

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/330183830>

MODELAGEM DO PROCESSO DE ASSOREAMENTO DO LAGO ÁGUA PRETA: UM DOS MANANCIAIS DA GRANDE BELÉM

Conference Paper · January 2019

CITATIONS

0

READS

118

6 authors, including:



Patrícia da Silva Holanda

Federal University of Pará

46 PUBLICATIONS 402 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Claudio Blanco

Federal University of Pará

203 PUBLICATIONS 953 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



D.O.A. Almeida Cruz

Federal University of Rio de Janeiro

82 PUBLICATIONS 642 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Yves Secretan

Institut National de la Recherche Scientifique

80 PUBLICATIONS 1,002 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



System optimization of multiple uses of water [View project](#)



St. Lawrence River water temperature and fish habitat modelling: understanding the 2001 fish kill. [View project](#)

MODELAGEM DO PROCESSO DE ASSOREAMENTO DO LAGO ÁGUA PRETA: UM DOS MANANCIAIS DA GRANDE BELÉM

Patrícia da Silva Holanda¹; Claudio José Cavalcante Blanco²; Daniel Onofre de Almeida Cruz³; David Franco Lopes⁴; Ana Rosa Baganha Barp⁵; Yves Secretan⁶

RESUMO --- A principal contribuição do presente trabalho, é a realização da modelagem do assoreamento do lago Água Preta. Tal estudo foi efetuado a partir de duas fontes de dados. A primeira é uma planta topobatimétrica de 1975. A segunda foi uma topobatimetria realizada com um ADCP em 2009. A modelagem partiu da elaboração dos modelos de elevação de terreno de 1975 e 2009, através dos quais, as profundidades e os volumes do lago foram calculados, contando com os níveis d'água medidos in loco. As profundidades e o volume de 2009 foram validados com dados disponíveis na literatura. Além disso, com os modelos de elevação de terreno, pôde-se calcular a taxa de sedimentação máxima e média ocorridas entre 1975 e 2009. A profundidade média de 2009 foi determinada, a qual, associada à taxa de sedimentação média, permitiu a determinação do tempo de assoreamento do lago Água Preta, respeitadas as hipóteses de: taxa de sedimentação média, bombeamento e captação de água constantes ao longo do tempo.

ABSTRACT --- The main contribution of this paper is to develop silting modeling of Água Preta Lake. Such study is carried out through two data sources. The first is a topobathymetric chart to date from 1975. The second was performed with an ADCP and it dates from 2009. The modeling began with the development of models of terrain elevation from 1975 and 2009, which allowed the depths and volumes determination, through the water levels measured in loco. The depths and the volume from 2009 were validated with data available in the literature. Besides this, with models of terrain elevation, the maxima and average rates of silting were calculated between 1975 e 2009. The average depth from 2009 also was calculated and it allowed the silting time determination of Água Preta Lake, through the average rate of silting. At that case, it was necessary to consider the hypothesis to average rate of silting; pumping and captation of water are constants in the time.

Palavras-Chave: Assoreamento, Modelo de Elevação do Terreno, Lago Água Preta.

¹ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia - PRODERNA-ITEC-UFPA - Rua Augusto Correa, 1, Belém, PA, CEP 66075-110, e-mail: pholanda@ufpa.br

² Professor da Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental - FAESA-ITEC-UFPA, e-mail: blanco@ufpa.br

³ Professor da Faculdade de Engenharia Mecânica - FEM-ITEC-UFPA, e-mail: doac@ufpa.br

⁴ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia - PRODERNA-ITEC-UFPA, e-mail: davilopes.1978@gmail.com

⁵ Professora da Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental - FAESA-ITEC-UFPA, e-mail, e-mail: anabarp@ufpa.br

⁶ Professor do INRS-ETE da Universidade do Quebec - Canadá, e-mail: Yves.Secretan@ete.inrs.ca

1 - INTRODUÇÃO

Em Belém do Pará, dois lagos são utilizados no abastecimento de água da Região Metropolitana, os lagos Bolonha e Água Preta, localizados no Parque Ambiental de Belém. O maior deles é o lago Água Preta, possuindo uma área de 3.116.860 m² (Dias *et al.* 1991) e um volume de 8.847.061 m³ (Sodré, 2007). Estes reservatórios estão interligados entre si e formam o manancial do Utinga, como mostra a Figura 1.



Figura 1 - Lagos Bolonha, Água Preta e região. Fonte: Adaptado de Google Earth, 2009.

O sistema hídrico dos lagos Bolonha e Água Preta vem sofrendo diversas pressões, seja pelas constantes invasões de suas cabeceiras, por moradias sem esgotamento sanitário, como por conjuntos habitacionais construídos na região. Segundo SECTAM (1992), os lagos vêm servindo também como receptores finais de esgotos domésticos e industriais e das águas lançadas em suas bacias. No mais, as águas do rio Guamá, nas marés enchentes, carregam as águas da Baía do Guajará, receptora dos esgotos e águas pluviais da cidade de Belém, sendo também ricas em sedimentos, potencializando a contaminação e o assoreamento dos reservatórios. Já que o lago Água Preta recebe água bombeada do rio Guamá (Figura 1).

Na questão do assoreamento dos lagos Água Preta e Bolonha destacam-se três trabalhos. O primeiro de Dias *et al.* (1991), que estabeleceu um estudo ambiental do Utinga, visando à análise da vida útil do sistema de abastecimento de água de Belém. Nesse estudo, os autores estimaram que o lago Água Preta teria uma vida útil de 50 anos. O segundo trabalho é de Sodré (2007), que realizou um estudo sobre a hidroquímica dos lagos Bolonha e Água Preta. O estudo contou com uma batimetria do lago que revelou, de forma qualitativa, um assoreamento às proximidades da adução de água do rio Guamá. Recentemente, Lima *et al.* (2009), analisaram morfologicamente o lago Bolonha e detectaram que entre 1983 e 2007 não houve assoreamento significativo no corpo d'água. Baseado nessas informações, a motivação para a elaboração do presente trabalho é

fundamentada nas agressões, citadas anteriormente, que o lago Água Preta vem sofrendo e também pela constatação da carência de informações sobre estudos de assoreamento do reservatório, procurando obter parâmetros, que possam subsidiar um controle desse assoreamento. Tal análise é complexa e na maioria das vezes demanda a utilização de modelos de elevação de terreno georreferenciados. Por exemplo, Morin (2004) analisou a morfologia em um trecho do rio *Saint-Laurent* no Canadá a partir das intervenções humanas (dragagens etc.), com dados de batimetria datados desde de 1844, ou seja, aproximadamente 160 anos atrás; Blanco *et al.* (2008), analisaram a evolução morfológica de um trecho da orla de Belém para o período entre 1986 e 2006. O trabalho de Lima *et al.* (2009), já citado anteriormente e os de Morin (2004) e Blanco *et al.* (2008), utilizaram o programa *Modeleur* para gerar os modelos de elevação de terreno necessários às análises de assoreamento, o mesmo utilizado no presente trabalho.

2 - METODOLOGIA

A modelagem do processo de assoreamento exige o levantamento de dados topobatimétricos que compõem o Modelo de Elevação do Terreno (MET) do corpo d'água analisado. No escopo do presente trabalho, a primeira etapa para que os modelos funcionassem de forma satisfatória, foi um levantamento cuidadoso e minucioso dos dados topobatimétricos. Nesse estudo, os METs são funções de dois conjuntos de dados topobatimétricos. O primeiro, do ano de 1975, foi levantado através de consulta ao acervo cartográfico da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA); e o segundo, foi levantado através de uma topobatimetria realizada em outubro de 2009.

O programa utilizado na elaboração dos METs do lago Água Preta, foi o *Modeleur*, que é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) especializado em hidráulica fluvial. O programa integra os dados topobatimétricos, os interpola via Método dos Elementos Finitos (MEF) e os projeta sobre uma malha, sendo uma poderosa ferramenta de pré e pós-processamento de dados topobatimétricos (Secretan & Leclerc 1998), permitindo a modelagem de relevos subaquáticos. O *Modeleur* também possui uma calculadora que opera os campos de topografia interpolados, possibilitando o cálculo de parâmetros topográficos, os quais foram utilizados na análise de assoreamento do trabalho em questão.

2.1 - Topobatimetria de 1975

A batimetria e a topografia do lago Água Preta do ano de 1975, foram levantadas através de uma planta topográfica pertencente ao acervo cartográfico da COSANPA. A topobatimetria contida na planta, em forma de curvas de níveis, foi transferida para uma malha regular de 50x50m, após georreferenciamento, feito a partir do conhecimento de um ponto em coordenadas UTM e da escala da referida planta. Assim, para cada ponto da malha cortado por uma curva de nível, as coordenadas

x, y e a cota z eram determinadas, resultando em uma malha com 750 pontos georreferenciados e dotados de cotas. O arquivo, contendo os pontos, foi importado para o software *Modeleur 1.0a07*, que utiliza o Método dos Elementos Finitos (MEF) para interpolar os dados de topografia, produzindo assim, um MET de 1975. A Figura 2 apresenta os 750 pontos de coordenadas x, y e z, representando os dados brutos de topografia do lago Água Preta na plataforma do *Modeleur*.

A Figura 2 apresenta também, um mapa georreferenciado da região do lago Água Preta, fornecido pela CODEM (Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém), o mesmo foi importado para o software *Modeleur*, servindo de base georeferenciada para o estudo em questão.

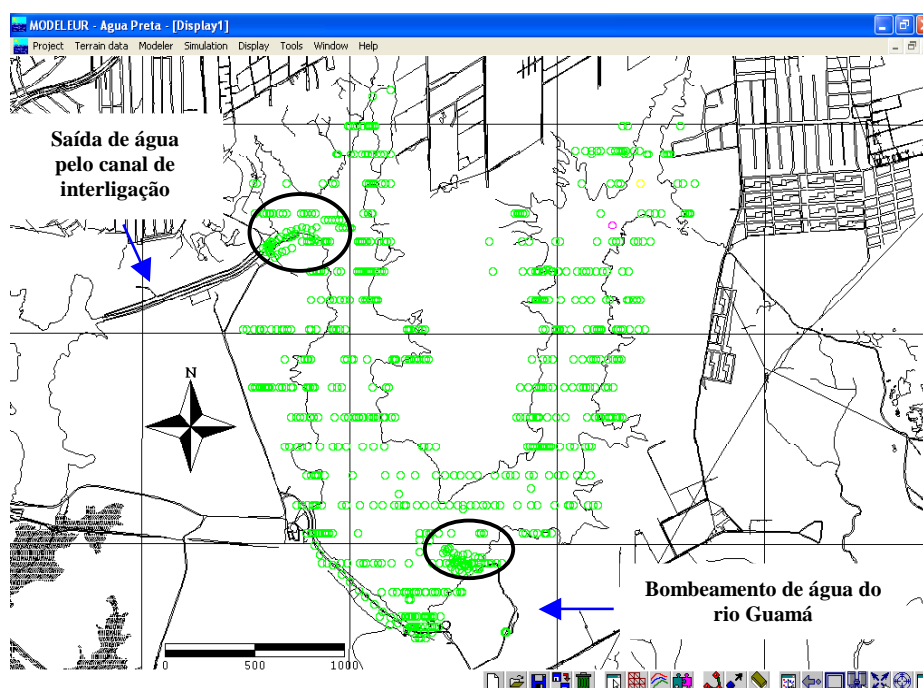


Figura 2 - Dados topobatimétricos de 1975.

Nas regiões circundadas da Figura 2, pontos de topografia foram inseridos, com intuito de representar, de forma mais completa, o Modelo de Elevação de Terreno, a região mais ao sul adução do rio Guamá e mais ao norte onde se encontra a saída de água pelo canal de interligação possui maiores elevações, pois em 1975 não existiam, nem a adução do rio Guamá e nem o canal de interligação entre os lagos Bolonha e Água Preta.

2.2 - Topobatimetria de 2009

A topobatimetria de 2009 foi obtida a partir de uma coleta de dados em campo no dia 08/10/2009, utilizando um ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler). Tal equipamento possui uma faixa de medição de profundidades entre 100 e 0,30 m, com uma resolução de 10,0 cm, adequada à grande maioria de profundidades encontradas no lago Água Preta. O procedimento de medida foi

estabelecido para cada vertical, onde um valor de profundidade foi determinado, acompanhado da geolocalização do ponto através de um GPS manual, acoplado ao ADCP. A frequência de amostragem de 1Hz do ADCP, garantiu rapidez no levantamento dos dados, permitindo a obtenção de 12.716 pontos topobatimétricos nos 4 km de área navegável do lago.



Figura 3 - Margem do lago Água Preta coberta por macrófitas.

A coleta de dados topobatimétricos foi limitada pelas condições ambientais do lago, já que às suas margens existe quantidade considerável de macrófitas (Figura 3). Por isso, algumas áreas da Figura 4, apresentam a inserção de dados de 1975 para suprir a falta de dados de 2009. Nesse caso, para essas regiões, a diferença entre as topografias de 2009 e 1975 é nula.

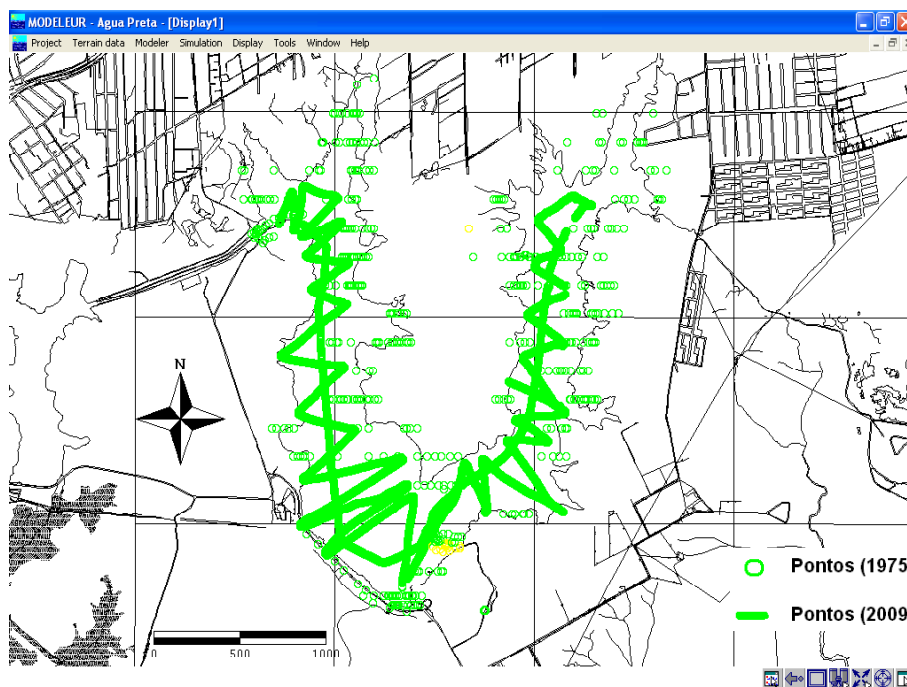


Figura 4 - Dados topobatimétricos de 2009.

2.3 – Modelos de Elevação de Terreno de 1975 e 2009

A partir do conjunto de dados brutos de topografia dos anos de 1975 (Figura 5) e 2009 (Figura 6), foram obtidos os METs do lago Água Preta em forma de curvas de nível. A análise da Figura 5, permitiu observar que as cotas altimétricas do terreno situam-se entre 3,5 e 15,5 m. Entretanto, a maior parte do lago encontra-se entre as cotas 3,5 e 10,5 m, pois somente ao Norte, as cotas atingem 15,5 m.

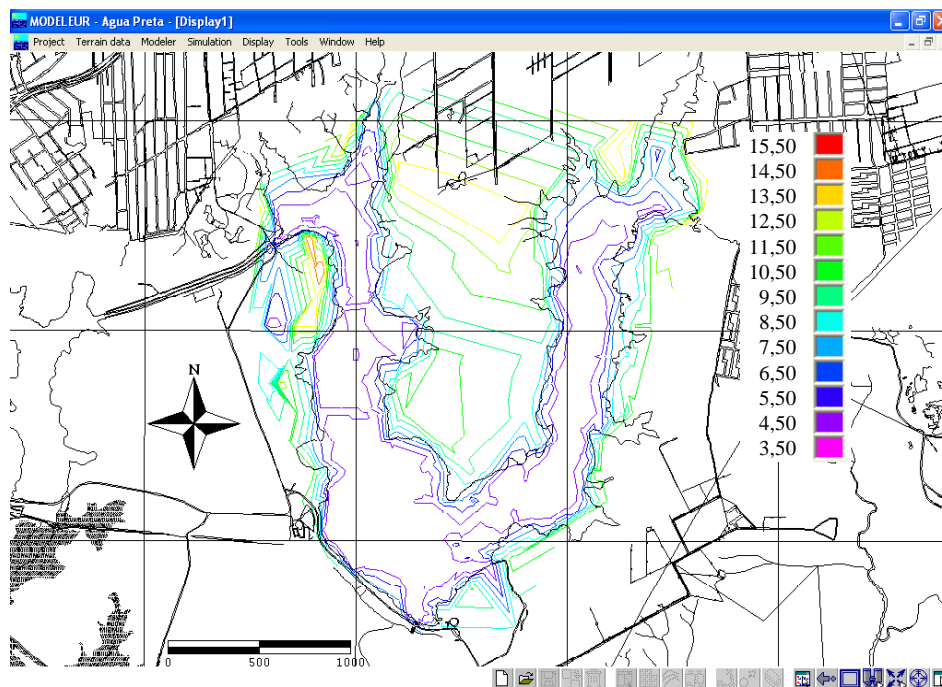


Figura 5 - MET bruto do lago Água Preta de 1975.

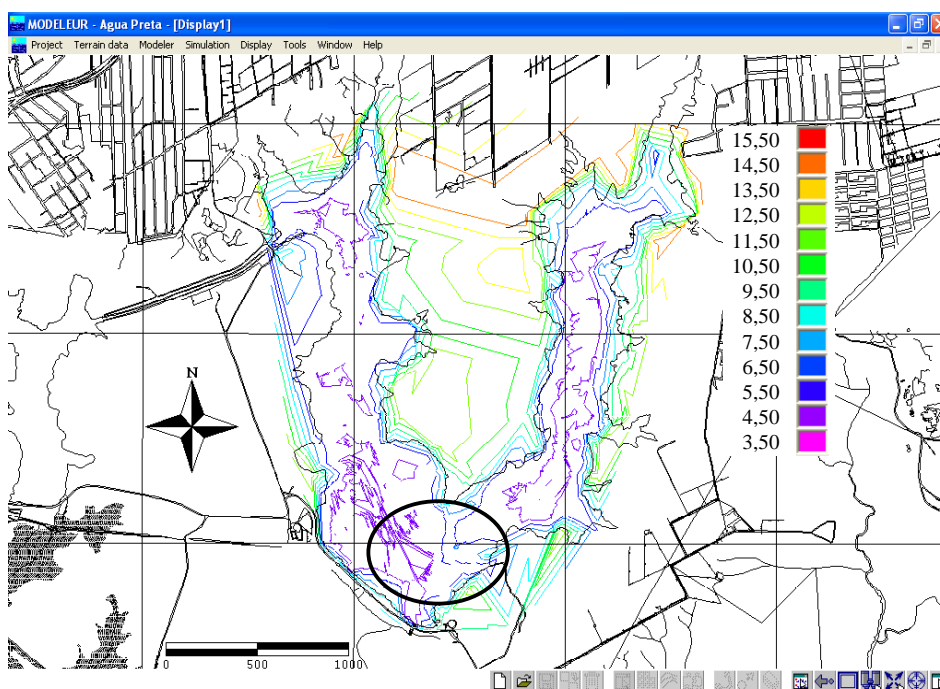


Figura 6 - MET bruto do lago Água Preta de 2009.

A comparação das Figuras 5 e 6, revela que as elevações topográficas do lago Água Preta não mudaram significativamente nos 34 anos que separam os dois METs, a não ser na região circundada na Figura 6, onde o MET bruto de 2009 mostra uma região de menores cotas altimétricas, demonstrando o assoreamento provocado pelos sedimentos advindos do rio Guamá.

2.4 – Malha de elementos finitos

Com os modelos de elevações de terrenos brutos definidos, o *Modeleur* pôde gerar a malha de elementos finitos, que estoca as coordenadas x, y e z, interpoladas via MEF. Tal malha é apresentada na Figura 7. Os triângulos, ou seja, os elementos finitos da malha, em número de 33.288, possuem aresta de 10m de comprimento, com um número total de 68.237 nós.

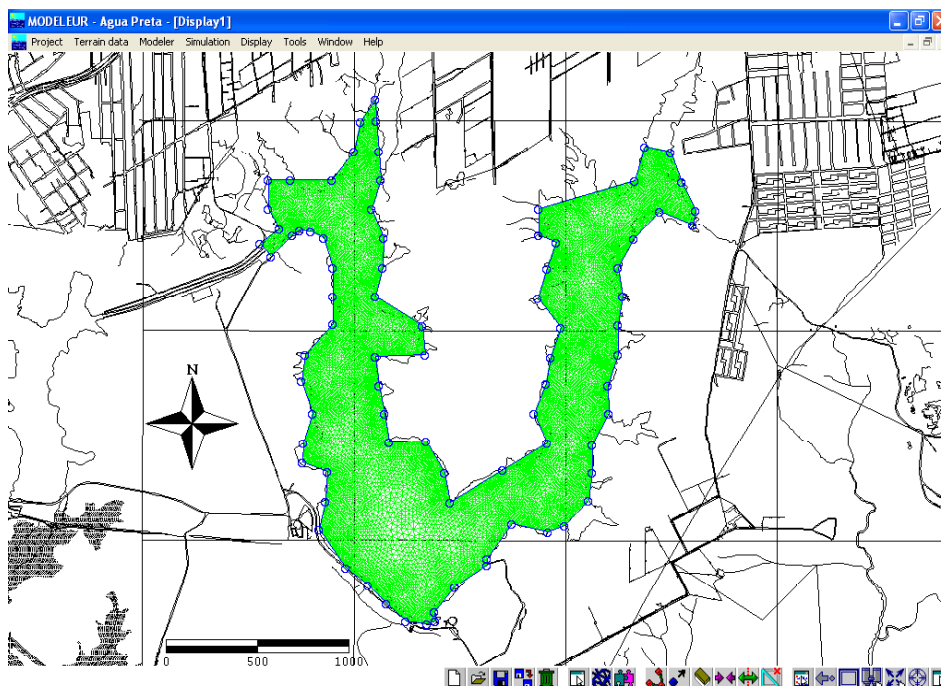


Figura 7 - Malha de Elementos Finitos.

Através da malha de elementos finitos foram simulados os METs e as profundidades dos anos de 1975 e 2009, os quais são apresentados nos resultados e discussão, além dos volumes, taxa de sedimentação e tempo de assoreamento do lago Água Preta

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - Modelos de Elevação de Terreno Simulados

Os modelos de elevação de terreno, resultantes da interpolação da cota z sobre as malhas, são também, como os modelos de elevação de terreno bruto, apresentados sob a forma de curvas de nível. A Figura 8 apresenta o MET interpolado do ano de 1975 e a Figura 9 apresenta o MET interpolado do ano de 2009.

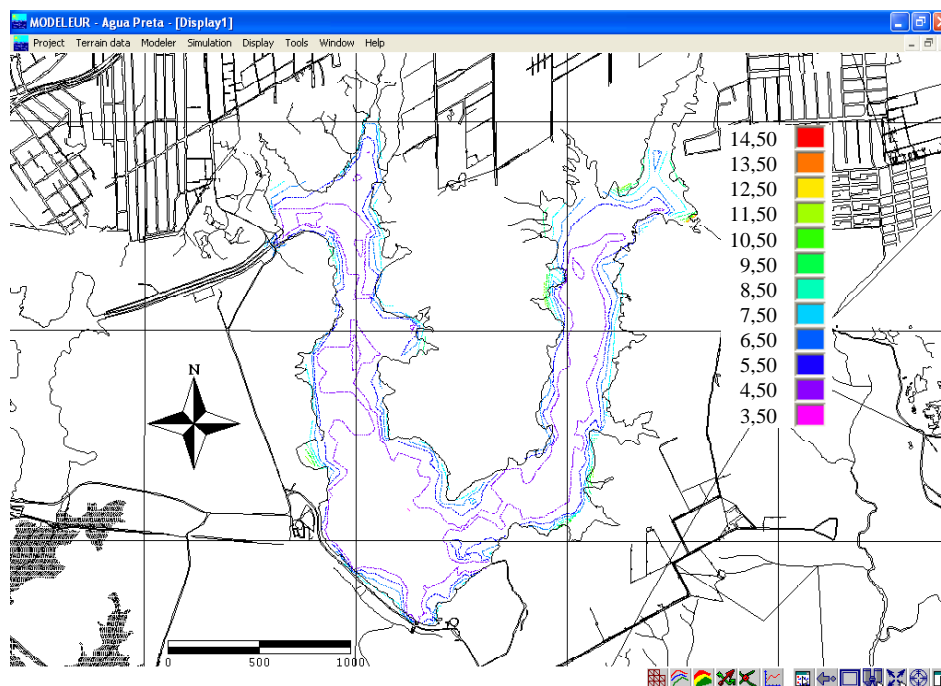


Figura 8 – MET interpolado de 1975.

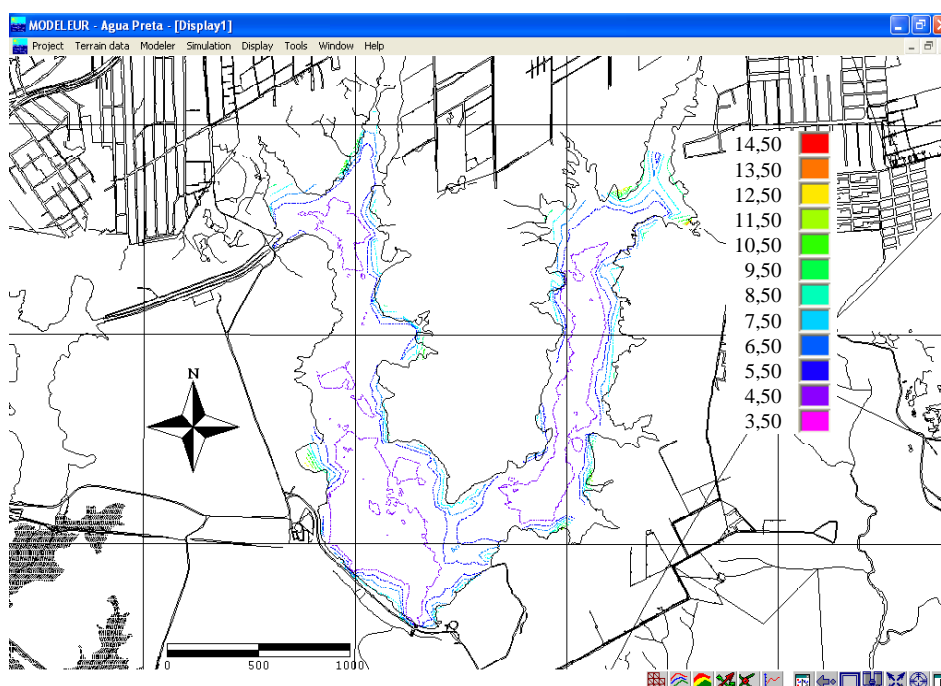


Figura 9 – MET interpolado de 2009.

Comparando os METs brutos a partir das Figuras 5 e 6 com os interpolados das Figuras 8 e 9, percebe-se que os METs interpolados representam bem a topografia do lago Água Preta. O software *Modeleur* pode representar também os modelos de elevação de terreno interpolados sob as formas de isosuperfícies. As Figuras 10 e 11 demonstram as isosuperfícies de 1975 e 2009 respectivamente.

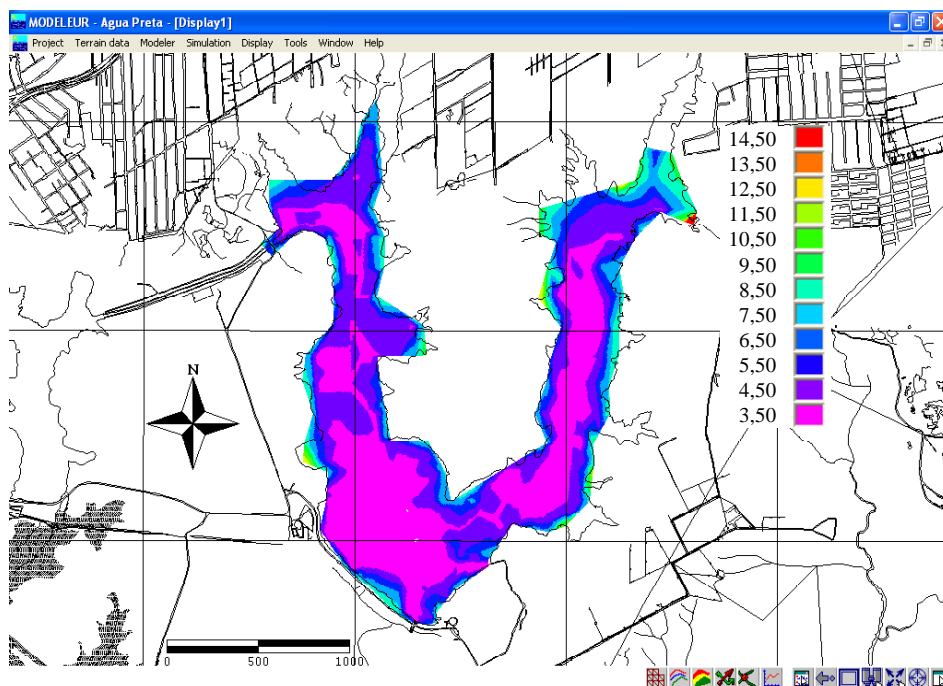


Figura 10 – MET interpolado de 1975 sob a forma de isosuperfícies de elevação.

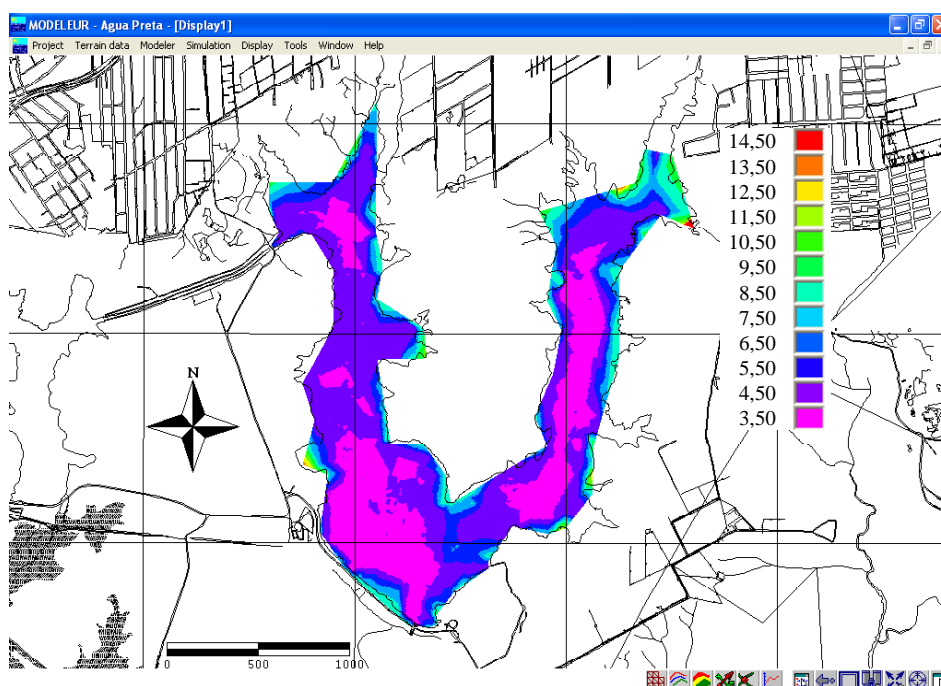


Figura 11 – MET interpolado de 2009 sob a forma de isosuperfícies de elevação.

3.5 - Profundidades do lago Água Preta

A análise das profundidades do lago Água Preta é de primordial importância para se verificar o processo de assoreamento do lago entre 1975 e 2009. As simulações das profundidades equação (1) foram realizadas com base no nível d'água de 8,9 m (1975), para 2009 foram considerados dois níveis d'água: o primeiro de 7,9 m para se efetuar a validação da topobatimetria

de 2009; e o segundo de 8,9 m, considerado neste trabalho como N.A máximo do lago, já que foi o maior observado em 2009 pela equipe de pesquisa. Sendo que os valores de topografia assumidos na equação (1), são provenientes dos METs interpolados.

$$\text{Prof} = \text{N.A.} - \text{Topo} \quad (1)$$

Onde: Prof é a profundidade (m); N.A. é o nível d'água (m); e Topo é a topografia do terreno (m). A Figura 12 apresenta em isosuperfícies, os resultados de profundidade do lago Água Preta para o ano de 1975.

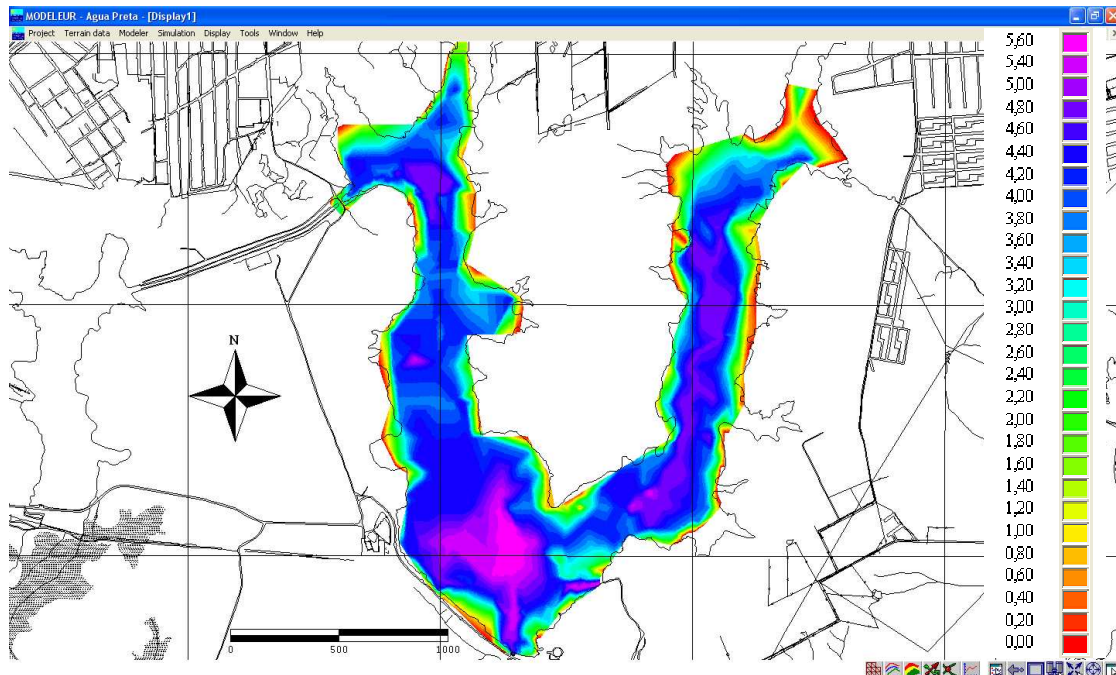


Figura 12 – Isosuperfícies de profundidade de 1975.

As isosuperfícies apresentadas na Figura 12, permitem observar que em 1975 a profundidade máxima do lago era de 5,60 m.

3.5.1 - Validação da batimetria de 2009

Para comparações com as profundidades simuladas por Sodré (2007), foi aplicado um N.A = 7,9 m à equação (1), juntamente com as topografias provenientes do MET de 2009.

A partir da Figura 13 pode ser observado que a profundidade máxima encontrada no lago é de 4,40m, a qual encontra-se na porção mais ao sul. Nas extremidades nordeste e noroeste as profundidades variam de 2,4 a 3,8m. Às proximidades da adução do rio Guamá, as profundidades variam entre 0,80 a 1,60m. Essas pequenas profundidades estão associadas à sedimentação de partículas mais pesadas que se depositam próximas a esse local, pois as águas oriundas do rio Guamá são ricas em sedimentos.

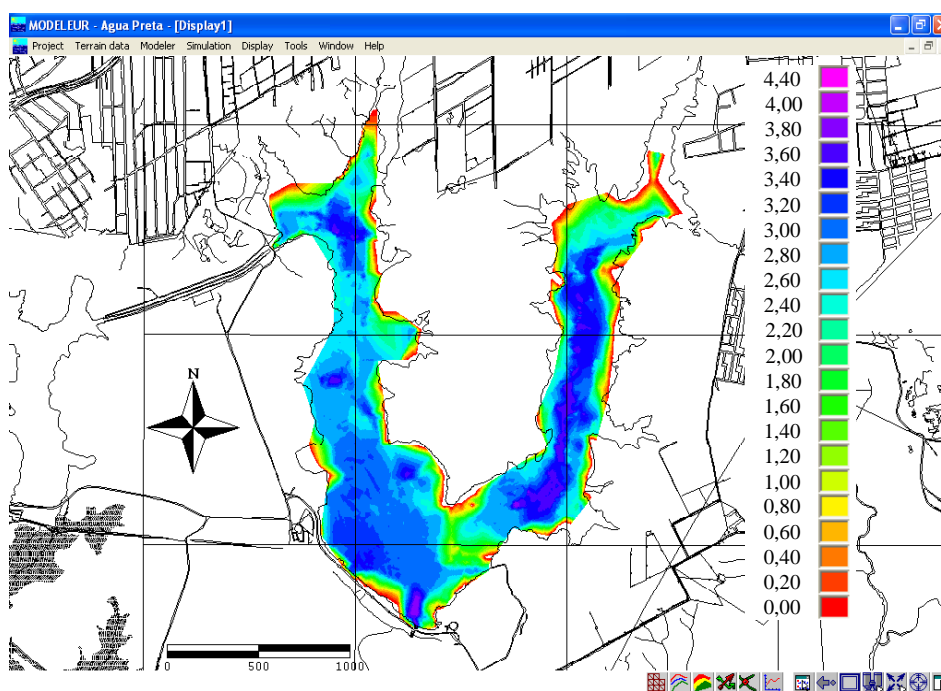


Figura 13 - Isosuperfícies de profundidade para a batimetria de 2009 com N.A. de 7,9 m.

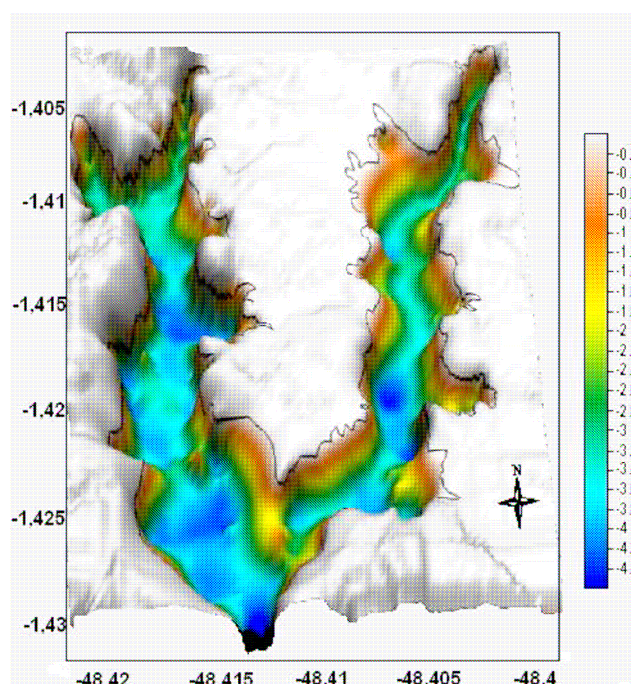


Figura 14 – Carta batimétrica do lago Água Preta. *Fonte: Sodré, 2007.*

A Figura 14 apresenta as profundidades simuladas por Sodré (2007), sendo que a coleta de dados topobatimétricos data de outubro de 2006. Nesse caso, a profundidade máxima foi de 4,40 m na região mais ao sul e também na parte central do lago. Já na região de chegada das águas do Guamá, a Figura 14 revela profundidades de aproximadamente 0,80 m. Nas extremidades nordeste e noroeste, foram encontradas profundidades que variam entre 2,2 m e 3,2 m.

Comparando os dados de profundidade simulados para 2009, com os dados de Sodré (2007), constatou-se que houve pouca variação nas profundidades dos respectivos estudos, validando a batimetria de 2009, pelo menos quando comparada aos dados disponíveis na literatura.

3.5.2 - Profundidade de 2009

As isosuperfícies de profundidade apresentadas na Figura 15, foram simuladas considerando um N.A. = 8,9 m. Nesse caso, uma profundidade máxima de 5,0 m foi observada para o lago Água Preta no ano de 2009, significando uma redução de 0,6 m na profundidade máxima do lago em relação a 1975.

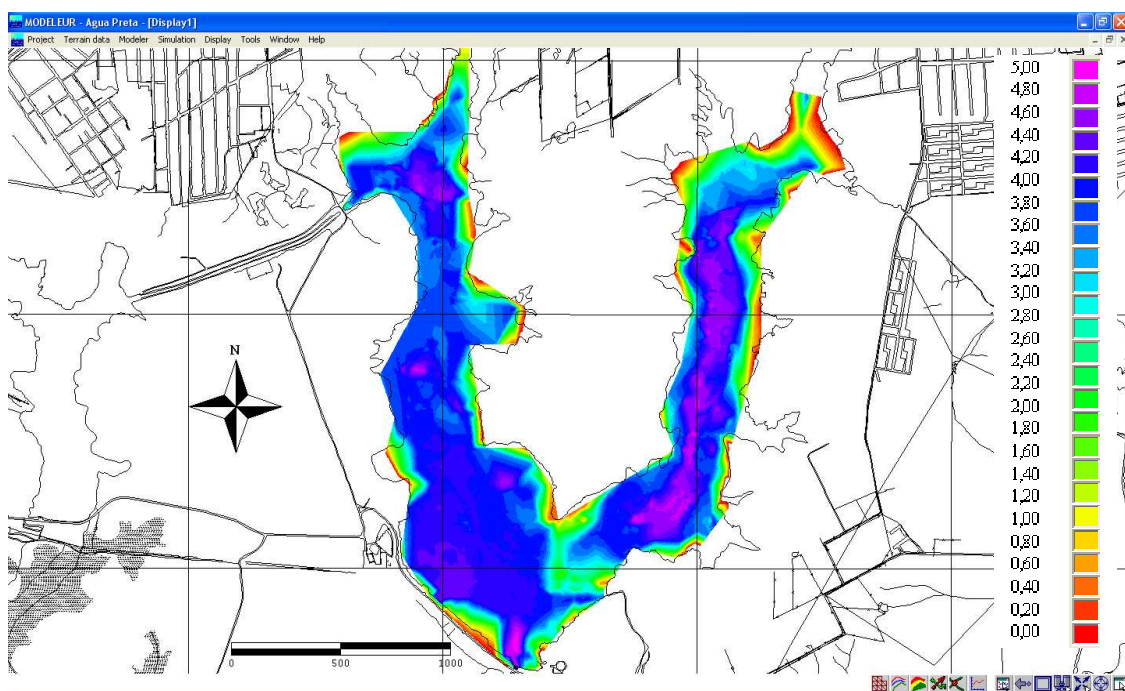


Figura 15 – Isosuperfícies de profundidade de 2009.

3.6 - Análise do processo de assoreamento do lago Água Preta

Os METs de 2009 e 1975 foram utilizados na determinação da diferença entre os relevos subaquáticos do lago Água Preta. Assim, constatou-se um assoreamento do lago Água Preta, já que as diferenças entre os METs de 2009 e 1975 são positivas ou nulas (Figura 16). O assoreamento é explicado pelo carreamento de sedimentos através das vertentes da bacia do lago, e principalmente pelas águas proveniente do rio Guamá, as quais são ricas em sedimentos.

Analisando-se a Figura 16, observa-se um assoreamento importante na região central do lago Água Preta. Outro assoreamento importante dá-se na chegada de água do rio Guamá, o qual pode ser explicado pela expansão do escoamento e consequentemente, a diminuição das velocidades, ocasionando a sedimentação de partículas mais pesadas que aquelas do assoreamento da região central. Sendo que, a hipótese de partículas mais pesadas ou não, só pode ser respondida por análises sedimentológicas. A Figura 16 revela também que o assoreamento máximo no lago,

durante os 34 anos que separam as duas batimetrias, chega a 2m, o qual é ilustrado pela Figura 17, sendo esta, um “zoom in” da Figura 16.

Sodré (2007) também apontou o assoreamento do lago Água Preta, entretanto, o mesmo foi analisado de forma qualitativa através da Figura 14, a qual foi rerepresentada no presente trabalho.

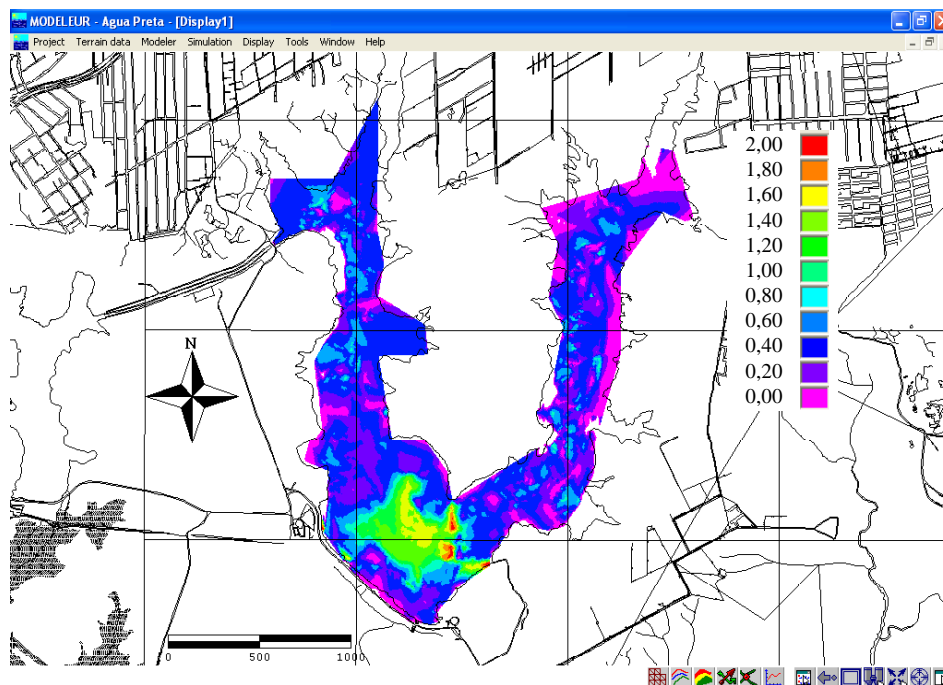


Figura 16 - Isosuperfícies da diferença do relevo subaquático entre 2009 e 1975.

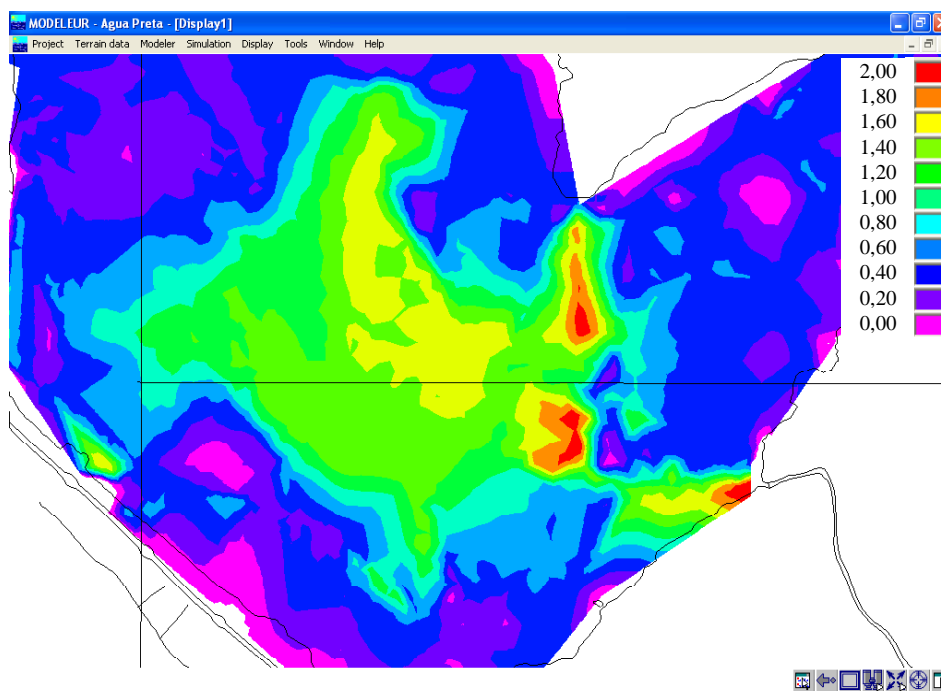


Figura 17 – Isosuperfícies da diferença do relevo subaquático (zoom in).

A partir da altura de sedimentação máxima, $HS_{máx} = 2$ m (Figura 17), pôde-se calcular a taxa de sedimentação máxima equação (2) do lago Água Preta,

$$\Delta S_{máx} = \frac{HS_{máx}}{\Delta t} \quad (2)$$

Onde: $\Delta S_{máx}$ (m/ano) é a taxa de sedimentação máxima; $HS_{máx}$ (m) é a altura máxima de sedimentação; e Δt é o intervalo de tempo (anos). Utilizando-se os valores de $HS_{máx}$ e $\Delta t = 34$ anos na equação (2), obteve-se um valor para a taxa de sedimentação máxima igual a 0,06 m/ano ou 6 cm/ano.

Além da taxa de sedimentação máxima, pôde-se estimar a taxa de sedimentação média $\overline{\Delta S}$ (m), bem como o tempo de assoreamento do lago Água Preta para condições de bombeamento, consumo d'água e sedimentação constantes. Para isso, primeiramente, foi necessário calcular o valor médio das diferenças das cotas altimétricas ($\overline{\Delta h}$) entre os METs de 2009 e 1975, dado pelo quociente da integral da diferença de volume de topografia ($\int dif$ - equação 3) e área do lago. Nesse caso, o valor da $\int dif$ foi igual a 896.973 m³. Já no caso do cálculo da área, foi considerada a área do lago em 2009, calculada através da integral da malha de elementos finitos usada para simulação do MET de 2009, resultando em uma área de 3.409.546 m².

$$\overline{\Delta h} = \frac{\int dif}{área} \quad (3)$$

Assim, através da aplicação da equação (3), tem-se o $\overline{\Delta h} = 0,26$ m. Tal valor significa que, em média, entre 1975 e 2009, o lago Água Preta teve 26 cm de suas profundidades assoreadas.

Definido o $\overline{\Delta h}$, calculou-se a taxa média de sedimentação $\overline{\Delta S}$ (m/ano), como mostra a equação (4).

$$\overline{\Delta S} = \frac{\overline{\Delta h}}{\Delta t} \quad (4)$$

Substituindo os valores de $\overline{\Delta h}$ e Δt na equação (4), tem-se o valor da $\overline{\Delta S} = 0,008$ m/ano. Portanto, a taxa de deposição média de sedimentos no lago Água Preta é de 0,008 m/ano ou 8 mm/ano.

Para a estimativa do tempo de assoreamento do lago, ainda foi calculada a profundidade média de 2009. Como mostra a equação (5).

$$\overline{P} = \frac{\int (P_{2009})}{área} \quad (5)$$

Onde: $\int(P2009)$ é a integral da profundidade de 2009, ou seja, esta integral resulta no volume do lago Água Preta em 2009, que era de 8.683.962 m³; e \bar{P} é a profundidade média (m). Substituindo os valores de $\int(P2009)$ e área na equação (5), tem-se a $\bar{P} = 2,55$ m. Com este valor, pôde-se calcular o tempo de assoreamento do lago Água Preta, como mostrado na equação (6). Nesse caso, considerou-se uma vazão de captação constante de 6,0 m³/s, um nível d'água de 8,9 m e também um consumo de água constante.

$$T_{al} = \frac{\bar{P}}{\Delta S} \quad (6)$$

Onde: T_{al} - é o tempo de assoreamento do lago (ano). Substituindo os valores de \bar{P} e ΔS na equação (6), foi calculado o tempo de assoreamento do lago Água Preta a partir de 2009, o qual é de aproximadamente 318 anos.

O volume do lago calculado para 2009, demonstra uma boa concordância com o valor apresentado por Sodré (2007), que foi de 8.847.061 m³ para 2006. Além do volume do lago Água Preta de 2009, foi determinado também, o volume do lago em 1975, visando estabelecer a diminuição da capacidade do reservatório. Assim, assumindo-se para 1975 um N.A. máximo de 8,9 m, foi calculado, sobre a malha de elementos finitos da Figura 8, um volume de 9.580.935 m³. Assim, observou-se uma diminuição de 896.973 m³ ou 9,36 % no volume do lago Água Preta entre os anos de 1975 e 2009, confirmando o assoreamento do lago demonstrado pela Figura 17. Vale ressaltar, que não foi possível realizar uma validação do volume de 1975, pois não há na literatura, pelo menos na pesquisada, dados disponíveis.

4 - CONCLUSÕES

A água é um recurso natural insubstituível, pois constitui elemento imprescindível para o desenvolvimento de todas as formas de vida do planeta. Para a sociedade, a água está diretamente associada à saúde e ao conforto das populações. O uso irracional e a poluição de fontes importantes tais como rios e lagos, podem ocasionar a falta de água em breve. No contexto amazônico, faz-se necessário desenvolver estudos que englobem todos os parâmetros envolvidos com a deterioração de rios e lagos, o que motivou a modelagem numérica do processo de assoreamento do lago Água Preta, incentivando a gestão dos recursos hídricos deste manancial de abastecimento de Belém.

No que diz respeito à metodologia para a realização deste estudo, foi tomado como ponto de partida, o levantamento dos dados topobatimétricos de 1975 e 2009; e dos níveis d'água do lago, além da construção da malha de elementos finitos, a qual integra os dados topobatimétricos, permitindo a determinação dos parâmetros utilizados na análise do assoreamento do lago Água Preta.

Assim, os modelos de elevação de terreno brutos de 1975 e 2009, foram comparados aos interpolados na malha de elementos finitos, constatando-se que os modelos interpolados representam bem os terrenos de 1975 e 2009. Foram calculadas também, as profundidades máximas do lago, tanto para 1975, tendo um valor de 5,5 m, como para 2009, tendo um valor de 5,0 m, demonstrando um assoreamento do lago. Tal assoreamento foi confirmado também através da determinação das taxas de sedimentação máxima e média entre os anos de 1975 e 2009. A taxa máxima ficou em 0,06 m/ano ou 6 cm/ano, referente a região assoreada próxima a chegada de água do rio Guamá. Já para todo o lago, determinou-se uma taxa de sedimentação média de 0,008 m/ano ou 8 mm/ano. Através da taxa de sedimentação média, pôde-se calcular o tempo de assoreamento do lago Água Preta, a partir de 2009, o qual é de aproximadamente 318 anos, mantendo-se a mesma taxa de sedimentação, consumo e bombeamento de água.

A modelagem do assoreamento do lago Água Preta, apresentada no presente trabalho, pode ser usada, em primeiro plano, como ferramenta de engenharia hidráulica, subsidiando, assim, a gestão dos recursos hídricos do lago Água Preta e de outros corpos d'água.

AGRADECIMENTOS

A SEDECT – Secretaria de Estado de Desenvolvimento, Ciência e Tecnologia do Estado do Pará, pelo financiamento do projeto “Estudo Hidrodinâmico e de Dispersão de Poluentes dos Mananciais da Grande Belém visando à gestão dos Recursos Hídricos”;

Ao CNPq pela concessão de uma bolsa DCR através do processo nº 350398/2005-4; e de uma bolsa de mestrado através do processo nº 134597/2008-7;

A COSANPA – Companhia de Saneamento do Pará que forneceu a planta topobatimétrica do lago Água Preta do ano de 1975, além de outros dados;

A CPRM Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil que disponibilizou uma equipe técnica para a campanha de campo de coleta dos dados topobatimétricos do ano de 2009;

A SEMA –Secretaria de Meio Ambiente que concedeu a autorização para que fosse realizada a coleta de dados no lago Água Preta.

BIBLIOGRAFIA

BLANCO, C. J. C.; SENA, M. J. S.; MESQUITA, A. L. A.; FURTADO FILHO, M. D. C.; SECRETAN, Y. Evolução Morfológica da Região de Implantação do Projeto Nova Orla de Belém. In: Anais do XIII SILUBESA – Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belém: ABES, 2008. CD-ROM.

DIAS, S. F. et al. (coord.). Estudo ambiental no Utinga: vida útil do sistema de abastecimento d'água de Belém. Belém. Instituto do Desenvolvimento Econômico-Social do Pará, 1991.

LIMA, N. S.; BLANCO, C. J. C.; HOLANDA, P. S.; LOPES, D. F.; BARP, A. R. B.; SECRETAN, Y. Hydrodynamic Modeling and Morphologic Analysis of Lake Bolonha: one of the water sources of Belém, 2009. Artigo submetido à RESA- Revista de Engenharia Sanitária Ambiental.

MORIN, J. Interventions humaines depuis 150 ans au lac Saint-Pierre: impacts sur la morphologie, les courants et les niveaux d'eau. In: Anais das Journées scientifiques nationales 2004. Disponível em: <http://www.eman-rese.ca/rese/reports/meetings/national2004/abstracts.html>. Acessado em 10 de agosto de 2010.

SECRETAN, Y. and LECLERC, M. Modeleur: a 2D hydrodynamic GIS and simulation software. In hyroinformatics-98, Copenhagen, 1998, pp. 1-18.

SECTAM - SECRETÁRIA EXECUTIVA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE. Parque Estadual do Utinga – Estudo Ambiental. Relatório Técnico SOF-REL-018/92, 1992.

SODRÉ, S.S.V. Hidroquímica dos Lagos Bolonha e Água Preta, Mananciais de Belém - Pará. 2007. 114 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências Ambientais) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emilio Goeldi e Embrapa Amazônia Oriental, Belém, 2007.