



AVALIAÇÃO DO ASSOREAMENTO DE RESERVATÓRIO ARTIFICIAL ATRAVÉS DA ANÁLISE MULTITEMPORAL DE DADOS BATIMÉTRICOS

*Jamil Alexandre AyachAnache¹; JéssycaStanieski de Souza²; Luiz Augusto Araujo do Val³;
Carlos Nobuyoshi Ide⁴ & Teodorico Alves Sobrinho⁴*

RESUMO – A avaliação multitemporal do volume de reservatórios é importante para o controle do processo de sedimentação e consequente assoreamento dos mesmos. Desta forma, levantamentos batimétricos são necessários para que esta tarefa seja executada. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo determinar o volume de um reservatório artificial para fins paisagísticos, denominado Lago do Amor, localizado no campus da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em diferentes datas e desta forma avaliar o processo de assoreamento que está ocorrendo. Foram determinados os volumes e as áreas da represa nos anos de 2002, 2008 e 2011, utilizando diferentes metodologias de medição e análise geostatística. Observou-se que os parâmetros de área, profundidade e volume decrescem linearmente ao longo dos anos e que em aproximadamente 40 anos o Lago do Amor estará completamente assoreado caso nenhuma medida para prolongar o seu tempo de vida seja feita.

ABSTRACT – The evaluation of a reservoir volume along the time is important to control its sedimentation process. Thus, bathymetric surveys are required for this task. Thus, this study aims to determine the volume of Lago do Amor, an artificial reservoir located in the campus of the Federal University of Mato Grosso do Sul, in different dates and thus evaluate the process of sedimentation that is occurring. We determined the volumes and areas of the reservoir in 2002, 2008 and 2011, using different methodologies for measuring and geostatistical analysis to calculate the volumes. It was observed that the parameters area, depth and volume decreased linearly over the years and in 40 years approximately Lago do Amor will be completely clogged, if no measures to prolong its lifetime is made.

¹ Aluno de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Tecnologias Ambientais - PGTA, Bolsista CNPq, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia - CCET, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, Cidade Universitária, S/N, CEP 79070-900, Campo Grande, MS, e-mail: jamil.anache@ufms.br

² Aluna de Graduação em Engenharia Ambiental, CCET/UFMS, e-mail: jessycasouza@gmail.com

³ Aluno de Doutorado do PGTA, CCET/UFMS, e-mail: luiz.val@ufms.br

⁴ Professores Associados, CCET/UFMS, e-mail: carlos.ide@ufms.br; teodorico.alves@ufms.br

Palavras-chave: Sedimentação, geoestatística, batimetria.

1. INTRODUÇÃO

Informações sobre a capacidade de reservatórios é essencial para a sua gestão, para a modelagem hidrológica e para a avaliação da dinâmica da bacia hidrográfica. Reservatórios geralmente não são considerados pelos gestores como parte do sistema hidrológico e por agências locais. Entretanto, os mesmos podem causar impactos no ciclo hidrológico e gerar conflitos entre os usuários dos recursos hídricos pela sua influência nas vazões (Rodrigues *et al.*, 2011).

A batimetria é o conjunto dos princípios, métodos e convenções utilizados para determinar a medida do contorno, da dimensão e da posição relativa da superfície submersa dos mares, rios, lagos, represas e canais. A metodologia empregada alia sondagens de campo à modelagem digital 2D através de interpoladores e algoritmos sofisticados, contidos em módulos de geoprocessamento (Carvalho, 2008).

O levantamento batimétrico pode ser realizado em locais com indícios de assoreamento. Devido ao fenômeno do assoreamento, testes devem ser aplicados periodicamente para indicar o nível de profundidade da área submersa, como rios, mares, lagos, barragens, nos portos.

Assoreamento é processo acelerado de deposição de sedimentos detríticos em área rebaixada (área de sedimentação). Do ponto de vista geológico a sedimentação é um processo natural, decorrente da erosão. No entanto, sua aceleração, devido a fatores antrópicos, resulta em uma série de efeitos indesejáveis no meio ambiente.

A produção de sedimentos nas bacias hidrográficas tem suas origens nos processos erosivos decorrentes do mau planejamento do uso e ocupação do solo. Solos desnudos ou com baixa proteção são erodidos pela ação da água da chuva que desagrega e lava o solo exposto, e por consequência transporta este material ao leito dos rios que drenam a bacia hidrográfica (Camargo *et al.*, 2011).

Segundo Gonçalves *et al.* (2009) as informações de profundidade têm especial importância em regiões costeiras, principalmente onde existe alto tráfego de embarcações, ambientes naturais vulneráveis, ou ainda como base para obras de engenharia costeira. Os levantamentos de profundidade são apresentados em mapas batimétricos, que possibilitam uma navegação mais segura, auxiliam projetos de manejo de regiões costeiras, de dragagens e de obras de engenharia costeira, como a construção de portos, espigões, molhes, engorda de praias, aterro hidráulico, entre outras.

Levantamentos batimétricos normalmente são feitos por perfiladores acústicos, equipamentos que se baseiam na medição do tempo decorrido entre a emissão de um pulso sonoro e a recepção do mesmo sinal após ser refletido pelo fundo. Esses equipamentos são transportados junto a embarcações e por esse fato se restringem a áreas que essas podem alcançar. Os levantamentos batimétricos utilizando perfiladores acústicos ficam prejudicados em regiões rasas, que possuem obstruções geográficas, linhas de costa complexas, correntes fortes ou ondas. Em algumas dessas regiões é possível utilizar outras técnicas para determinar a profundidade.

Os perfiladores acústicos são equipamentos que permitem obter o perfil da corrente ao longo da coluna de água. Estes funcionam partindo do pressuposto que existem partículas em suspensão (sedimentos e plâncton) e que se deslocam em harmonia com as massas de água, tirando partido do efeito de Doppler. O efeito de Doppler consiste na alteração da frequência do impulso quando existe um movimento relativo entre a fonte emissora e o alvo. Ou seja, o equipamento envia um sinal acústico que é disperso pelas partículas em suspensão, sendo que parte deste sinal é enviado de volta ao aparelho, mas agora com uma frequência diferente, originada pelo movimento das partículas face ao equipamento, calculando assim os valores da corrente.

Para teste de batimetria realizado no Lago do Amor, foi utilizado o perfilador acústico M9 (SONTEK, 2011) e três receptores GPS geodésicos, sendo um deles fixo para servir de ponto de referência aos outros dois, utilizados na delimitação da área e do perímetro.

2. OBJETIVO

Determinar as áreas e os volumes de um reservatório artificial em três datas distintas: junho de 2002, agosto de 2008 e novembro de 2011, e avaliar o processo de assoreamento no período considerado.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em reservatório artificial para fins paisagísticos, denominado Lago do Amor, localizado no campus da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (Longitude 54° 37'07"O e Latitude 20°30'13"S), na confluência dos Córregos Bandeira e Cabaça, ambos pertencentes à microbacia hidrográfica do Córrego Bandeira, que possui aproximadamente 15,2 km². Primeiramente foram levantados os dados de batimetria do lago realizada nos anos de 2002 e 2008. Os dados de 2002 foram obtidos de carta náutica disponível (Figura 1), enquanto que o levantamento de 2008 foi realizado pela equipe da UFMS.



Figura 1. Base de dados para a batimetria de 2002.

Após os devidos ajustes na escala da carta náutica disponível, seus pontos e perímetro foram digitalizados em ambiente SIG. O levantamento de 2008 foi concebido com a utilização de GPS geodésico e de um profundímetro, sendo que foram obtidos perfis do fundo do lago. Os dados batimétricos de 2011 foram levantados através do método acústico, utilizando-se o equipamento RiverSurveyor® M9 (Figura 2), que possui um sistema dotado de um raio vertical para a sondagem precisa da profundidade do reservatório. Além disso, o M9 contém GPS para localizar os pontos amostrados espacialmente.



Figura 2. RiverSurveyor® M9 (utilizado em 2011).

Nos anos de 2008 e 2011 foi utilizado GPS geodésico para a delimitação do perímetro do Lago do Amor, sendo que os pontos foram obtidos a pé ou através de embarcação nos locais de difícil acesso. A Figura 3 mostra as etapas desenvolvidas para elaborar o presente trabalho.



Figura 3. Procedimento para elaboração do trabalho.

Após a coleta dos dados batimétricos para os três anos analisados (Figura 4), os mesmos foram organizados em ambiente SIG de modo a se extraírem dados como área, perímetro, profundidade média, entre outros. Em seguida, para a obtenção do volume, os pontos foram modelados através de método geoestatístico para a obtenção de Modelo Digital de Terreno, utilizando-se o software Surfer 8 (Golden Software, 2002), que permite a visualização do modelo em diferentes formatos e o cálculo do volume. Para o cálculo da área, utilizou-se o método de Gauss, adotado pela maioria dos SIGs.

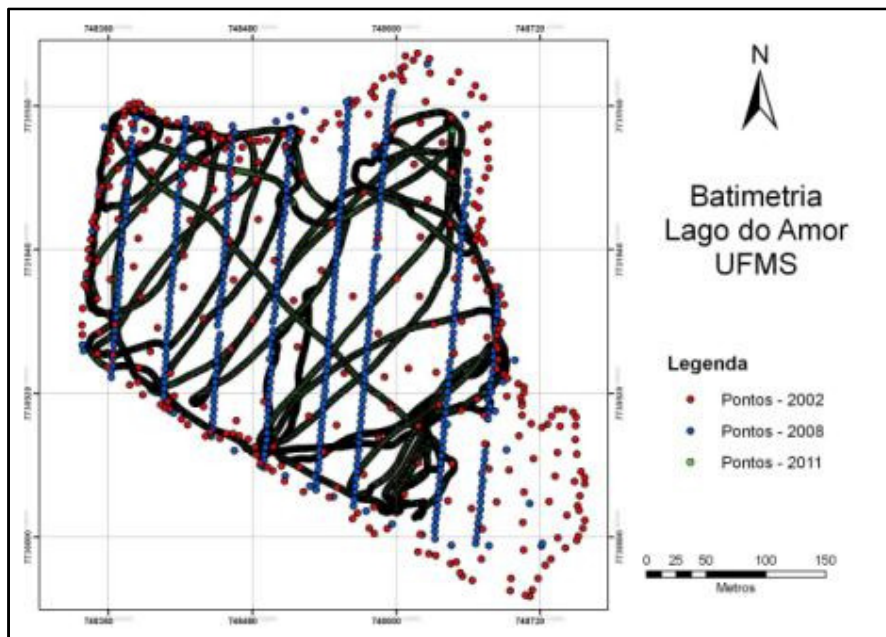


Figura 4. Pontos com profundidade conhecida.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar dos levantamentos de área, perímetro e profundidade do reservatório terem sido realizados com diferentes metodologias, resultando em dados com densidades de medição distintas, foi realizada a comparação de área, volume e profundidade, de modo a mostrar a importância do monitoramento batimétrico do Lago do Amor para a sua gestão.

4.1 Relativo à área do reservatório

A evolução do perímetro do lago, entre os anos de 2002 e 2011, está apresentada na Figura 5. Observa-se que a área diminuiu 12% de 2002 para 2008 e 23% de 2008 para 2011 e pela Figura 6 pode-se afirmar que esse decréscimo é linear.

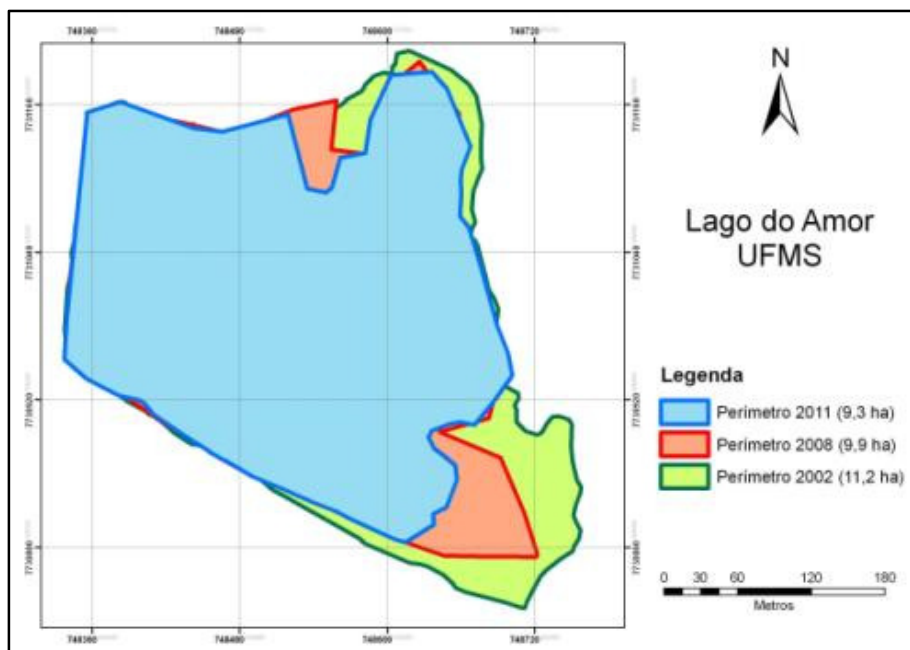


Figura 5. Limites do lago do Amor ao longo dos anos.

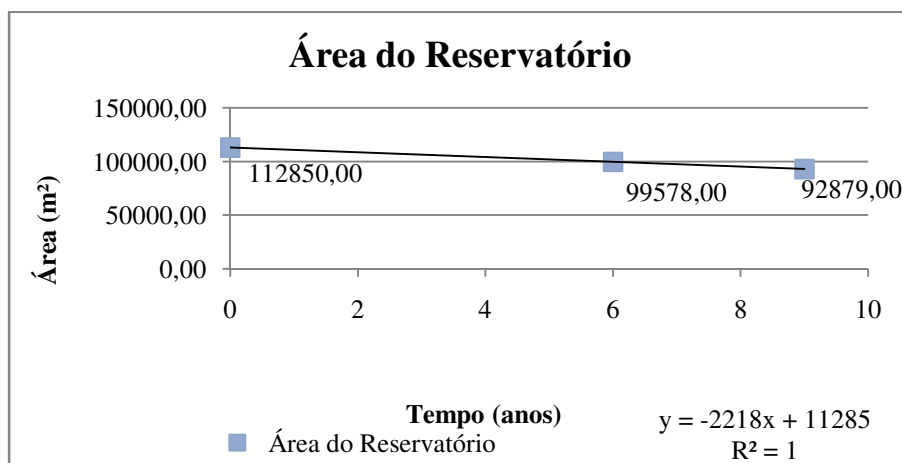


Figura 6. Evolução temporal da área do Lago do Amor.

4.2 Relativo ao volume do reservatório

O volume do reservatório diminuiu à taxa de 5845,2 m³/ano entre 2002 e 2008 e 6649,2 m³/ano entre 2008 e 2011. Logo, é possível afirmar que a taxa do assoreamento do reservatório aumenta ao longo dos anos. Entretanto, como pode ser observado na Figura 7, a evolução temporal do volume é praticamente linear e pode haver incertezas geradas pelas diferentes densidades de pontos de medição de profundidade.

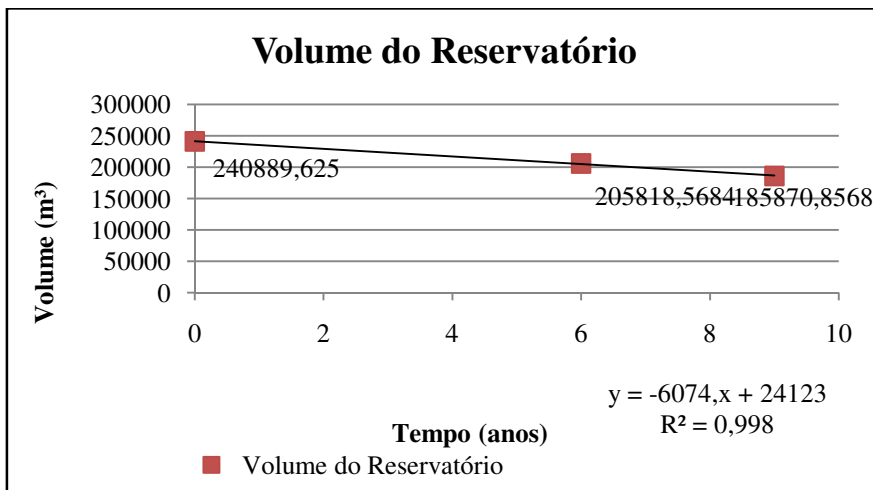


Figura 7. Evolução temporal do volume do reservatório.

4.3 Relativo à profundidade do reservatório

A profundidade média do reservatório reduziu 13 centímetros entre 2002 e 2011 (Figura 8). As curvas de nível do lago nos diferentes anos analisados são apresentadas na Figura 9.

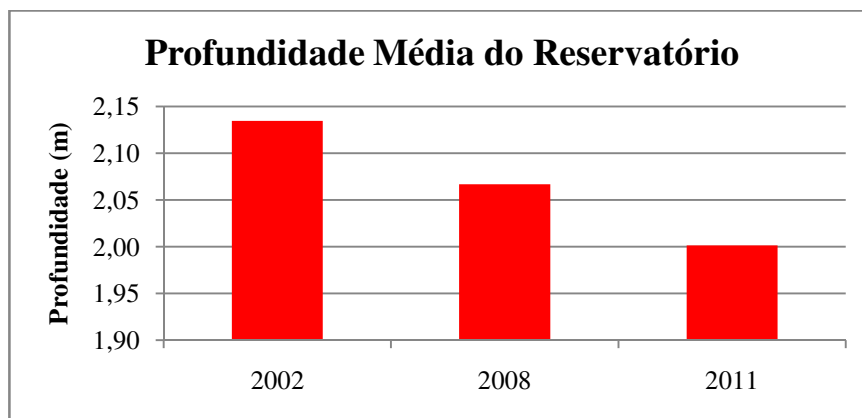


Figura 8. Evolução temporal da profundidade média do reservatório.

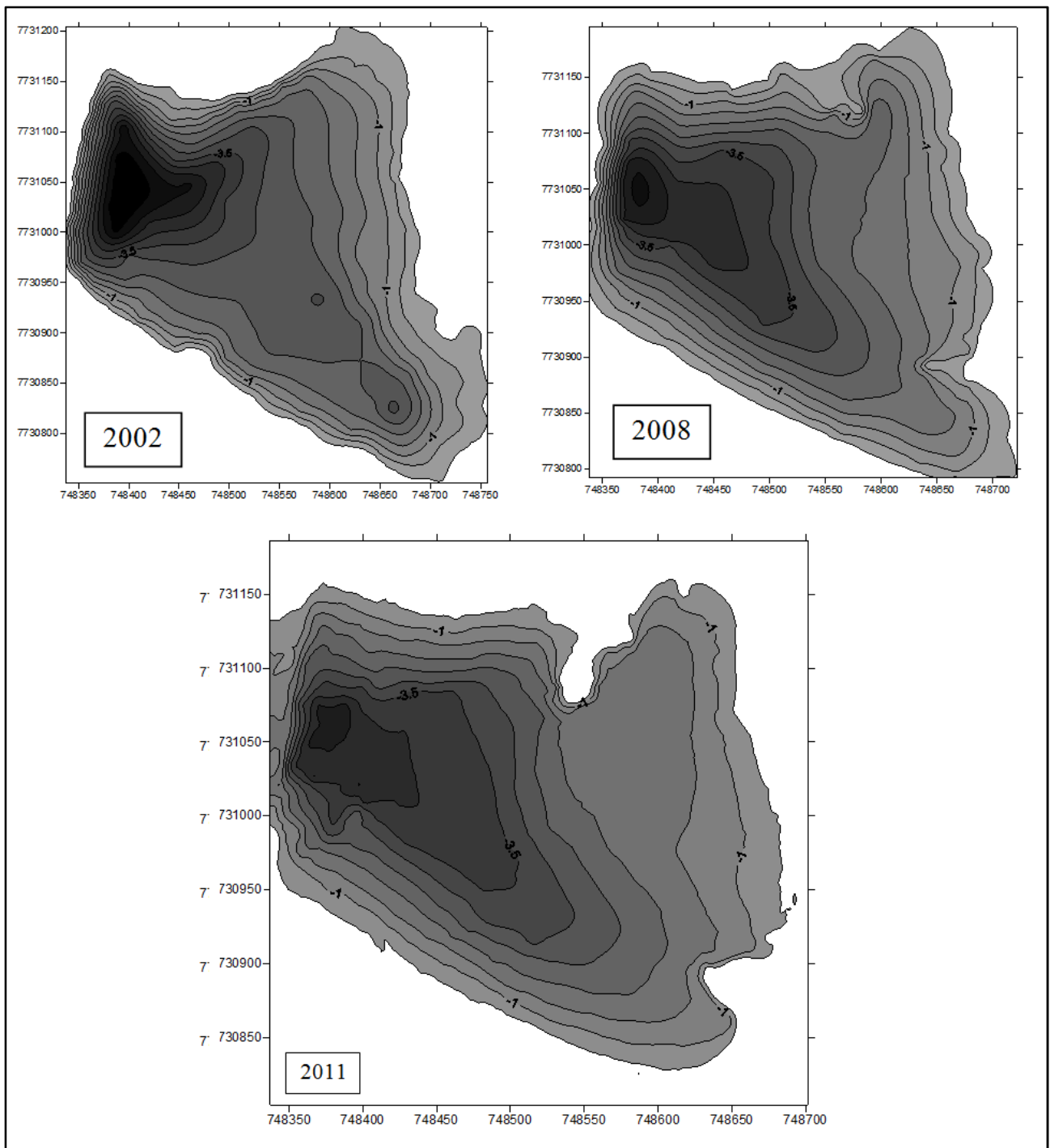


Figura 9. Curvas de nível do Lago do Amor ao longo dos anos.

4.4 Avaliação do assoreamento do reservatório

Utilizando as equações lineares obtidas (gráficos das Figuras 6 e 7), foram calculados os tempos de vida para o Lago do Amor a partir do ano de 2002. Considerando a taxa de variação de área (dA/dT), o assoreamento total do reservatório ($A=0$) ocorrerá no ano 2053 (51 anos) e utilizando a taxa de variação de volume (dV/dT), o reservatório estará completamente cheio de sedimentos no ano de 2042 (40 anos). É importante considerar que estas estimativas não

consideram qualquer intervenção que pode ser feita no lago para evitar o seu assoreamento, como dragagem para remoção dos sedimentos.

Tabela 1 - Previsão para o assoreamento do Lago do Amor.

Método	Equação	Tempo de Vida	Previsão de Assoreamento
Área	$A = -2218T + 112859$	51 anos	2053
Volume	$V = -6074,9T + 241234$	40 anos	2042

CONCLUSÕES

- O Lago do Amor estará completamente assoreado em aproximadamente 40 anos se nenhuma medida for tomada para prolongar seu tempo de vida;
- Os parâmetros área, volume e profundidade média decrescem linearmente ao longo do período de tempo estudado;
- A taxa de redução de volume aumentou no período compreendido entre 2008 e 2011;
- A sonda M9 fornece batimetria mais detalhada do reservatório quando comparada com as outras técnicas empregadas nos anos anteriores.

BIBLIOGRAFIA

CARVALHO, N. O. (2008). *Hidrosedimentologia Prática*. Interciência. Rio de Janeiro-RJ, 599 p.

GOLDEN SOFTWARE, I. (2002). *Surfer Version 8.00*. Golden, Colorado, USA.

GONÇALVES C. B., CENTENO J. A. S., RIBEIRO S. R. A. (2009) *Estimativa de batimetria aplicando análise de componentes principais e dados Ikonos II*. In: Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal: INPE, 2009. pp. 6495-6500.

CAMARGO, A. A. B.; SILVA NETO, R.; ELER, M. N.; MAUAD, F. F. (2011) *Análise multitemporal de assoreamento de reservatórios, in Engenharia de Sedimentos na busca de soluções para problemas de erosão e assoreamento*. Org por Lima, J. E. F. W.; Lopes, W. T. A. L. Brasília, DF: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. ISBN 85-8868-628-7.

RODRIGUES, L. N.; SANO, E. E.; STEENHUIS, T. S.; PASSO, D. P. (2011). *Estimation of Small Reservoir Storage Capacities with Remote Sensing in the Brazilian Savannah Region*. Water Resources Management, v. 26, n. 4, pp. 873-882. ISSN 0920-4741, 1573-1650.

SONTEK (2011). *RiverSurveyor M9*. Acessado em novembro de 2011 <<http://www.sontek.com/riversurveyor-s5-m9.php>>