

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRO REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA  
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA LAGOA PARAÍSO NO SUL DO  
AMAZONAS

Bolsista: Paula Rayanny Mendonça Leite

HUMAITÁ - AM  
Agosto – 2013

## **Estudo da batimetria e parâmetros morfométricos da Lagoa Paraíso, Sul do Amazonas** *Study bathymetry and morphometric parameters of Lake Paraíso, Southern Amazonas State*

### **Resumo**

A lagoa Paraíso é caracterizada por ser um meandro ferradura, localizada no município de Humaitá, sul do Estado do Amazonas. O objetivo deste trabalho foi realizar o primeiro estudo morfométrico da lagoa que servirá como referência em trabalhos futuros envolvendo monitoramento físico-químico da água e identificação da biota local como peixes e macroinvertebrados bentônicos. A coleta de dados ocorreu em 10/04/2013, períodos de transição chuvoso – seca, momento de nível máximo tendendo a vazante, com intercomunicação e acesso fluvial pelo rio Madeira. A lagoa Paraíso, avaliada por 150 medições ao longo de sua área superficial, permitiu a confecção primária da carta batimétrica, a qual apresentou um compartimento com profundidade máxima de 12 metros, sendo a sua média de 4,61 m. A área do espelho d'água, considerando somente a massa líquida, ou seja subtraindo a ilha que representa aproximadamente 9% da área total, é igual a 19,633 km<sup>2</sup>. Observou-se através da batimetria da Lagoa do Paraíso que devido a dinâmica do Rio Madeira as comunidades ictiológicas alternam seu comportamento quanto a movimentos migratórios sejam estes motivados pelos pulsos de inundação, para fins reprodutivos e/ou para fins tróficos caracterizando este ambiente como “*hots pots*”.

**Palavras-chave:** Lótico; Lêntico; Batimetria.

### **Abstract**

The Lake Paraíso is an oxbow lakes, located in Humaitá, south Amazonas State, Brazil. The aim of this study was the first morphometric study of the Lake that will serve as a reference for future works involving monitoring physico-chemical water and identification of local biota such as fish and benthic macroinvertebrates. Data collection took place on 04.10.2013, transition periods rainy - dry, time to maximum level tends to ebb and river access with intercom by the Madeira River. The Lake Paraíso, evaluated by 150 measurements along its surface area, allowed the preparation of primary bathymetric chart, which showed a depth maximum of 12 meters, and its average of 4.61 m. The area of the mirror of water, considering only the net mass, i.e., subtracting the island represents approximately 9% of the total area is equal to 19.633 km<sup>2</sup>. It was observed by the bathymetry of the Paradise Lagoon due to the dynamics of the Rio Madeira ichthyological communities alternate their behavior regarding migration are motivated by these flood pulses, reproductive and / or purposes for trophic purposes characterizing this environment as "hots pots".

**key-words:** Lotic; Lentic; Bathymetry.

### **Introdução**

Lagos podem ser formados por fenômenos naturais, geológicos ou antrópicos (SPERLING, 1999). Grande parte dos lagos no Brasil tem origem em fenômenos naturais como os formados<sup>2</sup>

por meandro de rios abandonados (ROLDÁN-PÉREZ e RAMÍREZ-RESTREPO, 2008). Estes lagos são conhecidos pela sua forma de meandro ou ferradura e são muito comuns principalmente na planície Amazônica e no Pantanal, porém com ocorrência em quase todo o Brasil (SPERLING, 1999).

No sul do estado do Amazonas as lagoas de meandros são bastante conhecidas ao longo do rio Madeira, apesar de serem mais evidentes em outros rios como o Juruá e Javari. Algumas dessas lagoas podem apresentar conexão com o rio funcionando como verdadeiros “berçários” naturais (AGOSTINHO et al., 2001). Muitas espécies de peixes que habitam o rio utilizam a lagoa para sua reprodução ou como fonte de alimentação principalmente na estação chuvosa, onde a conexão do rio com as lagoas permitem o deslocamento das espécies (AGOSTINHO et al., 1997; ESTEVES et al., 2000; SMITH et al., 2003). Há espécies que ocorrem predominantemente em ambientes lacustres como *Hoplias* sp., *Potamorhina* spp., *Psectrogaster* spp., *Serrasalmus* spp., *Liposarcus* spp., *Glyptoperichthys* sp., *Hypostomus* sp., *Peckoltia* spp., *Astronotus* spp., *Chaetobranchius* spp., *Heros* sp., *Satanoperca* spp., *Uaru* spp., *Symphysidum* spp., *Laetacara* spp., *Acarichthys* spp., *Schizodon* spp., *Rhithodus* spp. (LOWE-MCCONNELL, 1999). Em lagos de meandro é comum observar migrações de centenas de metros a poucos quilômetros motivadas pela mudança no nível das águas como observados para *Arapaima* spp., *Astronotus* spp., *Geophagus* spp. e *Satanoperca* spp. De acordo com Lowe-McConnell (1999) estas espécies buscam novos ambientes em busca de alimento e proteção e retornam ao rio na época da vazante.

O conhecimento da morfometria lacustre é extremamente importante, pois afeta os comportamentos físicos, químicos e biológicos desses ecossistemas, bem como a distribuição de espécies e também influencia fenômenos como a estratificação térmica e a circulação de nutrientes que direta ou indiretamente relaciona-se a sua profundidade e ao seu formato (ROLDÁN-PÉREZ e RAMÍREZ-RESTREPO, 2008). Além disso, para o conhecimento da capacidade suporte de uma lagoa, importante em manejo de atividades pesqueiras, é fundamental o conhecimento de outras medidas como o volume (BEZERRA-NETO e PINTO-COELHO, 2002, 2008; BRIGHENTI et al., 2011).

No Brasil, algumas lagoas são bem conhecidas quanto a sua morfometria como a lagoa da Pampulha que apresenta dados desde 1958 (Resck *et al.* 2007). No entanto, na região norte poucos os trabalhos realizados descrevendo as morfometrias de lagoas, principalmente as formadas por meandros de rios abandonados como a lagoa Paraíso na calha do rio Madeira, no sul do Amazonas.

Neste contexto o objetivo deste trabalho foi realizar o primeiro estudo morfométrico da lagoa Paraíso conforme apresentado na Figura 3, o que servirá como referência em trabalhos futuros envolvendo monitoramento físico-químico da água e identificação da biota local como peixes e macroinvertebrados bentônicos, bem como a realização de novas medições em períodos temporais compreendendo a cheia do rio madeira, a vazante, a seca e a seca - cheia, conforme dinâmica hidrologia e influência na conexão dos fluxos de matéria e energia entre o rio e a Lagoa, na forma de meandro abandonado.

## Material e Métodos

A lagoa Paraíso é caracterizada por ser um meandro ferradura, localizada no município de Humaitá, sul do Estado do Amazonas (Figura 1), pertence ao terceiro domínio morfoestrutural controlado pelo megalineamento estrutural Madre de Los Dios-Itacoatiara (SOUZA-FILHO et al., 1999), encaixado em vales de depósitos fluvionares recentes em planície de sedimentos aluvionares modeladoras de caminhos preferenciais que delinea a retificação do canal principal do rio Madeira. Esta lagoa não possui registros morfométricos, sendo a primeira coleta de dados realizada no dia dez de abril de dois mil e treze (10/04/2013), períodos de transição chuvoso – seca, momento de nível máximo tendendo a vazante, com intercomunicação e acesso fluvial pelo rio Madeira.



Figura 1 – Mapa de localização da Lagoa Paraíso na calha do rio Madeira, Bacia Amazônica, Brasil.

O equipamento ecobatímetro sonar Garmin Echo 100 com capacidade máxima de 600 pés para água doce foi utilizado para realização das medições de profundidade acoplado a um GPS MAP de navegação Garmim 60 CSX. O deslocamento do barco seguiu linhas transversais a Lagoa, e em todo o percurso de coleta dos dados a profundidade foi medida com velocidade média de 10 km/h. O transdutor do ecobatímetro fixado na extremidade oposta de uma haste, na parte inferior lateral da embarcação, mantendo-o na posição vertical a lamina d'água, evitando a variação da inclinação do feixe de ondas acústicas que é de 60° e consequentes erros de leituras. As medições foram realizadas mediante observação da mudança de profundidade no sentido transversal associada à coordenada UTM, conforme apresentado na Figura 2.

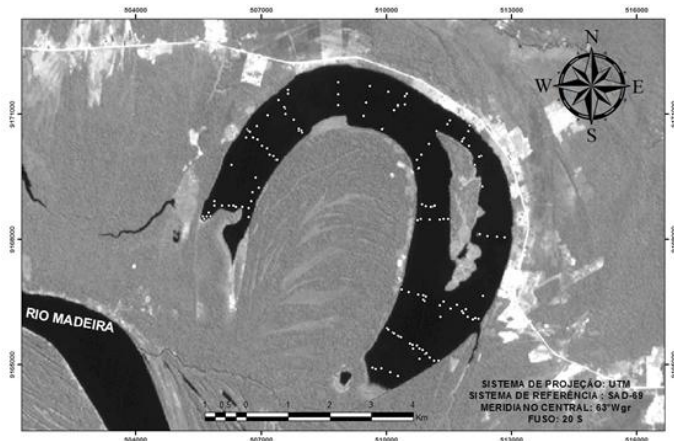


Figura 2 – Mapa de visualização dos pontos amostrados em transectos transversais ao meandro ferradura, Lagoa do Paraíso, calha do rio Madeira.

O mapa batimétrico foi confeccionado utilizando no programa Surfer 8.0® (Golden Software Inc.) através do método de interpolação de dados dispersos e pouco abundantes denominado “krigagem”.

A partir da carta batimétrica gerada, determinaram-se os parâmetros morfométricos primários e secundários. Foram calculados os seguintes parâmetros morfométricos primários: profundidade máxima ( $Z_{max}$ ), perímetro ( $P$ ), comprimento máximo ( $C_{max}$ ), largura máxima ( $L_{max}$ ), área total da superfície ( $A$ ) e volume total ( $V$ ). Para melhor indicação da configuração da morfologia da lagoa, foram construídas as curvas hipsográficas (área X profundidade e volume X profundidade) de acordo com Sperling (1999).

## Resultados

Muitos lagos e represas são conhecidos por mais de um nome, sendo o lago em questão conhecido como lagoa Paraíso ou lago dos Reis. A lagoa Paraíso, avaliada por 150 medições ao longo de sua área superficial, permitiu a confecção primária da carta batimétrica, a qual apresentou um compartimento com profundidade máxima ( $Z_{max}$ ) de 12 metros, sendo a sua média de ( $Z$ ) 4,61 m. A área do espelho d'água, considerando somente a massa líquida, ou seja subtraindo a ilha que representa aproximadamente 9% da área total, é igual a 19,633 km<sup>2</sup> (Tabela 1).

Tabela 1 – Parâmetros morfométricos da lagoa Paraíso, sul do Estado do Amazonas

Parâmetros Morfométricos	Valores	Unid.	Valores	Unid.
Área total da superfície + ilha	21.593.529,50	m <sup>2</sup>	21,594	km <sup>2</sup>
Área ilha ( $A_i$ )	1.960.615,39	m <sup>2</sup>	1,961	km <sup>2</sup>
Área do espelho d'água	19.632.914,11	m <sup>2</sup>	19,633	km <sup>2</sup>
Volume total (V)	90.609.846,35	m <sup>3</sup>	0,091	km <sup>3</sup>
Perímetro (P)	32.208,07	M	32,208	km
Perímetro ilha ( $P_i$ )	10.385,42	M	10,385	km
Comprimento máximo ( $C_{max}$ )	6.369,44	M	6,369	km
Largura máxima ( $L_{max}$ )	2.334,18	M	2,334	km
Profundidade máxima ( $Z_m$ )	12,32	M	0,012	km
Profundidade média ( $Z$ )	4,61	M	0,005	km
Largura média ( $L_{med}$ )	3.082,61	M	3,082	km

A análise da carta batimétrica (Figura 3) mostra o perfil do meandro deslocado do rio Madeira por depósitos aluvionares, contendo uma ilha que na forma de barreira física direcionou os fluxos de sedimentos para as margens tornando a região central posterior mais profunda que todas as outras avaliadas.

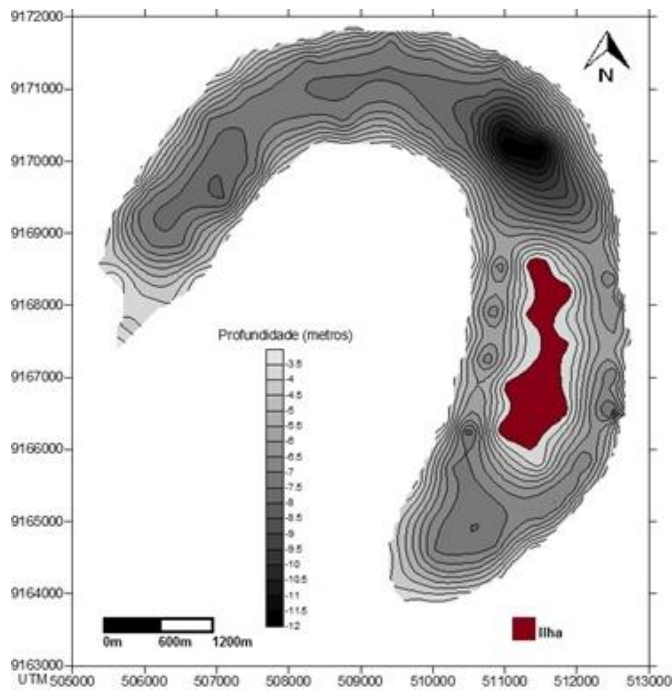


Figura 3 – Mapa batimétrico da lagoa Paraíso, Sul do Estado do Amazonas.

Na Figura 4, apresenta-se o transecto com declividade suave na região mais profunda da lagoa Paraíso (Figura 3), no qual não foi realizadas medições até as interfaces de terra firme – lagoa, a qual tenderia a profundidade zero (0), pois, devido o período amostrado, correspondente a cheia, as planícies de inundação, cuja região de transição de vegetação rasteira adaptada as condições alagadas e de seca, com formação de bancos de macrófitas formam obstáculos para transitação da embarcação.

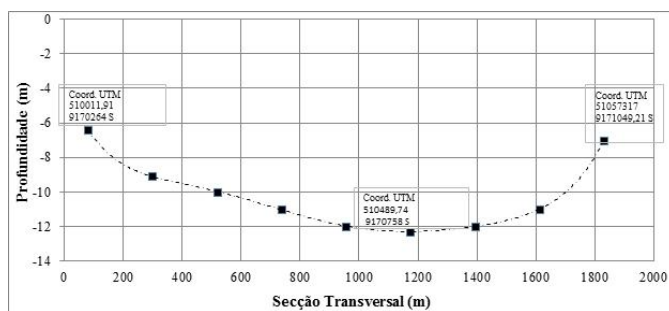


Figura 4 – Transecto avaliado da região mais profunda da Lagoa Paraíso.

A forma da cavidade do lago, com base nas curvas hipsográficas pode ser caracterizada<sup>7</sup>

senoidal e sua depressão apresenta formato convexo, devido suas margens terem baixas declividades nas regiões rasas, ocorrendo um brusco aumento de declividade nas regiões profundas que encontram-se centralizadas no meandro. Destaca-se que a partir de 6 metros de profundidade os percentuais de volume tendem a zero aumentando sua contribuições em 50% do volume em 9 metros de profundidade. Em 8 metros a indicação de redução significativa em termos percentuais de área, sendo em 6 metros de profundidade os 50% do espelho d'água (Figura 5).

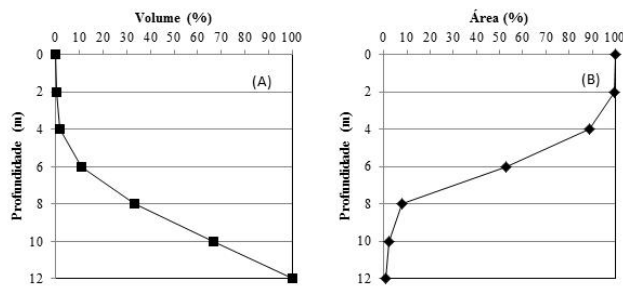


Figura 5 - Curvas hipsográficas da Lagoa do Paraíso, (A) profundidade-volume; (B) profundidade-área.

## Discussão

No denso sistema fluvial brasileiro, na região do pantanal e na planície amazônica, em específico nos estados do Amazonas e Amapá a presença de rios em atividade de formação, seja por depósitos ou inundação das áreas de varzea, acabam fechando meandros e formado lagos tipo ferradura (ESTEVES, 1988). Esta tipologia lacustre é formada por rios meândricos que apresentam nas curvaturas duas regiões bem definidas as zonas de erosão e as zonas de deposição. Na zona de erosão há remoção do sedimento das margens externas aumentando a concavidade ao longo do tempo. E, por outro lado, na zona de deposição nas margens internas há um acúmulo de sedimento que ao longo do tempo podem formar em algumas situações bancos de areia e até mesmo fechar canais alinhando o curso do rio (CHRISTOFOLETTI, 1981). Tais processos geológicos de transporte de sedimentos fluviais explicam a existência de diversos lagos formados por meandros abandonados no trajeto do rio Madeira, que recebe influência tanto natural como antropogênica. Importante salientar que no fluxo de sedimento, seguem nutrientes que em períodos de cheia beneficia diretamente a fertilização das encostas e as atividades agrícolas. Por outro lado, a influência antrópica nos processos erosivos são existentes, pois, a mais de 100 anos, embarcações de pequeno a grande porte trafegam continuamente pelo rio Madeira provocando ondas, que atingem as margens e contribui para o desbarrancamento das encostas independente de curvas ou canais retilíneos,<sup>8</sup>



favorecendo para o carreamento de sedimentos para seu leito e alargando o rio. Esses processos em mudança podem ser visualizados principalmente em épocas de seca, com presença temporal de bancos de areia, bem como a definição do talvegue preferencial do rio. Ao longo de muitos anos, especialmente no rio Madeira, houve à separação de um meandro que deu origem a lagoa Paraíso. Observando a imagem de satélite fica bem evidente que a morfologia da lagoa Paraíso encaixa-se perfeitamente a um antigo trecho do rio Madeira. Esta semelhança não é apenas visual, a medição da largura da lagoa e do rio mostraram-se muito próximas, isto é, a largura da lagoa Paraíso e do rio Madeira ficaram em torno de 2 km.

A caracterização morfológica da lagoa deve levar em consideração esta origem geológica, pois o perfil batimétrico da lagoa Paraíso devem levar em consideração a sua origem, que relativamente evidencia uma antiga zona de deposição do rio Madeira nas duas extremidades deixando-as mais rasas e posterior a ilha foi à região que apresentou as maiores profundidades referente ao antigo canal que encontra-se seguro pela ilha. Este resultado já era esperado uma vez que na zona de deposição ocorre um acúmulo de sedimento e ao longo do tempo a redução da profundidade. Na lagoa paraíso há uma ilha formada com uma área de 1,961 km<sup>2</sup>. Esta ilha na época de cheia tem sua área muito reduzida e até o momento mesmo em períodos de cheia extrema não permanece totalmente submersa. Nas épocas de cheia do rio Madeira, os rios pertencentes a sua bacia, também elevados por contribuição das chuvas e influencia da elevação do lençol freático, dispensa fluxos perpendiculares ao seu fluxo, criando áreas de várzea, que são florestas alagadas com comunicações proporciona o fluxo e migração de espécies. Na lagoa Paraíso, o igarapé Paraíso faz conexão superficial do rio Madeira com a lagoa sendo o corredor de entrada de muitas espécies de peixes e outros animais como o *Sotalia fluviatilis* (boto). Em épocas de cheia extraordinária como ocorreu no ano de 2013 há um forte aporte de material alóctone e sedimento no sentido rio Madeira, igarapé Paraíso e lagoa Paraíso. O rio Madeira apresenta uma altíssima carga de sedimento em toda sua extensão. É possível que a ilha tenha sido formada ao longo do tempo pela deposição de sedimento do rio Madeira que penetra na lagoa através do igarapé Paraíso.

Observou-se através da batimetria da Lagoa do Paraíso que devido a dinâmica do Rio Madeira as comunidades ictiológicas alternam seu comportamento quanto a movimentos migratórios sejam estes motivados pelos pulsos de inundação, para fins reprodutivos e/ou para fins tróficos caracterizando este ambiente como “*hots pots*” (JUNK et al., 1989).

Durante a cheia a correnteza do rio provoca turbulência que garante a aeração em toda a coluna de água permitindo que espécies mais exigentes possam desenvolver-se neste tipo de habitat. Durante o período de seca quando a água fica parada na várzea a depleção de oxigênio decorrente da baixa produção de fitoplâncton (FLORES-VERDUGO et al., 1988), redução da penetrabilidade de luz (FULAN e HENRY, 2006), além da grande quantidade de matéria orgânica inundada decomposta por bactérias e fungos que aumenta a temperatura da água (ANTONIO e BIANCHINI Jr, 2002; CARVALHO et al., 2005), faz com que espécies que apresentem estruturas anatomorfofisiológicas adaptadas a estas condições possam desenvolver-se também nestes ambientes como é o caso do *Arapaima gigas* e *Colossoma macropomum*.

## Conclusões

A batimetria da lagoa proporcionará uma maior compreensão dos processos biológicos e permitirá estudos mais aprofundados no que tange a geomorfologia da lagoa Paraíso.

## Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Proc. 471465/2011-9), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas e à Universidade Federal do Amazonas.

## Referências

- AGOSTINHO, A.A.; BINI, L.M.; GOMES, L.C. Ecologia de comunidades de peixes da área de influência do reservatório de Segredo. In: Agostinho, A.A.; Gomes, L.C. (Eds.). **Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo**. Maringá: EDUEM, p. 97-111, 1997.
- AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C.; ZALEWSKI, M. The importance of floodplains for the dynamics of fish communities of the upper river Paraná. **Ecohydrology and Hydrobiology**, v. 1, n 1-2, p. 209-217, 2001.
- ANTONIO, R.M.; BIANCHINI JR., I. The effect of temperature on the glucose cycling and oxygen uptake rates in the Infernão lagoon water, state of São Paulo, Brazil. **Acta Scientiarum: Biological Sciences**, v.24, p. 291-296, 2002.
- BEZERRA-NETO, J.F.; PINTO-COELHO, R.M. A morfometria e o estado trófico de um reservatório urbano: lagoa do Nado, Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 2, p. 285-290, 2002.
- BEZERRA-NETO, J.F.; PINTO-COELHO, R.M. New morphometric study of Lake Dom Helvécio, Parque Estadual do Rio Doce (PERD), Minas Gerais: utilization of advanced methodology for bathymetric mapping. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 20, n. 2, p. 117-130, 2008.
- BRIGHENTI, L.S.; PINTO-COELHO, R.M.; BEZERRA-NETO, J.F.; GONZAGA, A.V. Parâmetros morfométricos da Lagoa Central (Lagoa Santa, Estado de Minas Gerais): comparação de duas metodologias. **Acta Scientiarum**, v. 33, n. 3, p. 281-287, 2011.
- CARVALHO, P.; THOMAZ, S.M.; BINI, L.M. Effects of temperature on decomposition of a potential nuisance species: the submerged aquatic macrophyte *Egeria najas* Planchon (Hydrocharitaceae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 65, p. 767-777, 2005.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blucher. 313p. 1981.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência/ FINEP. 545p. 1998.
- ESTEVES, K.E.; SENDACZ, S.; LÔBO, A.V.P.; XAVIER, M.B. Características físicas, químicas e biológicas de três lagoas marginais do rio Mogi Guaçu (SP) e avaliação do seu papel como viveiro natural de espécies de peixes reofílicos. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 26, n. 2, p.169-180, 2000.
- FLORES-VERDUGO, F.J.; DAY, J.W.; MEE, L.; BRISEÑO-DUEÑAS, R. Phytoplankton production and seasonal biomass variation of seagrass, *Ruppia maritima* L., in a tropical Mexican lagoon with an ephemeral inlet. **Estuaries**, v. 11, n. 1, p. 51-56, 1988.

FULAN, J.A.; HENRY, R. The Odonata (Insecta) assemblage on Eichhornia azurea (Sw.) Kunth (Pontederiaceae) stands in Camargo Lake, a lateral lake on the Paranapanema River (state of São Paulo, Brazil), after an extreme inundation episode. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 18, n.4, p. 423-431, 2006.

JUNK, W.J.; BAYLEY, P.B. & SPARKS, R.E. The flood pulse concept in riverfloodplain systems. **Canadian Journal of Fishers and Aquatic**, v. 106, n. 110-127, 1989.

LOWE-MCCONNELL, R.H. **Estudos Ecológicos de Comunidades de Peixes Tropicais**. São Paulo: Universidade de São Paulo. 535p. 1999.

RESCK, R. P.; BEZERRA-NETO, J. F.; PINTO-COELHO, R. M. Nova batimetria e uma avaliação ecológica de parâmetros morfométricos da Lagoa da Pampulha (Belo Horizonte, Brasil). **Geografias**, v. 3, n. 2, p. 24-37, 2007.

ROLDÁN-PÉREZ, G.A.; RAMÍREZ-RESTREPO, J.J. **Fundamentos de Limnología Neotropical**. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia. 440p. 2008.

SMITH, W.S.; PEREIRA, C.C.G.F.; ESPÍNDOLA, E.L.G.; ROCHA, O. A importância da zona litoral para a disponibilidade de recursos alimentares à comunidade de peixes. In: Henry, R (Ed.) **Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos**. São Carlos: Rima, p. 233-248, 2003.

SOUZA-FILHO, P. W. M; QUADROS, M. L. E. S.; CANDOLARA, J. E.; SILVA-FILHO, E. P.; REIS, M. R. Compartimentação morfoestrutural e neotectônica do sistema fluvial Guaporé-Mamoré-Alto Madeira, Rondônia-Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 29, n. 4, p. 469-476, 1999.

SPERLING, E. **Morfologia de lagoas e represas**. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1999. 137p.