

## **LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO DO AÇUDE PARAÍSO, SÃO FRANCISCO – PB**

### **BATHYMETRIC SURVEY OF WATER PARAISO, SAO FRANCISCO, PARAIBA, BRAZIL**

*Carlos Lamarque Guimarães*

M.Sc., Universidade Federal de Campina Grande – UFCG/CTRN, Av. Aprígio Veloso, 882, Bairro Universitário, CEP: 58.429-900 – Campina Grande - PB, Brasil. E-mail: [lamarquepb@gmail.com](mailto:lamarquepb@gmail.com)

*George do Nascimento Ribeiro*

M.Sc., Universidade Federal de Campina Grande – UFCG/UATA, R. Cel. João Leite, 517, CEP: 58.840-000 – Pombal - PB, Brasil. E-mail: [george@ccta.ufcg.edu.br](mailto:george@ccta.ufcg.edu.br)

*Lucílio José de Santos Vieira*

M.Sc., Universidade Federal de Campina Grande – UFCG/CTRN/AESA-PB, Av. Aprígio Veloso, 882, Bairro Universitário, CEP: 58.429-900 – Campina Grande - PB, Brasil. E-mail: [lucilio@aes.pb.gov.br](mailto:lucilio@aes.pb.gov.br)

**Resumo.** O presente trabalho tem como principal objetivo mostrar os resultados obtidos no levantamento batimétrico automatizado efetuado no açude Paraíso (São Francisco), no mês de dezembro de 2005, assim como apresentar o seu volume armazenado calculado a partir desse levantamento, o espelho de água e elaborar a nova cota X área X volume.

**Palavras chaves.** assoreamento, volume atual, área inundada, curva cota X área X volume

**Abstract.** The objective main this work has the shows the results of the bathymetric survey done in automated of the lake Paraíso (São Francisco municipality, Paraíba state), in the month of december 2005, as well present its stored water bulk calculated from the survey, water' mirror and develop the new quota vs area vs water bulk.

**Key words.** silting, actual water bulk, flooded area, curve quota vs area vs water bulk

## **INTRODUÇÃO**

A água é um bem precioso, vital para a existência dos seres vivos. No que concerne ao semi-árido brasileiro, a preocupação com esse bem se torna preponderante, dado os fatores climáticos regionais. É intrínseco ao nordeste brasileiro, a escassez de chuvas em períodos prolongados, o que leva à carência de recursos hídricos.

De acordo com Guimarães (2008), o nordeste brasileiro é classificado como a área que tem a maior densidade de açudes construídos no Brasil. A prática da construção de açudes quer seja de pequeno ou médio porte, originou-se da necessidade precípua da população em armazenar água para os períodos de estiagem. Não obstante, o assoreamento dos reservatórios tem se tornado um problema gravíssimo, decorrente da degradação ambiental principalmente provocada pelas ações antrópicas.

Quando as barragens geram uma redução na velocidade das correntes, ocasionado uma deposição gradual de sedimentos, carregados pelo curso de água, provoca-se o assoreamento, diminuindo gradativamente a capacidade de armazenamento dos reservatórios (CARVALHO, 1994).

Segundo Guimarães (2008), o assoreamento de açudes e rios tem sido motivo de vários fatores causadores de efeitos negativos ao meio ambiente, por conseguinte, à qualidade de vida dos seres humanos.

As regras operacionais dos reservatórios são baseadas nas curvas cota-área-volume que, por sua vez,

nem sempre estão em escala adequada, uma vez que os reservatórios perdem volume continuamente devido ao processo do assoreamento (CORRÊA FILHO, 2005).

Uma das metodologias atualmente utilizadas para determinar assoreamento em reservatórios é o levantamento batimétrico automatizado.

De acordo com, a batimetria pode ser definida como sendo 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.

Este trabalho procurou contribuir com soluções e ferramentas para a gestão do Açude São Francisco – PB. Foram adquiridos novos conhecimentos sobre a área em estudo, além de organizar informações sobre a batimetria, com dados inéditos obtidos em estudos específicos, sendo complementados com dados pré-existentes de trabalhos anteriores e dados históricos resgatados.

Neste sentido, o presente estudo objetivou o levantamento batimétrico do Açude Paraíso, no município de São Francisco-PB, de forma à subsidiar informações ao Governo do Estado da Paraíba, principalmente a AESA para auxílio nas tomadas de decisões futuras para o gerenciamento e utilização racionalizada desse manancial.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Localização da área de estudo**

O presente estudo foi realizado no mês de dezembro de 2005, promovendo o levantamento batimétrico do

Açude Paraíso, localizado no município de São Francisco no estado da Paraíba, entre as coordenadas 06° 35' 24,09" e 06° 35' 54,71" de latitude sul, 38° 02' 38,86" e 38° 03' 54,68" de longitude oeste (Figura 1).

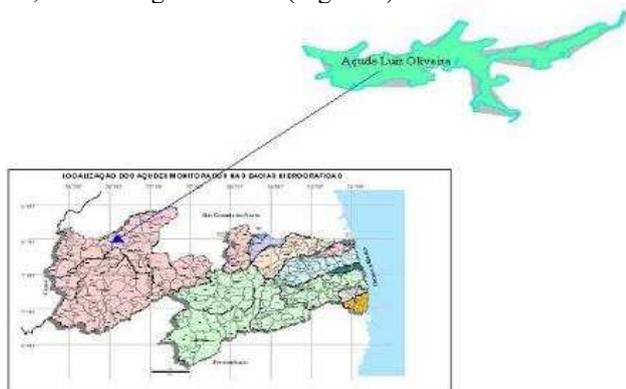


Figura 1 – Mapa do estado da Paraíba, com ênfase para a localização do Açude Paraíso

Para Lachapelle (1998), em batimetria, o objeto para ser posicionado é freqüentemente o fundo do reservatório. Geralmente a posição horizontal da superfície de uma embarcação é obtida primeiro, e então a distância entre a embarcação e o fundo do reservatório.

Em modernos levantamentos hidrográficos, a profundidade é determinada pela observação do tempo de deslocamento de ondas acústicas. Um pulso acústico transmitido por um transdutor desloca-se pela coluna de água, e é então refletido pelo alvo (fundo) retornando para o transdutor (LACHAPELLE, 1998).

O presente estudo propiciou o levantamento batimétrico, no qual foram observados: a atual área inundada do reservatório; mapeamento do espelho d'água atual do contorno, assim como, a identificação de todas as ilhas; obtenção das respectivas profundidades; determinar o volume atual do reservatório; determinação da cota x área x volume.

### **Equipamentos utilizados**

Para a execução deste trabalho foram utilizados os seguintes equipamentos:

- ✓ Dois barcos, ambos a remo (modelo canoa), utilizado em todo trabalho de obtenção dos pontos de profundidade (Figura 2).



Figura 2 – Barco utilizado para o procedimento de coleta dos pontos de profundidade.

- ✓ Um ecobatímetro de precisão da marca Ohmex, com taxa de armazenamento de 01 ponto por segundo - padrão fixo do equipamento (Figura 3).



Figura 3 – Ecobatímetro Ohmex.

- ✓ Três receptores GPS, sendo 2 receptores GPS dedicados a levantamentos topográficos, da marca Astech, modelo PROMARK 2, utilizado como base (Figura 4), e outro da marca Astech, modelo RELIANCE, utilizado como móvel (Figura 5), na obtenção dos pontos de coordenadas UTM, e um GPS Garmin, modelo GPS 76 (Figura 6), utilizado para orientar a navegação sobre as linhas batimétricas;



Figuras 4, 5 e 6 – Em seqüência, da esquerda para direita: GPS modelo PROMARK 2; GPS modelo RELIANCE; GPS Garmin, modelo GPS 76.

- ✓ Um laptop Compaq Presário;

### **Calibração**

O ecobatímetro é um instrumento que mede a profundidade, via emissão de pulsos acústicos no fundo do corpo d'água e mensura o tempo de deslocamento do sinal acústico, pela conversão do intervalo de tempo da distância percorrida da onda entre o transdutor e o fundo do reservatório (ÁLVARES et al., 2001).

De acordo com Álvares et al. (2001), na prática essa velocidade do som varia por fatores tais como: temperatura da água, salinidade e turbidez. Assim, para minimizar a influência desses fatores e para uma melhor precisão das medidas de profundidade, foi feita uma calibração na profundidade de 0,5 e 1m, utilizando uma placa metálica (Figura 7) que era descida verticalmente, onde calibrava-se o ecobatímetro pela alteração da velocidade do som emitida pela mesma, de modo que a sonda registrasse a mesma profundidade que se encontrava a placa.



Figura 7. Placa metálica utilizada para calibração do ecobatímetro.

Em todo o percurso de coleta dos dados de profundidade foi estipulada uma velocidade máxima de deslocamento do barco de 10 km/h, pois até esta velocidade consegue-se manter o transdutor e a antena GPS na posição vertical a lamina d'água, evitando assim, uma inclinação do feixe de ondas acústicas e conseqüentes erros de leituras (MACHADO et al., 1998).

Para configuração do GPS (Base / Móvel), foi utilizado Datum: SAD 69 / Brasil / IBGE, Zona 24, com taxa de armazenamento de 01 ponto a cada 03 segundos.

Os softwares ASTECH SOLUTION e RELIANCE v4.0, foram utilizados para o processamento dos dados dos GPS Base / Móvel, o software SONAR 2000, para processamento dos dados da sonda e um software interpolador gráfico para processamento e interpolação dos dados, já corrigidos, em uma grade de interpolação de 3 x 3 metros.

No processo de interpolação, que é um procedimento de estimação do valor de um atributo em locais não amostrados a partir pontos amostrados na mesma área ou região, foi utilizado o método do Inverso do Quadrado da Distância, que é um método que leva em consideração as características espaciais das variáveis regionalizadas e apresenta ótima fidelidade aos dados originais, boa suavidade das curvas interpoladas e ótima precisão geral (SEMARH, 2003).

O software para estimação de reticulado (interpolador), utiliza a metodologia de que fornecidos "n" valores conhecidos, regularmente distribuídos ou não, Z1, Z2,..., Zn, o valor a ser interpolado para qualquer nó da rede será igual:

$$G_j = W_{ij} Z_i, \text{ onde:}$$

$G_j$  = valor estimado para o nó  $j$

$N$  = número de pontos usados para a interpolação

$Z_i$  = valor estimador no ponto "i" com valor conhecido

$W_{ij}$  = peso associado ao valor estimado "i"

Foram levantados mais de 13.361 pontos internos e a partir destes foi calculado o volume do reservatório na cota 95,98(cota do levantamento).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após todos os dados revisados, corrigidos, interpolados e processados, o açude Paraíso (São Francisco), tomando como referência o NA (nível d'água) 95,98 m, correspondente ao dia 28 de dezembro de 2005, apresentou os seguintes dados:

Perímetro do reservatório: 9.950 m.  
 Área inundada do reservatório: 45,39 ha  
 Volume atual armazenado: 1.176.035 m<sup>3</sup>  
 Profundidade média: 2,33 m  
 Profundidade máxima: 8,44 m

### Execução

Em todo o trabalho de coleta das coordenadas (UTM), foi utilizada a técnica de posicionamento relativo

cinemático (MONICO, 1998), com correção pós-processada.

As linhas batimétricas foram planejadas utilizando o software gráfico, com distanciamento de 30 metros a 50 metros em média, entre elas e espacialmente distribuídas por todo o reservatório, onde serviram de guia para a coleta das profundidades e pelo qual ocorreu o caminhamento de coleta das profundidades (Figura 8).

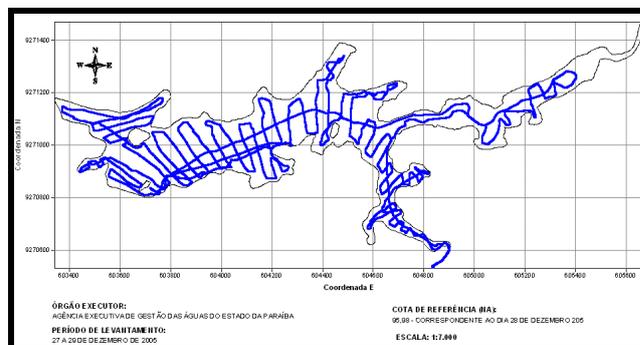


Figura 8 – Linhas batimétricas, onde foram coletados os pontos de profundidade.

### Nova Cota x Área x Volume

A Tabela 1 apresenta os dados da nova Cota x Área x Volume obtidos a partir da interpolação dos dados levantados.

Tabela 1 – Tabela Cota x Área x Volume

Cota	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
87	39	0
88	641	270
89	8.381	2.782
90	41.963	26.149
91	85.818	88.685
92	165.463	209.084
93	253.532	419.647
94	349.427	720.141
95	420.267	1.110.983
95,15	453.900	1.176.035
Cota	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
96	527.857	1.637.454
97	618.885	2.306.811
98	702.803	3.135.747
99	775.872	4.141.178
100	834.354	5.340.024
101	874.510	6.749.200

Os dados referentes às cotas iguais ou superior à 96, foram obtidos por processo de extrapolação dos dados levantados. A cota 100 refere-se a cota da soleira do açude, o que implica que o volume máximo de acumulação do açude é de 5.340.024 m<sup>3</sup>.

**Gráfico da Curva Cota x Área**

Com a interpolação dos dados, determinou-se a relação cota x área, onde a área do manancial é expressa em relação a um plano determinado por uma cota. Os planos foram espaçados a cada 1 m desde a cota mínima até a máxima. O resultado é apresentado na Figura 9.

**Gráfico da Curva Cota x Volume**

Segundo Corrêa Filho et al. (2005), deve-se ressaltar que a curva cota-volume utilizada para o projeto de uma barragem serve apenas como ponto de partida para o plano de gestão dos seus recursos hídricos, além do que nem sempre são baseadas em levantamentos topográficos de escala adequada, disponíveis na época de sua construção.

Após a interpolação dos dados, determinou-se a relação cota x volume, onde o volume de aterro é expresso em relação a um plano determinado por uma cota. Nesse caso, foram determinados planos espaçados a cada 1 m desde a cota mínima até a máxima. O resultado é apresentado na Figura 10.

**Mpa do Atual Espelho d' Água do Açude Paraíso**

A Figura 11 representa o espelho d'água atual, de acordo com levantamento batimétrico/2005

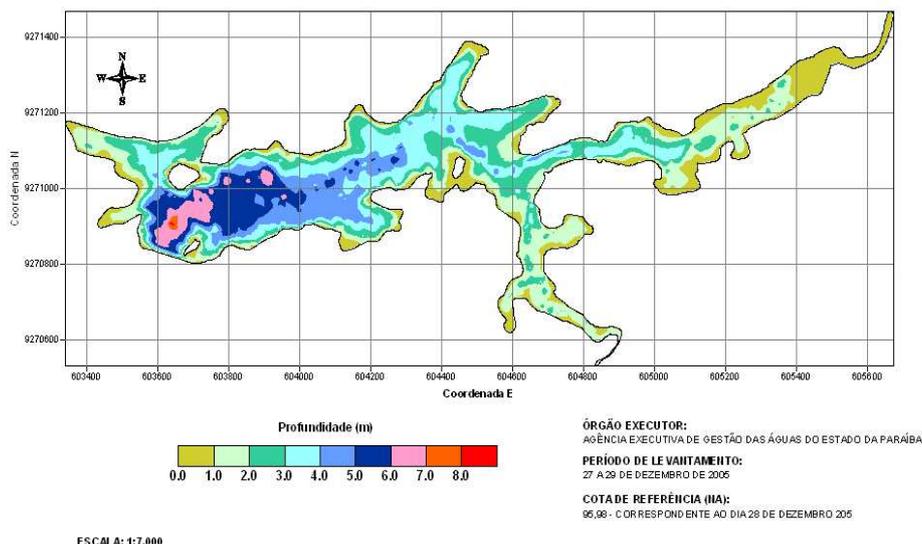


Figura 11 – Espelho d'água correspondente à cota 95,98 em 29/12/2005.

**CONCLUSÕES**

O estudo, através de um método prático de medição das seções batimétricas, determinou o volume atual de água armazenado do Açude Paraíso, a área inundada do espelho de água, o perímetro do reservatório, as profundidades média e máxima.

Foi determinado a nova Cota x Área x Volume para o atual estágio hídrico do Açude Paraíso. Com isso, determinou-se os Gráficos da Curva Cota x Área e Cota x Volume, que servirão como ponto de partida para o plano de gestão dos recursos hídricos do manancial.

Os métodos utilizados para o levantamento foi adequado, uma vez que os perfis levantados localizam-se próximos uns aos outros e foi percorrido todo o trecho navegável do reservatório.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ÁLVARES, M. T., FERNANDES, S. M., C., PIMENTA, M. T., VERÍSSIMO, M.R.E. **SIG 2001 – Monitorização Batimétrica em Albufeiras**. Instituto da Água – Direção de Serviços de Recursos Hídricos, Lisboa, Novembro de 2001.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia Prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 1994.

CORRÊA FILHO, C.R.R.; ALBERTIN, L.L.; MAUAD, F.F. **Determinação dos polinômios cota x área x volume utilizando a sonda acoustic doppler profiler (adp) no reservatório de barra bonita – SP**. Revista Minerva: Pesquisa e Tecnologia. v. 2, n. 1, jan/jun 2005.

GUIMARÃES, C.L.; MORAES NETO, J.M. de; SOUSA, R.F. de. **Uso de tecnologias para análise da Bacia Hidrográfica do Açude Cachoeira dos Alves, Município de Itaporanga-PB, 2008**. In: **REVISTA ENGENHARIA**

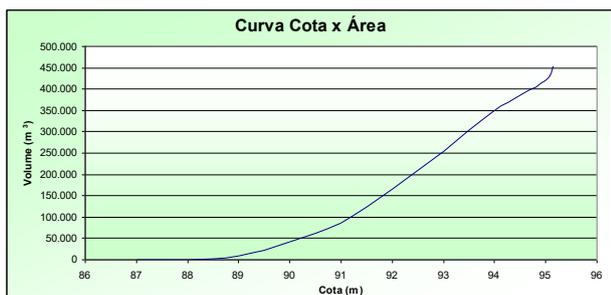


Figura 9 – Gráfico da Curva Cota x Área.

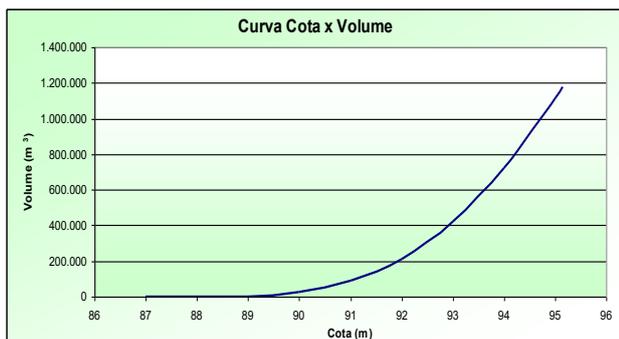


Figura 10 – Gráfico da Curva Cota x Volume

AMBIENTAL, Espírito Santo do Pinhal – ES: v. 5, n. 1, p. 065-076, jan/abr 2008.

LACHAPELLE, C. **Department of Geomatics Engineering.** Lecture Notes: 10016. Hydrography (ENGO 545) FALL 1998, September.

MACHADO, W. C., SILVA, R. A. C., ITAME, O. Y., CAMARGO, P. O., LUIZ, S. **Levantamento Batimétrico do Reservatório do Rio Santo Anastácio.** Universidade Estadual Paulista – Unesp – Departamento de Cartografia – FCT / Unesp – Campus de Presidente Prudente. Julho de 1998.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo Navistar – GPS, Descrição, fundamentos e aplicações.** Departamento de Cartografia, UNESP. Presidente Prudente, S. P., Brasil. Setembro de 1998.

SEMARH / LMRS-PB. **Levantamento batimétrico automatizado do açude Eptácio Pessoa – Boqueirão – Paraíba.** Relatório Final. Maio de 2003.