantanal**. Brasília: EMBRAPA, 2000. 404 p.

REBOUÇAS; A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org.). **Águas doces no Brasil**: capital ecológico, uso e conservação. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006. 720 p.

ROONEY, N.; KALFF, J. Inter-annual variation in submerged macrophyte community biomass and distribution: the influence of temperature and lake morphometry. **Aquatic Botany**, Amsterdam v. 68, p. 321–335, 2000.

RUBIM, M. A. L.; CAMARGO, A. F. M. Taxa de crescimento específico da macrófita aquática *Salvinia molesta* Mitchell em um braço do rio Preto, Itanhaém, São Paulo. **Acta Limnológica Brasiliensia**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 75-83, 2001.

SANTAMARÍA, L. Why are most aquatic plants widely distributed? Dispersal, clonal growth and small-scale heterogeneity in a stressful environment. **Acta Oecologica**, Paris, v. 23, p. 137-154, 2002.

SCREMIN-DIAS, E. Tropical aquatic plants - morphoanatomical adaptations. In: DEL CLARO, K.; OLIVEIRA, P. S.; RICO-GRAY, V. (Org.). **Tropical biology and conservation management**. Paris: UNESCO/EOLSS, 2009. v. 1, p. 84-132.

THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas em reservatório. **Acta limnológica brasiliensia**, São Carlos, v. 10, n. 1, p. 81-91, 1998.

THOMAZ, S. M. et al. Effects of reservoir drawdown on biomass of three species of aquatic macrophytes in a large sub-tropical reservoir (Itaipu, Brazil). **Hydrobiologia**, The Hague, v. 570, p. 53-59. 2006.

THOMAZ, S. M. et al. Temporal trends and effects of diversity on occurrence of exotic macrophytes in a large reservoir. **Acta Oecologica**, Paris, v. 35, p. 614–620, 2009.

THOMAZ, S. M. Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 20, p. 21-33, 2002. Edição Especial.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J. E. M. Reservoirs and human well being: new challenges for evaluating impacts and benefits in the neotropics. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, n. 68, v. 4, p. 1133-1135, 2008.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2011. v. 1, 452 p.

WOLFF, G. et al. Efeitos da toxicidade do zinco em folhas de *Salvinia auriculata* cultivadas em solução nutritiva. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 1, p. 133-137, mar. 2009.

ZHU, B. et al. A comparison of irradiance and phosphorus effects on the growth of three submerged macrophytes. **Aquatic Botany**, Amsterdam v. 88, p. 358-362, 2008.

CAPÍTULO 2 Variação espacial e temporal da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório do Funil – MG, Brasil

RESUMO

O reservatório do Funil tem como principais afluentes o Rio das Mortes e o Rio Capivari. Este trabalho teve por objetivo conhecer a flora aquática do reservatório do Funil, estudar a sua distribuição e a frequência de ocorrência das espécies em diferentes períodos. Para isso, foram distribuídos sistematicamente 100 pontos amostrais ao longo das margens de todo o reservatório onde foram observados presença/ausência das plantas em um segmento de 50m de margem, a presença de plantas submersas foi verificada com auxílio de uma garateia. Foram realizadas quatro campanhas, em julho de 2010 e 2011 (período seco) e janeiro de 2010 e 2011 (período chuvoso). O reservatório foi dividido em seis regiões conforme a foz dos tributários e da distância com a barragem. A frequência de ocorrência de cada espécie em cada período e em cada região foi calculada em toda a represa. Análises de escalonamento multidimensional foram realizadas juntamente com análises de similaridade para verificar os possíveis agrupamentos entre períodos e entre regiões. A riqueza foi estimada através dos índices extrapoladores não paramétricos Chao2, Jacknife de primeira ordem e Jacknife de segunda ordem. Foram inventariadas 53 espécies no reservatório do Funil, distribuídas em 23 famílias, sendo *Cyperaceae* a família com maior número de representantes. Avaliando a variação temporal da comunidade verificou-se que o período chuvoso de 2010 foi onde ocorreu a menor riqueza, sendo que esse período diferiu significativamente dos demais em termos de composição de espécies da comunidade. As espécies mais frequentes no reservatório foram *Salvinia auriculata* seguida por *Urochloa subquadripara* em todos os períodos, e em quase todas as áreas amostrais. Essas são espécies com alto potencial invasor causando grandes prejuízos em muitos reservatórios. Em relação à variação espacial, a região que apresentou maior riqueza e maior frequência de ocorrência das espécies foi a região do Rio das Mortes. Não foi encontrada relação significativa entre a riqueza e a frequência de ocorrência das espécies com o índice de desenvolvimento de margem e com a área de cada região. Com isso, acredita-se que a diferença encontrada entre as regiões está mais relacionada com a qualidade das águas do que com parâmetros morfométricos. As regiões mais distintas do reservatório do Funil, em termos de composição de espécie, foram as regiões do Rio Capivari e Rio Grande que diferiram entre si e com as demais regiões. As informações geradas, além de fornecer um panorama da estrutura e dinâmica da comunidade de macrófitas no Funil, permitem o monitoramento de novos pontos de colonização, além de fornecer dados necessários para tomadas de decisão futura.

Palavras-chave: Planta aquática. Distribuição espacial. Composição florística.

ABSTRACT

Funil Reservoir has Rio das Mortes and Rio Capivari as its main tributaries. The aim of this work was to know the aquatic flora in the Funil Reservoir, study the distribution and frequency of occurrence of the species in dry and rainy periods. 100 sampling points were distributed systematically along the margins of the reservoir, where the presence/absence of the plants were observed in a segment of 50-m margin, and the presence of submerged plants was verified using a rake. Four campaigns were conducted in July 2010 and 2011 (dry season) and January 2010 and 2011 (rainy season). The reservoir was divided into six regions according to the mouth of the tributaries and to the distance from the dam. The frequency of occurrence of each species in each period and in each region was calculated for the entire dam. Multidimensional scaling analyses were performed with similarity analyses to check for possible clusters among periods and among regions. The richness was estimated by the non-parametric extrapolators indices Chao2, first-order Jackknife and second-order Jackknife. 53 species were inventoried in Funil reservoir, distributed among 23 families, being Cyperaceae the family with the highest number of individuals. Assessing the temporal variation of the community, it was verified that the rainy season of 2010 corresponded to the period in which it was observed the lowest richness, differing significantly from the others in terms of species composition in the community. The most frequent species in the reservoir were *Salvinia auriculata*, followed by *Urochloa subquadripara* in all periods, and in almost all sampling areas. These species present high invasive potential, causing great damages in many reservoirs. In terms of the spatial variation, the region that presented the highest richness was the Rio das Mortes region. There was no significant relationship between richness and frequency of occurrence of the species with the Shoreline Development Index and with the area of each region. Thus, it is believed that the difference found between the regions is more related to the quality of water than with morphometric parameters. The most different regions of Funil reservoir, in terms of species composition, were the regions of Rio Capivari and Rio Grande, which differed to each other and from the other areas. The generated information, besides providing an overview of the structure and dynamics of the macrophyte community in Funil, make the monitoring of new colonization points possible, besides providing necessary data for future decision making.

Keywords: Aquatic plant. Hydroelectric power station. Distribution. Composition.

1 INTRODUÇÃO

A construção de reservatórios nas regiões neotropicais nos últimos 50 anos tem causado grandes alterações tanto econômicas, sociais quanto biológicas. Os reservatórios são construídos para fins de geração de energia, recreação, abastecimento de água, irrigação, entre outros (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI; TUNDISI, 2008). Mas, a transformação de ambientes lóticos em lênticos, o aumento de nutrientes oriundos da decomposição do material vegetal inundado, o surgimento de áreas rasas e protegidas da ação de ventos tem favorecido o crescimento excessivo de macrófitas aquáticas nesses ambientes (THOMAZ, 2002; THOMAZ; BINI, 1998).

Quando o crescimento excessivo das macrófitas causa problemas para a utilização do ecossistema aquático em reservatórios, como o impedimento da navegação e o entupimento de tomadas d'água, essas passam a ser consideradas invasoras (FILIPPO, 2003; MARTINS et al., 2008). Espécies invasoras são aqui consideradas como àquelas que possuem elevadas taxas reprodutivas, elevada eficiência na utilização de recursos e conseqüentemente elevado potencial de colonização e desenvolvimento.

A partir do momento em que essas plantas começam a ocasionar tais problemas surge a necessidade de aplicações de métodos de controle e manejo (THOMAZ; BINI, 1998).

Para efetuar o controle e o manejo das macrófitas, há necessidade do conhecimento sobre sua ecologia e um entendimento adequado da distribuição e estruturação da comunidade ao longo do reservatório (FULMER; ROBINSON, 2008; POMPÊO; MOSCHINI-CARLOS, 2003). Com isso, o inventário da flora aquática e a determinação da frequência de cada espécie auxiliam tanto na tomada de decisões sobre medidas de manejo quanto no direcionamento de

estudos específicos para cada ambiente (MARTINS et al., 2011; THOMAZ, 2002). De acordo com Carvalho, Veline e Martins (2005), para as hidrelétricas, a identificação de pontos de colonização por macrófitas invasoras é importante na tomada de decisões quanto à erradicação ou não desses focos.

Já nos primeiros anos de operação da UHE Funil, que iniciou seu funcionamento em 2002, foi observada a colonização de macrófitas no espelho d'água. A fim de conhecer a flora aquática, reservatório do Funil e prevenir possíveis infestações, o objetivo deste trabalho foi determinar a diversidade de espécies, entender a sua distribuição espacial e os fatores condicionantes da mesma.

Algumas hipóteses foram definidas neste estudo: a) a composição de espécies no reservatório do Funil é semelhante nos períodos de seca e chuva; b) espécies com potencial invasor, como *Salvinia auriculata*, *Typha domingensis*, *Eichhornia crassipes*, entre outras, ocorrem com maior frequência no reservatório; d) a composição de espécies de macrófitas aquáticas no reservatório do Funil varia espacialmente, diferindo entre regiões dentro do reservatório.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A UHE Funil está localizada na região do Alto Rio Grande, MG e atinge os municípios de Lavras, Perdões, Ijaci, Bom Sucesso, Ibituruna e Itumirim. O reservatório cobre uma área de 34,71km² e armazena 258 milhões de metros cúbicos de água com lâmina constante (AHE FUNIL, 2011), sendo que a cota do nível da água no reservatório praticamente não variou ao longo do estudo, sendo que a variação máxima foi em torno de 20 cm. O perímetro do reservatório, verificado através de imagens *Landsat 5 TM*, é de 210 km.

Além do próprio Rio Grande, o reservatório do Funil conta com a contribuição de outros dois rios, o Rio das Mortes e o Rio Capivari. Em função da foz desses rios e da mistura das águas, o reservatório do Funil apresenta regiões com morfometria, qualidade de água e taxa de sedimentação.

Segundo o Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM (2011), o clima da bacia do Alto Rio Grande e do Rio das Mortes, onde está inserida a UHE Funil, é classificado como semiúmido, apresentando em torno de quatro a cinco meses chuvosos por ano (setembro a maio) e os meses mais secos sendo os mais frios (junho a agosto). Segundo a classificação Köppen, o clima da região é do tipo Cwa com inverno seco e verão chuvoso.

2.2 Amostragem e levantamento de dados

Ao longo do perímetro do reservatório foram distribuídos 100 pontos amostrais distantes 2,10km entre si. Os pontos abrangeram todas as diferentes regiões do reservatório, a saber, região próxima à barragem, parte central do reservatório, parte intermediária do reservatório, região de influência do Rio das

Mortes, região de influência do Rio Capivari e região do Rio Grande antes da contribuição dos rios das Mortes e Capivari (Figura 1). Todos os 100 pontos foram georreferenciados utilizando GPS Garmin® 76CSX e demarcados no reservatório com auxílio de estacas (Figura 2, Anexo I).

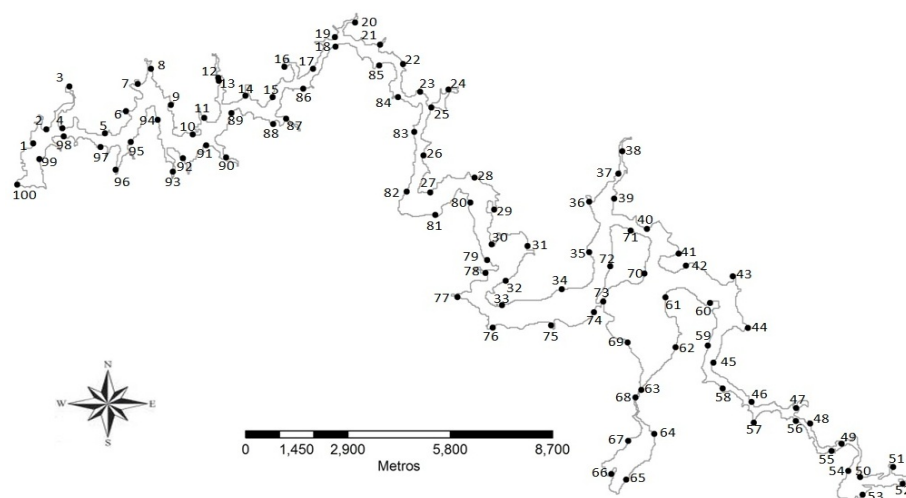


Figura 1 Reservatório do Funil com 100 pontos de coletas demarcados, onde o ponto 1 é a barragem



Figura 2 Estacas utilizadas para demarcar os pontos no reservatório do Funil

Em cada ponto percorreu-se cerca de 50 m de margem com uma embarcação em baixa velocidade, sendo 25m à esquerda da estaca e 25m à direita da mesma, a fim de observar a presença de macrófitas ou não. Quando presente, estacionava-se o barco e registrava-se as espécies encontradas. As plantas que não foram possíveis de identificar em campo foram coletadas para posterior identificação por especialista. Para o levantamento de espécies submersas, foi utilizado rastelo até uma profundidade de 4 metros.

A fim de realizar um inventário florístico completo, as espécies que foram encontradas, mesmo fora dos 100 pontos também foram catalogadas, porém não entraram nas análises de distribuição e estruturação da comunidade.

As espécies também foram classificadas de acordo com seu tipo biológico segundo Pedralli (1990), que divide a comunidade de macrófitas aquáticas em sete biótipos, em função da sua forma de vida: flutuantes livres, flutuantes fixas, submersas fixas, submersas livres, emergentes, anfíbias e epífitas.

Cada forma de vida coloniza e usa recursos da água e/ou do sedimento de forma diferenciada, logo, diferentes formas de vida ocupam posições distintas na coluna d'água tendo diferentes acessos à luz e nutrientes e conseqüentemente, esses grupos desempenham papéis diferentes nas regiões litorais, sendo essa classificação importante para tomadas de decisões de manejo (MORMUL et al., 2010).

A vistoria em todo o reservatório foi realizada em quatro períodos: janeiro de 2010 e 2011, representando as estações chuvosas; julho de 2010 e 2011, representando as estações secas.

2.3 Análise dos dados

A fim de testar a primeira hipótese, foi realizada uma Análise de Escalonamento Multidimensional não métrico (nMDS) em conjunto com uma análise de similaridade (ANOSIM), utilizando dados qualitativos (presença de espécies) referentes aos 100 pontos, para verificar se a composição de espécies da comunidade de macrófitas aquáticas do reservatório do Funil formam grupos diferentes em função dos períodos amostrais (seca e chuva) dos dois anos amostrados.

Com os dados de presença/ausência foi calculada a frequência de ocorrência de cada espécie (Fi) em toda a represa para cada campanha de coleta, a fim de testar a segunda hipótese. Para determinar a frequência foi utilizada a seguinte fórmula (BRAUN-BLANQUET, 1979):

$$F = (p/P) \times 100$$

onde F é a frequência de ocorrência de cada espécie, p é o número de pontos em que determinada espécie ocorre, P é o número total de pontos amostrados no reservatório. Esse parâmetro possibilita avaliar a distribuição das espécies em toda a represa, bem como identificar novos pontos de colonização (CARVALHO et al., 2003a; MARTINS et al., 2011).

Para testar a terceira hipótese, o reservatório foi dividido em regiões, em função da proximidade com a barragem e da influência dos rios que nele desembocam. Sendo assim, o reservatório foi dividido em seis regiões com 11 pontos cada, totalizando em 66 pontos amostrais.

Através da imagem *Landsat 5 TM* e com auxílio do programa ArcGis[®], foi definida a área de abrangência de cada região e obtido o perímetro.

A seleção dos 11 pontos amostrais dentro de cada região foi feita sistematicamente. Dividiu-se o perímetro obtido de cada região por 11, número de pontos encontrados dentro da menor região, a região do Rio das Mortes.

Com isso, os pontos dentro da mesma região se encontravam com a mesma distância entre si.

As regiões foram assim divididas: Barragem (B), composta por pontos próximos à barragem, sendo o mais distante situado a 20 km do vertedouro com os pontos amostrais distantes entre si em 5 km. Região Intermediária (I), composta por pontos situados entre a barragem e o corpo central do reservatório, com os pontos amostrais distantes entre si em 3,8 km. Região no Corpo Central do Reservatório (C); região situada entre o bairro Nova Pedra Negra e o condomínio Ilha Brasil em Ijaci, após a foz do Rio das Mortes, com os pontos amostrais distantes entre si em 3,7 km. Nessa região está situada a foz do ribeirão Pirampum e a descarga da ETE Nova Pedra Negra. Região do reservatório no Rio das Mortes (M), com os pontos amostrais distantes entre si em 1,6 km. Região do reservatório no Rio Grande (G) antes da foz dos rios das Mortes e Capivari, com os pontos amostrais distantes entre si em 3,5 km. E região do reservatório no Rio Capivari (CA), com os pontos amostrais distantes entre si em 1,9 km.

Com a delimitação das regiões e obtenção da área e perímetro de cada uma foi possível calcular o índice de desenvolvimento de margens (IDM), a fim de verificar a morfometria das regiões. O IDM está diretamente relacionado com a forma da região e este foi calculado segundo a fórmula (BARBOUR; BROWN, 1974):

$$IDM = L / (\sqrt{4\pi A}),$$

onde: IDM = índice de desenvolvimento de margens; L = perímetro da região (m); A = área da região (m²).

Os dados para mensuração do perímetro e área dos trechos foram obtidos através da análise visual da imagem do satélite *Landsat sensor 5 TM*, de outubro de 2010, com 30 m de resolução espacial. Em um programa de Sistema de Informações Geográficas, analisou-se a banda 5 do satélite, permitindo

diferenciar áreas cobertas das não cobertas por água (FRAZIER; PAGE, 2000) calculando, posteriormente o perímetro e área de cada trecho.

Para verificar se houve ocorrência de grupos distintos por período amostral (seca e chuva) entre as regiões foram realizadas análises nMDS. Para verificar os agrupamentos, levando em consideração apenas o efeito espacial, foram realizadas análises nMDS utilizando os dados da composição de espécies de cada região sem considerar o efeito temporal.

Para verificar diferenças significativas na composição e distribuição das espécies entre as regiões foram realizadas análises de similaridade (ANOSIM). Para as análises realizadas o índice de similaridade utilizado foi o de Jaccard por se tratar de dados qualitativos (MORENO, 2001).

A análise nMDS é uma análise de ordenação que produz, a partir de matrizes de similaridade ou dissimilaridade, um diagrama bidimensional representando o agrupamento ou não das espécies. Essa matriz pode ser construída com dados de abundância (quantitativo) ou de presença/ausência (qualitativo). A análise gera um valor de *stress* que indica o quanto a representação gráfica (diagrama bidimensional) gerada está inadequada com a matriz de similaridade construída. Valores de *stress* entre 0,1 e 0,2 são considerados como uma boa representação gráfica da matriz original (CLARKE, 1993). Para verificar quais espécies foram responsáveis pelo agrupamento entre as regiões foi realizada uma análise discriminante do tipo SIMPER. Essa análise calcula a média de dissimilaridade entre todos os pares e entre grupos amostrais (ex.: todos os pontos de determinada região do reservatório *versus* todos os pontos de outra região) (CLARKE, 1993).

A riqueza de espécies de macrófitas aquáticas, em cada região e em cada período amostral foi estimada através de índices extrapoladores não paramétricos baseados unicamente no número de espécies presentes, ou seja, índices que requerem somente dados de presença e ausência (MORENO, 2001).

Entre os estimadores considerados, foram selecionados Chao2, Jacknife de primeira ordem (Jack1) e Jacknife de segunda ordem (Jack2), pois os mesmos já foram utilizados em outros estudos com macrófitas, baseados em metodologia de coleta semelhante (BINI; THOMAZ; SOUZA, 2001).

Foi realizado um teste para verificação da normalidade dos dados, como esses apresentaram distribuição normal, foi realizada análise de variância (ANOVA), para verificar diferença significativa da riqueza de espécies entre períodos e entre regiões. Para comparação das médias dos valores de riqueza foi utilizado o teste Tukey a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Inventário das macrófitas aquáticas no reservatório do Funil

Todas as macrófitas aquáticas catalogadas no reservatório do Funil, inclusive fora dos 100 pontos, somaram uma riqueza de 53 espécies, distribuídas em 26 famílias, sendo todos os grupos biológicos definidos por Pedralli (1990) representados. No quadro 1 estão listadas as espécies em ordem alfabética de famílias. Vale ressaltar, que das 53 espécies encontradas, 20 são tidas como potenciais invasores (BRANDÃO; LACA-BUENDIA; GAVILANES, 1989) e essas estão identificadas no quadro abaixo.

Quadro 1 Inventário da flora aquática no reservatório do Funil, MG (EM = emergentes; AN = anfíbias; FL = flutuante livre; FF = flutuante fixa; SL = submersa livre; SF = submersa fixa; EF = epífita; * indica espécies com potencial invasor definido por Brandão, Laca-Buendia e Gavilanes (1989))

Família	Espécie	Nome popular	Grupo biológico
Alismataceae	* <i>Echinodorus grandiflorus</i> (Cham. & Schltl.) Micheli	Chapéu-de-couro	EM
	* <i>Sagittaria montevidensis</i> Cham. & Schltl.	Chapéu-de-couro	EM
Amarantaceae	* <i>Alternanthera philoxeroides</i> (Mart.) Griseb.	Tripa-de-sapo	EM
Apiaceae	<i>Centella asiatica</i> (L.) Urb.	Chapéu-de-sapo	FF
	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i> L. f	Chapéu-de-sapo	FF
Araceae	* <i>Pistia stratiotes</i> L.	Alface-d'água	FL
Asteraceae	<i>Cyrtocymura scorpioides</i> (Lam.) H. Rob.	Erva-preá	NA
	<i>Eclipta prostrata</i> (L.) L.	Erva-de-botão	NA
	<i>Vernonia scorpioides</i> (Lam.) Pers.	Erva-preá	NA
Commelinaceae	<i>Commelina nudiflora</i> L.	Erva-de-Santa Luzia	EM
Convolvulaceae	<i>Ipomoea alba</i> L.	Dama-da-noite	NA

“continua”

Quadro 1 “continuação”

Família	Espécie	Nome popular	Grupo biológico
Cyperaceae	<i>Cyperus digitatus</i> Roxb.	Tiririca	EM
	* <i>Cypeurs lanceolatus</i> Poir.	Tiririca	EM
	* <i>Cyperus luzulae</i> (L.) Rottb. ex Retz.	Tiririca	NA
	<i>Eleocharis acutangula</i> (Roxb.)Schult.	Cebolinha	EM
	<i>Eleocharis Montana</i> (Kunth) Roem. & Schult.	Cebolinha	EM
	<i>Eleocharis elegans</i> (Kunth) Roem. & Schult.	Cebolinha	EM
	<i>Eleocharis interstincta</i> (Vahl) Roem. & Schult	Cebolinha	EM
	<i>Oxycaryum cubense</i> (Poepp. & Kunth) Palla	Capim-de-capivara	EF/EM
	<i>Rhynchospora</i> sp.	Capim-navalha	NA
	* <i>Rhynchospora corymbosa</i> (L.) Britton	Capim-navalha	NA
Fabaceae	<i>Aeschynomene</i> sp.	Corticinha	EM
Haloragaceae	* <i>Myriophyllum aquaticum</i> Verdc.	Pinheirinho-d'gua	SF
Hydrochariataceae	* <i>Egeria najas</i> Planch.	Lodinho-branco	SF
Lamiaceae	<i>Hyptis recurvata</i> Poit.	Alfazema-brava	NA
Lemnaceae	* <i>Lemna</i> sp.	Lentilha-d'água	FL
Lentibulariaceae	<i>Utricularia foliosa</i> L.	Boca-de-leão-do-banhado	SL
	* <i>Utricularia gibba</i> L.	Boca-de-leão-do-banhado	SL/EF
Lythraceae	<i>Cuphea racemosa</i> (L. f.) Spreng.	Sete-sangrias / Erica	NA
Nymphaeaceae	<i>Nymphaea caerulea</i> Savigny	Ninfeia / Lírio-d'água	FF
Onagraceae	<i>Ludwigia lagunae</i> (Morong) H. Hara	Cruz-de-malta	EM
	<i>Ludwigia helminthorrhiza</i> (Mart.) H. Hara	Lombrigueira	FL/FF
	<i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) P.H. Raven	Florzeiro	NA
Plantaginaceae	<i>Bacopa salzmanii</i> Wettst. ex Edwall	Bacopa	EM

“continua”

Quadro 1 “continuação”

Família	Espécie	Nome popular	Grupo biológico
<i>Poaceae</i>	<i>Andropogon bicornis</i> L.	Rabo-de-burro	NA
	<i>Hymenachne amplexicaulis</i> (Rudge) Nees	Capim-de-capivara	EM
	* <i>Luziola fragilis</i> Swallen	Pastinho-d'água	FF
	<i>Panicum aquaticum</i> Poir.	Capim-do-brejo	EM
	<i>Panicum pernambucense</i> (Spreng.) Mez ex Pilg.	Capim-do-brejo	EM
	* <i>Paspalum</i> sp.	Capim	EM
	* <i>Urochloa subquadripara</i> (Trin.) R.D. Webster	Braquiária-d'água	EM
<i>Pontederiaceae</i>	* <i>Eichhornia azurea</i> (Sw.) Kunth	Aguapé-de-corda	FF
	* <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	Aguapé	FL
	* <i>Heteranthera reniformis</i> Ruiz & Pav.	Aguapé-mirim	EM/ FF
	* <i>Pontederia cordata</i> L.	Rainha-dos-lagos	EM
<i>Rubiaceae</i>	<i>Borreria multiflora</i> (DC.) Bacigalupo & E.L. Cabral	Não encontrado	NA
	<i>Diodia alata</i> Nees & Mart.	Não encontrado	NA
	<i>Diodia saponariifolia</i>	Não encontrado	NA
<i>Salviniaceae</i>	* <i>Salvinia auriculata</i> (Cham. & Schltl.) K. Schum.	Orelha-de-onça	FL
<i>Typhaceae</i>	* <i>Typha domingensis</i> Pers.	Taboa	EM
<i>Urticaceae</i>	<i>Boehmeria caudata</i> Sw.	Urtiga	NA
<i>Xyridaceae</i>	<i>Xyris jupicai</i> Rich.	Cabeçudinho	NA
<i>Zingiberaceae</i>	<i>Hedychium coronarium</i> J. König	Lírio-do-brejo	NA

As famílias mais ricas em espécies foram *Cyperaceae* (19,23%), *Poaceae* (15,39%), *Pontederiaceae* (7,69%) e *Onagraceae* (5,77%), perfazendo um total de 48,08% das espécies inventariadas (Figura 3).

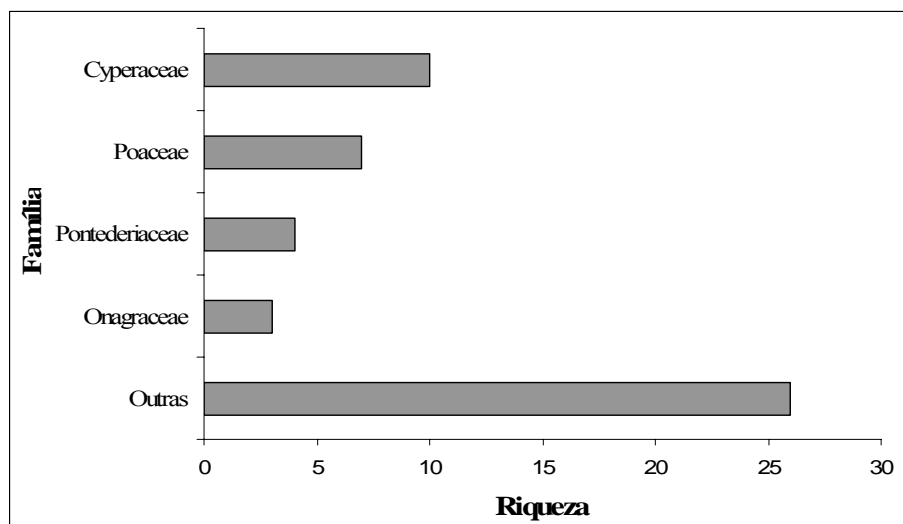


Figura 3 Número de espécies das famílias mais representativas no reservatório do Funil, MG

Em um levantamento realizado por Pedralli (2001) das macrófitas aquáticas nas bacias hidrográficas de MG, as famílias mais representativas foram *Cyperaceae*, *Onagraceae* e *Poaceae*.

Foram encontrados representantes de todas as formas biológicas, segundo a classificação de Pedralli (1990). Os biotipos identificados durante o trabalho foram: emergente (40%), anfíbia (34%), flutuante fixa e flutuante livre (8% cada), submersa fixa e submersa livre (4% cada) e epífita (2%). Padrão semelhante de distribuição foi encontrado nos reservatório das UH de Luis Eduardo Magalhães, TO (BIANCHINI JÚNIOR et al., 2010) e Itaipu, PA (MORMUL et al., 2010). Em MG, Pedralli (2001) estudando ambientes lóticos e lênticos encontrou maior representação de espécies anfíbias, que em sua maioria são invasoras, seguidas pelas emergentes.

As macrófitas aquáticas enraizadas, como as emergente, flutuante fixa e submersa fixa, possuem grande importância na ciclagem de nutrientes dos

ambientes aquáticos, uma vez que essas assimilam nutrientes do sedimento, antes indisponíveis, e através de excreção ou da própria decomposição liberam esses nutrientes para a coluna d'água, além disso, são importantes na estabilização do sedimento (POMPÊO; MOSCHINI-CARLOS, 2003).

O gênero *Eleocharis* foi o gênero mais representativo na família *Cyperaceae*. Essa família possui espécies com grande potencial invasor, tanto na forma terrestre quanto aquática e cerca de 43% das espécies consideradas invasoras são do gênero *Eleocharis* (GIL; BOVE, 2004)

As espécies que apresentaram epifitismo foram *O.cubense* e *U.gibba* tendo *S.auriculata* como seu forófito (Figura 4). Pivari, Pott e Pott (2008) relatam que a associação entre as formas biológicas flutuante e epífita, constitui o que se chama genericamente de ilha flutuante. Esses autores estudando os baceiros no Pantanal, MS, detectaram grande abundância de *O.cubenses* sobre as ilhas flutuantes, já *U.gibba*, foi considerada uma “epífita casual”, pois normalmente a mesma é uma espécie flutuante livre.

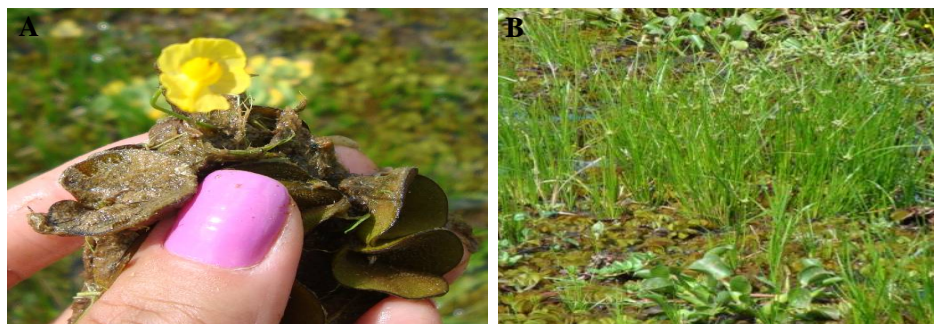


Figura 4 Epifitismo de **A:** *Utricularia gibba* e **B:** *Oxycarium cubensis*, ambas crescendo sobre *Salvinia auriculata*.

3.2 Variação temporal da frequência de macrófitas aquáticas no reservatório do Funil, MG

Foram identificados 32 pontos com ausência de plantas na primeira coleta (janeiro de 2010), 22 na segunda (julho de 2010), 21 na terceira coleta

(janeiro de 2011) e 20 em julho de 2011. O maior número de pontos com ausência de indivíduos em janeiro de 2010 pode ser devido ao fato dessa coleta ter sido realizada após fortes chuvas, que fez com que as comportas fossem abertas e aumentasse a vazão das águas, levando as macrófitas flutuantes repressa abaixo.

Ao longo de dois anos foi observado o “surgimento” e o “desaparecimento” de diversas espécies em determinados pontos no reservatório. Essas espécies são principalmente de forma de vida flutuante livre, como o aguapé (*Eichhornia crassipes*), a salvinia (*Salvinia auriculata*) e alface d’água (*Pistia stratiotes*). As macrófitas flutuantes se encontram livres na superfície d’água e quando expostas a ventos e ondas se deslocam e ancoram em outros locais (POTT; POTT, 2000), sendo assim comum que essas “surjam” e “desapareçam” de determinados pontos. Vale ressaltar, que em todos os pontos em que essas espécies apresentaram esse comportamento não foi observado em grande abundância, apenas em poucos indivíduos.

Além das macrófitas flutuantes, em alguns pontos no reservatório foram observadas novas colonizações por *Urochloa subquadriflora*, sendo que o menor número de pontos com ausência de plantas no ano de 2011 deve-se principalmente a esse fato. Segundo Thomaz (2002), a colonização depende, antes de tudo, de fontes de propágulos, que, através de mecanismos de dispersão, alcançam um novo ambiente. As principais fontes de dispersão das macrófitas são as aves aquáticas, os peixes, os próprios tributários e, embarcações que transitam entre diferentes ecossistemas aquáticos. Além disso, as chuvas fazem com que a população de algumas espécies seja fragmentada, favorecendo o estabelecimento de novos indivíduos em diferentes trechos no reservatório (SOUSA, 1984).

O número de espécies registradas nos 100 pontos no reservatório do Funil somou 39 táxons pertencentes a 21 famílias, sendo que o período chuvoso

e 2010 apresentou menor riqueza específica, diferindo significativamente dos demais períodos ($F = 16,4964$; $p < 0,001$) (Figura 5).

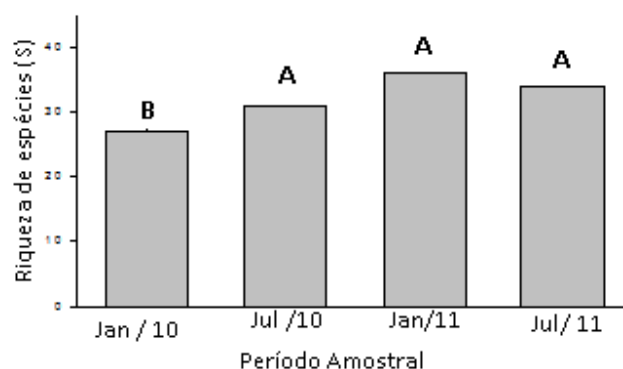


Figura 5 Riqueza de espécies no reservatório do Funil, MG encontrada nos quatro períodos amostrais. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Os valores de riqueza observados foram próximos aos valores estimados, exceto no período seco de 2010 (Tabela 1).

Tabela 1 Riqueza total estimada (Chao2, Jacknife 1, Jacknife 2) e observada no reservatório do Funil, MG durante os quatro períodos amostrais

Período	S_{chao2}	S_{Jack1}	S_{Jack2}	S_{obs}
Jan/10	29,24 ± 5,38	30,23 ± 2,58	30,55 ± 4,91	28
Jul/10	33,62 ± 7,24	33,40 ± 3,08	37,30 ± 6,71	30
Jan/11	36,64 ± 6,10	37,23 ± 3,22	40,33 ± 6,21	36
Jul/11	35,18 ± 6,43	35,92 ± 3,49	38,62 ± 6,69	34

O aumento da riqueza no ano de 2011 é devido ao incremento de sete espécies em detrimento de duas. As novas espécies encontradas na campanha de 2011 foram: *A. philoxeroides*, *V. scorpioides*, *U. gibba*, *Lemna* sp., *E. najas*, *N. caerulea* e *L. hellminthoriza*. Dessas, merece especial atenção, *E. najas* que foi observada em estações localizadas no Rio das Mortes.

Egeria najas é uma espécie submersa nativa da América do Sul que se reproduz principalmente por fragmentação do caule (RODELLA et al., 2006) e que muitas vezes é considerada invasora agressiva (OLIVEIRA et al., 2005) por ocupar extensas áreas, em pouco tempo devido sua intensa atividade vegetativa (CARVALHO et al., 2003b), como no reservatório de Jupuí em São Paulo, causando grandes impactos na geração de energia (BINI; THOMAZ, 2005). Essa espécie possui grande habilidade regenerativa após distúrbios (THOMAZ et al., 2006) e mesmo sendo uma espécie submersa, tolera altos níveis de turbidez (BINI; THOMAZ, 2005).

As espécies mais frequentes no reservatório do Funil em todos os períodos amostrados foram *S. auriculata*, e *U. subquadripara*. Sendo que em janeiro de 2011 houve uma diminuição na frequência de *S.auriculata* (33%) e um aumento considerável de *U. subquadripara* (44%) quando comparada à ocorrência dessas espécies no período anterior, julho de 2010 (Figura 6).

Salvinia auriculata é uma espécie comum em ambientes aquáticos tropicais e tem ampla distribuição geográfica, sendo ausente em regiões frias (DE LA SOTA, 1962). Em ambientes tropicais, apresenta alta taxa de crescimento e capacidade reprodutiva, principalmente através de reprodução clonal (THOMAZ, 2006). A espécie ainda apresenta esporos resistentes à seca como estratégia de persistência que faz com que esta seja de difícil erradicação (COELHO; LOPES; SPERBER, 2005). Com essas características, muitas vezes, *S. auriculata* é considerada uma planta daninha que pode prejudicar o uso múltiplo das águas (BOSCHILIA; THOMAZ; PIANA, 2006).

Observando a frequência temporal de *S. auriculata* no reservatório do Funil, verificou-se que a mesma apresentou uma pequena diminuição de aproximadamente 8% em sua frequência, considerando todo o período amostral (janeiro 2010 a julho de 2011). Esse resultado representa uma descrição da ocorrência dessa espécie ao longo do trabalho, e não se pode afirmar que essa

redução seja significativa. Além disso, não se deve interpretar essa aparente redução da frequência de *S.auriculata* com a retração das populações no reservatório do Funil.

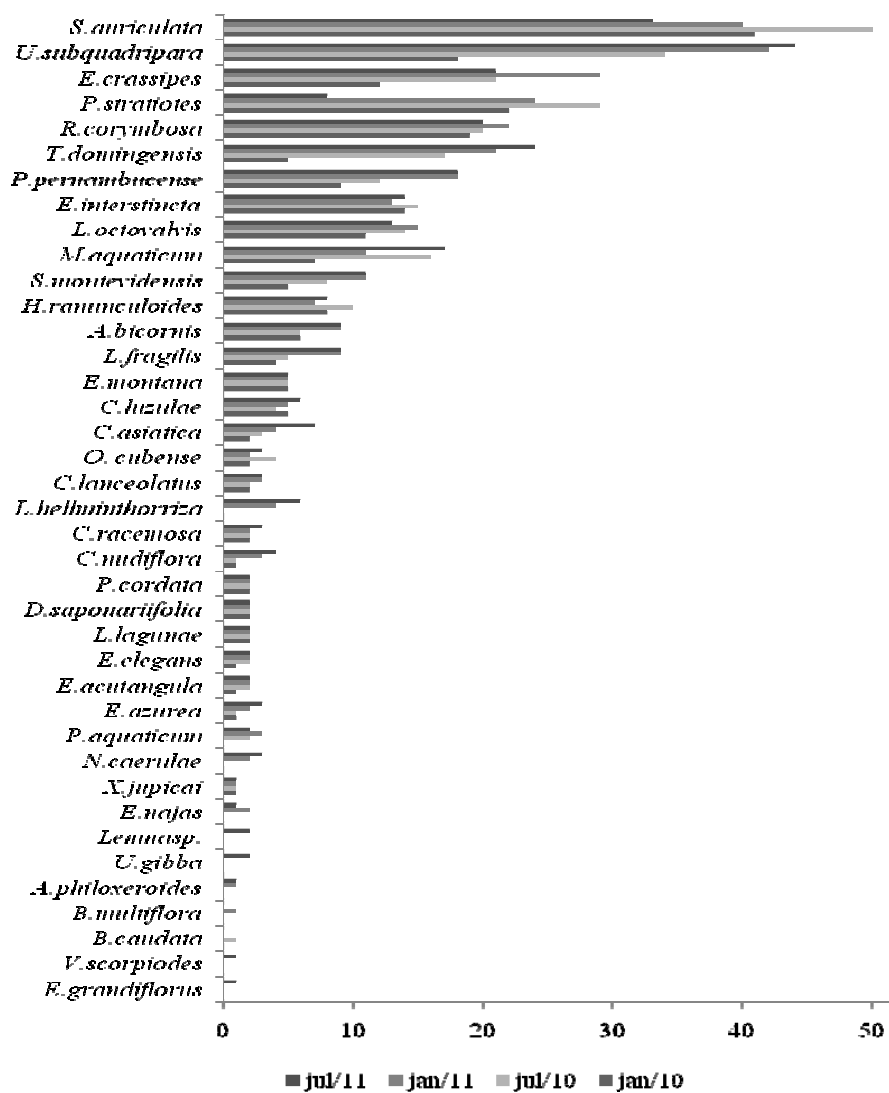


Figura 6 Frequência de ocorrência das espécies de macrófitas registradas nos meses de janeiro e julho nos anos de 2010 e 2011 em 100 pontos no reservatório do Funil, MG

Outra espécie de maior frequência, *U. subquadripara*, é uma planta aquática exótica originária da África tropical, que coloniza facilmente ambientes úmidos, principalmente às margens de corpos hídricos. É considerada uma planta infestante por apresentar alta eficiência na utilização de recursos e crescimento rápido, bem como resistência a secas temporárias, o que confere sua agressividade na colonização do ambiente (KISSMANN, 1997). Sua ocorrência foi relatada primeiramente na planície de inundação do Alto Rio Paraná em 2005, onde os pesquisadores identificaram que a mesma possui um alto potencial para afetar severamente o funcionamento dos ecossistemas aquáticos. O aumento da biomassa dessa espécie afeta negativamente o crescimento de diversas outras plantas e reduz a diversidade local (THOMAZ; MICHELAN, 2011). *U. subquadripara* é uma espécie considerada problema em vários reservatórios no Rio Tietê, SP (DOMINGOS et al., 2011). No reservatório da UHE Mogi-Guaçu-SP (CAVENAGHI et al., 2005), e em Itaipu - Pr, essa espécie apresentou alta frequência, cobrindo rapidamente extensas áreas após distúrbio causado pela diminuição do nível da água (THOMAZ et al., 2009).

As espécies flutuantes *E. crassipes* e *P. stratiotes* também apresentaram ampla ocorrência. No segundo ano de coleta *P. stratiotes* apresentou menor frequência quando comparado aos outros períodos, fato que pode ser devido à limpeza de bancos monoespecíficos dessa espécie por proprietários e pelo próprio Consórcio do Funil, ou as chuvas que ocorreram no período, aumentando o fluxo da água e levando os indivíduos de alface d'água em direção à barragem.

Eichhornia crassipes apresentou frequência crescente desde a primeira coleta, mostrando o aumento da dispersão desses indivíduos no reservatório do Funil e a colonização de novas áreas.

Foi observada uma relação negativa entre a ocorrência das espécies *E. crassipes* e *P. stratiotes*, ou seja, enquanto *P. stratiotes* apresentou redução na

sua frequência ao longo do período amostral, *E.crassipes* apresentou aumento. Como foi verificado que essas espécies ocorreram nos mesmos locais, outro fator que pode ter reduzido a frequência de ocorrência de *P. stratiotes* no reservatório do Funil pode ser a existência de competição assimétrica dessa com *E. crassipes* que possui vantagem competitiva sobre *P. stratiotes* (HENRY-SILVA; CAMARGO, 2005).

Ao avaliar a composição das espécies, pela análise de nMDS, verificou-se que não há separação dos pontos referentes às estações seca e chuvosa (Figura 7).

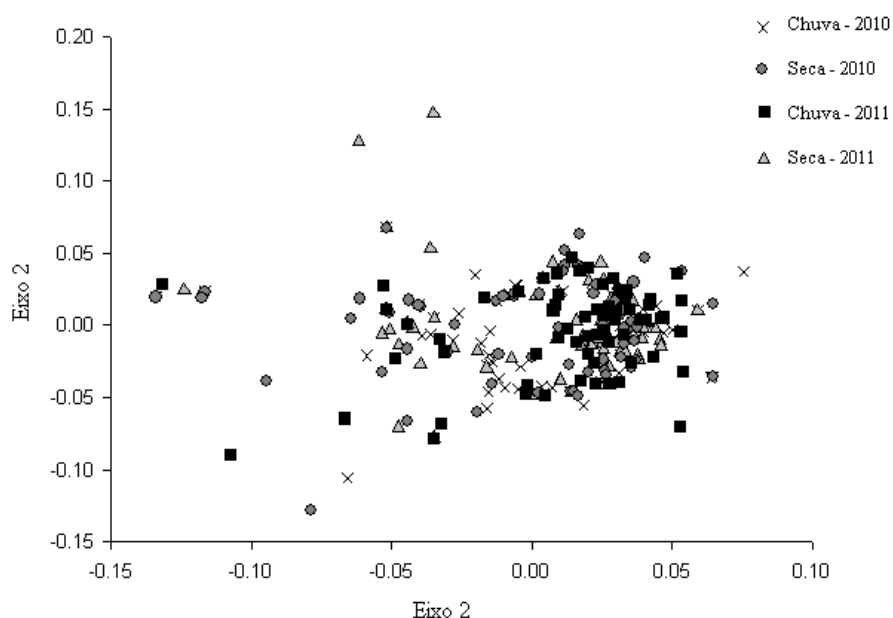


Figura 7 Escalonamento multidimensional não métrico para a comunidade de macrófitas aquáticas coletadas em quatro períodos amostrais no reservatório do Funil, MG. $Stress = 0,16$, $R\ global = 0,024$

Já a análise de similaridade apresentou diferença significativa na composição da flora aquática do Funil no período amostral de janeiro de 2011 com os períodos de janeiro e julho de 2010 (Tabela 2).

Tabela 2 Valores de p e R da análise de similaridade (ANOSIM) para a comunidade de macrófitas aquáticas coletadas em quatro períodos amostrais no reservatório do Funil, MG (* p < 0,05)

Períodos	R	Valor de p
Chuva 2010 – Seca 2011	0.019	0,06
Chuva 2010 – Seca 2010	0.018	0,06
Chuva 2010 – Chuva 2011	0.073	0,001*
Seca 2011 – Seca 2010	0.004	0,236
Seca 2011 - Chuva 2011	0.014	0,073
Seca 2010 – Chuva 2011	0.021	0,024*

A diferença na composição da comunidade no mês de janeiro de 2011 pode ser devido ao incremento das 7 espécies citadas anteriormente. Porém, a grande sobreposição dos pontos na análise de nMDS mostra que essa diferença é pequena. O fato do reservatório do Funil ser de nível constante, apresentando variação máxima de 20 cm, contribuiu para a sobreposição das estações, pois um dos principais fatores que altera a composição de comunidade de macrófitas aquáticas em função da sazonalidade é o rebaixamento brusco do nível da água no período seco (THOMAZ et al., 1999).

3.3 Variação espacial na estrutura da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório do Funil

O reservatório do Funil apresentou riqueza diferenciada entre suas regiões, sendo que a maior riqueza encontrada foi na região do Rio das Mortes, sendo essa significativamente diferente das demais regiões ($F = 21,9968$; $p < 0,001$) (Figura 8).

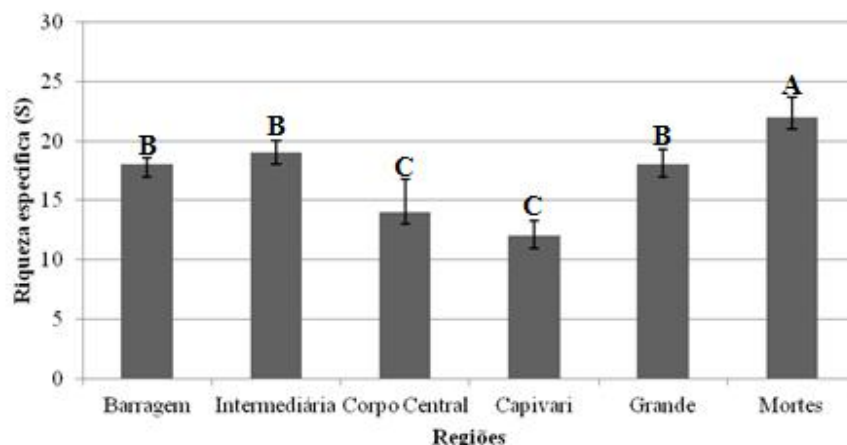


Figura 8 Riqueza de espécies no reservatório do Funil, MG encontrada nas seis regiões. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

A riqueza observada foi muito similar à riqueza estimada, demonstrando que a coleta foi eficiente nas seis regiões, sendo que praticamente todas as espécies foram catalogadas (Tabela 3).

Tabela 3 Riqueza total estimada (Chao2, Jacknife 1, Jacknife 2) e observada no reservatório do Funil, MG nas seis regiões

Regiões	$S_{\text{Chao 2}}$	$S_{\text{Jack 1}}$	$S_{\text{Jack 2}}$	S_{Obs}
Barragem	17,15 \pm 3,26	17,57 \pm 1,88	19,54 \pm 3,21	18
Intermediária	20,23 \pm 2,76	19,03 \pm 1,15	19,14 \pm 1,12	19
Corpo Central	13,26 \pm 3,43	13,37 \pm 1,58	15,13 \pm 3,12	14
Capivari	13,15 \pm 1,47	13,12 \pm 1,26	11,78 \pm 2,19	12
Grande	17,73 \pm 4,00	17,23 \pm 3,20	19,39 \pm 3,15	18
Mortes	24,05 \pm 6,60	21,81 \pm 2,34	23,90 \pm 3,74	22

Lolis e Thomaz (2011) estudando o reservatório de Lajeado, encontram maior riqueza em regiões mais distantes da barragem, uma vez que nessa região o menor período de detenção das águas e a ação de ventos fortes diminuem a probabilidade de colonização por plantas aquáticas. Porém, próximo à barragem foi encontrada uma das maiores riquezas. Mas, ao analisar as espécies

encontradas, verifica-se que apesar da alta riqueza, a frequência de ocorrência das espécies foi baixa, ou seja, as espécies ocorreram em poucos locais e essas se desenvolviam fixas às margens, em áreas protegidas da ação dos ventos.

Com exceção da região do Rio das Mortes, a frequência das espécies não superou 55% dos pontos amostrais, sendo *S. auriculata* e *U. subquadripara* as espécies mais frequentes. A maior riqueza e maior frequência de espécies são encontradas na região do Rio das Mortes, sendo provavelmente este rio o dispersor dos propágulos (Tabela 4).

A ausência de espécies flutuantes na região do Rio Grande, exceto *S. auriculata* que ocorre em apenas um ponto amostral dessa região, pode ser explicada pela baixa concentração de nutrientes nas águas dessa região, uma vez que o Funil é o terceiro reservatório de uma série, e estudos comprovam que há um considerável decréscimo na concentração de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo ao longo de uma sequência de reservatórios (CAVENAGHI et al., 2003). As macrófitas flutuantes registradas no reservatório do Funil muitas vezes tem sua ocorrência relacionada à grande concentração desses nutrientes (CAMARGO; PEZZATO; HENRY-SILVA, 2003), e essa pode ser uma das razões para a baixa similaridade encontrada entre a Região do Rio Grande e as demais.

Das 22 espécies encontradas no Rio das Mortes, 13 são tidas como espécies invasoras que proliferam em condições de elevadas concentrações de N e P (BRANDÃO; LACA-BUENDIA; GAVILANES, 1989). Essa região é caracterizada por maior aporte de nutrientes (ver capítulo II) e, através de observações verificou-se que também possui maior taxa de sedimentação com a consequente redução da profundidade. Essas características propiciam maior colonização por macrófitas aquáticas (THOMAZ, 2002).

Tabela 4 Relação das espécies com a frequência de ocorrência (%) nas seis regiões do reservatório do Funil, MG. (B = barragem; I = região intermediária; C = corpo central do reservatório; M = região Rio das Mortes; CA = Região Rio Capivari; G = região Rio Grande)

Espécies	Regiões amostradas					
	B	C	I	CA	G	M
<i>S.auriculata</i>	47,3	47,2	53,8	22,5	3,8	87,5
<i>U.subquadripara</i>	18,8	43,1	45,0	22,5	37,5	75,0
<i>T.domingensis</i>	8,0	11,1	12,5	25,0	27,5	56,3
<i>P.stratiotes</i>	11,6	38,9	30,0	---	---	50,0
<i>E.crassipes</i>	23,2	20,8	23,8	---	---	56,3
<i>R.corymbosa</i>	21,4	16,7	28,8	---	32,5	18,8
<i>E.interstincta</i>	4,5	5,6	12,5	17,5	37,5	37,5
<i>L.octovalvis</i>	9,8	12,5	22,5	7,5	10,0	50,0
<i>P.pernambucense</i>	---	9,7	---	12,5	47,5	37,5
<i>M.aquaticum</i>	17,9	---	17,5	---	3,8	56,3
<i>O. cubense</i>	---	2,8	5,0	2,5	---	68,8
<i>S.montevideosis</i>	5,4	---	21,3	---	---	50,0
<i>A.bicornis</i>	---	---	---	---	33,8	---
<i>H.ranunculoides</i>	10,7	4,2	13,8	---	---	6,3
<i>C.asiática</i>	9,8	---	11,3	---	---	6,3
<i>E.montana</i>	3,6	---	---	10,0	5,0	6,3
<i>L.fragilis</i>	12,5	6,9	---	---	---	---
<i>C.luzulae</i>	---	---	10,0	---	7,5	---
<i>E.elegans</i>	---	---	---	10,0	8,8	---
<i>P.cordata</i>	---	---	---	20,0	---	---
<i>U. gibba</i>	4,2	---	---	---	---	12,5
<i>P.aquaticum</i>	8,0	---	---	---	3,8	---
<i>Lemna sp.</i>	---	2,8	---	---	---	12,5
<i>E.azurea</i>	---	---	---	7,5	6,3	---
<i>L.lagunae</i>	7,1	2,8	---	---	---	---
<i>A.philoxeroides</i>	---	---	---	---	---	12,5
<i>N.caerulae</i>	---	---	---	---	---	6,3
<i>L.hellminthoriza</i>	---	---	---	---	11,3	---
<i>D.saponariifolia</i>	---	2,8	---	---	---	---
<i>C.racemosa</i>	6,3	---	---	---	---	---
<i>X.jupicai</i>	---	2,5	---	---	7,5	---
<i>E.grandiflorus</i>	---	---	---	---	---	6,3
<i>E.najas</i>	---	---	---	---	---	6,3
<i>C.lanceolatus</i>	---	---	---	---	3,8	---
<i>B.multiflora</i>	---	---	---	---	---	6,3
<i>E.acutangula</i>	---	---	---	---	5,0	---

Ao dividir o reservatório e avaliar a distribuição das espécies da comunidade de macrófitas aquáticas nas diferentes regiões verificou-se que a

região do Rio Grande e do Rio Capivari formaram grupos distintos e se separaram das demais regiões em praticamente todos os períodos amostrais avaliados (Figura 9 e 10).

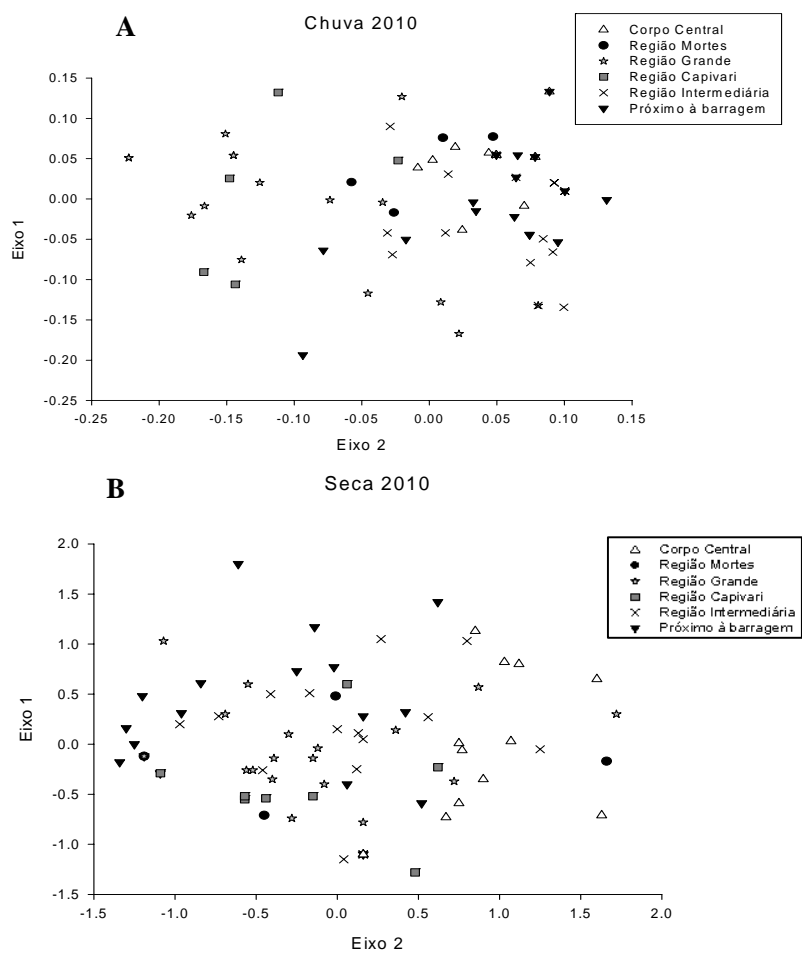


Figura 9 Ordenação da estrutura da comunidade de macrófitas no reservatório do Funil, **A:** durante o período chuvoso de 2010. *Stress* = 0,13, *R Global* = 0,293; **B:** durante o período seco de 2010. *Stress* = 0,16. *R Global* = 0,21

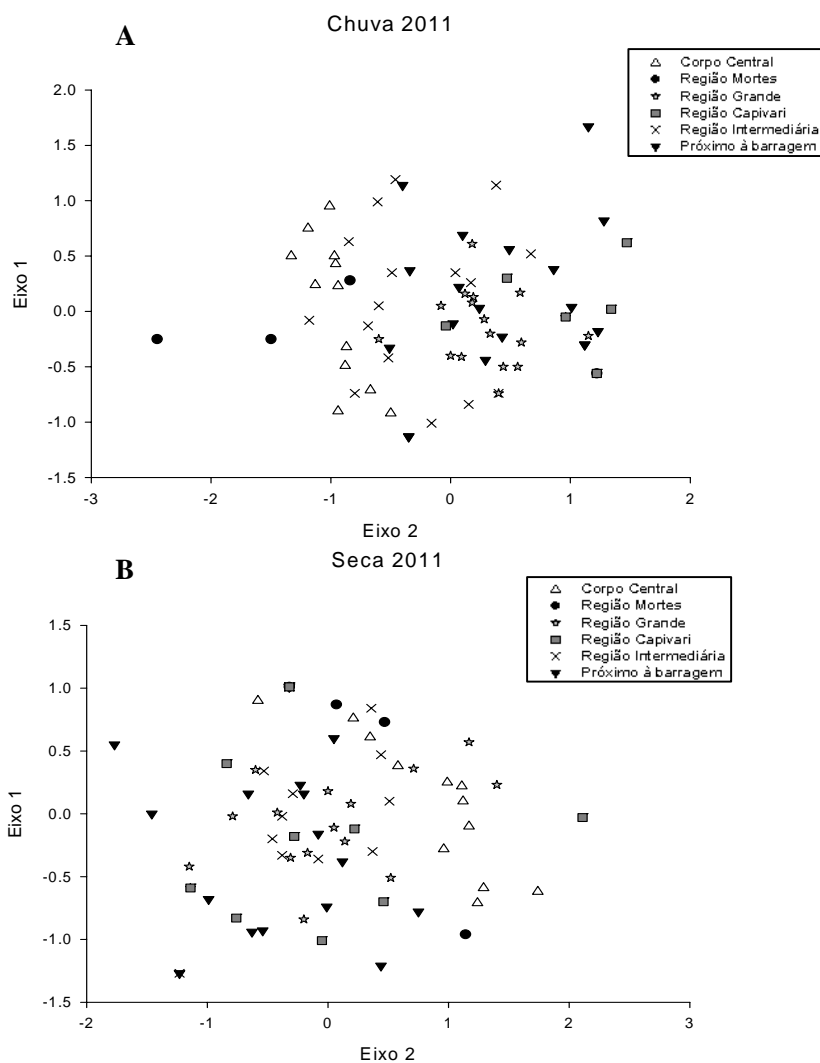


Figura 10 Ordenação da estrutura da comunidade de macrófitas no reservatório do Funil, **A:** durante o período chuvoso de 2011. $Stress = 0,15$. R Global = 0,313; **B:** durante o período seco de 2011. $Stress = 0,16$. R Global = 0,172

Pela análise de similaridade, realizada aos pares, verificou que a composição de espécies do Rio das Mortes é a mais similar com todas as regiões do Reservatório (Barragem, Intermediária e Central) e a região do Rio Grande a

mais diferente. A maior diferença entre as regiões foi verificada dentro dos períodos chuvosos (Tabela 5). Esse fato pode estar relacionado ao deslocamento de indivíduos flutuantes durante as chuvas e ancoramento desses em pontos antes ausentes. Outro fator é o aumento da dispersão de propágulos de diversas espécies no início da estação chuvosa.

Tabela 5 Valores de p e R da análise de similaridade (ANOSIM) para a comunidade de macrófitas aquáticas coletadas em quatro períodos amostrais em cada região no reservatório do Funil, MG (* p < 0,05). B = Região próxima à Barragem; C = Corpo Central do Reservatório; CA = Região do Rio Capivari; G = Região do Rio Grande antes da foz dos rios das Mortes e Capivari; I = Região Intermediária do Reservatório; M = região do Rio das Mortes

Regiões	Período							
	Chuva 2010		Seca 2010		Chuva 2011		Seca 2011	
	R	p	R	p	R	p	R	p
C x M	0,455	0,01*	0,039	0,414	0,12	0,223	0,151	0,17
C x G	0,549	0,001*	0,467	0,001*	0,417	0,001*	0,283	0,003*
C x CA	0,776	0,001*	0,235	0,013*	0,306	0,012*	0,217	0,008*
C x I	0,131	0,027*	-0,024	0,698	-0,039	0,759	-0,041	0,769
C x B	0,056	0,144	0,131	0,009*	0,114	0,05*	0,051	0,187
M x G	0,293	0,016*	0,181	0,122	0,438	0,001*	0,318	0,011*
M x CA	0,266	0,103	-0,059	0,618	-0,069	0,676	-0,044	0,579
M x I	0,101	0,172	-0,267	0,981	0,071	0,285	-0,189	0,883
M x B	0,162	0,169	0,055	0,363	0,291	0,04*	-0,123	0,754
G x CA	0,147	0,089	0,225	0,009*	0,327	0,008*	0,189	0,017*
G x I	0,436	0,001*	0,34	0,001*	0,439	0,001*	0,264	0,002*
G x B	0,481	0,001*	0,471	0,001*	0,684	0,001*	0,395	0,001*
CA x I	0,503	0,002*	0,134	0,055	0,454	0,001*	0,185	0,019*
CA x B	0,5	0,001*	0,219	0,024*	0,553	0,001*	0,179	0,018*
I x B	-0,026	0,759	0,082	0,051	0,067	0,052	0,023	0,231

Ao realizar a nMDS com todas as espécies que ocorreram nos pontos em todos os período amostrais, e assim, retirando o efeito temporal, os padrões de agrupamento dos pontos das regiões dos rios Capivari e Grande permaneceram (Figura 11).

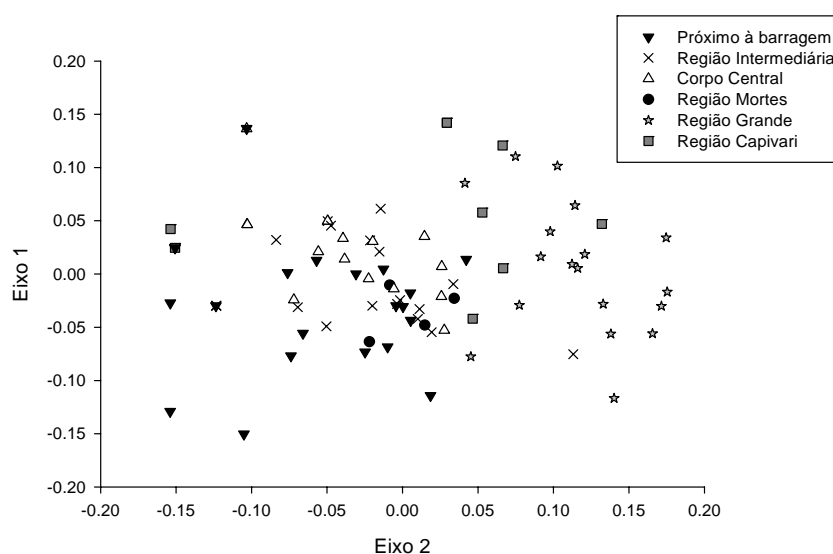


Figura 11 Ordenação da estrutura da comunidade de macrófitas no reservatório do Funil. $Stress = 0,16$; $R\ Global = 0,312$

Pela ANOSIM, o padrão encontrado ao analisar as regiões por período se manteve, sendo que as regiões do Rio Grande e Rio Capivari apresentaram a maior diferença com as demais regiões (Tabela 6).

Pela análise de SIMPER, foi verificado que as regiões apresentaram uma média de dissimilaridade total de 79,15%. As regiões do Rio Grande (G) e Rio Capivari (CA) foram as que apresentaram as maiores dissimilaridades com as regiões próximas à barragem (90,06 e 85,68 respectivamente), corpo central do reservatório (84,6% e 81,38%), região intermediária (84,46% e 83,19%) e região do Rio das Mortes (80,7% e 80,02%).

Tabela 6 Valores de p e R da análise de similaridade (ANOSIM) para a comunidade de macrófitas aquáticas coletadas em cada região no reservatório do Funil, MG (* p < 0,05). B = Região próxima à Barragem; C = Corpo Central do Reservatório; CA = Região do Rio Capivari; G = Região do Rio Grande antes da foz dos rios das Mortes e Capivari; I = Região Intermediária do Reservatório; M = região do Rio das Mortes

Regiões	R	Valor de p
B x I	0,0	0,449
B x C	0,101	0,031*
B x M	-0,094	0,681
B x G	0,645	0,001*
B x CA	0,426	0,001*
I x C	0,016	0,269
I x M	-0,137	0,773
I x G	0,595	0,001*
I x CA	0,459	0,001*
C x M	0,228	0,077
C x G	0,644	0,001*
C x CA	0,41	0,001*
M x G	0,458	0,04*
M x CA	0,165	0,136
G x CA	0,328	0,003*

As espécies *S. auriculata*, *U. subquadripara*, *T. domingensis*, *E. crassipes* e *P. stratiotes*, presentes, principalmente nas regiões do Rio das Mortes e corpo central do reservatório, foram as principais responsáveis pela dissimilaridade entre as regiões (Tabela 7). Sendo que essas somaram 33% na contribuição para a diferença entre as regiões do Rio Capivari e Mortes e 37,7 % na contribuição para a diferença entre as regiões do Rio Grande e Mortes.

Tabela 7 Porcentagem de contribuição das principais espécies na dissimilaridade entre todas as regiões; entre as regiões do Rio Capivari e Rio das Mortes (Ca x M); e entre as regiões do Rio Grande e Rio das Mortes (G x M)

Espécie	Todas as regiões	Ca x M	G x M
	% de contribuição	% de contribuição	% de contribuição
<i>S.auriculata</i>	8,529	6,998	8,23
<i>U.subquadripara</i>	7,939	6,425	5,232
<i>T.domingensis</i>	5,855	5,819	5,22
<i>P.stratiotes</i>	5,488	5,103	4,582
<i>E.crassipes</i>	5,291	5,986	5,351

Como a dissimilaridade encontrada entre as regiões do Rio das Mortes e as demais no reservatório (C e I) foi relativamente baixa (66,16% e 66,68% respectivamente) e pelo fato dessa região não diferir significativamente das regiões B, C e I (tabela 6) acredita-se que o Rio das Mortes é o principal contribuinte para a composição de espécies de macrófitas aquáticas no reservatório do Funil, principalmente de espécies flutuantes. Esse fato é corroborado com a hipótese levantada por Thomaz e Bini (1998) que relatam que braços ou tributários atuam como a maior fonte de propágulos viáveis de plantas aquáticas, sendo que a dispersão desses, por vento e/ou pela própria correnteza, em direção ao corpo principal maximizam a colonização de diferentes regiões do reservatório.

As diferenças encontradas tanto na frequência das espécies quanto na riqueza das comunidades de macrófitas aquáticas não puderam ser explicadas pela diferença na morfometria de cada região no reservatório do Funil (Figura 12).

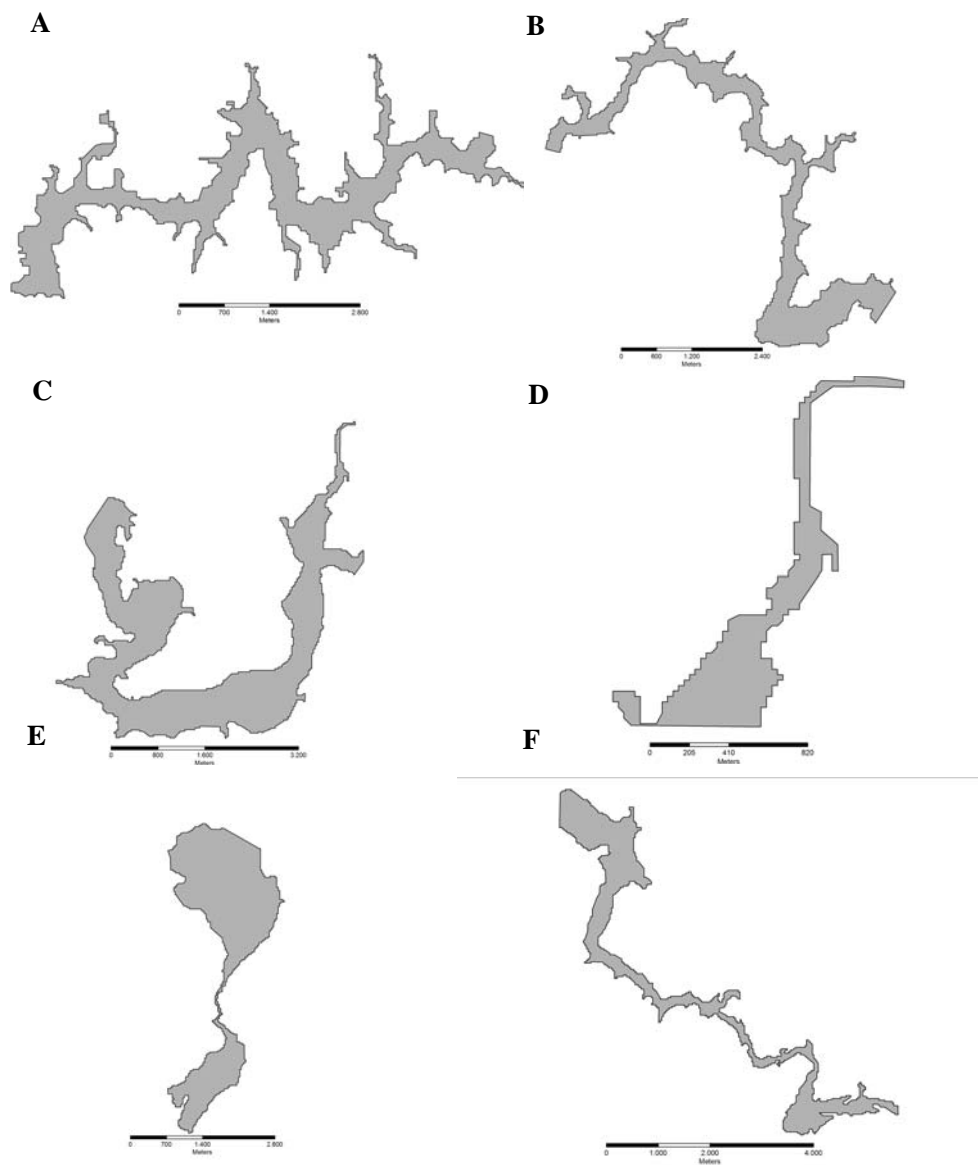


Figura 12 Imagens mostrando as diferentes morfologias encontradas no reservatório do Funil, MG. **A:** Região próxima à barragem; **B:** Região Intermediária; **C:** Corpo Central do Reservatório; **D:** Região do Rio das Mortes; **E:** Região do Rio Capivari; **F:** Região do Rio Grande

Através da estimativa da área calculada por imagens satélite *Landsat 5 TM*, foi encontrado que a região de maior área é a região do corpo central do reservatório, seguida pela região próxima à barragem, Rio Capivari, região intermediária, Rio Grande e, a menor, região do Rio das Mortes. Não houve relação significativa entre a área das regiões e a riqueza ($R^2 = 0,0041$; $p = 0,9044$), diferenciando do resultado que foi encontrado no reservatório de Itaipu onde braços de maiores áreas apresentaram maiores riquezas (THOMAZ; SOUZA; BINI, 2003).

A região próxima à barragem apresentou maior IDM seguido pelas regiões Intermediária, do Rio Grande, do Corpo Central, do Rio das Mortes e por último, do Rio Capivari.

O IDM está relacionado com a forma da região, sendo que quanto maior esse valor, mais desenvolvida é a margem. O grau de desenvolvimento das macrófitas aquáticas em reservatórios pode estar associado a vários fatores morfométricos, entre eles o IDM, e quanto maior esse índice espera-se que haja maior desenvolvimento de macrófitas, uma vez que a região apresentará maior diversidade de habitats com remanso (THOMAZ; BINI, 1998). Porém, não foi encontrada relação entre esse índice e a riqueza e nem com a frequência de ocorrência das espécies nas diferentes regiões do reservatório do Funil (riqueza x IDM: $R^2 = 0,0071$; $p = 0,5456$, frequência x IDM: $R^2 = 0,0053$; $p = 0,8090$).

Como não houve relação da riqueza de cada região com os dados morfométricos levantados acredita-se que a grande dissimilaridade encontrada na composição de espécies dessas regiões está relacionada à qualidade das águas.

A região do Rio das Mortes apresenta águas com maior trofia (ver capítulo II), maior turbidez e maior deposição de sedimento. Já a região do Rio Grande, por ficar à jusante dos reservatórios de Itutinga e Camargos e à montante da foz do Rio das Mortes e do Rio Capivari, apresenta águas mais

claras e, provavelmente, com menor trofia. Essas diferenças de habitats podem ter levado à diferenciação na comunidade de macrófitas.

4 CONCLUSÃO

Constatou-se que o reservatório do Funil apresenta uma rica flora aquática compreendendo todas as formas biológicas classificadas por Pedralli (1990), sendo que o biotipo mais representativo é o emergente seguido pelo anfíbio.

Através da análise de frequência verificou que as espécies consideradas invasoras como *S. auriculata*, *U. subquadripara* e *P. stratiotes* foram as que ocorreram em maior número no reservatório do Funil, sendo que *U. subquadripara*, apresentou aumento considerável de ocorrência durante os dois anos amostrais, indicando a colonização dessa espécie em diferentes regiões do reservatório.

A estrutura da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório apresentou maior diferença espacial que temporal, e este fato é provavelmente devido à constância do nível da água, diferenças morfométricas e de grau de trofia entre as áreas. A comunidade de macrófitas na região do rio Grande foi a que apresentou maior dissimilaridade com as demais regiões.

A região próxima à barragem apresentou margens mais recortadas acarretando em ambientes mais protegidos da ação do vento e com isso, a riqueza nessa região foi a maior quando comparada às demais regiões, porém a maior parte das espécies nessa região apresentaram baixa frequência de ocorrência. Por outro lado, a região do Rio das Mortes obteve maior frequência de ocorrência de espécies, principalmente flutuantes e esse fato pode ser devido à alta taxa de sedimentação observada na foz desse rio. E com a perda de profundidade cria-se novos habitats propícios à colonização de macrófitas, além disso, a maior concentração de nutrientes nas águas desse rio contribui para a proliferação dessas plantas. Como a região do Rio das Mortes foi a mais similar com as regiões do reservatório após sua foz, acredita-se que este rio seja o que

mais contribui com propágulos vegetais para o reservatório do Funil. Como grande parte das espécies dessa região é considerada invasora, sugere-se o contínuo monitoramento da comunidade de macrófitas nesse local.

Para qualquer ação de manejo e conservação, os dados levantados neste trabalho são essenciais, pois ele fornece informações básicas sobre a estrutura e dinâmica da flora aquática no reservatório do Funil.

REFERÊNCIAS

- AHE FUNIL. **Apresentação e Histórico**. Disponível em: <<http://www.ahefunil.com.br>>. Acesso em: 4 nov. 2011.
- BARBOUR, C. D.; BROWN, J. H. Fish species diversity in lakes. **American Naturalist**, Chicago, v. 108, p. 473-489, 1974.
- BIANCHINI JÚNIOR, I. et al. Monitoramento das macrófitas aquáticas do reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães (Estado de Tocantins, Brasil). **Asociación de Universidades Grupo Montevideo DOMUS**, Montevideo, v. 2, p. 38-48, 2010.
- BINI, L. M.; THOMAZ, S. M. Prediction of *Egeria najas* and *Egeria densa* occurrence in a large subtropical reservoir (Itaipu Reservoir, Brazil–Paraguay). **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 83, p. 227–238, 2005.
- BINI, L. M.; THOMAZ, S. M.; SOUZA, D. C. Species richness and beta-diversity of aquatic macrophytes in the Upper Parana River floodplain. **Archiv für Hydrobiologie**, Stuttgart, v. 151, p. 511-525, 2001.
- BOSCHILIA, S. M.; THOMAZ, S. M.; PIANA, P. A. Plasticidade morfológica de *Salvinia herzogii* (de La Sota) em resposta à densidade populacional. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, v. 28, n. 1, p. 35-39, Jan./Mar. 2006.
- BRANDÃO, M.; LACA-BUENDIA, J. P.; GAVILANES, M. L. Plantas aquáticas que se comportam como invasoras, no estado de Minas Gerais. **Acta Botânica Brasílica**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 255-265, 1989.
- BRAUN-BLANQUET, J. **Fitossociologia**: bases para el estudio de las comunidades vegetales. 3. ed. Madrid: Blume, 1979. 820 p.
- CAMARGO, A. F. M.; PEZZATO, M. M.; HENRY-SILVA, G. G. Fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (Org.) **Ecologias e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: EDUEM, 2003. p. 319-341.
- CARVALHO, F. T. et al. Análise temporal do crescimento vegetativo de *Egeria najas* a partir de fragmentos da planta. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 21, p. 101-104, 2003b. Edição Especial.

- CARVALHO, F. T. et al. Plantas aquáticas e nível de infestação das espécies presentes no Reservatório de Barra Bonita, no Rio Tiete. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 21, p. 15-19, 2003a. Edição Especial.
- CARVALHO, F. T.; VELINE, E. D.; MARTINS, D. Plantas aquáticas e nível de infestação das espécies presentes no reservatório de Bariri, no Rio Tietê. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 2, p. 371-374, 2005.
- CAVENAGHI, A. L. et al. Caracterização da qualidade da água e sedimento relacionados com a ocorrência de plantas aquáticas em cinco reservatórios da bacia do Rio Tietê. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 21, p. 43-52, 2003. Edição especial.
- CAVENAGHI, A. L. et al. Monitoramento de problemas com plantas aquáticas e caracterização da qualidade de água e sedimento na UHE Mogi-Guaçu. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 2, p. 225-231, 2005.
- CLARKE, K. R. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. **Australian journal of ecology**, Carlton, v. 18, p. 117–143, 1993.
- COELHO, F. F.; LOPES, F. S.; SPERBER, C. F. Persistence strategy of *Salvinia auriculata* Aublet in temporary ponds of Southern Pantanal, Brazil. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 81, p. 343-352, 2005.
- DE LA SOTA, E.R. Contribución al conocimiento de las Salviniaceae neotropicales, II: *Salvinia auriculata* Aublet. **Darwiniana**, Buenos Aires, v. 12, n. 3, p. 499–513, 1962.
- DOMINGOS, V. D. et al. fatores ambientais na distribuição de populações de *Brachiaria subquadripara* presentes no reservatório de Barra Bonita-SP. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 1, p. 37-49, 2011.
- FILIPPO, R. Colonização e regressão da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório da UHE Serra da Mesa, Goiás. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (Org.). **Ecologias e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: EDUEM, 2003. p. 319-341.
- FRAZIER, P. S.; PAGE, J. K. Water body detection and delineation with Landsat TM data. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, Falls Church, v. 66, n. 12, p. 1461-1467, Dec. 2000.

FULMER, J. E.; ROBINSON, A. T. Aquatic plant species distributions and associations in Arizona's reservoirs. **Journal of Aquatic Plant Management**, Vicksburg, v. 46, p. 100-106, 2008.

GIL, A. S. B.; BOVE, C. P. O gênero *Eleocharis* R. Br. (Cyperaceae) nos ecossistemas aquáticos temporários da planície costeira Do estado do Rio de Janeiro. **Arquivos do Museu Nacional**, Rio de Janeiro, v. 62, n. 2, p. 131-150, abr./jun. 2004.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. Interações ecológicas entre as macrófitas aquáticas flutuantes *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*. **Hoehnea**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 445-452, 2005.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Apresentação**. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/>>. Acesso em: 12 dez. 2011.

KISSMANN, K. G. **Plantas infestantes e nocivas**. 2. ed. São Paulo: BASF, 1997. 825 p.

LOLIS, S. F.; THOMAZ, S. M. Monitoramento da composição específica da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório Luis Eduardo Magalhães. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 2, p. 247-258, 2011.

MARTINS, D. et al. Caracterização da comunidade de plantas aquáticas de dezoito reservatórios pertencentes a cinco bacias hidrográficas do estado de São Paulo. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 1, p. 17-32, 2008.

MARTINS, D. et al. Levantamento de plantas aquáticas no reservatório de Salto Grande, Americana-SP. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 1, p. 231-236, 2011.

MORENO, E. C. **Métodos para medir la biodiversidad**. Zaragoza: Orcyt-Unesco, SEA, 2001. v. 1, 84 p.

MORMUL, R. P. et al. Aquatic macrophytes in the large, sub-tropical Itaipu Reservoir, Brazil. **Revista de Biologia Tropical**, San Jose, v. 58, n. 4, p. 1437-1452, 2010.

OLIVEIRA, N. M. B. et al. Capacidade de regeneração de *Egeria densa* nos reservatórios de Paulo Afonso, BA. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 2, p. 363-369, 2005.

- PEDRALLI, G. Bioprospecção em áreas úmidas de Minas Gerais, Brasil. In: _____. **Bioprospecção alternativas para o novo milênio**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, Sociedade Botânica do Brasil, 2001. p. 50-53.
- PEDRALLI, G. Macrófitas aquáticas: técnicas e métodos de estudos. **Estudos de Biologia**, Curitiba, n. 26, p. 5-24, 1990.
- PIVARI, M. O.; POTT, V. J.; POTT, A. Macrófitas aquáticas de ilhas flutuantes (baceiros) nas sub-regiões do Abobral e Miranda, Pantanal, MS, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, Porto Alegre, v. 22, n. 2, p. 563-571, 2008.
- POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. **Macrófitas Aquáticas e Perifíton**. São Carlos: Rima, 2003.
- POTT, V. J.; POTT, A. **Plantas aquáticas do Pantanal**. Brasília: EMBRAPA, 2000. 404 p.
- RODELLA, R. A. et al. Diferenciação entre *Egeria densa* e *Egeria najas* pelos caracteres anatômicos foliares. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 2, p. 211-220, 2006.
- SOUSA, W. P. The role of disturbance in natural communities. **Annual Review Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 15, p. 353-391, 1984.
- THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas em reservatório. **Acta limnológica brasiliensia**, São Carlos, v. 10, n. 1, p. 81-91, 1998.
- THOMAZ, S. M. et al. Aquatic macrophytes of Itaipu reservoir, Brazil: survey of species and ecological considerations. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, n. 42, p. 15-22, 1999.
- THOMAZ, S. M. et al. Effect of reservoir drawdown on biomass of three species of aquatic macrophytes in a large sub-tropical reservoir (Itaipu, Brazil). **Hydrobiologia**, The Hague, v. 570, p. 53-59, 2006.
- THOMAZ, S. M. et al. Temporal trends and effects of diversity on occurrence of exotic macrophytes in a large reservoir. **Acta Oecologica**, Paris, v. 35, p. 614-620, 2009.

THOMAZ, S. M. Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 20, p. 21-33, 2002. Edição Especial.

THOMAZ, S. M. Fatores que afetam a distribuição e o desenvolvimento de macrófitas aquáticas em reservatório: uma análise em diferentes escalas. In: NOGUEIRA, M. G.; HENRY, R.; JORCIN, A. (Ed.). **Ecologia de reservatório: impactos potenciais, ações de manejo e sistema cascata**. São Carlos: Rima, 2006. p.165-181.

THOMAZ, S. M.; MICHELAN, T. S. Associations between a highly invasive species and native macrophytes differ across spatial scales. **Biological Invasions**, Amsterdam, v. 13, p. 1881–1891, 2011.

THOMAZ, S. M.; SOUZA, D. C.; BINI, L. M. Species richness and beta diversity of aquatic macrophytes in a large subtropical reservoir (Itaipu Reservoir, Brazil): the influence of limnology and morphometry. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 505, p. 119–128, 2003.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J. E. M. Reservoirs and human well being: new challenges for evaluating impacts and benefits in the neotropics. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 68, n. 4, p. 1133-1135, 2008. Suppl.

**CAPÍTULO 3 Variação espacial e temporal da cobertura de macrófitas
aquáticas no reservatório do Funil, MG**

RESUMO

As macrófitas são importantes componentes nos corpos d'água, mas em determinadas condições, as mesmas podem proliferar causando grandes prejuízos às usinas hidrelétricas. Com isso, este trabalho teve por objetivo realizar um levantamento temporal do nível de infestação de macrófitas aquáticas no reservatório do Funil baseado em estimativas da porcentagem de cobertura das espécies em três áreas distintas do reservatório, o Rio das Mortes, o Rio Capivari e o próprio corpo central do reservatório, no Rio Grande. Nessas áreas também foram obtidas variáveis físico-químicas como pH, temperatura, condutividade, concentração de oxigênio dissolvido e concentrações de nitrogênio total e fósforo total. Os resultados mostram que não houve diferença na cobertura total nas regiões nos meses amostrados, porém a região do Rio das Mortes apresentou a maior cobertura de espécies flutuantes e isso pode ser em função do alto grau de fertilização dessas águas comparado com as outras áreas. A região do reservatório apresentou a maior riqueza e contínuo crescimento de *U. subquadripara*. As variáveis abióticas variaram temporalmente e espacialmente, sendo que a variação espacial foi mais pronunciada que a temporal. A região do Rio Capivari foi a que apresentou as águas com menores concentrações de N e P e maiores concentrações de oxigênio dissolvido. A condutividade elétrica e o P total foram as variáveis mais correlacionadas para a estruturação espacial das espécies, sendo que as regiões do Rio das Mortes e Reservatório se agruparam, diferindo da região do Rio Capivari. Esses resultados são os primeiros passos para um monitoramento efetivo da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório do Funil.

Palavras-chave: Monitoramento. Planta Aquática. Variáveis ambientais.

ABSTRACT

Macrophytes are important components of the waterbodies, but in certain conditions they can proliferate, causing great damages to the hydroelectric power stations. Because of that, this study aimed to do a temporal survey of the level of aquatic macrophyte infestation in Funil reservoir, based on estimates of the species cover percentage in three different areas of the reservoir, Rio das Mortes, Rio Capivari and the central part of the reservoir, Rio Grande. In these areas, physico-chemical variables were also obtained, such as pH, temperature, conductivity, dissolved oxygen concentration and concentrations of total nitrogen and total phosphorus. The results show that there was no difference in total coverage in the regions, but the region of Rio das Mortes presented the highest coverage of floating species and this may be due to the high degree of fertilization of these waters compared to the other areas. The reservoir region presented the highest richness and continuous growth of *U.subquadripara*. The abiotic variables varied temporally and spatially, being the spatial variation more pronounced than the temporal one. The region of Rio Capivari presented the waters with the lowest N and P and highest dissolved oxygen concentrations. The electrical conductivity and total P were the variables most correlated to the spatial structure of the species, and the regions of Rio das Mortes and reservoir agrupated, differing from the region of Rio Capivari. These results are the first step towards and effective monitoring of the aquatic macrophyte community in Funil Reservoir.

Keywords: Monitoring. Aquatic plant. Environmental variables.

1 INTRODUÇÃO

As macrófitas aquáticas constituem um importante componente dos corpos d'água, pois, além de contribuírem para a estruturação do espaço físico proporcionando locais de reprodução e refúgio para diversos organismos (AGOSTINHO; GOMES; JÚLIO JÚNIOR, 2003; PELICICE; AGOSTINHO; THOMAZ, 2005), interferem na ciclagem de nutrientes e participam da base das teias alimentares como importantes produtores dentro dos ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 2011).

Sob condições favoráveis, as populações de plantas aquáticas podem crescer rapidamente, colonizando extensas superfícies de água em um tempo reduzido (HENRY-SILVA; CAMARGO, 2006). Esse crescimento excessivo pode afetar o uso múltiplo da água, como irrigação, abastecimento, recreação, geração de energia, além de contribuir para a eutrofização dos corpos d'água (ESTEVES, 2011).

São vários os fatores abióticos que afetam a distribuição e abundância das macrófitas aquáticas (LACOUL; FREEDMAN, 2006). A variação brusca do nível da água (acima de 5 m) influencia a produção de biomassa, frequência de ocorrência e produtividade das macrófitas (BIUDE; CAMARGO, 2008); a concentração de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, são considerados os principais fatores limitantes dessas plantas no ecossistema aquático e espécies flutuantes como *Salvinia auriculata* Aublet (Salviniaceae), *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms (Pontederiaceae) e *Pistia stratiotes* L. (Araceae), se desenvolvem melhor em condições de alta disponibilidade desses nutrientes (CAMARGO; PEZZATO; HENRY-SILVA, 2003). As macrófitas se dividem em diversos grupos biológicos que possuem diferentes preferências em termos abióticos, com isso, ambientes com disponibilidade de diferentes habitats apresentam uma comunidade de macrófitas diversificada (ROLON et al., 2008).

Através de observações, verificou-se que o reservatório do Funil, localizado no Rio Grande, entre os municípios de Perdões e Lavras, MG, apresenta características que podem favorecer o crescimento de macrófitas aquáticas flutuantes como constância no nível da água e regiões protegidas da ação do vento, as quais tendem a ser mais eutróficas que o corpo central (THOMAZ, 2002). Além disso, o Rio das Mortes, que tem sua foz no reservatório, recebe durante seu curso, efluentes de diversas origens, tanto agroindustriais e urbanos, que fazem com que suas águas apresentem altos teores de fósforo e nitrogênio (ZULIANI, 2006) que favorecem ainda mais o desenvolvimento dessas plantas.

Dentre as diversas espécies de macrófitas aquáticas observadas no reservatório do Funil, três espécies flutuantes são abundantes, *S. auriculata*, *E. crassipes* e *P. stratiotes*, sendo essas um possível risco para o empreendimento, uma vez que essas plantas podem entrar pela tomada d'água afetando o funcionamento das turbinas (BIUDE; CAMARGO, 2008).

Para efetuar o controle e o manejo dessas plantas, há necessidade do conhecimento sobre sua ecologia e um entendimento adequado da sua distribuição ao longo do reservatório, baseando-se em levantamentos do número de espécies e medidas abióticas de fácil obtenção (POMPÊO; MOSCHINI-CARLOS, 2003; POTT; POTT, 2000).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi realizar o monitoramento contínuo da comunidade de macrófitas aquáticas através do levantamento do nível de infestação dessas plantas no reservatório do Funil, baseado em estimativas da porcentagem de cobertura das espécies nas três áreas distintas do reservatório do Funil, o Rio das Mortes, o Rio Capivari e o próprio corpo central do reservatório, no Rio Grande. Outro objetivo é verificar a influência de fatores abióticos (temperatura, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, concentração de N total e de P total) na estruturação da comunidade de

macrófitas nas diferentes áreas amostradas. Esses objetivos visaram fornecer subsídios para o manejo das macrófitas.

Para alcançar os objetivos propostos algumas hipóteses foram levantadas: *i*) as três áreas amostradas apresentam diferentes qualidades de água levando a uma diferenciação na composição de espécies da comunidade e na porcentagem de cobertura; *ii*) as principais variáveis abióticas que explicam a distribuição espacial da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório do Funil são as concentrações de Ntotal e Ptotal; *iii*) as áreas monitoradas não apresentam variação temporal na porcentagem de cobertura das espécies; *iv*) quanto maior o grau de trofia (concentração de N total e P total), maior a ocorrência e porcentagem de cobertura de espécies flutuantes como *Salvinia auriculata*, *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A UHE Funil está localizada na região do Alto Rio Grande, MG e atinge os municípios de Lavras, Perdões, Ijaci, Bom Sucesso, Ibituruna, e Itumirim. O reservatório cobre uma área de 34,71km² e armazena 258 milhões de metros cúbicos de água com lâmina constante (AHE FUNIL, 2011), sendo que a cota do nível da água no reservatório praticamente não variou ao longo do estudo, sendo a variação máxima ficando em torno de 20 cm.

Segundo o Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM (2011), o clima da bacia do Alto Rio Grande e do Rio das Mortes, onde está inserida a UHE Funil, é classificado como semiúmido, apresentando em torno de cinco meses chuvosos por ano (setembro a maio) e os meses mais secos sendo os mais frios (junho a agosto). Segundo a classificação Köppen, o clima da região é do tipo Cwa com inverno seco e verão chuvoso.

Além do próprio Rio Grande, o reservatório recebe contribuição de dois outros rios, o Rio das Mortes em sua margem direita e o Rio Capivari em sua margem esquerda. O Rio das Mortes é corpo receptor de efluente doméstico e industrial de diversas cidades, entre elas Barbacena, Tiradentes, São João Del Rei e Bom Sucesso. Próximo à sua foz no reservatório observa-se intenso assoreamento, provavelmente causado pelas atividades minerárias (garimpo e extração de areia) que existem ao longo de seu curso (IGAM, 2011). Já o Rio Capivari em sua porção mais alta possui boa qualidade de água, diversas cachoeiras e um alto nível de preservação da vegetação (POMPEU et al., 2009), possuindo grande importância biológica para a conservação da ictiofauna (DRUMMOND et al., 2005), porém nas regiões média e baixa, esse rio recebe diversas contribuições de esgoto doméstico principalmente das cidades de Ingaí

e Itumirim, além de sofrer com a poluição proveniente de atividades agropecuárias (IGAM, 2011).

Outro curso d'água que tem sua foz no reservatório do Funil é o ribeirão Pirampum que recebe eventuais lançamentos de esgotos sanitários não tratados assim como tratados, proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do bairro de Nova Pedra Negra de Ijací, MG.

Para o monitoramento das macrófitas aquáticas no Funil, foram selecionadas três áreas dentro do reservatório: corpo central do reservatório (R), área de influência no Rio das Mortes (M) e área de influência no Rio Capivari (C).

Foram selecionados 7 pontos amostrais na região do Rio das Mortes, 7 na região do Rio Capivari e 4 no Corpo Central do reservatório. Não foram consideradas mais áreas no reservatório e nenhuma área dentro do Rio Grande antes da foz do rio das Mortes e Capivari, pela ausência de bancos expressivos de macrófitas nesses locais. (Figura 1).

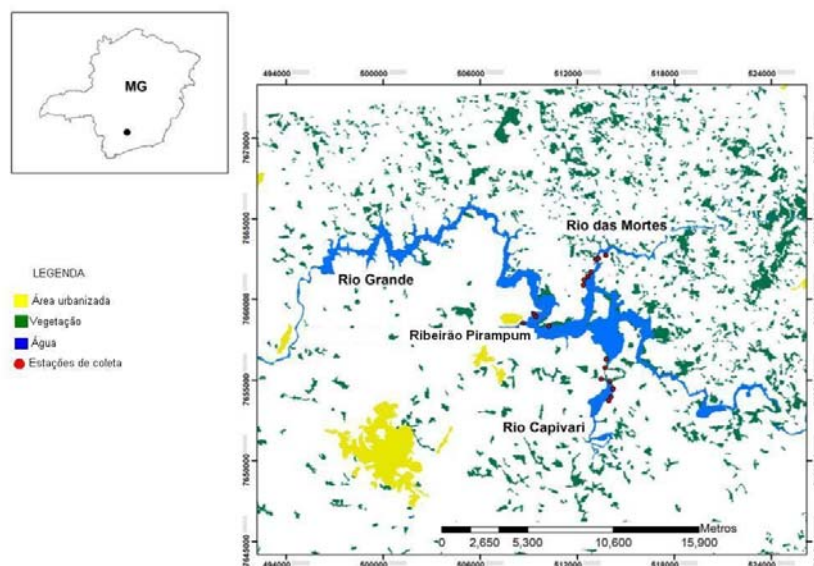


Figura 1 Mapa do reservatório do Funil com a localização das três áreas amostrais: R – região do corpo central do Reservatório; M – região de influência no Rio das Mortes; C – região de influência o Rio Capivari

Em cada um dos pontos, foram fixadas estações de monitoramento de 100m² de área. Esses pontos foram aqueles que apresentaram bancos de espécies com potencial invasor (*Urochloa subquadrifera* (Trin.) R.D. Webster, *Pistia stratiotes* L., *Salvinia auriculata* (Cham. & Schldl.) K. Schum, *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth e/ou *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) (BRANDÃO; LACA-BUENDIA; GAVILANES, 1898; DOMINGOS et al., 2011) com área maior que 10 m². As estações de coleta foram georreferenciadas com auxílio de um GPS (Tabela 1).

Tabela 1 Localização das estações de coletas no reservatório do Funil, MG

Local	Identificação	Coordenada (UTM)
Mortes	M1	0513137 / 7662505
	M2	0513305 / 7662534
	M3	0513756 / 7662736
	M4	0512849 / 7661684
	M5	0512649 / 7661429
	M6	0512408 / 7661199
	M7	0512382 / 7660874
Capivari	C1	0513471 / 7655053
	C2	0513937 / 7653725
	C3	0514098 / 7653938
	C4	0514206 / 7654459
	C5	0514027 / 7654913
	C6	0513716 / 7655760
	C7	0515791 / 7656252
Corpo central do reservatório	R1	0510248 / 7658338
	R2	0508650 / 7658536
	R3	0509085 / 7659227
	R4	0508918 / 7658568

2.2 Amostragem e levantamento dos dados

A periodicidade amostral foi bimensal, sendo que foi empregada uma metodologia não destrutiva de monitoramento da expansão dos bancos de macrófitas em campo, uma vez que através de observações prévias realizadas no reservatório do Funil, foi constatada a presença de pequenos bancos e a retirada da biomassa (método destrutivo) seria inviável. O método não destrutivo consta na avaliação do crescimento feita através da estimativa do aumento da superfície da lâmina d'água recoberta por macrófitas em áreas pré-estabelecidas. Com essa observação em campo é possível obter informações quanto à expansão de cada população (POMPÊO; MOSCHINI-CARLOS, 2003).

Em cada estação de coleta a abundância de cada espécie e/ou gênero presente foi estimada pela porcentagem de cobertura. Para tal, foi delimitado um transecto, perpendicular à margem, em cada área onde foram lançados quadrados de PVC de área igual a 0,25 m² distantes entre si 0,5 m. O número de

quadros lançados em cada transecção foi dependente do tamanho do banco naquele período amostral, sendo que quanto maior o banco maior o número de quadros lançados na área, com isso foi possível estimar o comprimento do banco e se o mesmo estava em expansão, retração ou estável.

Em cada quadro foi obtida a cobertura de cada espécie. Para facilitar a determinação da porcentagem de cobertura das espécies, o quadro utilizado era dividido em 20 pequenos quadros, cada um representando 5% do total.

Ainda nessas áreas, foram medidas algumas variáveis abióticas que potencialmente podem afetar o crescimento das macrófitas, como a transparência com disco de Secchi, pH, temperatura, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido com auxílio da sonda YSI 556. Amostras de água foram coletadas e enviadas para o Laboratório de Análises de Água da Universidade Federal de Lavras (UFLA) para análise da concentração de Ptotal e Ntotal. O monitoramento das áreas foi realizado nos meses de fevereiro, abril, junho, agosto, outubro e dezembro de 2010 e fevereiro de 2011.

2.3 Análise dos dados

Inicialmente foi testada a normalidade de cada variável, biótica e abiótica, através do teste de Kolmogorov-Sminorv. A porcentagem de cobertura apresentou distribuição normal para todos os meses ($p > 0,05$), apenas as concentrações de Ptotal, Ntotal e OD não apresentaram distribuição normal ($p < 0,05$), com isso essas variáveis foram logaritimizadas.

Para testar a hipótese de que não há variação temporal na cobertura das espécies em cada área, foi realizada uma ANOVA *two-way*, que compara além da variação da porcentagem de cobertura entre espécies, a variabilidade entre os meses. Foram ainda realizadas correlações de Pearson para investigar a relação entre os dados abióticos e variações na porcentagem de cobertura das espécies

em cada região amostrada. Para testar se as áreas são diferentes abiótica e bioticamente, foram realizadas análises de variância (ANOVA-*one way*) para comparar a diferença da cobertura vegetal, da riqueza e dos fatores abióticos entre as áreas e entre períodos.

Foram realizadas análises de Escalonamento Multidimensional não métrico (nMDS) em conjunto com uma análise de similaridade (ANOSIM), utilizando dados quantitativos (% de cobertura) e qualitativos (presença de espécies) para verificar se a composição de espécies da comunidade de macrófitas aquáticas do reservatório do Funil formam grupos distintos em função das áreas amostrais, para isso, foram utilizados os dados de riqueza de todos os meses amostrais em conjunto. Para a matriz quantitativa, o índice de similaridade utilizado foi o de Bray-Curtis e para a matriz qualitativa foi utilizado o índice de Jaccard.

A análise nMDS é uma análise de ordenação que produz, a partir de matrizes de similaridade ou dissimilaridade, um diagrama bidimensional representando o agrupamento ou não das espécies. Essa matriz pode ser construída com dados de abundância (quantitativo) ou de presença/ausência (qualitativo). A análise gera um valor de *stress* que indica o quanto a representação gráfica (diagrama bidimensional) gerada está adequada com a matriz de similaridade construída. Valores de *stress* entre 0,1 e 0,2 são considerados como uma boa representação gráfica da matriz original (CLARKE, 1993). Para verificar quais espécies foram responsáveis pelo agrupamento entre as regiões foi realizada uma análise discriminante do tipo SIMPER. Essa análise busca hierarquizar a contribuição relativa de cada espécie para cada região analisada avaliando a dissimilaridade percentual.

Para testar a hipótese de que a maior cobertura de macrófitas está relacionada com maiores concentrações de nutrientes (N e P), foram realizadas análises de regressões. Para isso os valores de concentrações de Ntotal e Ptotal

foram considerados variáveis explicativas para a porcentagem de cobertura das espécies. Ainda foram realizadas Análises de Correspondência Canônica (CCA) para verificar se as variáveis ambientais determinam a distribuição espacial da comunidade de plantas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Monitoramento das regiões do Rio das Mortes, Capivari e corpo central do Reservatório

Ao longo do monitoramento das regiões, foi observada através do número de quadros lançados, que o comprimento dos transectos não variou significativamente entre períodos amostrais dentro da mesma região (Mortes, $F = 1,0507$, $p = 0,4075$; Capivari, $F = 0,0652$, $p = 0,9978$; Reservatório, $F = 0,0215$, $p = 0,9997$).

Entre regiões, ao avaliar o comprimento médio dos transectos também não foi verificada diferença significativa ($F = 0,1765$; $p = 0,8405$). Esse fato é devido ao tamanho dos bancos amostrados que tiveram ampla variação dentro da mesma região. O maior banco amostrado foi encontrado na estação R3 da região do corpo central do reservatório, onde o comprimento médio do transecto foi de 22m (± 4 m), seguido pelo banco da estação C7, na região do Rio Capivari, dominado pela macrófita flutuante fixa *E.azurea*, onde a média do comprimento do transecto foi de 19m (± 2 m), porém nessa mesma região foram amostrados os menores bancos: estações C4 (6m ± 1) e C5 (5m $\pm 0,5$). Na região do Rio das Mortes os transectos apresentaram comprimentos mais homogêneos, sendo o maior na estação M2 (13m ± 4) e o menor na estação M4 (8m ± 2).

Não foi observada relação entre a riqueza e o tamanho dos transectos ($R^2 = 0,0801$; $p = 0,2831$), sugerindo que o tamanho do banco não influenciou o número de espécies encontrado em cada região, uma vez que os maiores bancos amostrados eram formados por poucas espécies, sendo algumas espécies dominantes e outras em porcentagem menor de cobertura.

3.1.1 Região do Rio das Mortes

Na região do Rio das Mortes, *S. auriculata* e *M. aquaticum* foram as únicas espécies que ocorreram em todos os pontos amostrados (Tabela 2). Apesar de *M. aquaticum* ter apresentado baixa cobertura, essa planta nativa enraizada possui potencial invasor devido suas estratégias de reprodução, sendo que métodos de controle mecanizado podem fazer com que esta planta se desenvolva ainda mais após distúrbio (NEGRISOLI et al., 2003).

Tabela 2 Frequência de ocorrências das espécies de macrófitas aquáticas nas 7 estações de coleta na região do Rio das Mortes

Espécies	Frequência de ocorrência (%)	Espécies	Frequência de ocorrência (%)
<i>A.philoxeroides</i>	14.28	<i>N.caerulae</i>	14.28
<i>E.alba</i>	14.28	<i>O.cubensis</i>	71.42
<i>E.crassipes</i>	71.42	<i>P.pernambucense</i>	42.85
<i>E.grandiflorus</i>	14.28	<i>P.stratiotes</i>	42.85
<i>E.najas</i>	42.85	<i>R.corymbosa</i>	28.57
<i>H.ranunculoides</i>	14.28	<i>S.auriculata</i>	100
<i>H.reniformes</i>	14.28	<i>S.montevidenses</i>	42.85
<i>L.fragilis</i>	14.28	<i>T.dominguensis</i>	28.57
<i>L.octovalvis</i>	57.14	<i>U.gibba</i>	42.85
<i>Lemnasp</i>	14.28	<i>U.subquadripara</i>	85.71
<i>M.aquaticum</i>	100		

Houve diferença significativa entre a porcentagem de cobertura total das espécies ($F_{\% \text{ entre espécie}} = 19,5652$; $p_{\% \text{ entre espécie}} = 0,0001$) sendo *Salvinia auriculata*, *U. subquadripara* e *P. stratiotes* responsáveis pela maior parte da cobertura vegetal encontrada nas estações de coleta durante o período amostral (Figura 2 e 3).

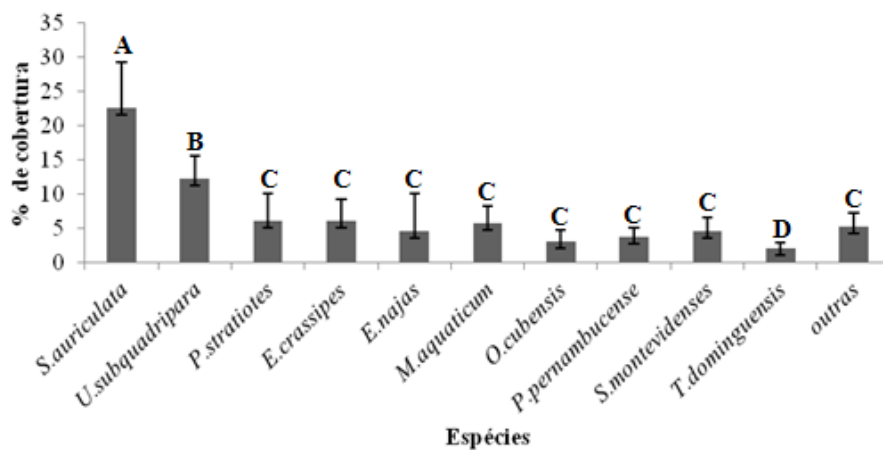


Figura 2 Média das porcentagens de cobertura em todos os períodos amostrais na região do Rio das Mortes. Barras representam a média do desvio padrão. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($F = 19,5652$; $p < 0,0001$)

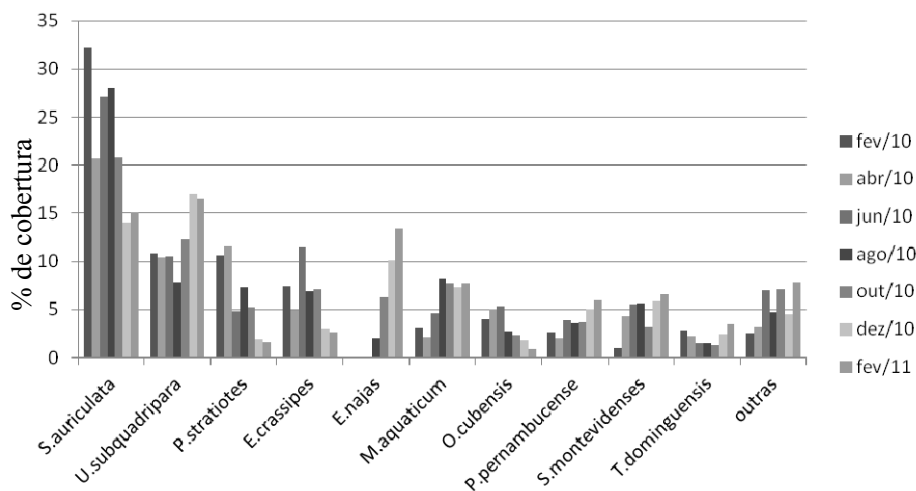


Figura 3 Média das porcentagens de cobertura de cada espécie ao longo do período amostral em todas as estações de coleta na região do Rio das Mortes

Quando comparada a média de porcentagem de cobertura vegetal total na região do Rio das Mortes não foi observada diferença significativa ao longo dos meses ($F_{\text{meses}} = 0,2038$; $p_{\text{meses}} = 0,973039$) (Figura 4), porém ao avaliar o comportamento das espécies mais abundantes na região somente nas estações onde as mesmas ocorrem, verificou-se que a porcentagem de cobertura oscila ao longo dos meses, mostrando que apesar da porcentagem de cobertura total não variar, os bancos de macrófitas na região do Rio das Mortes não se apresentaram estáticos, tendo umas espécies aumentando em cobertura enquanto outras diminuem.

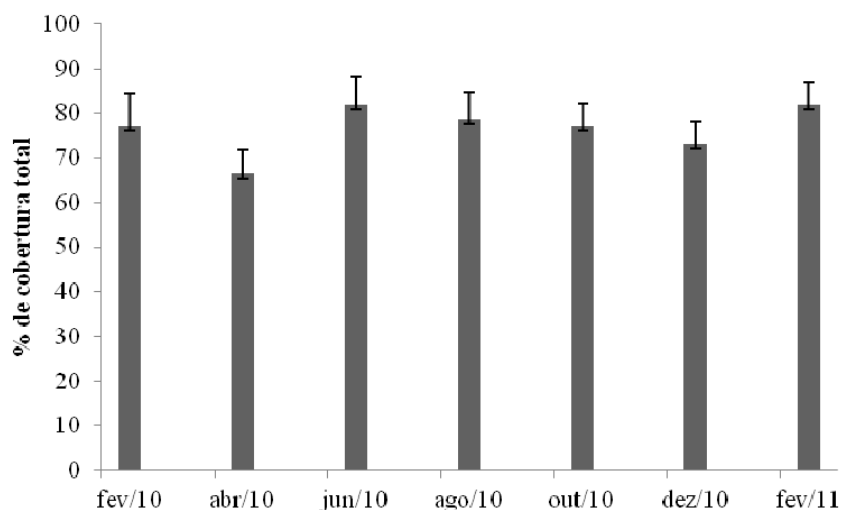


Figura 4 Porcentagem de cobertura vegetal total em cada mês do monitoramento na região do Rio das Mortes. Barras representam o desvio padrão

As espécies *U. subquadripara*, *S. auriculata*, *P. stratiotes*, *E. crassipes* e *E. najas* apresentaram oscilação da cobertura significativa ao longo do monitoramento, sendo que essa última foi encontrada na região apenas em duas estações e a partir do mês de junho (Figuras 5 e 6).

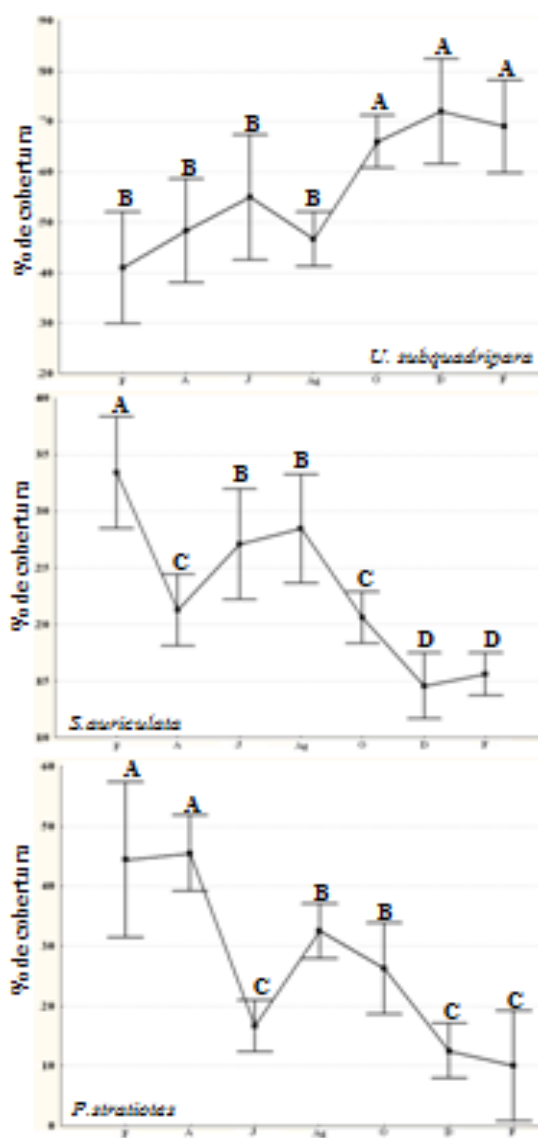


Figura 5 Média da porcentagem de cobertura de *U. subquadrifera* ($F = 10,8348$; $p < 0,001$); *S. auriculata* ($F = 20,6158$; $p < 0,001$) e *P. stratiotes* ($F = 29,5246$; $p < 0,001$) ao longo do monitoramento nas estações onde as mesmas ocorreram na região do Rio das Mortes. Barras mostram o intervalo de confiança $\pm 95\%$

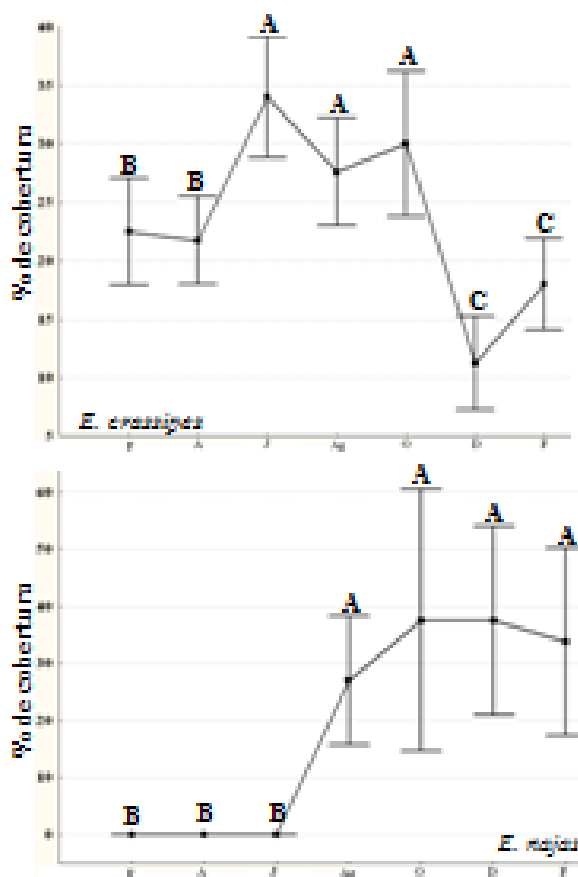


Figura 6 Porcentagem de cobertura de *E. crassipes* ($F = 20,6287$; $p < 0,001$) e *E. najas* ($F = 52,2845$; $p < 0,001$) ao longo do monitoramento nas estações onde as mesmas ocorreram na região do Rio das Mortes. Barras mostram o intervalo de confiança $\pm 95\%$

A diminuição na porcentagem de cobertura das espécies flutuantes a partir do mês de outubro de 2010 pode estar relacionada às intensas chuvas que ocorreram na região a partir deste período, intensificando em dezembro. Segundo o Instituto de Meteorologia - INMET (2011), o verão 2010-2011 (precipitação média = 248,33 mm) choveu praticamente o dobro do verão do ano

anterior (precipitação média = 120,67 mm) de chuva. E esse maior volume de água acarretou em um aumento da velocidade do fluxo na região do Rio das Mortes, que provocaram o deslocamento das plantas flutuantes e essas seguiram em direção à barragem.

As variáveis abióticas oscilaram temporalmente na região do Rio das Mortes no reservatório do Funil, pode-se observar que, para a maioria das variáveis, houve separação entre os meses chuvosos e secos (Figura 7 e 8). Esse fato também pode explicar, em parte, a variação temporal na porcentagem de cobertura das espécies.

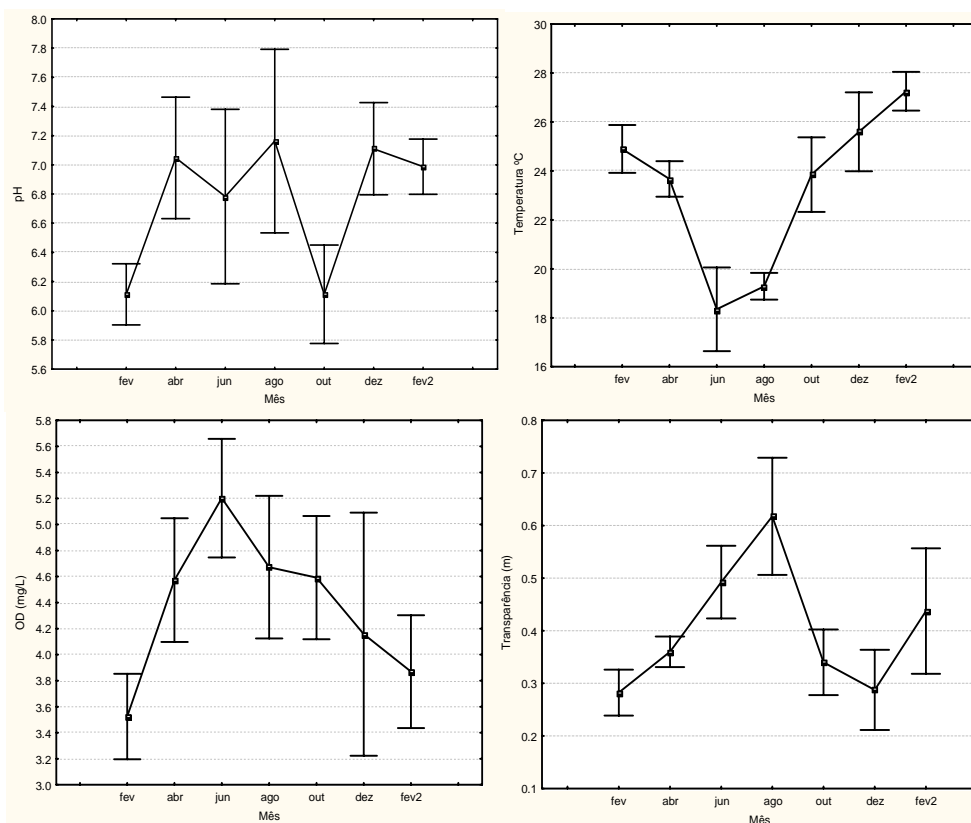


Figura 7 Comportamento das variáveis abióticas ao longo dos meses na região do Rio das Mortes no reservatório do Funil, MG. **A:** pH; **B:** temperatura (°C); **C:** oxigênio dissolvido (mgL^{-1}); **D:** transparência (m)

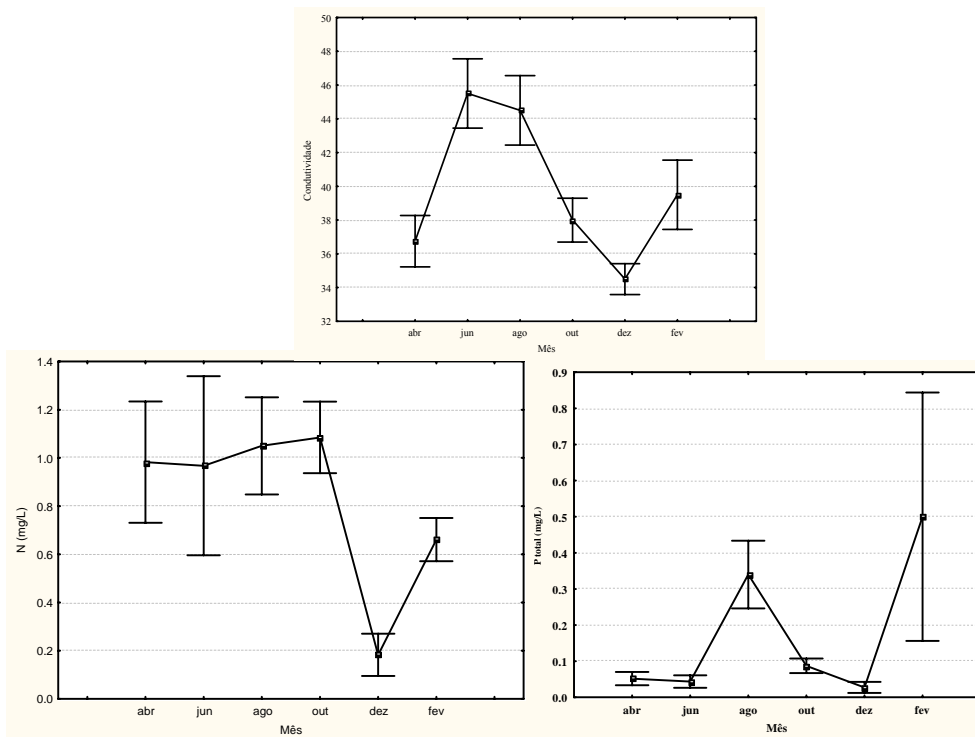


Figura 8 Comportamento das variáveis abióticas ao longo dos meses na região do Rio das Mortes no reservatório do Funil, MG. **A:** condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$); **B:** nitrogênio total (mgL^{-1}); **C:** fósforo total (mgL^{-1})

Os meses de fevereiro e outubro de 2010 apresentaram os menores valores de pH e esses se diferenciaram significativamente dos demais meses ($F = 12,1854$; $p < 0,001$). O pH da região ficou entre 6,0 e 7,5, dentro do padrão para rios Classe II que é o caso do rio das Mortes (BRASIL, 2005).

A temperatura das águas apresentou os menores valores em julho e agosto de 2010 sendo esses diferentes dos demais meses ($F = 74,3011$; $p < 0,0001$), e também nesses meses foi verificado os maiores valores de OD ($5,2 \text{ mgL}^{-1}$), e no mês de fevereiro de 2011, o menor valor ($3,6 \text{ mgL}^{-1}$) sendo esses diferentes dos demais meses ($F = 10,4827$, $p = 0,0002$). A solubilidade do oxigênio na água aumenta com a redução da temperatura, com isso, nos

ecossistemas aquáticos, geralmente encontram-se os maiores valores de OD no inverno (ESTEVEES, 2011).

Na região do Rio das Mortes, a concentração de OD é baixa, tendo valor médio de $4,4 \text{ mg.L}^{-1}$ ($\pm 0,61$). Segundo a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 357 (BRASIL, 2005), rios Classe II não devem ter concentração de OD menor que 5 mg. L^{-1} em nenhuma de suas amostras. Esses resultados mostram a deterioração das águas do Rio das Mortes que pode ser devido à grande carga de lançamento de efluentes domésticos e agroindustriais em suas águas ao longo de seu percurso.

A região do Rio das Mortes apresentou águas turvas, com baixa transparência, sendo que a transparência média, medida pelo disco de Secchi, foi de $0,40\text{m}$ ($\pm 0,12$). O maior valor de transparência foi medido no mês de junho de 2010 ($0,80\text{m} \pm 0,04$) sendo esse diferente dos demais meses ($F = 23,94$; $p < 0,001$). A maior transparência no mês de junho está relacionada à ausência de chuvas e conseqüentemente o menor carreamento de sedimento para dentro do rio.

Outra variável que apresentou altos valores nos meses secos diferindo dos meses chuvosos foi a condutividade elétrica ($F = 66,137$; $p < 0,001$). O comportamento da condutividade elétrica em ambientes aquáticos está muito relacionado ao uso e ocupação do solo na bacia. Maiores valores de condutividade em período chuvoso foram relatados em diversos rios na Amazônia (HORBE et al., 2005; SILVA et al., 2008) e reservatório na África (ATOBATELE; UGWUMBA, 2008). Por outro lado, em vários reservatórios brasileiros, foram encontrados maiores valores de condutividade elétrica em período seco (LOLIS; RHOMAZ, 2011; RODGHER et al., 2005). O menor volume e o maior tempo de detenção das águas no período seco contribuem para a concentração dos íons (ABOWEI; GEORGE, 2009; KARMAKAR et al., 2011). Outro fator que pode ter elevado a condutividade elétrica nos meses secos

é a maior concentração de fósforo e nitrogênio nesse período. Bini et al. (1999) verificaram correlação positiva entre a concentração de P total nas águas do reservatório de Itaipu com a condutividade elétrica. A condutividade elétrica também está intimamente relacionada à transparência, uma vez que em águas de maior transparência, macrófitas aquáticas, principalmente submersas, elevam sua taxa fotossintética, o que leva a um aumento da concentração de íons na água e conseqüentemente da condutividade elétrica (BINI; THOMAZ, 2005).

O padrão estabelecido de concentração de P total em ambientes intermediários com tempo de residência entre 2 e 40 dias, ou tributário diretos de ambientes lênticos é de até $0,05 \text{ mgL}^{-1}$ (BRASIL, 2005). A região do Rio das Mortes apresentou valores superiores em todos os meses amostrais, sendo maiores nos meses de agosto de 2010 ($0,38 \text{ mgL}^{-1} \pm 0,14$) e fevereiro de 2011 ($0,67 \text{ mgL}^{-1} \pm 0,55$) sendo esses diferentes dos demais ($F = 5,0691$; $p = 0,0045$) em todas as estações de coleta. Porém, a elevada média dos valores da concentração de P total no mês de fevereiro de 2011 é provavelmente devido à descarga pontual de poluição na estação M7, pois apenas essa apresentou valores desse nutriente, muito superiores, à média das outras estações, elevando assim o desvio padrão dos dados. Nessa estação há uma fazenda que lança seu efluente direto no corpo d'água sem tratamento prévio.

Em relação à concentração de N total, esse foi diferente no mês de dezembro de 2010, tendo seu menor valor, e em fevereiro de 2011 que apresentou um aumento em relação ao mês anterior, mas foi inferior aos meses de abril a outubro de 2010 ($F = 26,2038$; $p < 0,001$). A queda na concentração de N total no mês de outubro pode estar relacionada ao maior volume de água no rio causado pelas primeiras chuvas (MALIK; NADEEM, 2011).

Vale ressaltar que ao longo do ano foi possível verificar alterações nas estações de monitoramento na região do Rio das Mortes, sendo que duas M2 e M3 se tornaram “lagoas abertas”, ou seja, braço com pequena conexão com o

reservatório. Desde o início do monitoramento foi verificada alta deposição de sedimento na entrada dessas estações, que eram braços conectados ao reservatório. Em junho, a entrada da mesma foi fechada pela deposição do sedimento e em agosto essa conexão deixou de existir, sendo que a entrada na estação via barco se tornou impossível. A troca de águas dessas estações com o Rio das Mortes é feita apenas no período chuvoso, e esse fato fez com que no período seco essas estações apresentassem os maiores valores de transparência medidos pelo disco de Secchi quando comparadas às outras cinco ($F = 4,1654$; $p = 0,008$).

Esse deve ser um dos principais motivos que colaborou com a colonização e desenvolvimento de *E.najas* nessas estações a partir de agosto. Bini e Thomaz (2005), realizando estudos de predição da ocorrência dessa espécie no reservatório de Itaipu, verificaram que a ocorrência de *E. najas* está positivamente relacionada com a transparência da água e com a condutividade elétrica, porém os mesmos autores relatam que foram encontrados pequenos bancos dessa espécie em locais de alta turbidez, mostrando a grande plasticidade e persistência dessa planta, o que a torna um potencial invasor.

Ao realizar a correlação de Pearson entre a porcentagem de cobertura de *E.najas* com a transparência medida pelo disco de Secchi e com a condutividade elétrica nas estações M2 e M3, foi verificada correlação positiva significativa ($R_{\text{secchi.}} = 0,383$; e $R_{\text{condut.}} = 0,860$; $p < 0,05$) corroborando com o estudo de Bini e Thomaz (2005).

Os resultados de correlação de Pearson para as demais espécies demonstraram que a porcentagem de cobertura total e de *S. auriculata*, *U. subquadripa*, *P. stratiotes* e *E. crassipes* foram correlacionadas com algumas variáveis ambientais (Tabela 3).

Tabela 3 Correlações de Pearson (R) entre a porcentagem de cobertura total das espécies, porcentagem de cobertura de *S. auriculata*, *U. subquadripara*, *P. stratiotes* e *E. crassipes* e variáveis abióticas. (* denota correlações significativas: $p < 0,05$)

Variáveis	Cobertura total	<i>Salvinia auriculata</i>	<i>Urochloa subquadripara</i>	<i>Eichhornia crassipes</i>	<i>Pistia stratiotes</i>
Temperatura (°C)	-0,6582*	-0,6369*	-0,3255	-0,5484*	-0,5462*
OD (mg.L ⁻¹)	0,6244*	0,6167*	0,1147	0,3508	0,2229
Transparência (m)	0,1809	0,2728	-0,2977	0,2059	0,0299
pH	-0,0166	0,3238	-0,4393*	0,3007	-0,978
Condutividade elétrica (µS/cm)	-0,050	0,302	-0,150	0,623*	0,342

A porcentagem de cobertura foi correlacionada negativamente com a temperatura e positivamente com a concentração de OD. Isso porque, a maior porcentagem de cobertura das espécies, principalmente das flutuantes, foi encontrada nos meses mais frios, que apresentou os maiores valores de OD. A menor porcentagem nos meses mais quentes pode ser devido à estação chuvosa. Sousa (1984) relata que chuvas e ventos fortes fazem com que alguns bancos de espécies flutuantes se desloquem, e espécies submersas enraizadas se soltem diminuindo a cobertura dessas no local de origem.

Apenas *E. crassipes* apresentou correlação significativa com a condutividade elétrica. A condutividade está relacionada com a concentração de íons na água, e algumas espécies são favorecidas pelo aumento dessa variável, entre elas, espécies flutuantes livres, que tem sua abundância associada positivamente com o aumento da concentração de íons na coluna d'água (THOMAZ; SOUZA; BINI, 2003). Bini et al. (1999) encontraram uma forte associação entre a ocorrência de *E. crassipes* e locais com alta condutividade elétrica e condições nutricionais.

Ao realizar a regressão para verificar a dependência da porcentagem de cobertura total de espécies na região do Rio das Mortes em função da

concentração total de N e de P não foi encontrada relação (N total: $R^2 = 0,0723$; $p = 0,2039$; P total: $R^2 = 0,036$; $p = 0,374$), o mesmo foi observado ao analisar a dependência da porcentagem de cobertura de *S. auriculata* com N total ($R^2 = 0,005$; $p = 0,7407$) e P total ($R^2 = 0$; $p = 0,9875$); e *U. subquadripara* com N total ($R^2 = 0,013$; $p = 0,6011$) e P total ($R^2 = 0,037$; $p = 0,3690$).

Porém para *E. crassipes* ($R^2 = 0,2518$; $p = 0,0125$) e *P. stratiotes* ($R^2 = 0,4362$; $p = 0,0004$), foi verificado que quanto maior a concentração de N total na água, maior a porcentagem de cobertura dessas espécies na região do Rio das Mortes (Figura 9), mas não houve relação entre essas espécies e a concentração de P total na água (*E. crassipes*: $R^2 = 0,0337$; $p = 0,3905$; *P. stratiotes*: $R^2 = 0,0078$; $p = 0,6820$). A variação temporal na porcentagem de cobertura de *E. crassipes* e *P. stratiotes* também pode ser explicada pela variação temporal na concentração de N total, uma vez que os meses em que esse se apresentou em menor quantidade nas águas foi verificada a redução da cobertura dessas espécies.

Henry-Silva, Pezzato e Camargo (2008) estudando o efeito do enriquecimento nutricional (N e P) no crescimento de *E. crassipes* e *P. stratiotes* verificaram que essas espécies tiveram seu crescimento dependente desses nutrientes. Carignan e Neiff (1992) estudando macrófitas em lagos de planície de inundação verificaram que para *E. crassipes* o nutriente mais importante na limitação do crescimento foi nitrogênio e não o fósforo.

Espécies de macrófitas aquáticas flutuantes retiram seus nutrientes da coluna d'água (BINI et al., 1999), a não relação da cobertura dessas espécies com o P total, mostra que na região do Rio das Mortes o nutriente limitante para o crescimento das flutuantes é provavelmente o nitrogênio, uma vez que o fósforo é abundante, inclusive superando os níveis aceitáveis para rios classe II (BRASIL, 2005).

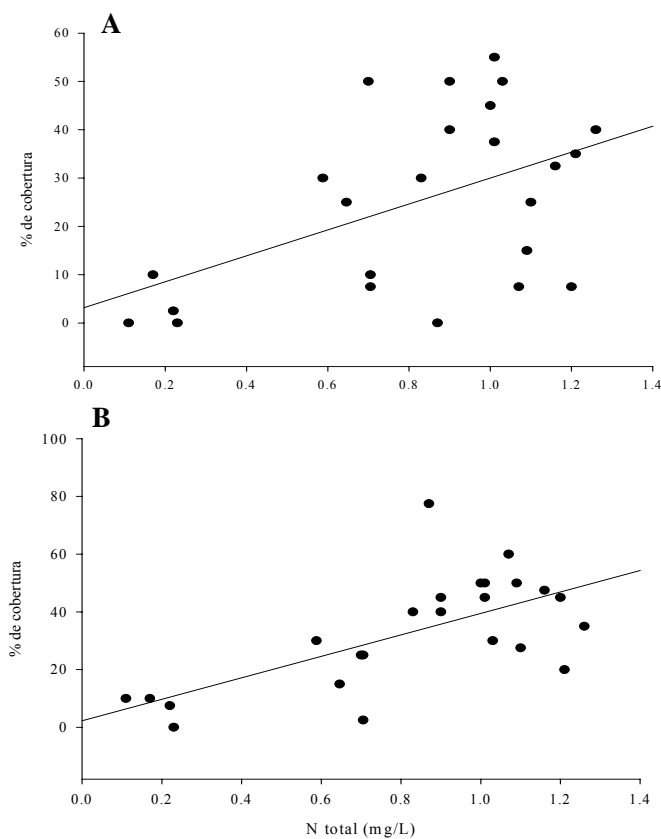


Figura 9 Regressão linear mostrando a relação de dependência entre a porcentagem de cobertura de **A:** *E. crassipes*, **B:** *P. stratiotes* com a concentração de N total (mgL^{-1}) na água da região do Rio das Mortes

Em pântanos, a produtividade de macrófitas é limitada por N quando a razão N:P é < 14 (LACOUL; FREDMAN, 2006). A razão N:P para a região do Rio das Mortes foi de 11,7. Apesar dessa generalização não ser usual em estudos com reservatórios, esse valor em conjunto com a relação positiva entre a porcentagem de crescimento de *E. crassipes* e *P. stratiotes* com a concentração de N total na água, pode indicar que esse nutriente é um dos principais fatores limitantes do crescimento dessas espécies na região. São diversas as fontes de nitrogênio nas águas do Rio das Mortes, além do lançamento de efluentes

domésticos e agroindustriais, o nitrogênio pode vir da lixiviação do solo da bacia que abriga diversas atividades agrárias que utilizam compostos nitrogenados para melhoramento do solo.

3.1.2 Região do Rio Capivari

Na região do Rio Capivari, apenas *S. auriculata* ocorreu em todas as estações de coleta (Tabela 4).

Tabela 4 Frequência de ocorrências das espécies de macrófitas aquáticas nas 7 estações de coleta na região do Rio Capivari

Espécies	Frequência de ocorrência (%)	Espécies	Frequência de ocorrência (%)
<i>Aeschynomene</i> sp	14.28	<i>P.cordata</i>	28.57
<i>C.asiatica</i>	14.28	<i>P.pernambucense</i>	57.14
<i>E.azurea</i>	42.85	<i>R.corymbosa</i>	57.14
<i>E.interstincta</i>	28.57	<i>S.auriculata</i>	100
<i>E.prostata</i>	14.28	<i>T.dominguensis</i>	57.14
<i>H.ranunculoides</i>	14.28	<i>U.gibba</i>	14.28
<i>L.lagunae</i>	28.57	<i>U.subquadripara</i>	57.14
<i>L.octovalvis</i>	28.57		

Houve diferença significativa entre a porcentagem de cobertura total das espécies ($F_{\% \text{ por espécie}} = 38,8562$; $p_{\% \text{ por espécie}} < 0,0001$), sendo *E. azurea*, que ocorreu em apenas 42,85% dos pontos amostrados, a espécie de maior porcentagem de cobertura seguida por *P. cordata* e *S. auriculata* (Figura 10 e 11).

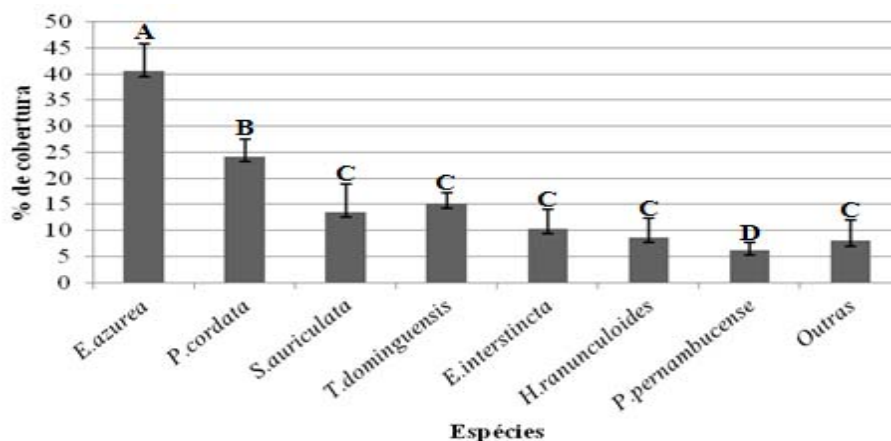


Figura 10 Média das porcentagens de cobertura em todos os períodos amostrais na região do Rio Capivari. Barras representam o desvio padrão. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey

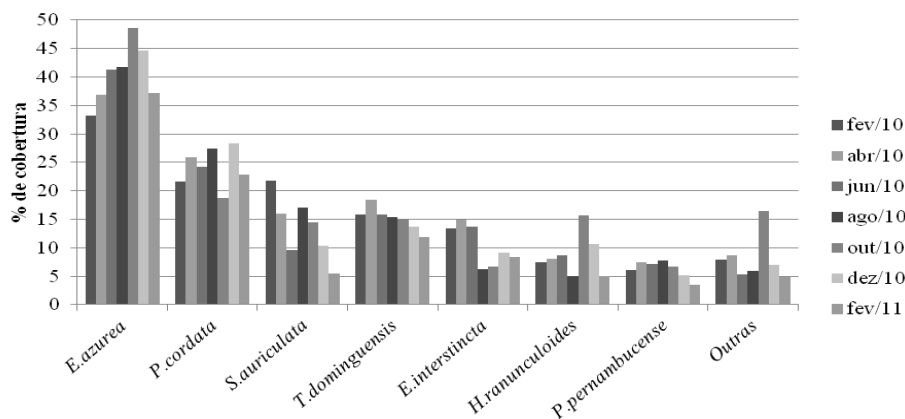


Figura 11 Média das porcentagens de cobertura de cada espécie ao longo do período amostral em todas as estações de coleta na região do Rio Capivari

Quando comparada a média de porcentagem de cobertura vegetal total na região do Rio Capivari não foi observada diferença significativa ao longo dos meses ($F_{\text{meses}} = 1,7319$; $p_{\text{meses}} = 0,1368$) (Figura 12).

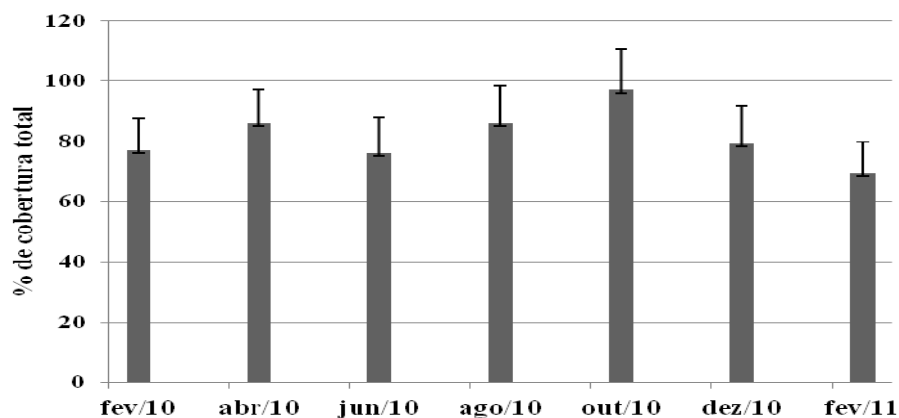


Figura 12 Porcentagem de cobertura vegetal total em cada mês do monitoramento na região do Rio Capivari. Barras representam o desvio padrão

Ao avaliar o comportamento das espécies mais abundantes na região apenas nas estações onde as mesmas ocorrem, verificou-se que a porcentagem de cobertura de *S. auriculata* oscila ao longo dos meses apresentando um acentuado decréscimo nos meses chuvosos, porém os bancos de *E. azurea* e *P. cordata* amostrados no Rio Capivari não apresentaram oscilação significativa, provavelmente devido à grande variação dos dados dentro do mesmo mês (Figura 13).

Muitos estudos têm verificado que a biomassa de *E. azurea* não apresenta variação sazonal (HENRY-SILVA; CAMARGO, 2003; OLIVEIRA et al., 2005). Mas a oscilação do nível da água altera a produção de biomassa tanto de *E. azurea* (BINI, 1996) como de *P. cordata* (MENEZES; ESTEVES; ANÉSIO, 1993). Como o reservatório do Funil possui nível de água constante, é de se esperar que não haja variação na porcentagem de cobertura das macrófitas enraizadas.

A diminuição da porcentagem de cobertura de *S. auriculata* nos meses chuvosos está relacionada ao deslocamento dos indivíduos pela maior correnteza nesse período, pois a maior movimentação das águas é um fator importante que pode limitar o crescimento e até mesmo a ocorrência de macrófitas aquáticas, principalmente das espécies flutuantes (BIUDE; CAMARGO, 2008).

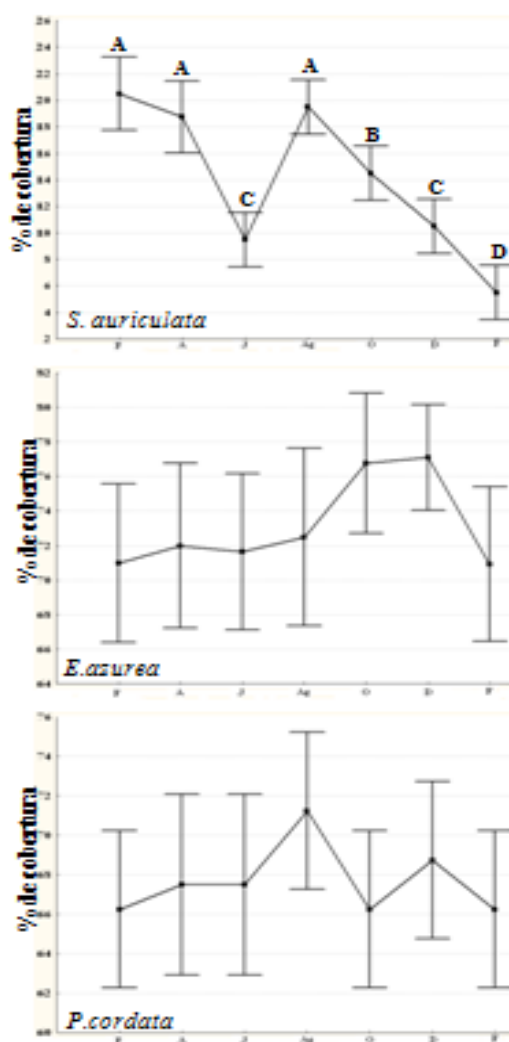


Figura 13 Média da porcentagem de cobertura de *S.auriculata* ($F = 65,49$; $p < 0,001$), *E. azurea* ($F = 1,7326$; $p = 0,1206$) e *P.cordata* ($F = 1,9565$; $p = 0,1183$) em estações de coleta no Rio Capivari. Barras mostram o intervalo de confiança $\pm 95\%$

A redução na porcentagem de cobertura de *S. auriculata* no mês de junho poderia estar relacionada à temperatura, porém, com o aumento da cobertura no mês de agosto e por não haver correlação significativa entre a porcentagem de cobertura dessa espécie e a temperatura da água (Tabela 6) não pode-se dizer que a temperatura foi a responsável pela redução de *S. auriculata*.

As variáveis abióticas oscilaram temporalmente, mostrando diferenças significativas entre alguns meses (Figura 14 e 15). O pH das águas da região do Rio Capivari apresentou maior valor em agosto de 2010 (7,8) e o menor em fevereiro de 2010 (6,0) e esses diferiram dos demais meses que apresentaram média de $6,9 \pm 0,54$ ($F = 36,4163$; $p < 0,001$). A temperatura apresentou os menores valores em junho e agosto de 2010, sendo esses meses diferentes dos demais ($F = 56,7381$; $p < 0,001$). A média do oxigênio dissolvido foi de $6,4 \text{ mg.L}^{-1} \pm 2,01$, ao longo do monitoramento. As maiores médias de OD esperado nos meses frios foi superado pelo valor de fevereiro de 2011 ($F = 104,9579$; $p < 0,001$) que apresentou um acréscimo provavelmente devido ao turbilhonamento das águas causado pela maior precipitação neste mês comparado aos meses anteriores (INMET, 2011).

As águas da região do Rio Capivari se mostraram mais claras nos meses secos (julho e agosto de 2010), sendo esses diferentes dos demais meses ($F = 28,049$; $p < 0,001$). As variáveis transparência e condutividade elétrica são correlacionadas positivamente (BINI; THOMAZ, 2005), sendo assim, essa última apresentou o mesmo comportamento sendo maior nos meses secos diferindo dos meses chuvosos ($F = 126,3219$; $p < 0,001$).

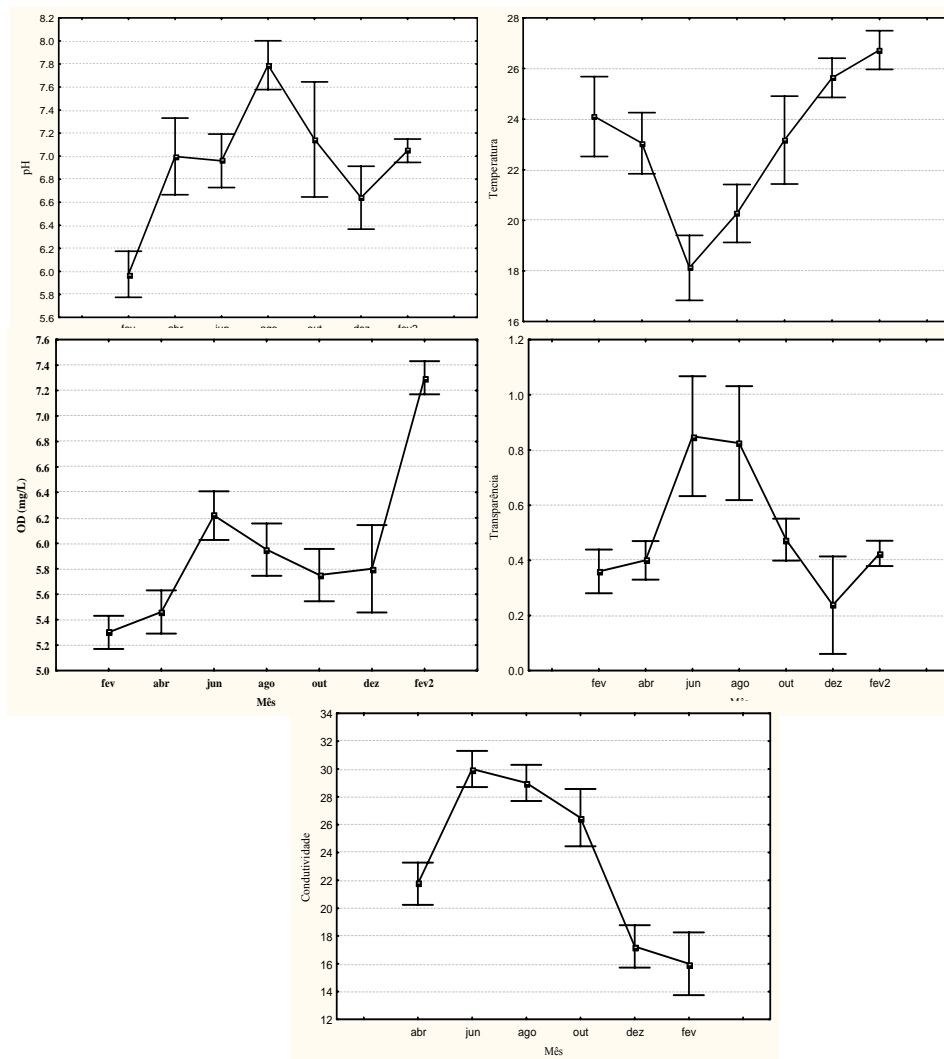


Figura 14 Comportamento das variáveis abióticas ao longo dos meses na região do Rio Capivari no reservatório do Funil, MG. **A:** pH. **B:** temperatura (°C); **C:** oxigênio dissolvido (mgL^{-1}); **D:** transparência (m); **E:** condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$)

A concentração de N total foi menor nos meses chuvosos (dezembro de 2010 e fevereiro de 2011), sendo esses diferentes dos demais meses ($F = 15,7914$; $p < 0,001$), a maior concentração desse nutriente no período seco pode ter elevado a condutividade elétrica. A concentração média de P total na região do Capivari foi de $0,034 \text{ mg.L}^{-1}$ ($\pm 0,001$), valor esse inferior ao limite máximo permitido pela legislação. A concentração de P total não variou ao longo dos meses ($F = 1,6532$; $p = 0,1874$) (Figura 16).

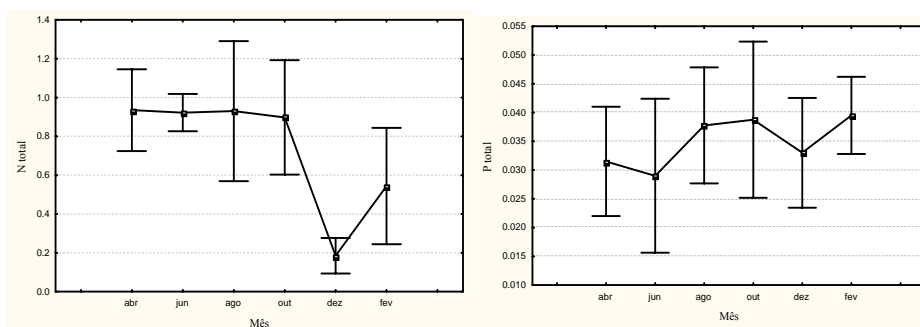


Figura 15 Comportamento das variáveis abióticas ao longo dos meses na região do Rio Capivari no reservatório do Funil, MG. **A:** nitrogênio total (mgL^{-1}); **B:** fósforo total (mgL^{-1})

Os resultados da correlação de Pearson demonstraram que a porcentagem de cobertura total e a cobertura de *P. cordata* na região do Rio Capivari não foram correlacionadas com as variáveis ambientais, porém *S. auriculata* e *E. azurea* correlacionaram com a concentração de OD na água, mas essa correlação provavelmente é espúria, uma vez que essas plantas utilizam oxigênio atmosférico para sua respiração (Tabela 5).

Tabela 5 Correlações de Pearson entre a porcentagem de cobertura total das espécies, porcentagem de cobertura de *E. azurea*, *P. cordata* e *S. auriculata* e variáveis abióticas (*denota correlações significativas: $p < 0,05$)

Variáveis	Cobertura total	<i>E.azurea</i>	<i>P.cordata</i>	<i>S.auriculata</i>
Temperatura (°C)	-0,200	-0,039	-0,094	-0,232
OD (mg.L ⁻¹)	-0,244	0,430*	-0,090	-0,520*
Transparência (m)	0,140	-0,068	0,049	0,239
pH	-0,066	-0,010	-0,060	0,050
Condutividade elétrica (μS.cm ⁻¹)	0,320	0,130	0,132	-0,117

Não houve relação entre a porcentagem de cobertura vegetal total com a concentração de N total ($R^2 = 0,0398$; $p = 0,302$) e de P total ($R^2 = 0,0638$; $p = 0,2338$). Nem as espécies *E. azurea* ($R^2_{Nt} = 0,081$; $p_{Nt} = 0,1791$; $R^2_{Pt} = 0,0638$, $p_{Pt} = 0,1031$) e *P. cordata* ($R^2_{Nt} = 0,004$; $p_{Nt} = 0,7525$ $R^2_{Pt} = 0,1178$, $p_{Pt} = 0,1006$) apresentaram relação com esses nutrientes. Mas *S. auriculata*, assim como na região do Rio das Mortes, teve sua porcentagem de cobertura relacionada significativamente com a concentração de N total, porém com baixa explicação ($R^2 = 0,2799$; $p = 0,0079$), pois é observado no gráfico grande dispersão dos dados (Figura 16). Não houve relação de dependência entre *S. auriculata* e a concentração de com P total ($R^2 = 0,0034$; $p = 0,7875$). Em reservatórios, é relatada relação positiva entre a abundância de *S. auriculata* e a concentração de nutrientes, principalmente N e P (BINI et al., 1999).

Já era esperado que *E. azurea* e *P. cordata* não apresentassem correlação com a concentração de N e P na água, uma vez que essas retiram seus nutrientes do sedimento.

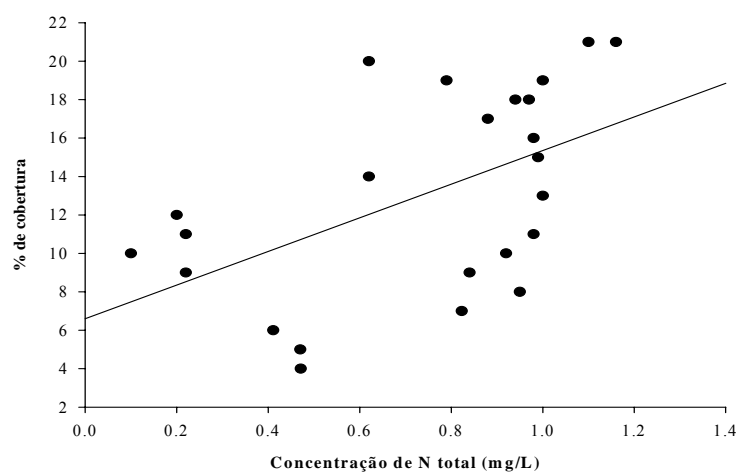


Figura 16 Regressão linear mostrando a relação de dependência entre a porcentagem de cobertura de *S. auriculata* e a concentração de N total na água da região do Rio Capivari

3.1.3 Região do corpo central do reservatório

Quatro espécies ocorreram em todas as estações de coleta no reservatório: *E. crassipes*, *M. aquaticum*, *P. stratiotes* e *S. auriculata* (Tabela 6).

Tabela 6 Frequência de ocorrências das espécies de macrófitas aquáticas nas quatro estações de coleta na região do Corpo Central do Reservatório

Espécies	Frequência de ocorrência (%)	Espécies	Frequência de ocorrência (%)
<i>A.philoxeroides</i>	50	<i>O.cubensis</i>	75
<i>C.asiatica</i>	25	<i>P.pernambucense</i>	25
<i>E.crassipes</i>	100	<i>P.stratiotes</i>	100
<i>E.interstincta</i>	25	<i>R.corymbosa</i>	25
<i>H.amplexicaulis</i>	25	<i>S.auriculata</i>	100
<i>H.reniformes</i>	25	<i>S.montevideoses</i>	25
<i>L.helminthorrhiza</i>	25	<i>T.dominguensis</i>	25
<i>L.octovalvis</i>	25	<i>U.gibba</i>	25
<i>M.aquaticum</i>	100	<i>U.subquadripara</i>	75

Houve diferença significativa entre a porcentagem de cobertura total das espécies ($F_{\% \text{ por espécie}} = 4,7198$; $p_{\% \text{ por espécie}} = 0,0005$), sendo *U.subquadripara* a espécie que apresentou maior porcentagem de cobertura (Figura 17 e 18). A maior biomassa de *U. subquadripara* pode afetar negativamente a biomassa de diversas outras espécies como *E. crassipes*, *E. azuerea* e *Egeria* sp., mostrando a alta habilidade competitiva dessa espécie exótica (THOMAZ; MICHELAN, 2011).

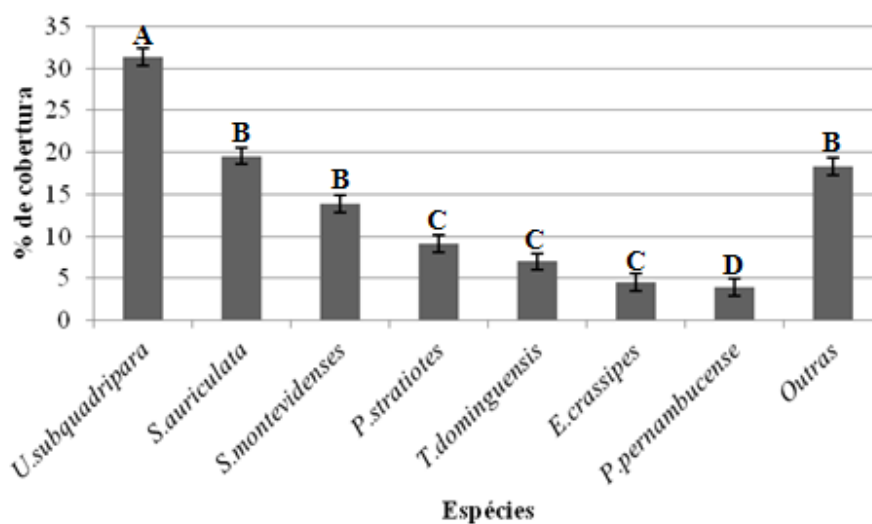


Figura 17 Média das porcentagens de cobertura em todos os períodos amostrais na região do corpo central do reservatório. Barras representam o desvio padrão. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey

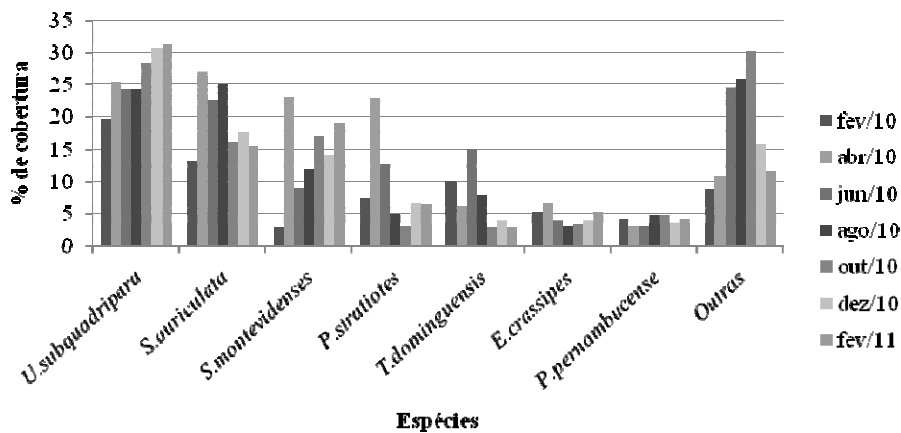


Figura 18 Média das porcentagens de cobertura de cada espécie ao longo do período amostral na região do Reservatório

Quando comparada a média de porcentagem de cobertura vegetal total na região do corpo central do reservatório não foi observada diferença significativa ao longo dos meses ($F_{\text{meses}} = 0,3828$; $p_{\text{meses}} = 0,8866$) (Figura 19).

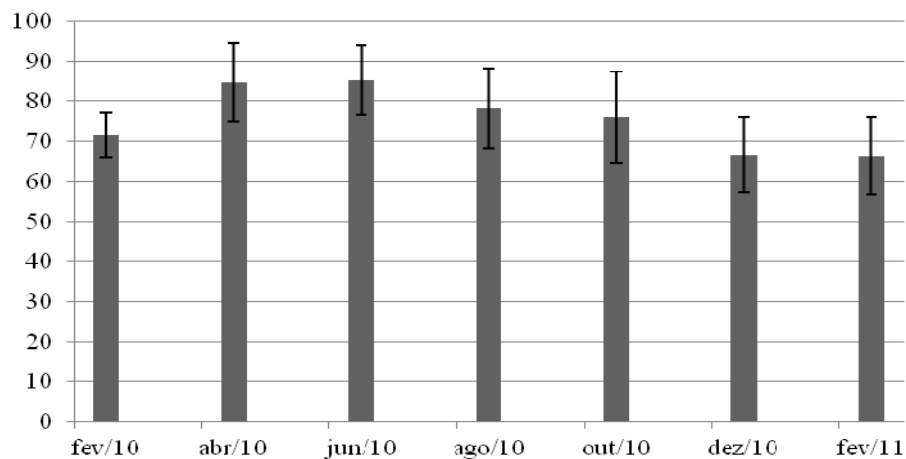


Figura 19 Porcentagem de cobertura vegetal total em cada mês do monitoramento na região do corpo central do reservatório. Barras representam o desvio padrão

Ao analisar o comportamento das duas espécies mais abundantes no reservatório apenas nas estações de coleta em que as mesmas ocorreram, foi observada oscilação da porcentagem de cobertura de *U. subquadripara* ao longo dos meses, mas *S. auriculata* não apresentou variação (Figura 20).

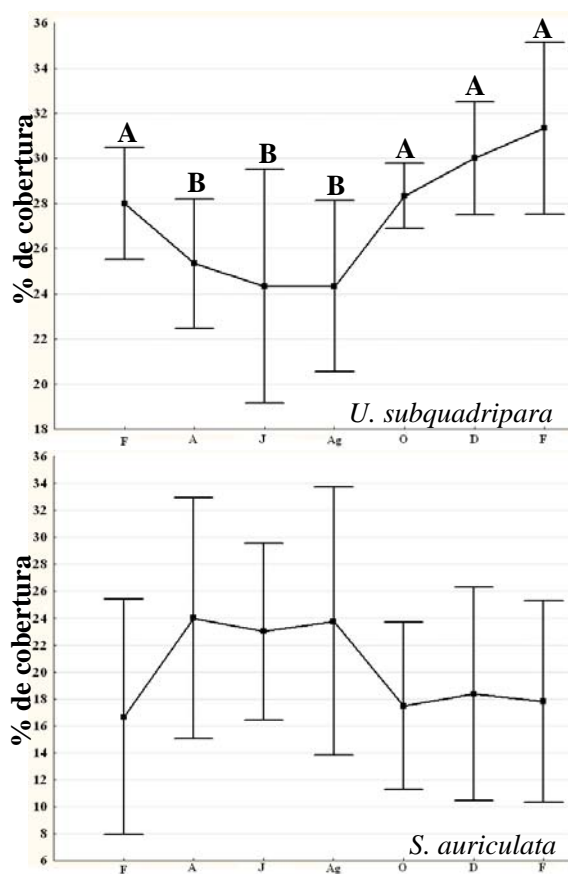


Figura 20 Porcentagem de cobertura de *U. subquadripara* ($F = 12,8596$; $p < 0,001$) e *S. auriculata* ($F = 2,069$; $p = 0,1231$) em estações de coleta na região do corpo central do reservatório ao longo do período amostral mostrando a média e o intervalo de confiança $\pm 95\%$. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey

Domingos et al. (2011), verificaram uma variação sazonal na área colonizada por *U. subquadripara* no reservatório Barra Bonita, SP, sendo que essa área diminuiu na estação seca. No reservatório do Funil também foi observada uma retração dos bancos de *U. subquadripara* nos meses mais frios e uma rápida expansão a partir de outubro de 2010, mostrando que o aumento da movimentação das águas, durante o período chuvoso, não afetou o crescimento dessa espécie.

Diferente do ocorrido nas regiões do Rio das Mortes e Rio Capivari, *S. auriculata* não apresentou decréscimo significativo em sua porcentagem de cobertura na região do Reservatório nos meses chuvosos, provavelmente porque as estações de coleta nessa região são mais protegidas, com presença de paliteiros que impediram que a maior velocidade de fluxo da água levasse as plantas em direção à barragem.

Das variáveis abióticas obtidas na região do corpo central do reservatório, a única que não diferiu ao longo do monitoramento foi o pH ($F = 1,58$; $p = 0,200$), sendo neutras as águas dessa região (média = $7,11 \pm 0,14$) (Figura 21). A temperatura apresentou os menores valores nos meses de seca (junho e agosto) diferindo dos demais meses ($F = 67,2971$; $p < 0,001$).

A média do oxigênio dissolvido foi de $5,7 \text{ mg.L}^{-1} \pm 0,65$, diferindo entre os meses ao longo do monitoramento ($F = 90,6973$; $p > 0,001$). Os maiores valores de OD era esperado para os meses mais frios, uma vez que a menor temperatura favorece a solubilidade do oxigênio na água (ESTEVEZ, 2011), porém, no mês de agosto, que apresentou uma das menores temperaturas ($19,2^{\circ}\text{C}$) houve uma queda na concentração de OD. Esse fato pode ser em função do aumento da concentração de P total encontrado neste mês (figura 20), indicando aumento da poluição orgânica (MALIK; NADEEM, 2011). Em fevereiro de 2011 foi encontrado o maior valor de OD, esse aumento pode ter sido causado pela maior movimentação das águas devido às fortes chuvas.

Segundo dados obtidos no INMET (2011), na região onde a UHE Funil está inserida, em fevereiro de 2011 houve uma precipitação de 345mm de chuva, sendo que no mesmo mês no ano de 2010 esse valor foi de 192mm. Esse grande volume de águas que contribuíram para a Bacia do Alto Rio Grande em fevereiro de 2011 podem ter afetado o comportamento das variáveis abióticas neste mês, principalmente do OD.

A transparência foi maior nos meses de seca (julho e agosto), e dezembro apresentou o menor valor, devido o aumento da turbidez das águas causada pelas chuvas. Esses meses diferiram dos demais ($F = 25,7095$; $p < 0,001$). A condutividade elétrica apresentou o mesmo comportamento da transparência, diferindo os meses secos dos meses chuvosos ($F = 321,4675$; $p < 0,001$). O maior valor de condutividade elétrica no mês de agosto pode estar relacionado ao aumento da concentração de fósforo nas águas nesse mês. Com a chegada das chuvas a partir de outubro, houve uma diluição dos íons na água que acarretou na redução da condutividade elétrica (ABOWEI; GEORGE, 2009).

Em relação à concentração de N total, os meses chuvosos apresentaram a menor concentração desse nutriente na água diferindo dos meses secos ($F = 5,6973$; $p > 0,001$). O mesmo ocorreu para o P total, sendo que ao longo do monitoramento, a concentração de P total diferiu apenas no mês de agosto de 2010, tendo um aumento considerável em relação aos outros meses ($F = 18,1287$; $p < 0,001$) (Figura 22).

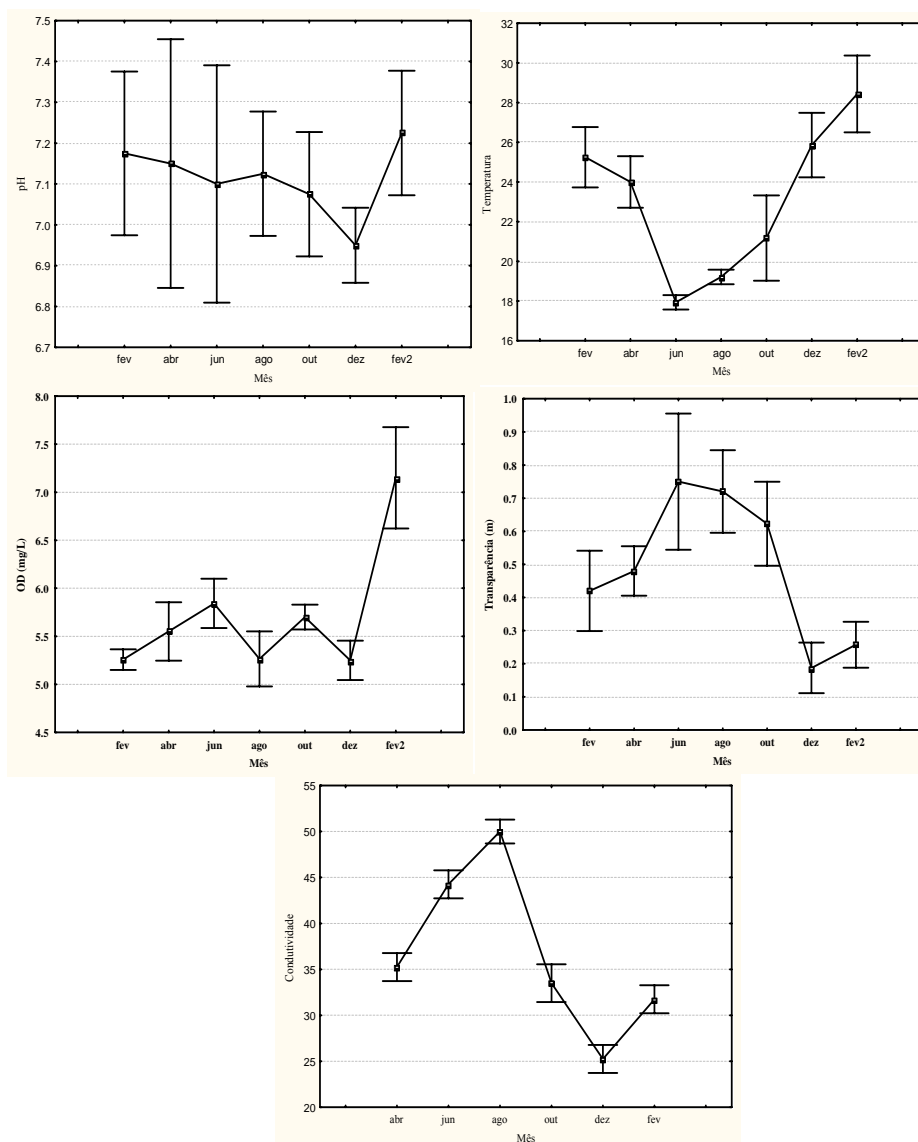


Figura 21 Comportamento das variáveis abióticas ao longo dos meses na região do corpo central do reservatório do Funil, MG. **A:** pH. **B:** temperatura (°C); **C:** oxigênio dissolvido (mgL^{-1}); **D:** transparência (m); **E:** condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$)

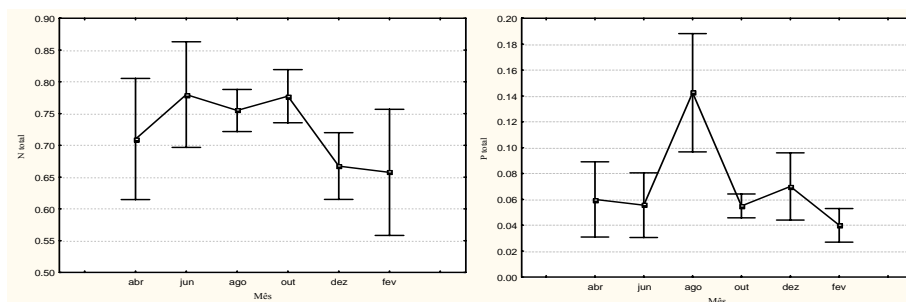


Figura 22 Comportamento das variáveis abióticas ao longo dos meses na região do corpo central do reservatório do Funil, MG. **A:** nitrogênio total (mgL^{-1}); **B:** fósforo total (mgL^{-1})

Como essa região há o lançamento de esgotos tratados e não tratados, as maiores concentrações de nutrientes em meses secos pode ser devido a uma maior carga desses na coluna d'água devido à falta de renovação da coluna d'água e ao maior tempo de detenção da água no reservatório. Além disso, sabe-se que o esgoto sanitário em períodos secos é mais concentrado por não ter grande contribuição das águas pluviais, sendo assim, onde esse é lançado há um aumento da concentração de nutrientes (N e P) e diminuição do OD (VON SPERLING, 1996). O reservatório apresentou águas ricas em fósforo, sendo que a média ($0,07 \text{ mg.L}^{-1} \pm 0,02$) foi superior ao permitido para rios classe II que é o caso do Rio Grande nessa região. De acordo com Von Sperling (1996) grandes lagos são considerados eutróficos quando a concentração de P na água é superior a $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$.

Os resultados da correlação de Pearson demonstraram que a porcentagem de cobertura total das espécies e a porcentagem de cobertura de *S. auriculata* na região do corpo central do reservatório, não foram correlacionadas com as variáveis ambientais, mas *U. subquadripa* correlacionou negativamente com a condutividade elétrica e positivamente com a temperatura e com a concentração de OD (Tabela 7).

Tabela 7 Valores de R obtidos nas correlações de Pearson entre a porcentagem de cobertura total das espécies, porcentagem de cobertura de *U.subquadrifera* e *S. auriculata* e variáveis abióticas (*denota correlações significativas: $p < 0,05$)

Variáveis	Cobertura total	<i>U.subquadrifera</i>	<i>S.auriculata</i>
Temperatura (°C)	-0,120	0,571*	0,070
OD (mg.L ⁻¹)	-0,01	0,542*	-0,121
Transparência (m)	0,061	-0,223	-0,101
pH	0,121	-0,381	0,162
Condutividade elétrica (μS.cm ⁻¹)	0,271	-0,791*	0,021

Espécies de climas tropicais, como é o caso da *U. subquadrifera*, originária da África tropical, têm melhor crescimento em temperaturas mais elevadas, em torno de 25°C (BIUDES; CAMARGO, 2008). O reservatório do Funil apresentou temperatura média nos meses de junho e agosto de 18,5°C ($\pm 2,2$), sendo que nesses meses foi observada a menor porcentagem de cobertura dessa espécie. Domingos et al. (2011) verificaram que a diminuição da área colonizada por *U. subquadrifera* no reservatório de Barra Bonita nos meses de seca estava relacionado às baixas temperaturas.

A correlação de *U. subquadrifera* negativa com a condutividade elétrica e positiva com a concentração de OD na água provavelmente é espúria, uma vez que esta espécie é enraizada e retira seus nutrientes do sedimento e o CO₂ e O₂ da atmosfera.

Não houve relação entre a porcentagem de cobertura vegetal total com a concentração de N total ($R^2 = 0,0730$; $p = 0,2017$) e de P total ($R^2 = 0,0405$; $p = 0,3459$). Nem as espécies mais abundantes na região do corpo central do reservatório apresentaram relação com esses nutrientes. (*U. subquadrifera*: $R^2_{Nt} = 0,008$; $p_{Nt} = 0,8986$ $R^2_{Pt} = 0,004$, $p_{Pt} = 0,9302$; *S. auriculata*: $R^2_{Nt} = 0,021$; $p_{Nt} = 0,4917$ $R^2_{Pt} = 0,0124$, $p_{Pt} = 0,2017$).

Como as análises da concentração de N e P foram realizadas apenas na água, era de se esperar que não houvesse relação significativa com a porcentagem de cobertura de *U. subquadrifera*, uma vez que essa espécie é

enraizada. Porém, Domingos et al. (2011), encontraram relação exponencial entre a taxa de crescimento dessa espécie com a concentração de P e N no sedimento, sendo que *U. subquadripara* apresenta uma faixa de tolerância para esses nutrientes, tanto o excesso quanto a deficiência de N e P é prejudicial para a planta.

3.2 Estrutura da comunidade de macrófitas aquáticas do Funil

Ao comparar as três áreas monitoradas foi verificada que a riqueza de espécies na região do Rio das Mortes foi de 21 spp., a região do corpo central do reservatório de 18 spp. e a região do Rio Capivari de 15 spp., porém não houve diferenças significativas nos valores médios de riqueza entre as áreas ($F = 2,6176$; $p = 0,1046$).

Ao avaliar a porcentagem de cobertura vegetal total entre as áreas também não foi verificada diferença significativa ($F = 0,1256$; $p = 0,8826$), porém a média da porcentagem de cobertura das espécies *S. auriculata* ($F = 24,6037$; $p < 0,001$) e *U. subquadripara* ($F = 6,0530$; $p = 0,048$) em cada área monitorada foram diferentes entre si, sendo que a região do Capivari apresentou a menor porcentagem de cobertura dessas espécies (Figura 23).

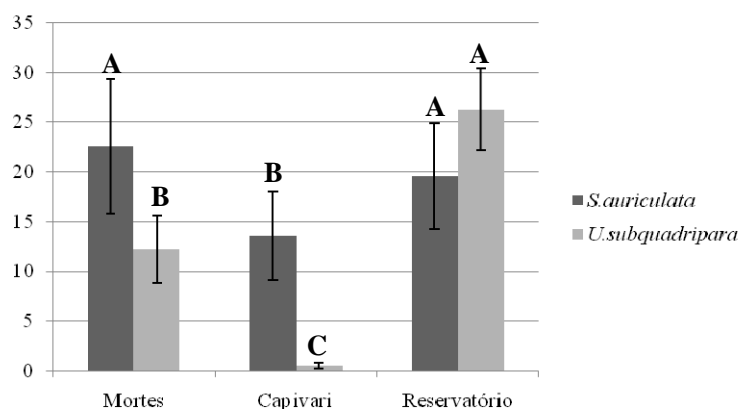


Figura 23 Média da porcentagem de cobertura das espécies *S.auriculata* e *U. subquadripapa* nas três regiões monitoradas no reservatório do Funil, MG. Barras representam o desvio padrão. Letras iguais sobre as barras da mesma espécie não indica diferença significativa

Ao realizar uma análise exploratória da composição espacial da comunidade de macrófitas no reservatório do Funil, baseada na porcentagem de cobertura e na presença/ausência das espécies, observou-se um agrupamento dos pontos da região do Rio Capivari, sendo que as outras regiões, Mortes e Reservatório, se sobrepuseram (Figura 24).

É possível identificar dois pontos da região do Rio das Mortes que se separaram dos demais. Esses pontos são referentes à estação de coleta M6 nos meses de fevereiro e abril de 2010. Essa separação deve-se ao fato de que nesses meses esta estação não apresentou presença das espécies flutuantes *E. crassipes* e *Lemna* sp. que surgiram a partir do mês de junho de 2010, oriundas de locais próximos à estação M6, onde já tinham sido observadas anteriormente.

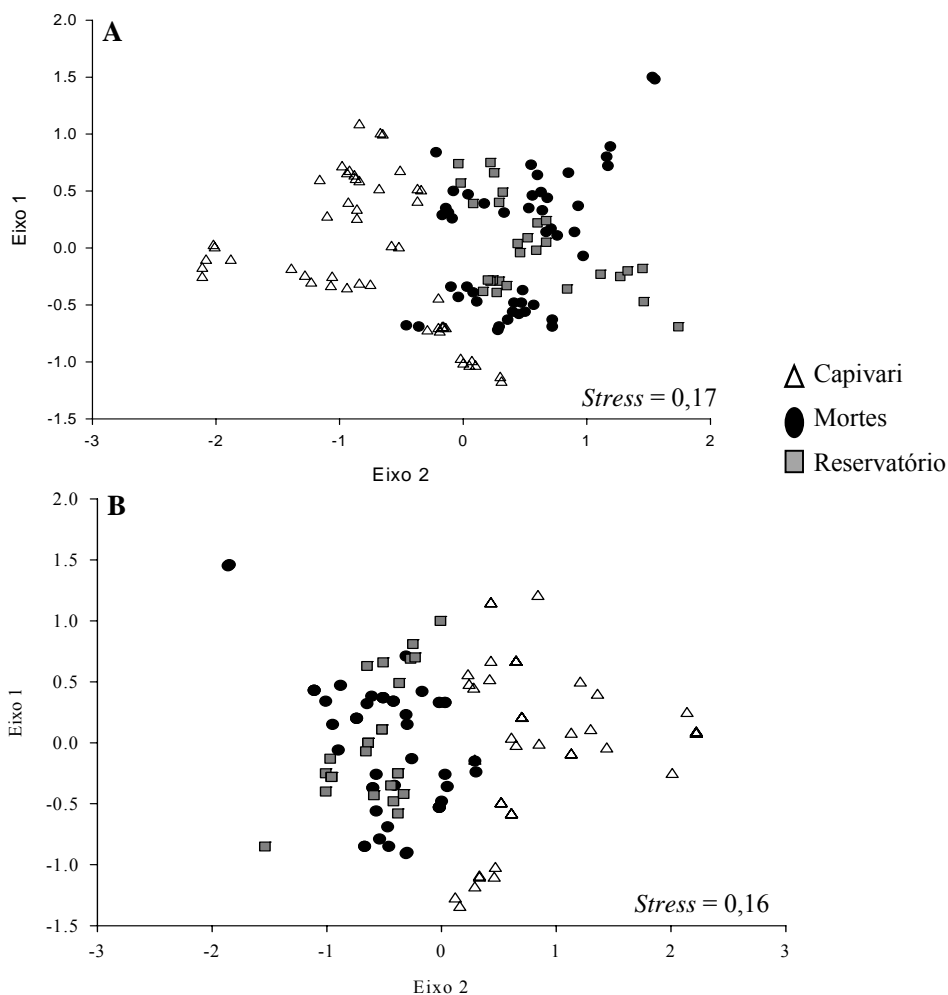


Figura 24 Escalonamento multidimensional não métrico segundo **A**: a porcentagem de cobertura **B**: presença e ausência das espécies, para a comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório do Funil durante o monitoramento

Pela análise de similaridade, verificou-se que o agrupamento formado pelos pontos da região do Rio Capivari foram significativamente diferentes das demais regiões, quando utilizado os dados de porcentagem de cobertura. Com os dados de presença e ausência, todas as regiões diferiram entre si (Tabela 8).

Tabela 8 Valores de R e p da comparação de análise de similaridade (ANOSIM), baseado nos dados de porcentagem de cobertura (%) e presença e ausência (P/A) para a comunidade de macrófitas aquáticas em três regiões no reservatório do Funil. C: região do Rio Capivari; M: região do Rio das Mortes; R: região do corpo central do reservatório

Região	R	Valor de p
C X M (%)	0,417	0,001
C X R (%)	0,412	0,001
M X R (%)	0,029	0,196
C X M (P/A)	0,492	0,001
C X R (P/A)	0,485	0,001
M X R (P/A)	0,099	0,007

Esses resultados mostram que as comunidades de macrófitas aquáticas na região do Rio das Mortes e corpo central do reservatório são mais similares em termos de abundância das espécies que em termos de presença de espécies.

Para verificar quais espécies foram responsáveis pelo agrupamento entre as regiões foi realizada uma análise discriminante do tipo SIMPER, baseada na matriz de porcentagem de cobertura. Com isso verificou-se que as regiões dos rios Capivari x Mortes apresentou 83,03% de dissimilaridade e a ocorrência e abundância das espécies *S. auriculata*, *T. domingensis*, *P. pernambucense*, *E. azurea* e *P. cordata* foram responsáveis por 53,81% dessa diferença. Já a dissimilaridade entre as regiões do Rio Capivari X corpo central do reservatório foi de 85,11%, sendo a ocorrência e abundância das espécies *P. pernambucense*, *S. auriculata*, *T. domingensis*, *E. azurea*, e *P. cordata* foram responsáveis por 61,29% dessa diferença.

As espécies *E. azurea* e *P. cordata*, ambas enraizadas da família *Pontederiaceae*, foram exclusivas da região do Rio Capivari com alta cobertura, e isso explica a grande participação dessas na diferença entre as regiões. As demais espécies ocorreram nas três regiões, porém a diferença na porcentagem de cobertura entre as regiões contribuiu para a dissimilaridade (Tabela 9).

Tabela 9 Média e desvio padrão da porcentagem de cobertura das espécies que foram as principais responsáveis pela dissimilaridade entre as regiões durante o monitoramento. (C: região do Rio Capivari; M: região do Rio das Mortes; R: região do corpo central do reservatório)

	C	M	R
<i>S. auriculata</i>	13,53 ± 5,45	22,57 ± 6,7	19,56 ± 5,2
<i>T. domingensis</i>	15,17 ± 2,00	2,18 ± 0,78	7,01 ± 4,39
<i>P. pernambucense</i>	6,26 ± 1,43	3,81 ± 1,33	3,99 ± 0,65
<i>E. azurea</i>	40,51 ± 5,22	0	0
<i>P. cordata</i>	24,16 ± 3,37	0	0

A Análise de Correspondência Canônica (CCA) mostrou escores significativos para os dois primeiros eixos de acordo com o teste de Monte Carlo ($p = 0,036$), os quais explicaram 32,6% da variabilidade total dos dados. As variáveis com maior coeficiente de estrutura no eixo 1 (autovalor: 0,5952) foram transparência (0,648) e condutividade (-0,791). No eixo 2 (autovalor: 0,4248) as variáveis mais importantes foram OD (0,898) e Ptotal (-0,987) (Figura 25). Um estudo realizado em *Wetlands* foi verificado que as variáveis que melhor explicaram a variação na composição de espécies foram condutividade elétrica e concentração de P total, sendo essas importantes preditores na composição da comunidade (ROLON et al., 2008).

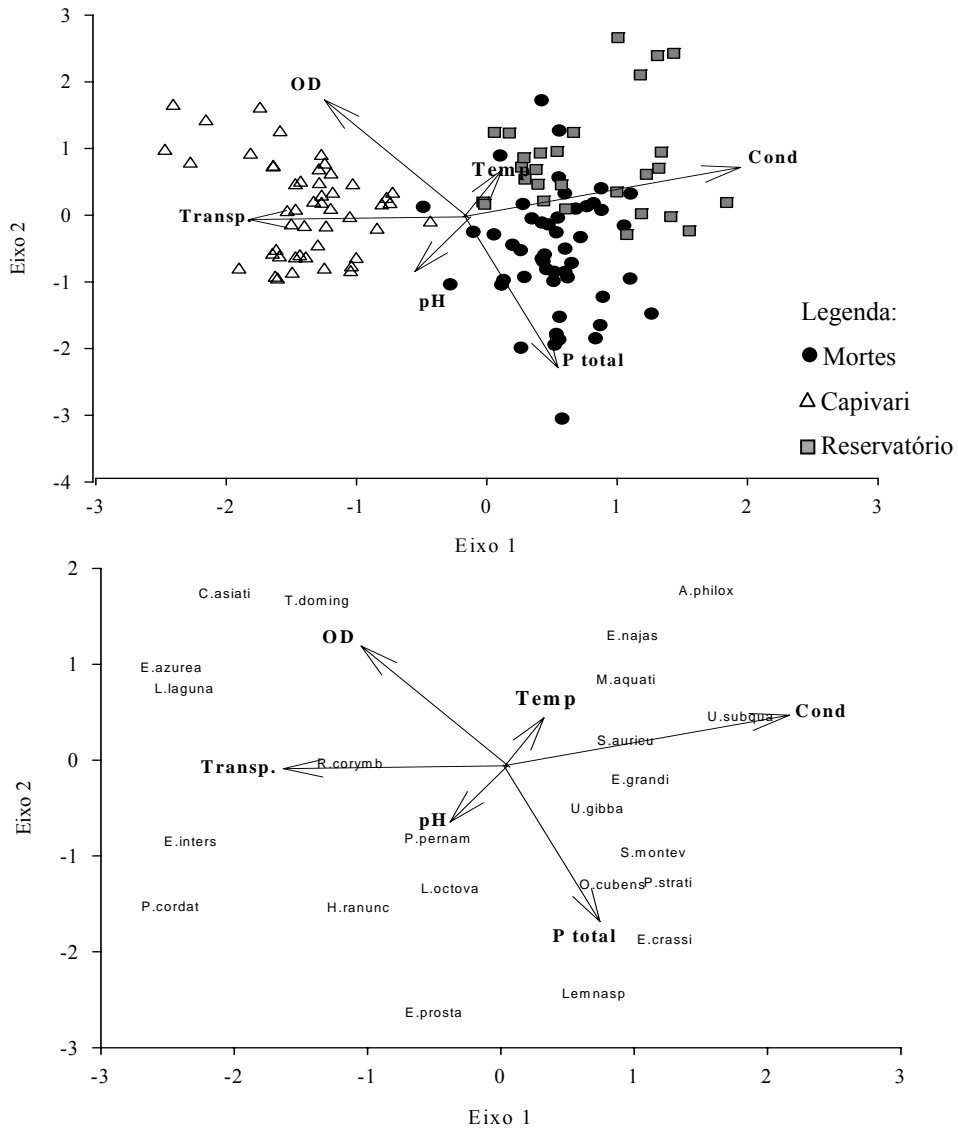


Figura 25 Escores de uma Análise de Correspondência Canônica (CCA) aplicada sobre a matriz de presença e ausência da comunidade de macrófitas aquáticas das três regiões do reservatório do Funil e a matriz de variáveis ambientais

Verificou-se o agrupamento dos pontos localizados na região do Rio Capivari no lado esquerdo, mostrando a ordenação da comunidade dessa região em função da transparência e concentração de oxigênio dissolvido na água. No lado direito, as variáveis P total e condutividade foram as principais responsáveis pela estruturação da comunidade nas regiões do Rio das Mortes e corpo central do reservatório.

O OD e a transparência da água estão intimamente relacionados com a ocorrência de plantas submersas, uma vez que essas necessitam da entrada de luz na coluna d'água para realizar fotossíntese e utiliza oxigênio e carbono em sua forma diluída na água (ESTEVEZ, 2011). Apesar dos altos valores de transparência e OD das águas da região do Rio Capivari, não foram identificadas espécies submersas nessa região.

As espécies submersas, *E. najas* e *M. aquaticum*, foram encontradas apenas nas regiões do Rio das Mortes e corpo central, sendo mais relacionadas com altas temperaturas e alta condutividade. Estudos relatam a preferência dessas espécies por locais de águas mais quentes (SOUSA; THOMAZ; MURPHY, 2010), além disso, altos valores de condutividade elétrica têm sido considerados preditores na ocorrência de *E. najas* (BINI; THOMAZ, 2005), e esse pode ser um dos motivos da ausência dessa espécie na região do Rio Capivari, que apresentou águas com baixa condutividade elétrica.

Salvinia auriculata e *U. subquadripara* foram mais relacionadas com o aumento da condutividade elétrica, e *E. crassipes* e *P. stratiotes* foram preditas por maiores concentrações de P total.

A temperatura influencia na produtividade das macrófitas aquáticas por controlarem a velocidade de reações químicas, e de maneira geral, altas temperaturas favorecem o crescimento das macrófitas (BIUDES; CAMARGO, 2008). A condutividade elétrica, que está relacionada à concentração de íons presentes na água, pode favorecer algumas espécies de macrófitas,

principalmente àquelas que se beneficiam na eutrofização (LOUGHEED; CROSBIE; CHOW-FRASER, 2000). Thomaz, Souza e Bini (2003) verificaram que no reservatório de Itaipu, a riqueza de espécies de macrófitas foi positivamente relacionada com a condutividade elétrica.

A disponibilidade de P nos ecossistemas aquáticos, juntamente com N, é considerado um dos principais fatores que controlam a ocorrência e desenvolvimento das macrófitas aquáticas (VAN; WHEELER; CENTER, 1999). Altos valores desses nutrientes, em conjunto com altas temperaturas, favorecem a mudança de dominância em ecossistemas aquáticos de espécies submersas para espécies flutuantes (BINI et al., 1999; NETTEN et al., 2011). Estudos mostram uma íntima relação positiva entre a produção de biomassa por *E. crassipes* e *P. stratiotes* com a concentração de P total na água (HENRY-SILVA; PEZZATO; CAMARGO, 2008).

As espécies *T. domingensis*, *P. cordata* e *E. azurea*, que apresentaram exclusividade ou maior porcentagem de cobertura na região do Rio Capivari foram preditas pela maior concentração de OD e maior transparência. Porém, essas espécies são comuns e abundantes também em locais com altas concentrações de N e P (BRANDÃO; LACA-BUENDIA; GAVILANES, 1989). Mas, como essas espécies são enraizadas e não foram realizadas análises no sedimento, não se pode inferir sobre a disponibilidade desses nutrientes para essas plantas na Região do Rio Capivari. A relação dessas espécies com as variáveis que as predizem pode ser espúria.

Ao avaliar a diferença espacial das variáveis abióticas, foi verificado que o pH, temperatura e N total não diferiram entre as áreas, porém a região do Capivari diferenciou das demais, apresentando os maiores valores de transparência e condutividade elétrica e menor valor de Ptotal. A região do Rio das Mortes apresentou o menor valor de OD, sendo diferente das outras regiões (Tabela 10).

Tabela 10 Valores médios e desvio padrão das variáveis físico-químicas avaliadas no reservatório do Funil, MG em cada região durante o monitoramento mostrando o valor do teste F e valor de p (M: região do Rio das Mortes; C: região do Rio Capivari; R: região do corpo central do reservatório; letras diferentes entre () na mesma linha denotam diferença significativa entre as regiões)

Variáveis	M	C	R	F	p
Temp. (°C)	23,24±3,1	23,07±3,0	21,65±3,6	0,0455	0,9556
OD (mg.L ⁻¹)	4,4±0,61 (B)	6,41±2,0 (A)	6,5±2,5 (A)	6,9075	0,0021*
Transp. (m)	0,34±0,13 (B)	0,55±0,22 (A)	0,49±0,17 (A)	3,7375	0,0270*
Ph	6,84±0,41	7,16±0,32	7,11±0,14	1,8952	0,1549
Cond. elétrica (µS.cm ⁻¹)	39,79±4,18 (A)	23,41±5,67 (B)	36,66±8,40 (A)	42,2301	<0,001*
N total (mg.L ⁻¹)	0,79±0,37	0,75±0,29	0,89±0,33	0,1859	0,8322
P total (mg.L ⁻¹)	0,21±0,32 (A)	0,034±0,01 (C)	0,07±0,03 (B)	5,8187	0,0051*

Esses resultados permitem fazer uma inferência sobre a qualidade da água em cada região. O Rio das Mortes apresentou águas mais poluídas e mais turvas, sendo que a média de P total encontrado é maior que a permitida pela legislação para rios classe 2, demonstrando a grande carga de esgoto doméstico e agroindustrial que esse rio recebe em todo seu percurso.

A região do Rio Capivari é caracterizada por águas mais claras, neutras e com boa oxigenação, nenhuma das variáveis analisadas nessa região ficaram abaixo do padrão estabelecido pela resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005) para rios classe 2.

A região do corpo central do reservatório também apresentou águas claras, neutras e com boa oxigenação, porém foram encontrados teores de P total superiores ao permitido à legislação para rios classe 2. Esse alto valor de P total é devido à contribuição das águas do Rio das Mortes, uma vez que essa região está após a foz desse rio e, além disso, nessa região há o lançamento de efluente da ETE de Ijaci. Apesar de existir tratamento do esgoto, o mesmo diminui a carga de DBO e DQO, porém não elimina a carga de fósforo contido no esgoto (VON SPERLING, 2011).

A diferença na qualidade das águas de cada região pode explicar a diferença na composição das espécies. A maior similaridade entre as regiões do Rio das Mortes e corpo central do Reservatório é tanto biótica quanto abiótica.

4 CONCLUSÃO

O monitoramento das macrófitas aquáticas no reservatório do Funil demonstrou que a variação espacial na comunidade é mais pronunciada que a variação temporal, uma vez que não foi verificada variação na porcentagem de cobertura total das espécies ao longo do ano. Porém, ao avaliar isoladamente o desenvolvimento de *U. subquadripara* verificou seu aumento nas áreas amostrais com o tempo, principalmente na região do corpo central do reservatório na foz do ribeirão Pirampum. Nesse local, a população dessa espécie deve ser especialmente monitorada para evitar que a mesma feche o canal do ribeirão, pois fatos como este já foram relatados em rios onde essa espécie é abundante.

O maior foco de atenção deve ser dado à região do Rio das Mortes, que apesar de apresentar a maior parte dos bancos estáveis (porcentagem de cobertura não variou ao longo do tempo), a eutrofização das águas e o assoreamento têm criado cada vez mais ambientes favoráveis à colonização e desenvolvimento de macrófitas aquáticas, como *E. najas* que foi identificada a partir do mês de junho de 2010 e teve seu crescimento contínuo.

A região do Capivari foi a que mostrou menor similaridade com as demais, tanto em fatores abióticos como em composição de espécies. A região do corpo central do reservatório apresentou a maior riqueza, e devida sua maior similaridade com a região do Rio das Mortes, acredita-se que essa última é a que contribui com a maior parte das espécies no reservatório.

A condutividade elétrica e a concentração e P total foram as variáveis mais explicativas para a estruturação da comunidade de macrófitas, sendo que a maior abundância de espécies flutuantes foi encontrada em regiões em que os valores dessas variáveis foram altos.

Com esses resultados pode-se fazer uma inferência sobre a qualidade da água do reservatório do Funil e principais tributários e verificar a dinâmica da comunidade de macrófitas aquáticas no local e suas relações com as variáveis abióticas. Esse monitoramento é o primeiro passo para uma tomada de decisão efetiva a respeito do manejo da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório do Funil.

REFERÊNCIAS

- ABOWEI, J. F. N.; GEORGE, A. D. I. Some Physical and Chemical Characteristics in Okpoka Creek, Niger Delta, Nigeria. **Research Journal of Environmental and Earth Sciences**, London, v. 1, n. 2, p. 45-53, 2009.
- AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; JULIO JÚNIOR, H. F. Relações entre macrófitas aquáticas e fauna de peixes. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (Org.). *Ecologias e manejo de macrófitas aquáticas*. Maringá: EDUEM, 2003. p. 319-341.
- AHE FUNIL. **Apresentação e histórico**. Disponível em: <<http://www.ahefunil.com.br>>. Acesso em: 4 nov. 2011.
- ATOBATELE, O. E.; UGWUMBA, O. A. Seasonal variation in the physicochemistry of a small tropical reservoir (Aiba Reservoir, Iwo, Osun, Nigeria). **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 7, n. 12, p. 1962-1971, 2008.
- BINI, L. M. et al. Aquatic macrophyte distribution in relation to water and sediment conditions in the Itaipu Reservoir, Brazil. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 415, p. 147-154, 1999.
- BINI, L. M. Influência do pulso de inundação nos valores de fitomassa de três espécies de macrófitas aquáticas na planície de inundação do alto rio Paraná. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 39, p. 715-721, 1996.
- BINI, L. M.; THOMAZ, S. M. Prediction of *Egeria najas* and *Egeria densa* occurrence in a large subtropical reservoir (Itaipu Reservoir, Brazil–Paraguay). **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 83, p. 227–238, 2005.
- BIUDES, J. F. V.; CAMARGO, A. F. M. Estudos dos fatores limitantes à produção primária por macrófitas aquáticas no Brasil. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 7-19, 2008.
- BRANDÃO, M.; LACA-BUENDIA, J. P.; GAVILANES, M. L. Plantas aquáticas que se comportam como invasoras, no estado de Minas Gerais. **Acta Botânica Brasílica**, Porto Alegre, v. 2, n.1, p. 255-265, 1989.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº. 357, 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Coleção de Leis da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 mar. 2005.

CAMARGO, A. F. M.; PEZZATO, M. M.; HENRY-SILVA, G. G. Fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (Org.). **Ecologias e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: EDUEM, 2003. p. 319-341.

CARIGNAN, R.; NEIFF, J. J. Nutrient dynamics in the floodplain ponds of the Paraná River (Argentina) dominated by the water hyacinth *Eichhornia crassipes*. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 17, p. 85-121, 1992.

DOMINGOS, V. D. et al. Fatores ambientais na distribuição de populações de *Brachiaria subquadripara* presentes no reservatório de Barra Bonita, SP. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 1, p. 37-49, 2011.

DRUMMOND, G. M. et al. **Biodiversidade em Minas Gerais**: um atlas para sua conservação. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005. 222 p.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 4. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. Avaliação sazonal da biomassa de macrófita aquática *Eichhornia azurea* em um rio de águas brancas da bacia hidrográfica do rio Itanhaém (litoral sul do estado de São Paulo, Brasil). **Hoehnea**, São Paulo, v. 30, p. 71-77, 2003.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. Composição química de macrófitas aquáticas flutuantes utilizadas no tratamento de efluentes de aquíicultura. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 1, p. 21-28, 2006.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M.; PEZZATO, M. M. Growth of free-floating aquatic macro L.; phytes in different concentrations of nutrients. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 610, p.153–160, 2008.

HORBE, A. M. C. et al. Contribuição à hidroquímica de drenagens no Município de Manaus, AM. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 35, n. 2, p. 119-124, 2005.

INSTITUTO DE METEOROLOGIA. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 12 dez. 2011.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Apresentação**. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/>>. Acesso em: 12 dez. 2011.

KARMAKAR, S. et al. Water quality of Kaptai reservoir in Chittagong Hill Tracts of Bangladesh. **Journal of Forestry Research**, New York, v. 22, n. 1, p. 87–92, 2011.

LACOUL, P.; FREEDMAN, B. Environmental influences on aquatic plants in freshwater ecosystems. **Environmental Review**, Denver, v. 14, n. 2, p. 89-136, 2006.

LOLIS, S. F.; THOMAZ, S. M. Monitoramento da composição específica da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório Luis Eduardo Magalhães. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 2, p. 247-258, 2011.

LOUGHEED, V. L.; CROSBIE, B.; CHOW-FRASER, P. Primary determinants of macrophyte community structure in 62 marshes across the Great Lakes basin: latitude, land use, and water quality effects. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, Ottawa, v. 58, p. 1603–1612, 2001.

MALIK, R. N.; NADEEM, M. Spatial and temporal characterization of trace elements and nutrients in the Rawal Lake Reservoir, Pakistan using multivariate analysis techniques. **Environ Geochem and Health**, Dordrecht, v. 33, p. 525–541, 2011.

MENEZES, C. F. S.; ESTEVES, F. A.; ANÉSIO, A. M. Influência da variação artificial do nível d'água da represa do Lobo (SP) sobre a biomassa e produtividade de *Nymphoides indica* (L.) O. Kuntze e *Pontederia cordata* L. **Acta Limnológica Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 6, p. 163-172, 1993.

NEGRISOLI, E. et al. Uso de diferentes herbicidas no controle de *Myriophyllum aquaticum*. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 21, p. 89-92, 2003. Edição Especial.

OLIVEIRA, N. M. B. et al. Capacidade de regeneração de *Egeria densa* nos reservatórios de Paulo Afonso, BA. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 2, p. 363-369, 2005.

PELICICE, F. M.; AGOSTINHO, A. A.; THOMAZ, S. M. Fish Assemblages Associated With *Egeria* in a Tropical Reservoir: Investigating the Effects of Plant Biomass and Diel Period. **Acta Oecologica**, Paris, v. 27, p. 9-16, 2005.

POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. **Macrófitas aquáticas e perifiton**. São Carlos: Rima, 2003.

POMPEU, P. S. et al. The ichthyofauna of upper rio Capivari: defining conservation strategies based on the composition and distribution of fish species. **Neotropical Ichthyology**, London, v. 27, n. 4, p. 659-666, June 2009.

POTT, V. J.; POTT, A. **Plantas aquáticas do Pantanal**. Brasília: EMBRAPA, 2000. 404 p.

RODGHER, S. et al. Limnological and ecotoxicological studies in the cascade of reservoirs in the Tietê river (São Paulo, Brazil), **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 65, n. 4, p. 697-710, 2005.

ROLON, A. S. et al. Influence of area, habitat and water chemistry on richness and composition of macrophyte assemblages in southern Brazilian wetlands. **Journal of Vegetation Science**, Knivsta, v. 19, p. 221-228, 2008.

SILVA, A. E. P. et al. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 38, n. 4, p. 733-742, 2008.

SOUSA, W. P. The role of disturbance in natural communities. **Review Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 15, p. 353-391, 1984.

SOUZA, W. T.; THOMAZ, S. M.; MURPHY, K. J. Response of native *Egeria najas* Planch. and invasive *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle to altered hydroecological regime in a subtropical river. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 92, p. 40-48, 2010.

THOMAZ, S. M. Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 20, p. 21-33, 2002. Edição Especial.

THOMAZ, S. M.; MICHELAN, T. S. Associations between a highly invasive species and native macrophytes differ across spatial scales. **Biological Invasions**, Amsterdam, v. 13, p. 1881-1891, 2011.

THOMAZ, S. M.; SOUZA, D. C.; BINI, L. M. Species richness and beta diversity of aquatic macrophytes in a large subtropical reservoir (Itaipu Reservoir, Brazil): the influence of limnology and morphometry. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 505, p. 119–128, 2003.

VAN, T. K.; WHEELER, G. S.; CENTER, T. D. Competition between *Hydrilla verticillata* and *Vallisneria americana* as influenced by soil fertility. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 62, N. 4, p. 225-233, Jan. 1999.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2011. v. 1, 452 p.

ZULIANI, D. Q. **Elementos-traço em águas, sedimentos e solos da Bacia do Rio das Mortes, Minas Gerais**. 2006. 168 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

Através deste estudo foi possível obter maior conhecimento sobre a flora aquática no reservatório do Funil.

Apesar deste reservatório possuir algumas características que favorecem à colonização de macrófitas, como a constância do nível da água, até o momento, o mesmo não apresenta nenhum problema de grande infestação por essas plantas, porém foi observada grande ocorrência de espécies tidas como invasoras, principalmente *S. auriculata* e *U. subquadripara*.

As populações de *S. auriculata* avaliadas apresentaram um pequeno declínio ao longo do monitoramento, porém a espécie exótica *U. subquadripara* mostrou contínuo crescimento nas áreas onde ocorrem. O principal banco dessa espécie é na foz do ribeirão Pirampum, podendo essa planta impedir o fluxo normal desse curso d'água, com isso recomenda-se o contínuo monitoramento do crescimento dessa planta neste local.

A região do Rio das Mortes é o local que apresenta maior frequência de ocorrência e maior porcentagem de cobertura de espécies invasoras, principalmente flutuantes. Nesse local é visível a maior taxa de sedimentação, pois áreas onde antes o barco passava, ao longo dos dois anos de trabalho, deixou de passar devido à perda de profundidade. Esse fato em conjunto com a qualidade das águas desse rio, que apresentou maiores concentrações de nutrientes, contribui para a colonização e maior desenvolvimento das macrófitas. Acredita-se que esta região é a que mais contribui com propágulos de macrófitas para o reservatório devido à grande similaridade entre as regiões.

Não se recomenda o manejo ou controle da vegetação aquática no reservatório do Funil, pois a colonização moderada, como é o caso, por macrófitas aquáticas é altamente desejável, uma vez que aumenta a biodiversidade local das assembleias de peixes.

O monitoramento contínuo dos bancos existentes e a verificação de novos pontos de colonização fazem-se necessários, além disso, algumas medidas devem ser tomadas quanto ao aporte de nutriente e intenso assoreamento, principalmente na região do rio das Mortes.

ANEXO

ANEXOS A

Quadro 1A Localização dos 100 pontos amostrais no reservatório do Funil, MG

Pontos	Coordenadas UTM		Localização e referências
1	0496090	7661535	Ao lado esquerdo da barragem
2	0496518	7662785	Próximo à ilha ao lado direito da barragem
3	0496902	7663171	Margem direita
4	0497669	766424	Margem direita – Cachoeirinha
5	0497379	7663209	Margem direita
6	0498546	7663045	Margem direita – próxima à nascente
7	0499182	7663688	Margem direita
8	0499491	7664467	Margem direita – Fazenda do Dr. Odilon
9	0499943	7664872	Margem direita
10	0500522	7663679	Margem direita
11	0501124	7663032	Margem direita
12	0501431	7663479	Margem direita
13	0501828	7664520	Margem direita – casa do Sr. Milton
14	0502561	7664099	Margem direita
15	0503726	7664916	Margem direita - Cachoeira
16	0504493	7664866	Margem direita
17	0503096	7665866	Margem direita
18	0505877	7665805	Margem esquerda – casa da turma
19	0506413	7665491	Margem direita – casa do Ronan
20	0507003	7664966	Margem direita
21	050789	7664215	Margem direita
22	0508283	7664299	Margem direita – próximo à erosão
23	0507857	7663726	Margem direita
24	0507616	7662353	Margem direita
25	0507805	7661401	Margem direita
26	0509137	7661799	Margem direita
27	0509617	7660873	Margem direita
28	0509587	7659868	Margem direita
29	0510568	7659799	Margem direita
30	0509912	7658828	Margem direita
31	0509675	7658158	Margem direita
32	0511357	7658583	Margem direita
33	0512400	7659513	Margem direita
34	0512351	7660964	Margem direita – Rio das Mortes
35	0512239	7661307	Margem direita – Rio das Mortes
36	0513273	7662490	Margem esquerda – Rio das Mortes
37	0513030	7661163	Margem esquerda – Rio das Mortes

“continua”

Quadro 1A “continuação”

Pontos	Coordenadas UTM		Localização e referências
38	0513891	7660398	Margem direita
39	0514846	7659219	Margem direita
40	0514941	7659219	Margem direita – Rio Grande
41	0516217	7658790	Margem direita – Rio Grande
42	0516780	7658790	Margem direita – Rio Grande
43	0515845	7656515	Margem direita – Rio Grande
44	0516955	7655382	Margem direita – Rio Grande
45	0518168	7655258	Margem direita – Rio Grande
46	0518622	7654474	Margem direita – Rio Grande
47	0519538	7654153	Margem direita – Rio Grande
48	0519946	7653582	Margem direita – Rio Grande
49	0520636	7653436	Margem direita – Rio Grande
50	0521075	7653063	Margem esquerda – Rio Grande
51	0520029	7652717	Margem esquerda – Rio Grande
52	0519600	7653344	Margem esquerda – Rio Grande
53	0519280	7654191	Margem esquerda – Rio Grande
54	0518195	7654869	Margem esquerda – Rio Grande
55	0516940	7654868	Margem esquerda – Rio Grande
56	0516288	7655725	Margem esquerda – Rio Grande
57	0515641	7656913	Margem esquerda – Rio Grande (pedalinho)
58	0515858	7658106	Margem esquerda – Rio Grande
59	0514506	7658354	Margem direita
60	0514768	7656957	Margem direita – garagem verde
61	0513725	7655976	Margem esquerda – Rio Capivari
62	0513769	7654616	Margem esquerda – Rio Capivari
63	0513830	7655784	Margem direita – Rio Capivari
64	0514192	7654550	Margem direita – Rio Capivari
65	0513382	7653208	Margem direita – Rio Capivari
66	0514039	7654869	Margem esquerda – Rio Capivari
67	513382	7654257	Margem esquerda – Rio Capivari
68	513638	7655590	Margem esquerda – Rio Capivari (ponte de ferro)
69	0513487	7656931	Margem esquerda
70	0512709	7658291	Margem esquerda - gabião
71	0513833	7658937	Margem esquerda
72	0513540	7660240	Margem esquerda
73	0512935	7659270	Margem esquerda
74	0512485	7657985	Margem esquerda
75	0511266	7657562	Margem esquerda
76	0509605	7657524	Margem esquerda
77	050856	7658384	Margem esquerda
78	0509421	7659023	Margem esquerda – Nova Pedra Negra

“continua”

Quadro 1A “conclusão”

Pontos	Coordenadas UTM		Localização e referências
79	0509425	7659429	Margem esquerda
80	0508927	7661068	Margem esquerda – ponte Macaia
81	0507939	7660736	Margem esquerda
82	0507037	7661267	Margem esquerda
83	0507348	7662940	Margem esquerda
84	0506936	7664057	Margem esquerda
85	0506365	7664901	Margem esquerda
86	0505179	7665502	Margem esquerda
87	0504221	7669285	Margem esquerda
88	0503783	7663340	Margem esquerda
89	0503560	7663220	Margem esquerda
90	0502234	7663604	Margem esquerda
91	0502091	7662218	Margem esquerda
92	0501520	7662676	Margem esquerda
93	0500826	7662223	Margem esquerda
94	0500982	7661851	Margem esquerda - alambique
95	0500115	7663313	Margem esquerda
96	0499353	7662798	Margem esquerda
97	0498731	7662798	Margem esquerda – criação tilápia
98	0497326	7662740	Margem esquerda – antiga casa do Dinho
99	497424.353	7662930	Margem esquerda
100	0496767	7662238	Margem esquerda