

# ESTUDOS INTEGRADOS NO SISTEMA LACUSTRE DO BAIXO RIO DOCE (ESPÍRITO SANTO)

Gilberto Fonseca BARROSO, Fábio da Cunha GARCIA, Mônica Amorim GONÇALVES, Fabíola Chrystian Oliveira MARTINS, Jéssica Cruz VENTURINI, Samira da Conceição SABADINI, Annanda Küster de AZEVEDO, Ana Carolina Trindade de FREITAS, Alessandra DELAZARI-BARROSO.

Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Oceanografia e Ecologia, Laboratório de Limnologia e Planejamento Ambiental, Av. Fernando Ferrari n. 514, Vitória, ES, CEP 29075-910, Tel. 55 27 4009-2744, e-mail: gilberto.barroso@ufes.br

### RESUMO

A perspectiva de análise integrada de ecossistemas lacustres em suas bacias hidrográficas tem sido considerada como a mais adequada para gestão sustentável dos lagos. Na região do Baixo Rio Doce - BRD (ES) há uma considerável quantidade de lagoas que constituem um significativo capital natural para região. Estas lagoas além de serem pouco conhecidas por estudos técnicos e científicos estão sujeitas a pressões ambientais oriundas das bacias hidrográficas e de usos das próprias lagoas.

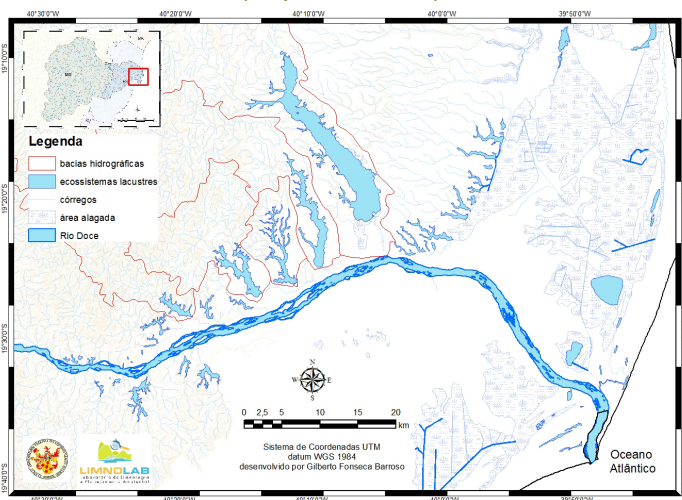
Com o objetivo de contribuir para a gestão sustentável dos recursos lacustres do BRD foi formulado o Programa Integrado de Pesquisa Científica – PIPC que através de levantamentos da fisiografia das bacias hidrográficas, morfometria lacustre, limnologia e hidrodinâmica fluvial pretende-se, num segundo momento, embasar a análise de temas prioritários como capacidade de suporte para piscicultura em tanques rede, avaliação da poluição e contaminação, efeitos das mudanças climáticas e difusão do conhecimento para sociedade.

**Palavras-chave:** ecossistemas lacustres – bacia hidrográfica – abordagem ecosistêmica – lagoas – Rio Doce

## 1. INTRODUÇÃO

A região do Baixo Rio Doce (Espírito Santo) possui 90 lagoas com área total de 165 km<sup>2</sup> (Barroso, 2007) (Figura 1) e constitui um dos mais importantes sistemas lacustres costeiros no Brasil. As lagoas apresentam áreas entre 0,8 ha e 62 km<sup>2</sup>, sendo predominantemente formadas por processos fluvio-marinhos holocênicos (Martin, Luiz, *et al.*, 1996). Os ecossistemas lacustres associados às áreas alagáveis/inundáveis e sistemas fluviais proporcionam uma série de bens e serviços ambientais de importância direta e indireta para populações rurais e urbanas adjacentes, bem como para os turistas visitantes atraídos para os tradicionais balneários que funcionam em algumas lagoas.

Figura 1: Sistema lacustre do Baixo Rio Doce (Espírito Santo).



Apesar da importância socioambiental destes ecossistemas os estudos ecológicos ainda são incipientes. BOZELLI *et al.* (1992) avaliaram as características limnológicas de 18 lagoas sugerindo dois padrões básicos de funcionamento lacustre: o padrão dinâmico para as lagoas localizadas na planície costeira e o padrão intermitente para as lagoas encaixadas nos vales Formação Barreiras. O estudo já indicava condições acentuadas de eutrofização e fragilidades ambientais das lagoas, embora afirmasse a menor susceptibilidade das lagoas encaixadas nos tabuleiros.

A intensificação de uso da terra e da água nas bacias hidrográficas seja por meio da agricultura, pecuária, silvicultura ou pelo recente processo de industrialização na região, funcionam como indutores das mudanças ambientais nos ecossistemas aquáticos. Pressões ambientais nas bacias hidrográficas, como usos da água na irrigação de culturas, aspersão aérea de defensivos agrícolas, efluentes domésticos e industriais, ocupação desordenada das margens das lagoas e erosão do solo, além de pressões diretas nos ecossistemas lacustres, como resíduos orgânicos da piscicultura em tanques rede e introdução de espécies exóticas, alteram as variáveis de estado como os componentes hidrológicos (i.e., fluxos e volumes de água) bem como os componentes físico-químicos (i.e., concentração de nutrientes, oxigênio dissolvido), biológicos (i.e., estrutura de comunidades de espécies como a dominância de cianobactérias no fitoplâncton)

e ecológicos (i.e., produtividade e estabilidade dos sistemas).

Em decorrência das alterações nas variáveis de estado são constatados impactos ambientais associados a perdas nos potenciais de usos da água das lagoas para abastecimento doméstico, balneabilidade, produção aquícola e mesmo em relação à estética da paisagem local. Em face ao cenário de múltiplos indutores de mudanças ambientais (pressões ambientais oriundas das bacias hidrográficas e nas próprias lagoas) as conseqüentes perdas socioeconômicas resultantes dos impactos ambientais, torna-se imprescindível propor diferentes respostas de gestão ambiental que sejam atuantes nos indutores, pressões, variáveis de estado e nos impactos ambientais. Desse modo, a mudança ambiental decorrente de atividades humanas possa ser minimizada e reversível, quando possível. Cabe ressaltar que as mudanças ambientais também podem ser causadas por fatores naturais, inclusive em escala regional e até global, como as mudanças climáticas.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### Abordagem de trabalho

Dentre os sete princípios da Visão Global dos Lagos (*World Lake Vision*) formulado por ILEC (2003) destacamos os princípios 2, 3 e 4:

Princípio 2: a bacia hidrográfica é o ponto lógico inicial para o planejamento e gerenciamento de ações para o uso sustentável dos lagos;

Princípio 3: A abordagem preventiva de longo prazo direcionada para prevenir as causas da degradação dos lagos é essencial;

Princípio 4: O desenvolvimento de políticas e a tomada de decisões deve ser feita baseado no conhecimento científico fundamentado e nas melhores informações disponíveis.

Considerando os pressupostos acima e baseado nas diretrizes de gerenciamento integrado de bacias hidrográficas lacustres proposto por ILEC (2007) o grupo de pesquisadores do laboratório de Limnologia e Planejamento Ambiental - LimnoLab da Universidade Federal do Espírito Santo - UFES formulou um Programa Integrado de Pesquisa Científica - PIPC que visa desenvolver uma estratégia integrada de avaliação dos ecossistemas lacustres do baixo Rio Doce visando subsidiar o gerenciamento sustentável dos recursos lacustres. O PIPC consiste no desenvolvimento de *Estudos* específicos que por sua vez possibilitam uma melhor compreensão de *Temas* considerados como chave para o *Objetivo* de gestão sustentável (Figura 2 e Tabelas 1 e 2).

Figura 2: Fluxograma do Programa Integrado de Pesquisa Científica em desenvolvimento no sistema lacustre do Baixo Rio Doce.

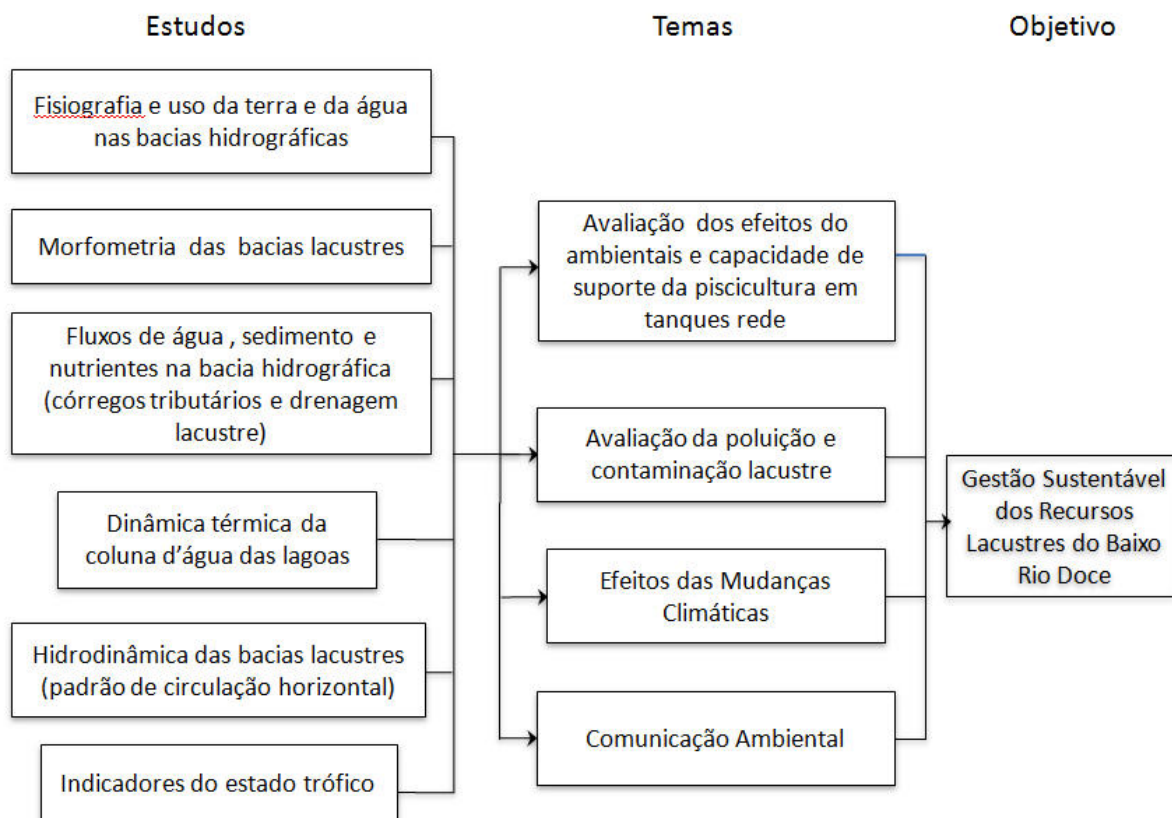


Tabela 1: Justificativa para os estudos específicos.

Estudo	Justificativa
Fisiografia e uso da terra e da água nas bacias hidrográficas	Identificação e mensuração dos indutores e pressões ambientais em nível de bacia hidrográfica
Morfometria das bacias lacustres	Controle de processos hidrológicos (renovação de água) e ecológicos (estratificação e mistura da coluna d'água, disponibilidade de luz distribuição de nutrientes, oxigênio dissolvido e espécies biológicas)
Fluxos de água, sedimento e nutrientes na bacia hidrográfica (córregos tributários e drenagem lacustre)	Identificação e mensuração dos indutores e pressões ambientais e processos hidrológicos e ecológicos nas lagoas
Dinâmica térmica da coluna d'água das lagoas	Padrão de estratificação térmica e mistura da coluna d'água e compreensão da distribuição de nutrientes, oxigênio dissolvido e produtividade lacustre
Hidrodinâmica das bacias lacustres (padrão de circulação horizontal)	Padrão de circulação horizontal associado ao regime de ventos e distribuição nutrientes, matéria orgânica, fitoplâncton e macrófitas aquáticas. Modelagem da dispersão de resíduos da piscicultura em tanques rede.
Indicadores do estado trófico	Identificação dos indicadores químicos (macro e micronutrientes), hidrobiológicos (composição e biomassa do fitoplâncton) e físicos (turbidez) para o monitoramento do estado trófico

Tabela 2: Justificativa para os estudos específicos.

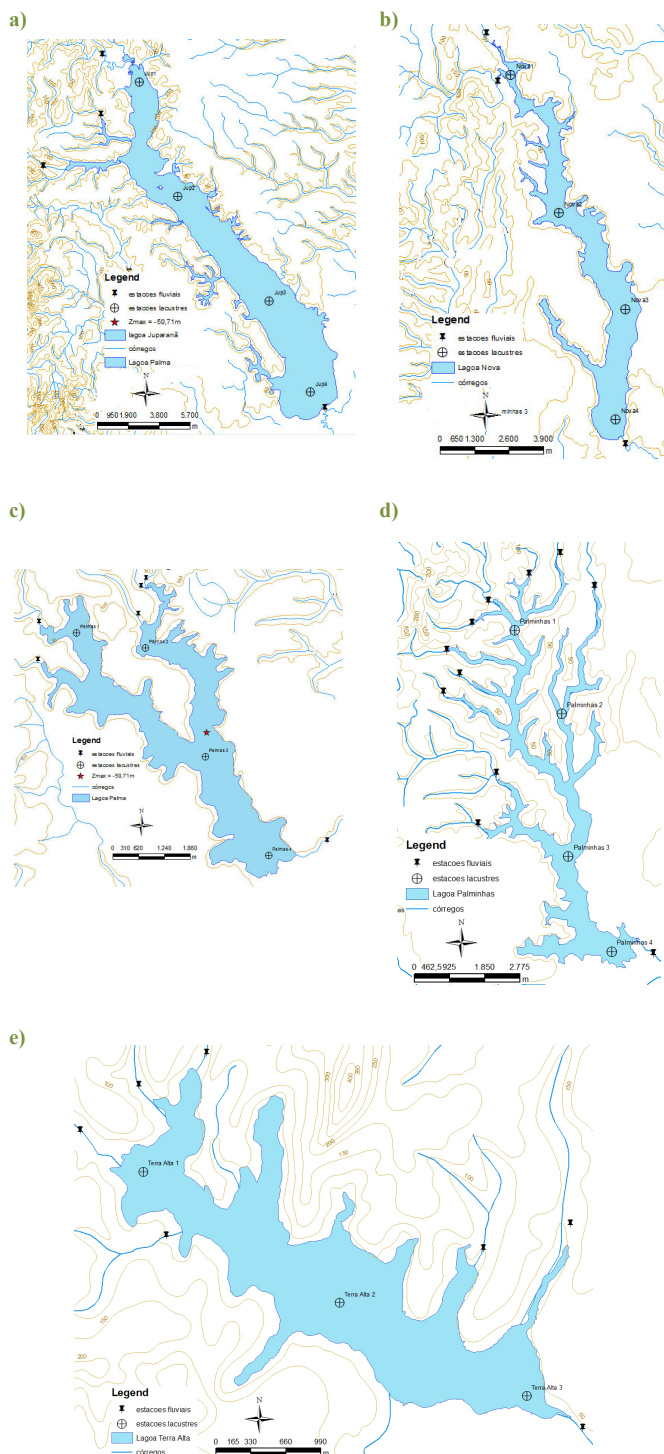
Estudo	Justificativa
Avaliação dos efeitos ambientais e capacidade de suporte da piscicultura em tanques rede	Subsidiar o sistema estadual de outorga para piscicultura por meio da determinação da capacidade de suporte das lagoas contribuindo para o ordenamento e a sustentabilidade da atividade
Avaliação da poluição e contaminação lacustre	Verificar o nível de contaminação de poluentes residuais na água e sedimentos lacustres
Efeitos das Mudanças Climáticas	Compreensão dos efeitos sobre alterações no ciclo hidrológico local, mudanças no padrão térmico e de estratificação e circulação da coluna d'água, efeitos do incremento da incidência de radiação ultravioleta e variações no nível e volume de água nas lagoas
Comunicação Ambiental	Transferência e difusão do conhecimento sobre a singularidade e vulnerabilidade dos ecossistemas aquáticos lacustres ressaltando sua importância como capital natural e evidenciando a necessidade de gestão integrada e sustentável dos recursos lacustres

Para o desenvolvimento do PIPC dentre as 90 lagoas do BRD, foram escolhidas 5 localizadas nos vales da Formação Barreiras (lagoas dos tabuleiros): lagoas Juparanã, Nova, Palmas, Palminhas e Terra Alta (Figura 3 e Tabela 3).

A estratégia de levantamento de dados dos estudos específicos será mensal para as lagoas e semestral para os córregos. A duração prevista para a primeira fase do PIPC é de 3 anos. Os levantamentos batimétricos e as amostragens limnológicas nas lagoas tiveram início em fevereiro de 2011. Já os levantamentos dos fluxos fluviais foram iniciados em julho do mesmo ano.

A seguir são apresentados resultados preliminares da fisiografia da bacia hidrográfica, morfometria lacustre, fluxos de fluviais, dinâmica térmica e indicadores do estado trófico.

Figura 3: Lagoas selecionadas para o PIPC com a localização das estações amostrais lacustres e fluviais. a) lagoa Juparanã; b) Lagoa Nova, c) Lagoa Palmas; d) lagoa Palminhas; e) lagoa Terra Alta.



### Fisiografia da bacia e morfometria lacustre

As lagoas selecionadas estão entre as 8 maiores em área no estado do Espírito Santo (BARROSO, 2007). Os levantamentos batimétricos realizados em 4 das 5 lagoas indicam profundidades consideráveis chegando a 50,7 m de profundidade máxima na lagoa Palmas (Tabela 3). É possível que a lagoa Palmas

seja o ecossistema lacustre natural (exceto represas) mais profundo do país, considerando o registro de 39,2 m para o Lago Dom Helvécio (médio Rio Doce, MG) conforme BEZERRA-NETO & PINTO-COELHO (2008). As significativas profundidades máximas das lagoas, pelo menos em termos dos lagos em território nacional, implicam em tendências para estratificação física, química, biológica e ecológica da coluna d' água.

O fator de envolvimento que consiste na proporção da área da bacia hidrográfica em relação à área da lagoa representa o potencial de aporte de material alóctone da lagoa. Em princípio, quanto menor o envolvimento mais rápido será o fluxo de materiais do ambiente terrestre para o lacustre, como no caso da lagoa Palminhas. Por outro lado, em grandes bacias como a lagoa Juparanã apesar das tendências de fluxos hidrológicos mais significativos e perenes os aportes de nutrientes e outros materiais podem ser minimizados devido às funções de biofiltros de áreas alagáveis/inundáveis ripárias ao longo da bacia (MITSCH, 1992). Nesse sentido é recomendado identificar e avaliar a condição dessas áreas úmidas com vistas a sua conservação e a proteção dos ecossistemas aquáticos à jusante, em especial os lacustres.

O formato predominantemente alongado das lagoas, chegando a ser dendrítico (IDM = 8,1) na lagoa Palminhas, é associado à gênese de represamento dos vales da Formação Barreiras (Terciário) por processos de sedimentação fluvial e marinha ao longo do Holoceno recente (< 3.000 anos A.P.). O espelho d' água está entre 15 a 20 m acima do nível do mar e até 60 m abaixo do topo dos tabuleiros da Formação Barreiras. Os parâmetros morfométricos secundários como fetch, volume, profundidades média e relativa, desenvolvimento de volume, volumes superficial e da criptodepressão estão sendo consolidados.

Tabela 3: Características do sistema lacustre.

Lagoa	$A_{bh}$ (km <sup>2</sup> )	$A_l$ (km <sup>2</sup> )	$A_{bh}:A_{bh}$	IDM	$Z_{max}$ (m)
Juparanã	2.418,3	61,8	39,0	3,9	*
Nova	399,9	15,5	25,8	4,5	33,9
Palmas	185,5	10,3	18,0	4,3	50,7
Palminhas	71,8	8,8	8,1	8,1	31,6
Terra Alta	144,7	3,9	37,1	3,1	22,1

$A_{bh}$ : área da bacia hidrográfica;  $A_{bh}$ : área da lagoa;  $A_l$ : área da bacia ponderada a área da lagoa; IDM: índice de desenvolvimento de margem;  $Z_{max}$ : profundidade máxima; \* levantamento batimétrico a ser realizado em 2012.

### Aspectos quantitativos e qualitativos dos fluxos fluviais

A primeira série de medições de vazão feita *in situ* com o ADP (*Acoustic Doppler Velocimeter*) FlowTracker SonTek e a coleta de amostras de água nos córregos tributários e na drenagem das lagoas foi realizada no período de estiagem (julho a setembro de 2011) nas bacias das lagoas Nova, Palmas, Palminhas e Terra Alta. O balanço hídrico em todas as lagoas foi negativo, isto é a drenagem da lagoa foi maior do que o aporte pelos córregos tributários. O maior déficit

foi observado na Lagoa Terra Alta (397,3 l/s) com a contribuição dos tributários em 503,6 L/s e a drenagem de 901,2 L/s. É interessante ressaltar que alguns córregos apresentavam vazão residual (1,8 L/s), quase no limite de medição pelo ADP. Outro aspecto a ser considerado é a significativa diferença na físico-química da água dos córregos, como a variação da condutividade elétrica da água de 51 a 240  $\mu\text{S}/\text{cm}$  na bacia da lagoa Palminhas.

É bastante provável que a redução das vazões e a variabilidade das condições físico-químicas da água dos córregos tributários sejam decorrentes do período de estiagem do ano e das especificidades do tipo de solo e uso da terra nas subbacias, respectivamente. Entretanto, os aspectos quantitativos e qualitativos dos recursos hídricos fluviais são agravados pelo uso desordenado da terra e da água. No primeiro caso, o bombeamento excessivo para irrigação quase exaure o córrego tributário de modo a comprometer o aporte para lagoa. Quanto ao aspecto qualitativo, a remoção da vegetação ripária, o livre acesso do gado aos córregos, os aportes de esterco das áreas de pastagem e a lixiviação das áreas agrícolas, além de efluentes como de uma destilaria de cana-de-açúcar, certamente contribuem para deterioração da qualidade da água dos córregos.

## Limnologia lacustre

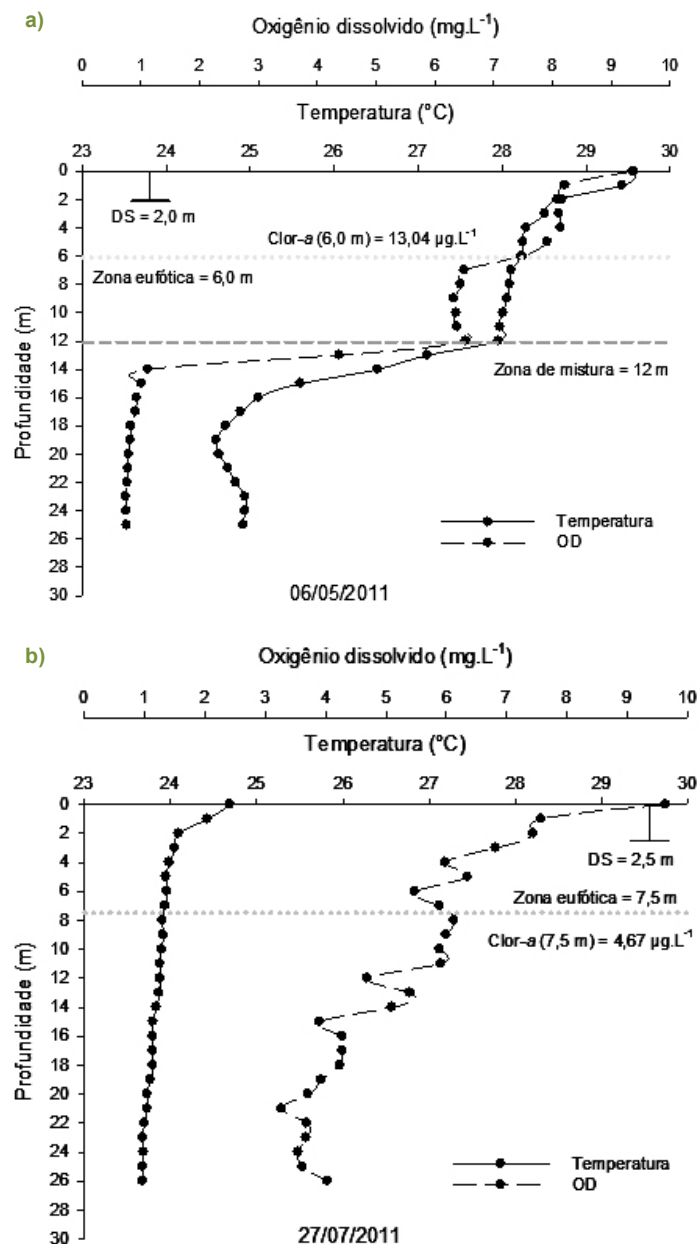
A amostragem limnológica nas lagoas indica a tendência de estratificação térmica durante o ano com mistura no inverno, caracterizando o padrão holomítico monomítico quente. A figura 4a representa o período de estratificação para Lagoa Palminhas evidenciando a camada de mistura ( $Z_{\text{mis}}$ ) até 12 m de profundidade, zona eufótica ( $Z_{\text{euf}}$ ) até 6 m e hipolimnion hipóxico ( $< 2,0 \text{ mg/L}$ ). A relação  $Z_{\text{euf}} > Z_{\text{mis}}$  indica limitação por luz para comunidade do fitoplâncton.

O padrão de mistura da coluna d'água no inverno é representado pela Figura 4b onde observa-se a quase isotermia, com exceção de incremento de  $0,8 \text{ }^\circ\text{C}$  entre 2 m e a superfície. Nestas condições há um incremento na  $Z_{\text{euf}}$  (7,5 m) e distribuição de oxigênio até o fundo da coluna d'água.

Apesar da concentração de clorofila *a* não ser elevada (média de  $5,9 \mu\text{g/L}$ ) as concentrações de fósforo total ( $P_{\text{total}}$ ) são significativas (média de  $92,8 \mu\text{g/L}$ ). Quando aplicado o índice de estado trófico proposto por Carlson em 1977 a lagoa Palminhas é classificada como hipereutrófica. A possível limitação por nitrogênio ainda não pode ser comprovada devido aos dados da série nitrogenada ainda não estarem consolidados. No entanto, o padrão apresentado acima é aplicado às demais lagoas, sobretudo a lagoa Palmas cuja concentração média de clorofila *a* é inferior a  $1,0 \mu\text{g/L}$  o que indicaria condição ultraoligotrófica, enquanto a média de  $P_{\text{total}}$  está em torno de  $91,0 \mu\text{g/L}$ , indicando condição hipereutrófica.

A possível limitação por nitrogênio pode ser corroborada por MARTINS (em desenvolvimento) que constatou a predominância de tricomas de cianobactérias com eterócitos fixadores de nitrogênio na lagoa Juaparanã, sendo esta uma possível resposta do fitoplâncton.

Figura 4: Padrão estratificado (a) e de mistura (b) da coluna d'água na lagoa Palminhas. DS: profundidade do disco de Secchi; Clor a: clorofila *a*.



## Uso da terra nas bacias hidrográficas

O uso da terra nas bacias hidrográficas foi quantificado por meio da determinação das áreas das classes de uso definidas pelo Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo - Geobases que classificou o uso do solo no estado a partir de imagens Landsat TM do ano 2007. No sistema de informações geográfica ArcGIS 9.3 ESRI as classes foram reclassificadas em *Sistemas Naturais*, *Seminaturais* e *Urbano-Industriais*, conforme proposto por ODUM & ODUM (1972). Os sistemas *naturais* consistem em ecossistemas terrestres e aquáticos maduros, biodiversos, com níveis de produtividade equivalente ao consumo e capazes de autoregulação. Sistemas *seminaturais* são sistemas jovens, com baixa biodiversidade, produtividade maior do que o consumo e incapazes de autoregulação, sendo dependentes de subsídios energéticos artificiais. Os sistemas *urbano-industriais* são considerados como tecnossistemas geralmente com baixa biodiversidade e elevado metabolismo energético por unidade de área,

implicando em grandes aportes de energia elétrica e combustíveis, fósseis, alimento, água e matéria prima. São incapazes de autoregulação, necessitando de constante manejo humano.

O uso da terra nas bacias hidrográficas (Tabela 5) é predominantemente representado por sistemas *seminaturais* compostos principalmente por pastagens, com destaque para bacia da lagoa Terra Alta com índice de 90%. O uso da terra para fins agrícolas de silvicultura e pastoreio é associado à erosão do solo e lixiviação de nutrientes alterando variáveis de estado dos ecossistemas lacustres como a concentração de nutrientes (KOSTEN, S. *et al.*, 2009; ABELL *et al.*, 2011).

### 3. CONCLUSÃO

Os dados preliminares apresentados indicam que as lagoas apesar de relativamente profundas encontram-se sujeitas a consideráveis pressões ambientais oriundas do uso da terra e da água nas bacias hidrográficas, sobretudo pela predominância de áreas de pastagem e uso da água para irrigação. O modelo proposto por BOZELLI *et al.*, (1992) para as lagoas dos tabuleiros considerandas mais resistentes ao processo de eutrofização é confrontado pelas elevadas concentrações de  $P_{total}$  encontradas no presente estudo. Embora os resultados não sejam conclusivos quanto à concentração de outros fatores, como a concentração de nitrogênio, indícios de respostas do fitoplâncton à limitação por este elemento têm sido reconhecidos.

Tabela 5: Uso da terra nas bacias hidrográficas.

Bacia Hidrográfica	Área (km <sup>2</sup> )	% da bacia
<b>Lagoa Juparanã</b>		
Sistemas naturais	579,0	24,6
Terrestre	564,9	24,0
Aquático	14,0	0,6
Sistemas semi-naturais	1.676,1	71,1
Agricultura	45,3	13,5
Pastagem	1.628,1	12,7
Silvicultura	2,7	0,9
Sistemas urbano-industriais	7,5	0,3
Afloramento/solo exposto	88,6	3,8
<b>Lagoa Nova</b>		
Sistemas naturais	155,6	39,0
Terrestre	153,4	38,4
Aquático	2,2	0,5
Sistemas semi-naturais	232,0	58,1
Agricultura	51,7	12,9
Pastagem	180,0	45,1
Silvicultura	0,2	0,07
Sistemas urbano-industriais	-	-
Afloramento/solo exposto	11,6	2,9
<b>Lagoa Palmas</b>		
Sistemas naturais	67,9	8,3
Terrestre	67,9	8,3
Aquático	-	-
Sistemas semi-naturais	733,5	89,1
Agricultura	1,0	0,1
Pastagem	732,5	89,0
Silvicultura	-	-
Sistemas urbano-industriais	-	-
Afloramento/solo exposto	10,9	1,3
<b>Lagoa Palminhas</b>		
Sistemas naturais	15,2	21,1
Terrestre	15,2	21,1
Aquático	-	-
Sistemas semi-naturais	44,5	62,0
Agricultura	14,1	19,6
Pastagem	30,4	42,3
Silvicultura	-	-
Sistemas urbano-industriais	-	-
Afloramento/solo exposto	3,6	5,0
<b>Lagoa Terra Alta</b>		
Sistemas naturais	92,8	9,2
Terrestre	92,8	9,2
Aquático	-	-
Sistemas semi-naturais	908,7	90,1
Agricultura	0,2	0,02
Pastagem	908,3	90,1
Silvicultura	0,2	0,02
Sistemas urbano-industriais	0,2	0,02
Afloramento/solo exposto	2,8	0,3

Considerando o desenvolvimento da primeira etapa do PIPC que visa os *Estudos* específicos pretende-se ao final desta consolidar uma base de dados fisiográficos, hidrodinâmicos e limnológicos que possibilite uma melhor compreensão sobre o funcionamento, as singularidades e fragilidades do sistema lacustre do BRD. Estas informações servirão como embasamento para os *Temas* prioritários voltados para sustentabilidade da piscicultura em tanques rede, níveis de contaminação, efeitos das mudanças climáticas e transferência e difusão de conhecimento para sociedade.

Em termos de novas iniciativas cabe mencionar a aprovação em outubro de 2011 do Projeto 'Gestão integrada dos recursos hídricos nas bacias lacustres da Região do Baixo Rio Doce' no Edital Geral FUNDAGUA/SEAMA 001/2011. Este Projeto terá a duração de 3 anos e possibilitará o custeio das atividades em campo e laboratório. Cabe ressaltar que o PIPC vem sendo desenvolvido em parceria com as Gerências de Áreas Naturais e Recursos Hídricos do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – IEMA por meio de cooperação técnica e apoio logístico. Outro importante parceiro é a Associação de Aquicultores de Linhares – AquaLin que tem possibilitado importante apoio logístico.

Visando contribuir para gestão dos recursos hídricos da bacia do Rio Doce está sendo formulada uma parceria com pesquisadores da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG para desenvolver estudos comparativos com as lagoas do Médio Rio Doce, onde já existem mais de 30 anos de pesquisas em limnologia (TUNDISI & SAIJO, 1997).

Esperamos que o desenvolvimento do PIPC possa resultar em uma sensibilização dos diversos atores institucionais (i.e., governos municipais e estadual, universidades, sociedade civil organizada e setores produtivos e de serviços) sobre o importante capital natural das lagoas do BRD e a necessidade de conservação destes.

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABELL, J. A. *et al.* Relationships between land use and nitrogen and phosphorus in New Zealand lakes. **Marine and Freshwater Research** 62(2): 162-175. 2011
- BARROSO, Gilberto Fonseca. Lagoas costeiras do Espírito Santo: perspectivas para conservação. In: Menezes, Luiz Fernando, *et al.*, (orgs). **Ecossistemas costeiros do Espírito Santo: conservação e restauração**. Vitória, EDUFES: 71-86. 2007
- BEZERRA-NETO, J. F. & PINTO-COELHO, R. M. Estudo morfométrico do Lago Dom Helvécio, Parque Estadual do Rio Doce (PERD), Minas Gerais, Brasil: uma reavaliação. **Acta Limnológica Brasiliensia** 20(2): 161-167. 2008
- BOZELLI, Reinaldo Luis *et al.*,. Padrões de funcionamento das lagoas do Baixo Rio Doce: variáveis abióticas e clorofila *a* (Espírito Santo - Brasil). **Acta Limnológica Brasiliensia** 4: 13-31. 1992
- CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. **Limnology and Oceanography** 22(2): 361-369. 1977
- ILEC. **World lake vision: a call to action**. Shiga, International Lake Environment Committee Foundation/ United Nations Environment Programme. 2003
- ILEC. **Integrated lake basin management: an introduction**. Kusatsu, International Lake Environment Committee Foundation. 2007
- KOSTEN, S. *et al.*, Lake and watershed characteristics rather than climate influence nutrient limitation in shallow lakes. **Ecological Applications** 19(7): 1791-1804. 2009
- MARTIN, Luiz, *et al.* Coastal quaternary formations of the southern part of the State of Espírito Santo (Brazil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 68(3): 389-404. 1996
- MARTINS, Fabíola Chrystian Oliveira. Avaliação ambiental integrada como subsídio ao manejo da lagoa Juparanã (ES). **Tese de Doutorado**. Programa de Pós-graduação em Oceanografia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, em desenvolvimento.
- TUNDISI, J. G. & SAIJO, Y., (orgs). Limnological studies on the Rio Doce valley lakes, Brazil. São Paulo, Brazilian Academy of Sciences / Center for Water Resources and Applied Ecology - USP. 1997
- MITSCH, W. J. Landscape design and the role of created, restored, and natural riparian wetlands in controlling nonpoint source pollution. **Ecological Engineering** 1(1/2): 97-113. 1992
- ODUM, Eugene Pleasants & ODUM, Howard Thomas. **Natural areas as necessary components of man's total environment**. Thirthy-Seventh North American Wildlife and Natural Resources Conference. 1972