

MÉTODO ALTERNATIVO DE LEVANTAMENTO TOPOBATIMÉTRICO E DE DETERMINAÇÃO DE CURVAS COTA-VOLUME DE RESERVATÓRIOS.

Homero Buba¹; Irani dos Santos²; Dalton Pereira Filho² & Márian da Costa Rohn²

RESUMO – O interesse em revisar as curvas cota-área-volume dos reservatórios do setor elétrico vem aumentando em função da existência de grande número deles com muitas décadas em operação, onde os efeitos de assoreamento são evidentes e já trazem algum impacto em sua operação. Essencialmente esta tarefa consiste no levantamento plani-altimétrico do fundo do reservatório, que geralmente não pode ser completamente esvaziado e, portanto é necessário o levantamento das profundidades em toda a sua extensão. Neste trabalho foram levantados quatro reservatórios associados a PCH's da Copel, onde as três coordenadas foram determinadas simultaneamente através de sonar Doppler (ADCP), o qual é normalmente utilizado para medição de vazões em rios. As coordenadas planimétricas também foram levantadas por GPS. O processamento das informações de campo resultou num MDT (modelo digital do terreno) a partir do qual foram geradas as novas curvas cota-área-volume. Os resultados foram comparados com as originais de projeto e verificou-se processo de assoreamento em três reservatórios, com média de 50 anos de operação. Estes reservatórios apresentaram como característica comum a distribuição do assoreamento com certa uniformidade em toda a amplitude altimétrica da área alagada, sendo esta informação bastante relevante na estimativa da vida útil e na simulação do processo de assoreamento.

ABSTRACT – There is a growing in reviewing the elevation-area-volume relationship of hydro plant reservoirs in Brazil. A large number of them with many decades in operation have important sediment deposition effects often with impacts in their operation. Essentially, this task is the bathymetric survey of the reservoir bottom. This work relates to four reservoirs of small hydroelectric plants of the Companhia Paranaense de Energia, where that survey is performed using an ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler); which is currently used for flow measurements in rivers. The horizontal coordinates were simultaneously determined by GPS. A Digital Elevation Model was obtained processing both information, and the elevation-area-volume relationship was generated. The results are compared with design information: tree of the reservoirs with a mean operation time of 50 years show a clear siltation process. In these reservoirs there is an almost uniform distribution of sediment over the entire depth; which is relevant for life span calculations of reservoirs and in siltation simulations.

Palavras-Chave: Curva cota-área-volume; reservatórios; MDT.

1 COPEL Geração S/A, Rua José Izidoro Biazetto, 158, CEP 81200-240, Curitiba, Paraná. Fone: (041) 3331-3320, e-mail: homero@copel.com

2 Centro de Hidráulica e Hidrologia Professor Parigot de Souza – CEHPAR, Convênio UFPR/COPEL/LACTEC, Caixa Postal 1309, CEP 80011-970, Curitiba, Paraná. Fone: (041) 3361-6307, Fax: (041) 3266-2935, e-mail: irani@lactec.org.br

INTRODUÇÃO

O interesse em revisar as curvas cota-área-volume dos reservatórios do setor elétrico vem aumentando em função da existência de grande número deles com muitas décadas em operação, onde os efeitos de assoreamento são evidentes e já trazem algum impacto em sua operação. Neste trabalho foram revisadas as informações de quatro reservatórios associados a PCH's (pequenas centrais hidrelétricas) da Companhia Paranaense de Energia (COPEL): Vossoroca, Alagados, Fiú e Mourão.

Essencialmente esta tarefa consiste no levantamento plani-altimétrico do fundo do reservatório, que geralmente não pode ser completamente esvaziado, e portanto é necessário o levantamento das profundidades em toda a sua extensão, sendo isto um dos fatores que inibem esta iniciativa: pelos altos custos associados aos métodos de batimetria tradicionais. Neste trabalho as três coordenadas foram levantadas simultaneamente através de sonar Doppler (ADCP) instalado em uma embarcação, o qual é normalmente utilizado para medição de vazões em rios e canais. As coordenadas planimétricas também foram levantadas por GPS durante a mesma operação com a finalidade de controle da precisão do levantamento e eventual correção das informações do sonar.

O processamento das informações de campo resultou num MDT (modelo digital do terreno) a partir do qual foram geradas as novas curvas cota-área-volume, que enfim, são comparadas com as originais de projeto dos reservatórios, atribuindo-se as diferenças encontradas ao processo de assoreamento ao longo de décadas de operação.

METODOLOGIA

O levantamento de campo foi realizado pela Copel com base nas configurações das seções topobatimétricas definidas anteriormente pelo CEHPAR (2004). Basicamente o trabalho de campo constou de levantamento batimétrico dos reservatórios com medição simultânea da localização e da profundidade em pontos localizados sobre as seções transversais previamente definidas.

A medição da profundidade foi realizada com ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*) modelo Rio Grande de 1200 MHz, fabricado pela RDI. Este equipamento possui um intervalo de operação entre 0,80 e 20 m de profundidade e precisão melhor que 1% da profundidade medida. No levantamento de campo o equipamento operou com uma frequência de amostragem em torno de 2 segundos.

A altitude dos pontos batimétricos foi calculada a partir do nível da água do reservatório observado na régua durante a execução dos trabalhos de campo. O valor observado na régua foi considerado válido para toda a superfície do reservatório.

A localização dos pontos foi determinada com receptor GPS (*Global Positioning System*), da linha GeoExplorer CE da TRIMBLE, modelo GEOXT. O equipamento integra em uma única unidade um receptor GPS e um computador de mão baseado no Windows CE, o que permitiu carregar os mapas com a locação das seções a serem levantadas.

No levantamento de campo o GPS operou com frequência de amostragem de 1 segundo.

A configuração do equipamento permitiu a coleta de dados segundo a seguinte configuração: PDOP ≤ 6 ; número de satélites ≥ 4 ; e elevação da máscara = 15°.

O pós-processamento foi efetuado através do código da portadora. O ponto base está localizado em Curitiba (km3 COPEL). Tomou-se o cuidado de sempre ter a cobertura de 100% dos dados base com o campo.

A análise dos arquivos pós-processados mostra que os levantamentos efetuados tiveram as seguintes características médias:

- Precisão horizontal média de 0,4m, variando de 0,1 a 1m;
- Número de satélites superior a 4, chegando a 8 satélites em grande quantidade de pontos. O número médio de satélites em todos os levantamentos foi de 5 satélites por ponto;
- O PDOP foi inferior a 6 chegando em grande quantidade de pontos na ordem de 2,1. Quanto menor o PDOP (diluição da precisão) e maior o número de satélites, a qualidade geométrica do ponto é superior.

Os dados pós-processados foram exportados em formato ASCII contendo informações das coordenadas planas (N, E) e o horário UTC (*Universal Time Coordinated*). Com base no horário foi possível fazer a correlação dos arquivos do GPS com os arquivos do ADCP, determinando-se por interpolação no intervalo de tempo a coordenada dos pontos batiméticos levantados.

RESULTADOS

Para a determinação das curvas cota-área-volume dos reservatórios foram criados Modelos Digitais do Terreno (MDT) com base nos pontos obtidos por meio dos levantamentos topobatimétricos e de informações altimétricas do entorno dos reservatórios obtidas de cartas topográficas. Os MDT dos reservatórios foram gerados pelo método da Rede Irregular de Triângulos (TIN), considerado o mais adequado aos propósitos do estudo (CEHPAR, 2004).

A utilização de informações altimétricas do entorno dos reservatórios foi necessária para complementar o MDT e permitir a definição das curvas cota-área-volume até a cota de coroamento dos reservatórios.

Como o levantamento topobatimétrico foi vinculado à cota da seção de réguas do reservatório, foi necessário também vincular a altitude da carta topográfica a este mesmo

referencial. Para tanto foram utilizados dados de altitude levantados com GPS junto às seções de réguas, os quais foram utilizados como indicativos na montagem do MDT.

A título de ilustração a Figuras 1 mostra a configuração espacial dos pontos topobatimétricos levantados no reservatório de Fiú e a Figura 2 mostra o MDT obtido para este mesmo local.

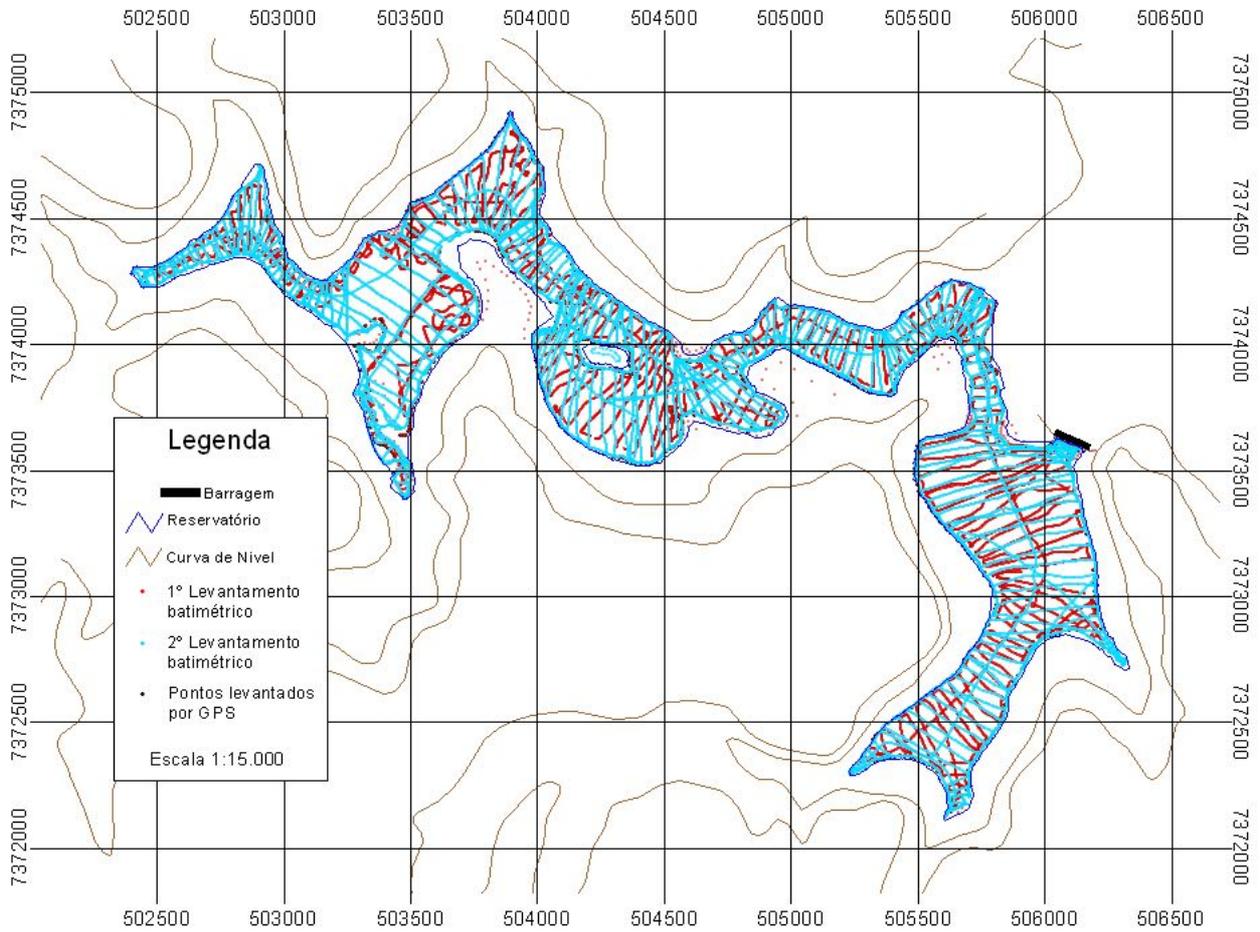


Figura 1 – Pontos do levantamento topobatimétrico do reservatório de Fiú

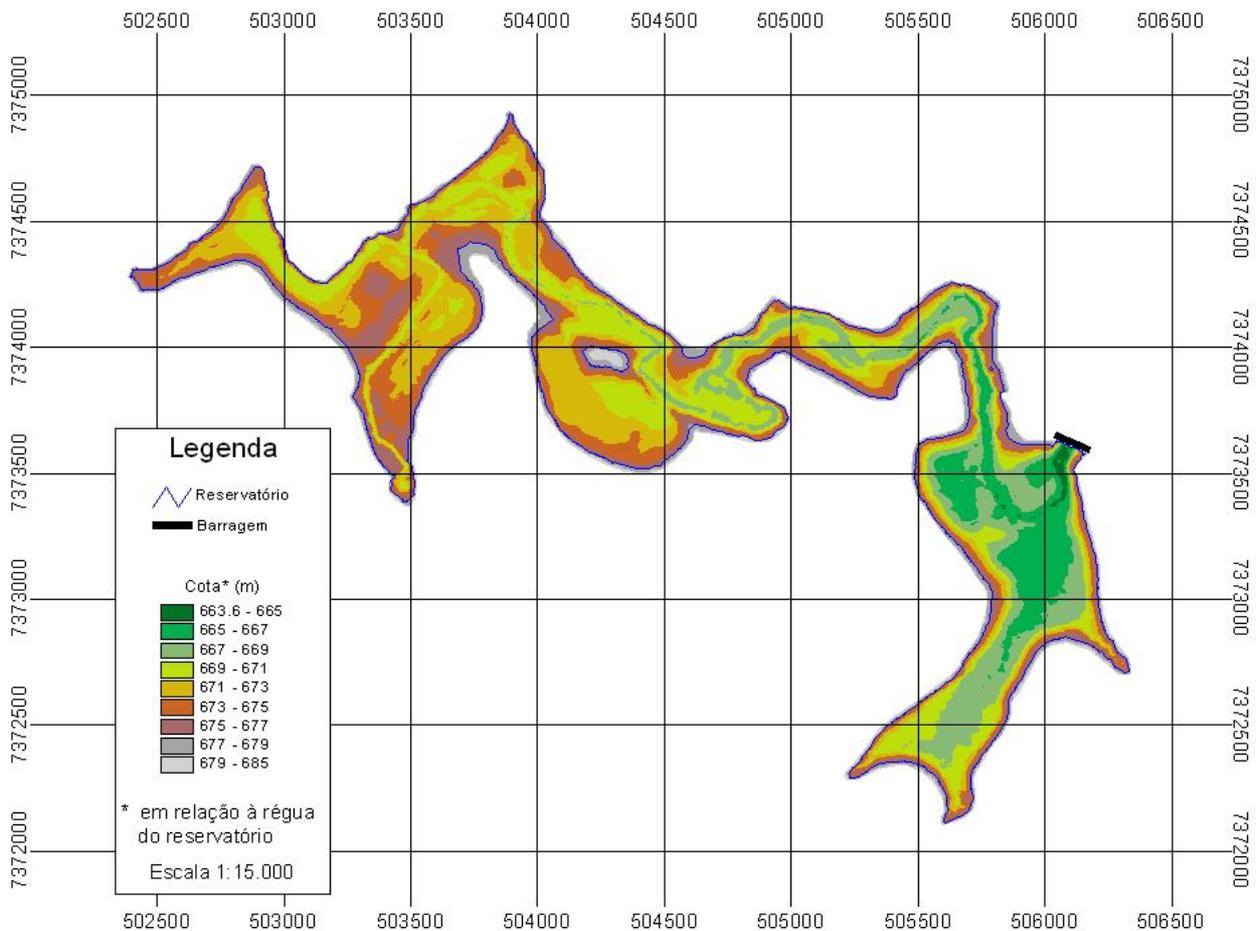


Figura 2 – MDT do reservatório de Fiú

Nas Figuras 3 a 6 são apresentadas graficamente as curvas cota-volume dos reservatórios de Vossoroca, Alagados, Fiú e Mourão, respectivamente. São apresentados os dados de volume obtidos no presente estudo juntamente com os dados de volume originais fornecidos pela Copel e relativos aos levantamentos realizados anteriormente ao enchimento dos reservatórios. Nas mesmas figuras são apresentados os dados de volume assoreado no período de operação do reservatório e a porcentagem de volume remanescente no reservatório em relação ao volume original. Todos os valores são apresentados em relação às cotas das régua instaladas nos reservatórios.

Os dados dos reservatórios de Vossoroca, Fiú e Mourão mostram um comportamento dentro do esperado, ou seja, ocorreu um processo de assoreamento neste intervalo de tempo de aproximadamente 50 anos de operação. Exceção ocorreu no reservatório de Alagados, onde de maneira geral os volumes atuais são superiores aos originais. Devido ao tipo de operação do reservatório de Alagados, este tipo de resultado é totalmente inconsistente, podendo estar associado à qualidade dos dados da curva cota-volume original, da qual não existem registros da escala do mapa que foi utilizado na sua obtenção, assim como não existe um histórico bem documentado da operação do reservatório, o qual poderia conter informações sobre alterações na altitude das régua.

Com relação aos resultados obtidos nos reservatórios de Vossoroça, Fiú e Mourão I, todos apresentaram como característica comum a distribuição do assoreamento com certa uniformidade em toda a amplitude altimétrica do reservatório. Essa informação é bastante relevante na estimativa da vida útil e na simulação do processo de assoreamento destes reservatórios.

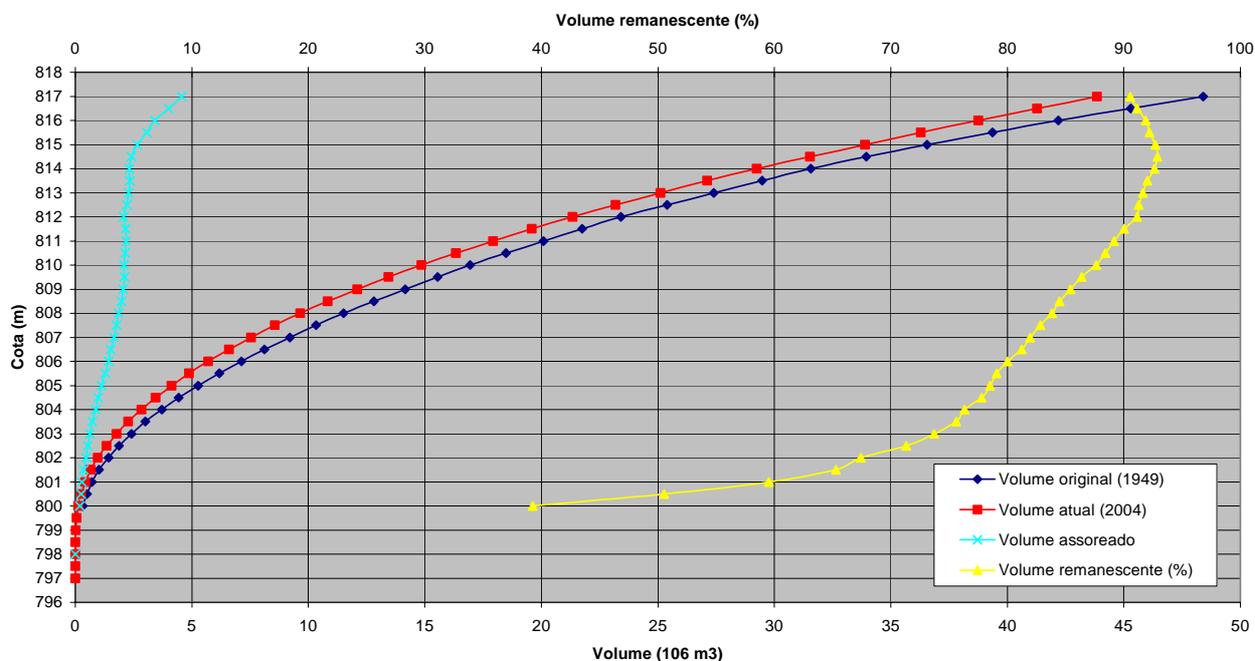


Figura 3 – Curva cota-volume do reservatório de Vossoroça

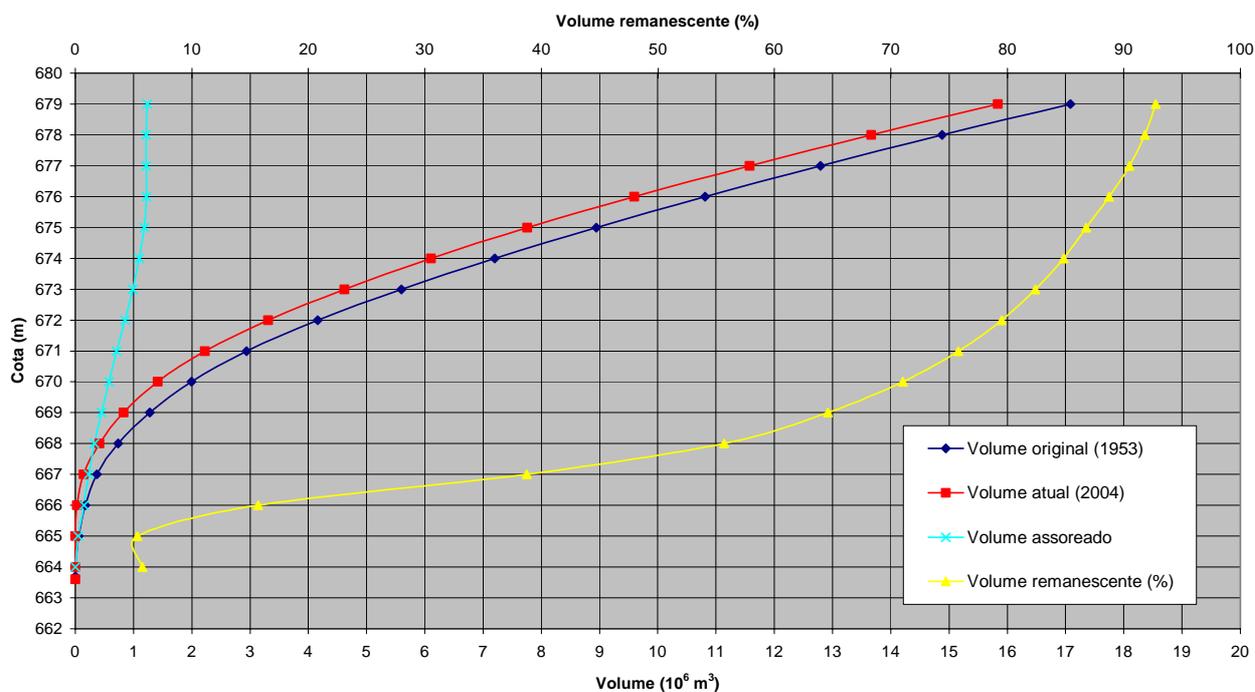


Figura 4 – Curva cota-volume do reservatório de Fiú

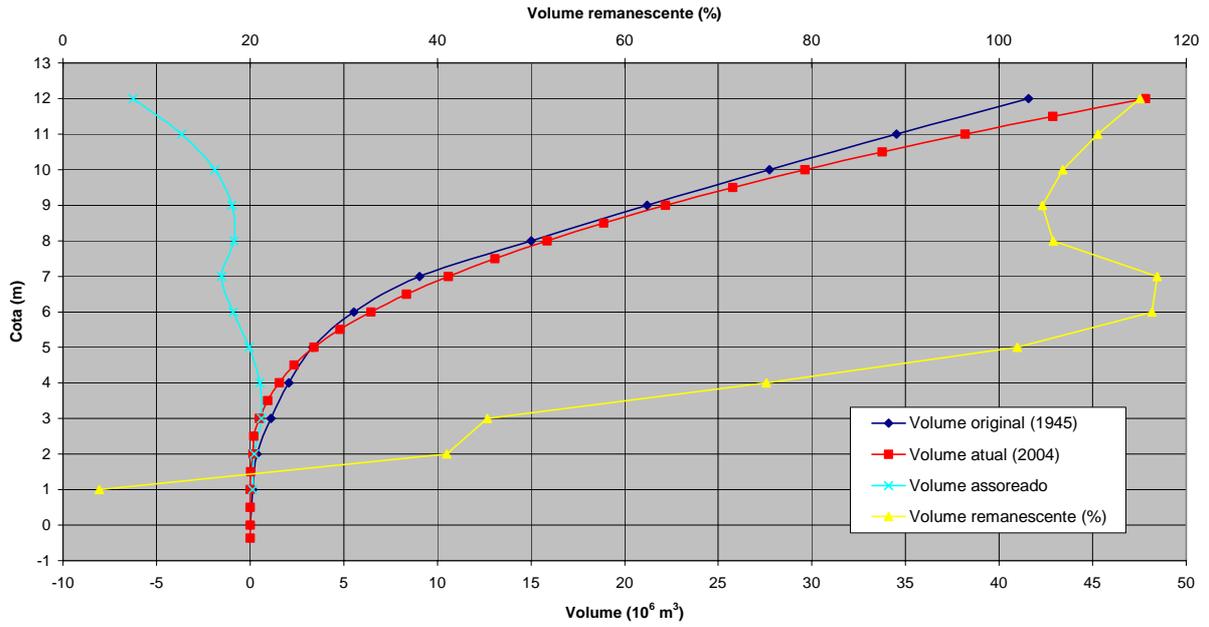


Figura 5 – Curva cota-volume do reservatório de Alagados

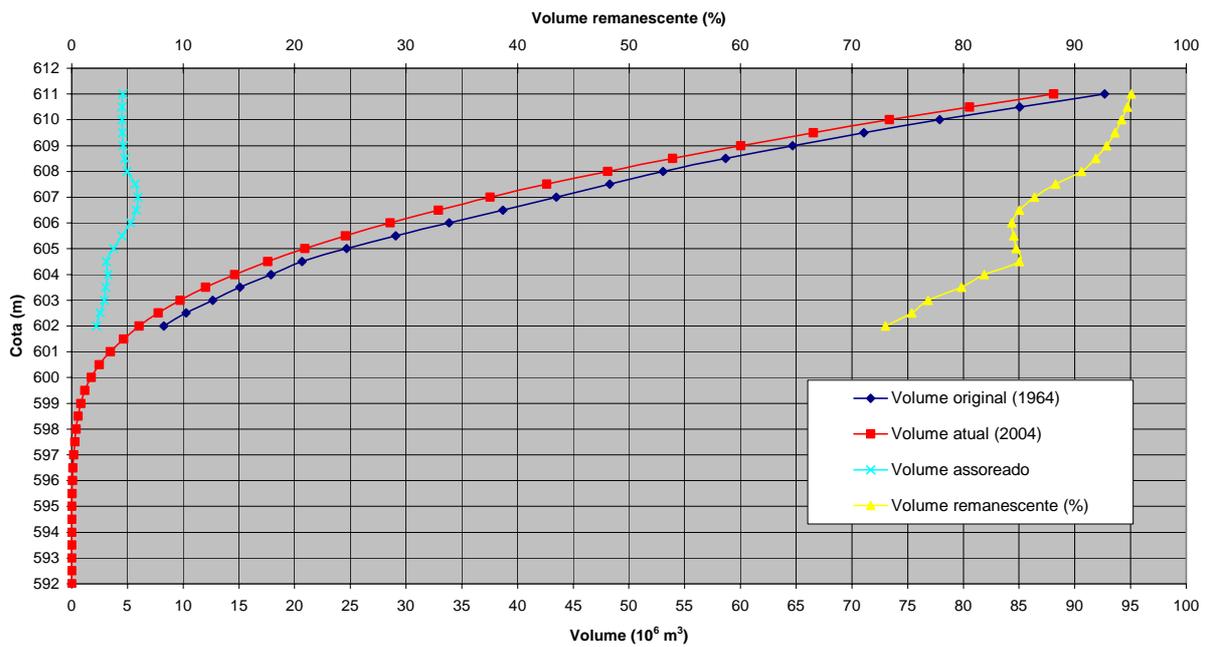


Figura 6 – Curva cota-volume do reservatório de Mourão

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi aplicada um novo método de levantamento de dados topobatimétricos e também para a determinação das curvas cota-área-volume dos reservatórios.

O levantamento topobatimétrico utilizando ADCP e GPS de forma simultânea e com os equipamentos não conectados mostrou-se eficiente para este tipo de trabalho. As principais vantagens encontram-se na possibilidade de navegação com base em seções definidas a priori, possibilidade de correção do posicionamento dos pontos levantados pelo pós-processamento dos dados do GPS, alta precisão e confiabilidade da batimetria obtida pelo ADCP, e otimização do uso de equipamentos de alta tecnologia disponíveis na Empresa e utilizados para outros fins. Uma dificuldade existente na aplicação do método encontra-se na necessidade de ajustar os relógios dos equipamentos durante a operação de campo, pois o método fundamenta-se nesta hipótese.

Destaca-se ainda a rapidez do levantamento de campo e a grande quantidade de informações levantadas, o que origina uma representação bastante adequada da topografia submersa, possibilitando uma maior precisão e a utilização de métodos mais eficientes no cálculo das curvas cota-área-volume. Dada a pronta disponibilidade dos equipamentos, os custos envolvidos foram muito menores se comparados à aquisição das informações pelos métodos batimétricos tradicionais.

A determinação das curvas cota-área-volume por meio de modelos digitais de terreno mostrou-se bastante prática e de grande utilidade. Por se tratar de uma técnica de mapeamento bastante usual, as ferramentas utilizadas são amigáveis e o processo interativo permite a visualização, detecção e correção de inconsistências. Conseqüentemente os dados de área e volume podem ser determinados de forma automática, diminuindo a possibilidade de erro operacional. Uma desvantagem encontra-se na necessidade de obter-se uma representação adequada da realidade através dos pontos levantados, implicando em um grande esforço de campo.

Ocorreu um processo de assoreamento neste intervalo de tempo de aproximadamente 50 anos de operação. Exceção ocorreu no reservatório de Alagados, onde de maneira geral os volumes atuais são superiores aos originais. Devido ao tipo de operação do reservatório de Alagados, este tipo de resultado é totalmente inconsistente, podendo estar associado à qualidade dos dados da curva cota-volume original, da qual não existem registros da escala do mapa que foi utilizado na sua obtenção, assim como não existe um histórico bem documentado da operação do reservatório, o qual poderia conter informações sobre alterações na altitude das réguas.

Com relação aos resultados obtidos nos reservatórios de Vossoroca, Fiú e Mourão I, todos apresentaram como característica comum a distribuição do assoreamento com certa uniformidade em toda a amplitude altimétrica do reservatório. Essa informação é bastante relevante na estimativa da vida útil e na simulação do processo de assoreamento destes reservatórios.

A título de recomendação, destaca-se que as informações obtidas neste trabalho formam uma base de dados bastante sólida, a qual pode possibilitar o desenvolvimento de estudos de transporte de sedimentos e assoreamento de reservatórios, bastando para isso despende algum esforço na organização de informações existentes e realizar campanhas de campo complementares.

BIBLIOGRAFIA

CENTRO DE HIDRÁULICA E HIDROLOGIA PROFESSOR PARIGOT DE SOUZA. *Revisão das curvas cota-área-volume dos reservatórios de Vossoroca, Alagados, Fiiú e Mourão I. Relatório técnico n. 1: definição da metodologia.* Curitiba: CEHPAR, 2004. Projeto HG-195.