

Estimativa do grau de assoreamento de reservatórios de captação de água – estudo de caso: reservatório da hidráulica, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais

RESUMO

Para uma adequada utilização dos recursos hídricos disponíveis em reservatórios de água é necessário, dentre outros, o conhecimento prévio e sistêmico da profundidade desses locais. Dentro desse contexto, realizam-se levantamentos batimétricos periódicos, tradicionalmente empregando ecobatímetros e técnicas de topografia convencional. O presente trabalho teve como objetivo a análise do grau de assoreamento de um dos represamentos localizados na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa – MG, aplicando como primitivo um levantamento topobatimétrico realizado em 1998. Estes dados foram comparados com um levantamento batimétrico realizado em 2012, isto é, dados obtidos 14 anos depois. Os volumes de d'água foram aferidos por meio de Modelos Digitais de Profundidade e também curvas CAV, conforme preconiza a resolução conjunta ANA/ANEEL. Essa comparação evidenciou a eficácia e a aplicabilidade dessas técnicas, constatando alterações consideráveis na capacidade hídrica do corpo d'água estudado. Através dessa análise também foi possível avaliar os impactos positivos de um processo de desassoreamento do reservatório estudado.

PALAVRAS-CHAVE: Levantamento batimétrico. Assoreamento. Curvas CAV. Reservatório de água.

Laura Coelho de Andrade

laura.andrade@ufv.br

orcid.org/0000-0003-3693-2208

Universidade Federal de Viçosa (UFV),
Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Italo Oliveira Ferreira

italo.ferreira@ufv.br

orcid.org/0000-0002-4243-8225

Universidade Federal de Viçosa (UFV),
Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Felipe Catão Mesquita Santos

felipe.mesquita@ufv.br

orcid.org/0000-0002-9376-766X

Universidade Federal de Viçosa (UFV),
Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Victória Gibrim Teixeira

victoria.gibrim@ufv.br

orcid.org/0000-0002-7279-110X

Universidade Federal de Viçosa (UFV),
Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável para sobrevivência humana e por isso a preocupação de sua preservação deve ser constante, de tal forma que não haja danos à sociedade devido falta desse recurso. Nesse contexto, é essencial que exista um bom planejamento da mesma, a fim de garantir a qualidade de vida da humanidade (BRANDÃO *et al.*, 2006).

Visto que o corpo humano possui cerca de 65% de água e todas as plantas e animais possuem sua porcentagem expressiva, esse fluido assume suma importância na sobrevivência de todo ser vivo, como também na produção de alimentos através da agricultura e no funcionamento das indústrias. Além disso, este recurso é matéria prima essencial para a maioria das produções e é, atualmente, a maior fonte de geração de energia elétrica no Brasil (BRUNI, 1994; REIS, 2003; MARTINS, 2017).

Comumente, observa-se problemas relacionados aos recursos hídricos, realidade que vem cada vez mais se agravando nos últimos anos. No caso da cidade de Viçosa-MG, o crescimento desordenado, a má gestão dos recursos hídricos e a falta de planejamento urbano, conduziu a uma escassez hídrica que aumenta a cada ano. Como publicado na reportagem “Em estado de alerta, Viçosa pode ter racionamento de água na próxima semana” do Jornal Estado de Minas, a população já vivência, anualmente, eventos de falta de água sendo necessário racionamento. Não raro, já foram observados casos, inclusive, de doença causada por água mal tratada (SOARES, 2010).

O abastecimento hídrico da cidade de Viçosa é concentrado nos reservatórios localizados no campus da Universidade Federal de Viçosa, e este decréscimo de recursos chegou a tal ponto que no ano de 2016, o principal reservatório, objeto deste estudo, secou completamente, como pode ser observado na Figura 1. Grande parte do problema supracitado se deve ao assoreamento destes reservatórios, que é causado principalmente por processos erosivos (PETSCH; MONTEIRO, 2013). A produção de sedimentos advém de processos naturais, podendo ser acelerada e agravada por processos antrópicos, como uso e ocupação do solo feita de forma desordenada, isto é, sem aplicação de práticas conservacionistas (CARVALHO, 2008). Como sabido, quanto maior o assoreamento do reservatório, menor a capacidade de armazenamento de água (FAN; MORRIS, 1992; ANEEL, 2000; WISSER *et al.*, 2013).

Figura 1 – Reservatório completamente seco



Fonte: G1 Zona da Mata (2016)

Nesse contexto, a forma mais eficaz de quantificar o assoreamento desses locais é o cálculo do volume útil desses reservatórios em períodos distintos, podendo-se, assim, estimar o volume de sedimentos depositados ao fundo (TAMENE *et al.*, 2006). Estudos auxiliares, como a identificação do uso e ocupação do solo, análise da erosão hídrica, lixiviação e a promoção de práticas conservacionistas, podem contribuir de sobremaneira para identificação das causas e soluções para esse problema.

A realização destas estimativas é baseada, prioritariamente, em dados batimétricos históricos, isto é, de diferentes épocas (FERREIRA *et al.*, 2015). A partir destes, é possível encontrar a variação do volume entre eles, fazendo uma sobreposição dos levantamentos encontrados, e analisando a variação topográfica no transcorrer dos anos (VIANA *et al.*, 2016).

Nos últimos tempos, o levantamento batimétrico passou a ser executado através do emprego de sistemas de sondagem compostos por ecobatímetros para medição da profundidade; receptores GNSS (*Global Navigation Satellite System*) para o georreferenciamento e, em casos específicos, por sensores que medem o perfil da velocidade do som e a atitude da plataforma de sondagem (IHO, 2005).

Na atualidade, a despeito do crescente progresso da tecnologia, utiliza-se em grande escala ecobatímetros monofeixe, devido especialmente ao baixo custo de aquisição e as facilidades operacionais (ESTIGON *et al.*, 2012; FERREIRA *et al.*, 2016b; FREITAS *et al.*, 2016). Nos últimos anos, surgiram sistemas de sondagem autônomos e não tripulados, ferramentas excelentes para aplicação em reservatórios de água e barragens de rejeitos (FERREIRA *et al.*, 2016a).

No entanto, ao realizar o estudo do assoreamento, muitas vezes depara-se com situações em que os dados de um levantamento anteriormente realizado se encontram em formato analógico. Muitas vezes plantas que estão em formato analógico, encontram-se no sistema de coordenadas local, ou seja, não georreferenciadas, o que inviabiliza o procedimento descrito. Neste caso, previamente, se faz necessário a conversão destes dados para o meio digital, bem como a compatibilização entre os sistemas de coordenadas (DALE; MCLAUGHLIN, 1988). Portanto, o estudo do processo de restituição analógica de plantas físicas

mostra-se de grande relevância, pois possibilita a análise aprofundada de muitos reservatórios que se encontram em situação semelhante.

Dado o exposto, este trabalho objetivou estimar o assoreamento de reservatórios a partir da comparação de um levantamento batimétrico realizado em 1998 com outro em 2012. Em que para o de 1998 foi realizada a priori a conversão para o meio digital e transformação do referencial geodésico, já para o de 2012 (o qual foi efetuado com um ecobatímetro monofeixe), foi realizada a interpolação dos pontos através da Krigagem Universal. Dessa forma, a partir dos dados gerados pôde-se proceder com a reconstituição da curva CAV (Curva Cota x Área x Volume) para cada ano.

BREVE CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

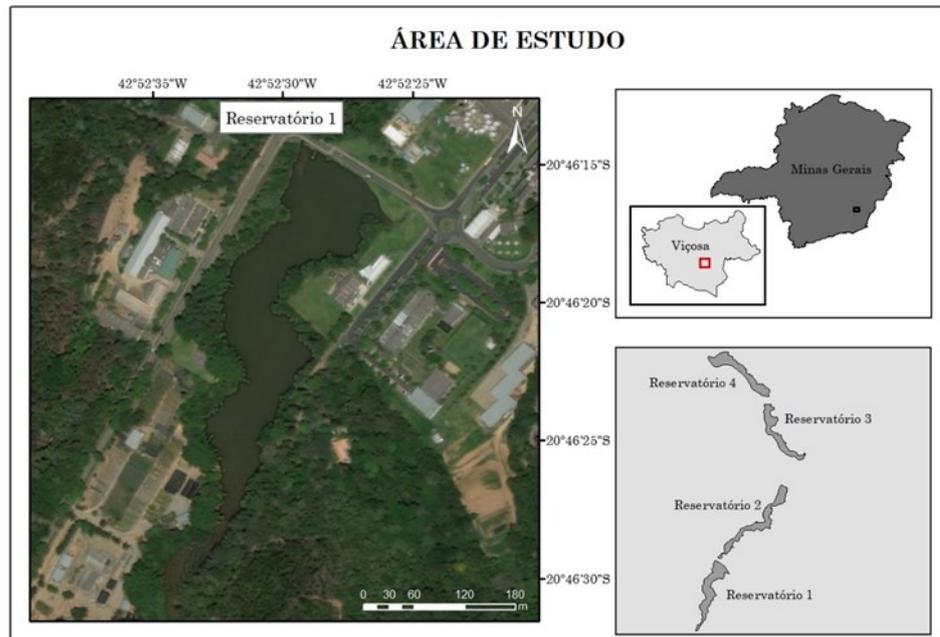
O presente estudo foi realizado na área denominada reservatório 01 ou reservatório da Hidráulica localizada próximo ao Departamento de Hidráulica, da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Campus Viçosa, pertencente a mesorregião zona da mata, estado de Minas Gerais (Figura 2) o qual está na bacia do Ribeirão São Bartolomeu. O reservatório possui uma área de cerca de 29.844,24 m², além disso, a região de estudo possui relevo com encostas de perfil convexo-côncavo, hegemonicamente montanhoso e forte ondulado (CORRÊA, 1984).

Segundo Fioratto (2018), verificando os anos de 2017 e 2018 a média diária anual do volume de água distribuído no campus UFV – Viçosa é de 797 m³.

Quanto a tipificação do solo presente na área, há um predomínio de Latossolos, seguido por Argissolos, Gelissolos e Neossolos Flúvicos (aluviais). Todo o município de Viçosa possui cobertura nativa vegetal da Mata Atlântica, com mata higrófila e mesófila (RIZZINI, 1979).

Os reservatórios da Universidade são identificados à direita na Figura 2 abaixo, enquanto que à esquerda representa especificamente o reservatório a ser estudado.

Figura 2 – Localização da área de estudo



Fonte: Autoria própria (2020)

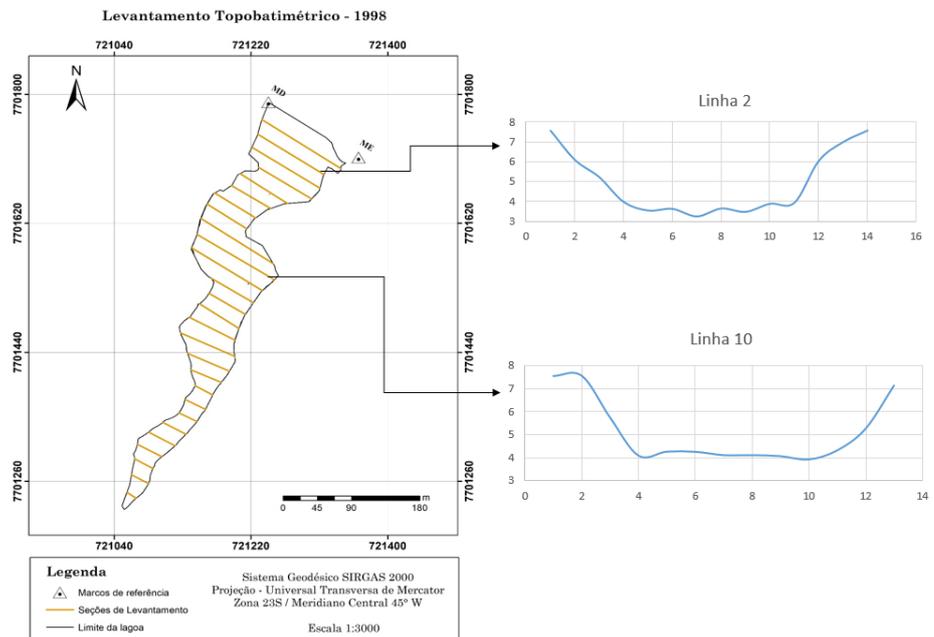
É importante ressaltar que o reservatório é alvo do lançamento de rede de drenagem pluvial e escoamento superficial de áreas sem cobertura vegetal. Esses fatos são propulsores do processo de eutrofização do reservatório, em consonância com o assoreamento (FIORATTO, 2018). Outro fator relevante é a vazão efluente do ribeirão de $0,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, de acordo com (SANTOS, 2001).

LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO DE 1998

O levantamento batimétrico foi realizado em abril de 1998 empregando topografia convencional (topobatimetria). As profundidades foram obtidas por meio de leituras analógicas em réguas graduadas, enquanto o posicionamento planimétrico foi realizado pelo método de irradiação tridimensional, utilizando como instrumento a estação total modelo PCS 215 da marca Pentax com precisão linear de $\pm (3 + 3\text{ppm} \times D)$ mm e angular com desvio padrão de cinco segundos na direção horizontal e sete segundos na vertical. As variações do nível da água durante o levantamento foram acompanhadas por meio de observações efetuadas numa régua linimétrica instalada às margens do represamento.

As profundidades foram referenciadas localmente, empregando uma RN (Referência de Nível) materializada na soleira do reservatório. À esta foi atribuída cota 0 (Zero). Para as posições, empregou-se o Sistema Geodésico SAD-69. Na ocasião foram confeccionadas as seções transversais, como exemplo na Figura 3 estão representadas a segunda e a décima linha de levantamento, no qual o eixo x representa as estacas em metros e o eixo y a cota, também em metros. Uma planta de situação também foi digitalizada no *software* Autocad e posteriormente montou-se um *layout* no ArcGIS 10.5, conforme mostrado também na Figura 3.

Figura 3 – Planta situação do levantamento e seções transversais



Fonte: Autoria própria (2020)

Em um primeiro momento, as informações analógicas foram manualmente restituídas para formato digital e posteriormente vetorizadas. Para o georreferenciamento da planta de situação, empregou-se os dois únicos pontos de coordenadas conhecidas, denominados MD e ME, fornecidas em relatório. Uma vez que estes pontos se encontravam em SAD 69, visando a compatibilização de informações obtidas futuramente, procedeu-se com a transformação dos dados topobatimétricos para o sistema geodésico brasileiro oficial, ou seja, SIRGAS2000.

A RN (Referência de Nível) empregada como datum vertical foi locada empregando um sistema GNSS/RTK (*Global Navigation Satellite Systems /Real Time Kinematic*). A altitude ortométrica da RN foi obtida por meio da realização de um nivelamento geométrico de alta precisão tomando como referência a estação altimétrica RN 3307F do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) localizada no pátio do LEA (Laboratório de Engenharia de Agrimensura) da UFV (DE FREITAS; BLITZKOW,1999). Foi usada uma RN do IBGE devido à inexistência de RRNN da DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação) ou ANA (Agência Nacional de Águas) na região sondada. Salienta-se que na época do nivelamento, o IBGE ainda adotava a altitude ortométrica como componente altimétrica oficial. A partir da altitude da RN, foi possível encontrar a altitude de todos os pontos batimétricos do reservatório.

Os dados gerados deram origem a curva CAV e ao Modelo Batimétrico de 1998. Este último foi gerado com recurso a Krigagem Universal, conforme sugestão de (FERREIRA *et al.*, 2013; FERREIRA *et al.*, 2017; ANDRADE; 2018).

LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO DE 2012

Os dados referentes ao ano de 2012 foram obtidos através de um levantamento batimétrico. Empregou-se um sistema de sondagem composto por um ecobatímetro monofeixe modelo *Hydrobox* da marca *SyQwest* e um sistema GNSS/RTK modelo *Triumph 1* da marca *Javad* GNSS (FERREIRA; CARMO, 2012). A navegação, coleta, processamento e análise dos dados foram realizados com recurso ao pacote comercial *Hypack 2012* (HYPACK, 2012). As variações do nível da água durante a sondagem foram monitoradas por meio de leituras numa régua maregráfica instalada às margens do vertedouro.

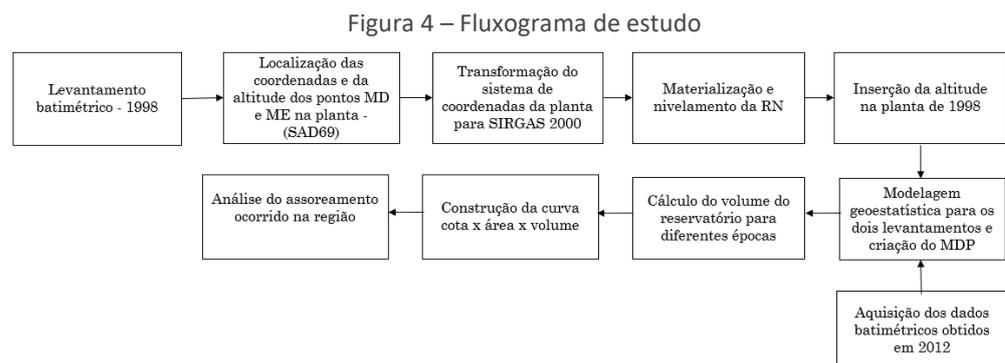
A implantação dos pontos de apoio nas lagoas para o levantamento batimétrico foi realizada com receptor de dupla frequência (L1-L2), utilizando a metodologia de posicionamento absoluto instantâneo, ou seja, sem pós processamento, em que as coordenadas de base para a área de estudo em questão foram obtidas a partir da média de rastreamento de 100 épocas, em um intervalo de gravação de 5 segundos e com uma máscara de elevação de 15º segundo (FERREIRA; CARMO, 2012).

Visando a compatibilização das informações, as coordenadas planimétricas foram coletadas no sistema geodésico SIRGAS 2000, enquanto a RN foi utilizada para nivelar a régua maregráfica.

Salienta-se que a precisão do levantamento encontrada foi 0,016 metros para o desvio padrão e 0,013 metros para o desvio padrão da média, por meio dos cruzamentos entre as linhas regulares de sondagem e as de verificação.

RESULTADOS

Para facilitar a compreensão das atividades realizadas, um fluxograma é apresentado a seguir na Figura 4.



Fonte: Autoria própria (2020)

As coordenadas dos pontos de controle empregados no georreferenciamento dos dados de 1998 foram obtidos em relatório. Com auxílio do *software* ProGRID (IBGE, 2009), as mesmas foram transformadas para SIRGAS 2000 empregando a Fórmula dos Três Parâmetros, que consiste na aplicação dos parâmetros de translação nos eixos cartesianos geocêntricos do sistema de referência de origem (Tabela 1).

Tabela 1 – Coordenadas transformadas

MD		
	SAD	SIRGAS2000
E (m)	721287,62	721243,12
N (m)	7701834,34	7701789,05
ME		
	SAD	SIRGAS 2000
E (m)	721406,06	721361,56
N (m)	7701756,96	7701711,68

Fonte: Autoria própria (2020)

Com a planta vetorizada de 1998 e através das coordenadas dos pontos MD e ME, foi possível efetuar a translação e sucessivamente a rotação da mesma, a fim de ser efetivamente transformada para o sistema SIRGAS 2000.

De posse dos dados batimétricos de ambos os anos, procedeu-se com a execução da modelagem geoestatística, aplicando o interpolador krigagem universal. Os resultados para os parâmetros RMSE (*Root Mean Square Error* ou Erro Médio Quadrático em português), EM (Erro médio) e os coeficientes a e b que são o coeficiente angular e linear respectivamente, são mostrados na Tabela 2.

Ressalta-se que os volumes obtidos tiveram como base uma mesma cota de referência de 658,47 metros para o cálculo da profundidade. Uma vez que o Datum altimétrico utilizado foi o ponto associado com o nível médio do mar monitorado pelo marégrafo de Imbituba, Santa Catarina, desde o ano de 1945.

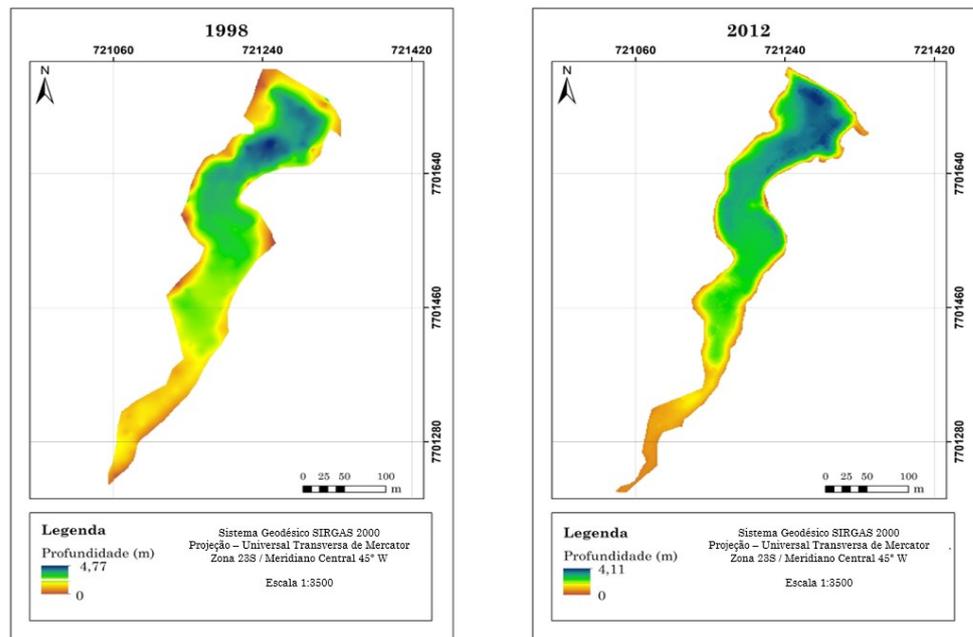
Tabela 2 – Parâmetros obtidos na modelagem geoestatística

	RMSE	EM	a	b
1998	1,0442	0,4603	0,9060	0,2163
2012	0,8013	0,5944	0,9313	0,1174

Fonte: Autoria própria (2020)

A geração das superfícies batimétricas foi realizada através do *software* ArcGis 10.5 (ESRI, 2017). A Figura 5 apresenta os Modelos Digitais de Profundidade para cada ano.

Figura 5 – Modelo Digital de Profundidade para 1998 e 2012



Fonte: Autoria própria (2020)

O cálculo do volume foi também realizado por meio do software ArcGis 10.5 (ESRI, 2017). Dessa maneira foi possível constatar um volume de água de 86.991 m³ para o ano de 1998 e 63.160 m³ para 2012, para uma mesma cota, evidenciando um assoreamento de cerca de 23.831 m³, isto é, uma diminuição do volume útil de 27%. A área do espelho d'água também reduziu em aproximadamente 6.720 m², sendo a principal causa a erosão de borda do reservatório. Tais informações ficam melhor exemplificadas nas curvas cota x área x volume (CAV) (Figura 6 e Figura 7).

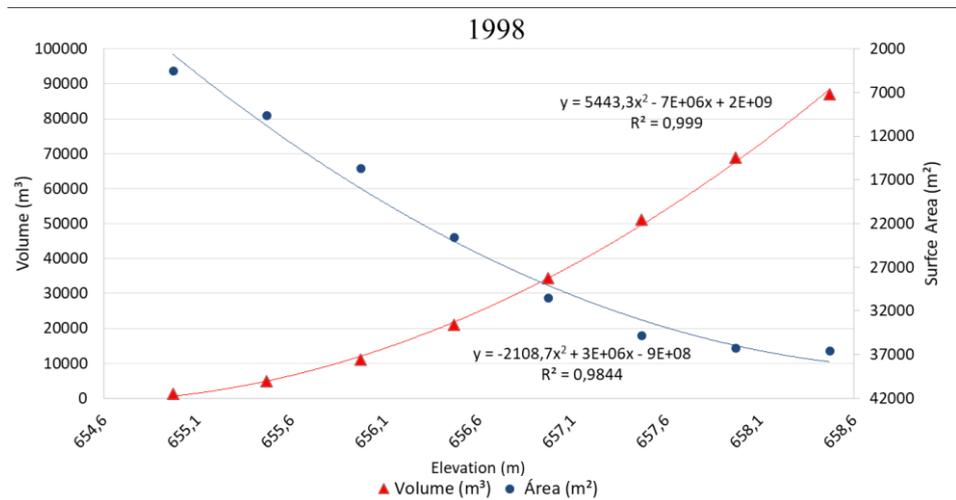
A CAV para cada levantamento (1998 e 2012) foi gerada a partir do cálculo dos volumes acumulados por cota de acordo com a ANA (2013), utilizando a cota de referência de 658,470m para a soleira do reservatório. Os dados estão exemplificados na Tabela 3 e os diagramas com as respectivas equações de ajuste e linhas de tendência nas Figura 6 e Figura 7.

Tabela 3 – Dados para a construção do diagrama cota x área x volume

Altitude (m)	1998		2012	
	Área (m ²)	Volume (m ³)	Área (m ²)	Volume (m ³)
658,47	36564,06	86991,3	29844,24	63160,41
657,97	36225,57	68765,15	27351,27	49008,19
657,47	34820,19	51005,54	24338,3	36071,96
656,97	30504,34	34335,76	21400,86	24659,66
656,47	23574,6	21034,5	17391,59	14862,03
655,97	15629,83	11009,01	12135,9	7349,06
655,47	9564,17	4800,86	6246,88	2795,49
654,97	4491,67	1287,1	2962,76	524,19

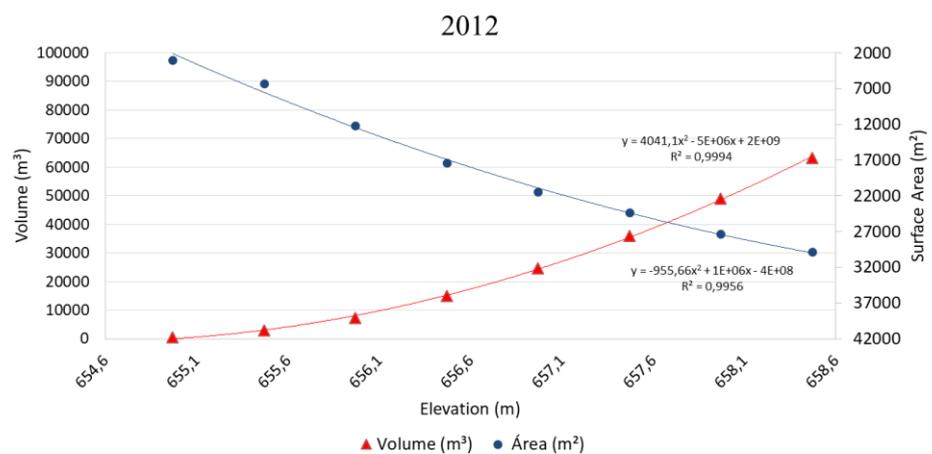
Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 6 – Diagrama cota x área x volume acumulado – 1998



Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 7 – Diagrama cota x área x volume acumulado – 2012



Fonte: Autoria própria (2020)

A partir de uma análise das curvas CAV é possível assumir uma redução no volume total do reservatório, decorrente do processo de assoreamento. Em um diagnóstico mais específico, é presumível dizer que há indicativos de assoreamento nas áreas de baixa e média profundidade, já no leito do corpo d'água um desassoreamento.

CONCLUSÃO

O estudo evidenciou a importância da reconstituição e conversão digital de dados obtidos em um levantamento batimétrico, que mesmo efetuado há alguns anos, é de grande relevância para estudos sobre uma melhor gestão hídrica de reservatórios, permitindo, assim, uma futura análise temporal dos processos de erosão e assoreamento da região.

Através dos resultados é possível inferir que o corpo hídrico em questão vem sofrendo elevada deposição de sedimentos, o que leva a uma menor capacidade de armazenamento de água e conseqüentemente uma irregularidade no

abastecimento hídrico na cidade de Viçosa. Há também uma nítida diminuição do espelho de água, sendo estes indicativos de erosão de borda.

Uma saída concebível a longo prazo para atenuar o problema, é uma mudança rigorosa no uso e ocupação da terra nas porções superiores da bacia hidrográfica, salientando a recuperação de áreas degradadas para proporcionar uma diminuição no transporte de sedimentos em direção ao reservatório, ou seja, reduzindo o escoamento superficial. Em uma abordagem a curto prazo, destaca-se algumas medidas como a dessecação por escavação mecânica dos sedimentos ou uma dragagem imediata.

Recomenda-se um estudo mais aprofundado que integre uma análise pedológica dos solos para possível reconhecimento de zonas de contribuição potenciais para o assoreamento do represamento. Desse modo, espera-se uma reforma estrutural mais eficiente a longo prazo que diminua, ou inclusivamente, solucione o conjunto de questões de abastecimento de água de Viçosa.

Sendo assim, analisando-se os dados apresentados comprova-se que no período de apenas 14 anos (1998 a 2012) houve um acúmulo de 23.831 m³ de sedimentos, gerando uma redução no volume útil acumulado na Lagoa da Hidráulica de 27% no referido período. Além disso, é possível afirmar que com o desassoreamento do vertedouro, esse será capaz de fornecer água para a população durante mais 34 dias, dado que a média diária anual do volume de água administrada no campus é de 797 m³.

Destaca-se que não foram obtidas informações de volume útil acumulado anteriores a 1998, uma vez que a data de construção do reservatório foi em 1960. O valor encontrado em 1998 já considera, portanto, todo o assoreamento que ocorreu desde 1960.

Estimation of the siltation degree of water catchment reservoirs – case study: hydraulic reservoir, Federal University of Viçosa, Viçosa, Minas Gerais

ABSTRACT

For an adequate use of the available water resources in water reservoirs is necessary, among others, the previous and systemic knowledge of the depth of these places. Within this context, periodic bathymetric surveys are performed, traditionally using echo-meters and conventional topography techniques. The present work had as objective the analysis of the siltation degree of one of the impoundments located in the Federal University of Viçosa, in Viçosa - MG, applying as primitive a topobatimetric survey carried out in 1998. These data were compared with a bathymetric survey carried out in 2012, that is, data obtained 14 years later. The water volumes were measured by Digital Depth Models and also CAV curves, as recommended by the joint resolution ANA / ANELL. This comparison showed the effectiveness and applicability of these techniques, noting considerable changes in the water capacity of the studied body of water. Through this analysis it was also possible to evaluate the positive impacts of a dewatering process of the studied reservoir.

KEYWORDS: Bathymetric survey. Silting up. CAV curves. Water tank.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao PIBIC/Funarbic (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica/Funarbe - Nº de Registro do Projeto: 10764271446), ao PIBIC/CNPq (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica/Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Nº de Registro do Projeto: 10764272967) e ao Grupo de Estudo e Pesquisa em Levantamentos Hidrográficos – GEPLH/UFV por permitirem a realização dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (Brasil). **Orientações para atualização das curvas cota x área x volume**. Brasília, DF:ANA. 2013. 40p. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/infohidrologicas/cadastro/OrientacoesParaAtualizacaoDasCurvas_Cota_Area_Volume_Versao_Dez2013.pdf>. Acesso em 07 jul. de 2020.

ANDRADE, L.C.; FERREIRA, Í.O.; SANTOS, F.C.M.; OLIVEIRA, J.C. Avaliação de interpoladores probabilísticos para melhor gestão hídrica de corpos d'água. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 7., Recife. **Anais** [...]. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2018.

ANEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil); **Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios**. Brasília, DF: ANEEL. 2000.109 p. Disponível em :< http://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/2000_GuiaAvaliacaoAssoreamentoReservatorios.pdf/68c44953-f696-5925-573a-b7b3207db875>. Acesso em 07 jul. de 2020.

BRANDÃO, V.S; CECÍLIO, R.A; PRUSKI, F.F; DEMETRIUS, D.S. **Infiltração da água no solo**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2006.

BRUNI, J. C. A água e a vida. **Tempo Social**, v. 5, n. 1-2, p.53-65. 1994. <https://doi.org/10.1590/ts.v5i1/2.84942>

CAMARGO, E. C. G. Geoestatística: Fundamento e Aplicações. In: CAMARA, G.; MEDEIROS, J. S. **Geoprocessamento em Projetos Ambientais**. São José dos Campos: INPE, 1998. 36 p.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia Prática**, 2 ed. Rio de Janeiro: Interciências, 2008. 509p.

CORRÊA, G. F. **Modelo de Evolução mineralógica da fração argila de solos do planalto de Viçosa, MG.** 1984. 87f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1984.

DALE, F. P.; MCLAUGHLIN J. D. **Land information management.** Nova Iorque, Estados Unidos: Clarendon Press, Oxford: Oxford University Press. 1988. 166p.

DE FREITAS, S. R.; BLITZKOW, D. Altitudes e geopotencial. **IGeS Bulletin N**, p. 47-62, 1999.

ESRI. ArcGIS: **Software.** 2017. Versão 10.5. ESRI, Redlands, Califórnia, EUA. Disponível em: <<http://www.esri.com/software/arcgis/index.html>>. Acesso em 07 de julho de 2020.

ESTIGON, M. V.; MATOS, A.J.S.; MAUAD, F.F. Análise da orientação da ANA para a atualização das curvas cota-área-volume de reservatórios. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 10., Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: ABRH, v. 3, 2015.

FAN, J.; MORRIS, G. L. Reservoir sedimentation. I: Delta and density current deposits. **Journal of Hydraulic Engineering**, v. 118, n. 3, p. 354-369, 1992.

FERREIRA, I. O.; CARMO, E.J. **Mapeamento dos relevos submersos das lagoas da UFV: Relatório Técnico.** Viçosa, 2012.

FERREIRA, I. O.; NETO, A. A.; MONTEIRO, C. S. O uso de embarcações não tripuladas em levantamentos batimétricos. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 10, 2016a.

FERREIRA, I. O.; RODRIGUES, D. D.; SANTOS, G. R. Estudo Sobre a Utilização Adequada da Krigagem na Representação Computacional de Superfícies Batimétricas. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 65, n. 5, p.831-842, 2013.

FERREIRA, Í. O.; RODRIGUES, D. D.; SANTOS, G. R.; **Coleta, processamento e análise de dados batimétricos:** Representação computacional do relevo submerso utilizando interpoladores determinísticos e probabilísticos. 1 ed. Alemanha: Saarbrücken, 2015. 100p.

FERREIRA, Í. O.; ZANETTI, J.; Gripp, J. S.; MEDEIROS, N. G. Viabilidade do uso de imagens do sistema Rapideye na determinação da batimetria de águas rasas. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 7, 2017.

FERREIRA, I.O.; RODRIGUES, D.D.; NETO, A.A.; MONTEIRO, C.S. Modelo de incerteza para sondadores de feixe simples. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 5, 2016b.

FIORATTO, A.F.P. **Contribuição do desassoreamento de reservatório de captação da Universidade Federal de Viçosa no abastecimento de água dentro da universidade**. 2018. 28f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018.

FREITAS, É. L.; BRITO, M. A. N.; BEZERRA, L. M.; SILVA, W. T. M. Representação do relevo submerso e identificação de elementos sob a ponte JK por aquisição e processamento de dados em levantamento batimétrico monofeixe. **Revista Interdisciplinar de Pesquisa em Engenharia-RIPE**, v. 2, n. 11, p. 01-09, 2016.

HYPACK. Hypack: Software. Version 2012. Middletown, CT 06457 USA, 2012. Disponível em: <<https://www.hypack.com/>>. Acesso em 07 jul. 2020.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **ProGrid – guia do usuário**. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em:<ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/projeto_mudanca_referencial_geodesico/progrid_guia_do_usuario.pdf>. Acesso em: 07 fev. 2019.

IHO. International Hydrographic Organization. **Manual on Hydrography**. 1 ed. Mônaco: International Hydrographic Bureau, 2005. 540p.

MARTINS, F. M. Estudo de caso do sistema de abastecimento e distribuição de água da cidade de Viçosa-MG. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 3, n. 1, p. 37-39, 2017. <https://doi.org/10.18540/jcecvl3iss1pp037-039>

PETSCH, C; MONTEIRO, J. B. Elaboração da carta de suscetibilidade à erosão na escala 1:50000 do município de Douradina – PR. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 3, n. 64, 2013.

REIS, L. B. **Geração de energia elétrica: Tecnologia, inserção ambiental, planejamento, operação e análise de viabilidade**. 1 ed. Barueri: Manole, 2003. 324p.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos sociológicos e florísticos**. São Paulo: Hucitec/USP, 1979. 374p.

SANTOS. A.R. **Caracterização morfológica, hidrológica e ambiental da bacia hidrográfica do rio Turvo Sujo, micro-região de Viçosa-MG**. 2001. 143f. Tese

(Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

SOARES, A. C. C. **Abastecimento e consumo de água por soluções individuais em Viçosa-MG: identificação de perigos e percepção da população consumidora.** 2010. 150f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

TAMENE, L.; PARK, S. J.; DIKAU, R.; VLEK, P. L. G. Reservoir siltation in the semi-arid highlands of northern Ethiopia: sediment yield–catchment area relationship and a semi-quantitative approach for predicting sediment yield. **Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Research Group**, v. 31, n. 11, p. 1364-1383, 2006. <https://doi.org/10.1002/esp.1338>.

UFV reforça medidas para economia de água devido à escassez de chuvas. **G1 Zona da Mata**. 22 de set. de 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/mg/zona-da-mata/noticia/2016/09/ufv-reforca-medidas-para-economia-de-agua-devido-escassez-de-chuvas.html>>. Acesso em: 06 de julho de 2020.

VIANA, Á.F.; GOMES, K.M.B.; GALINDO, M.S.V.; GOMES, P.B.C.; FARIAS, R.C.; LOBO, G.; PINTO, J.P.C.; CAMPOS, T.M.P. Estudo de Caso – A importância da geotecnia no projeto executivo de dois aterros sanitários a serem implantados em área escarpada localizada em Nova Iguaçu, Rio de Janeiro. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, 18., Belo Horizonte. **Anais [...]**, Belo Horizonte: ABMS. 2016.

WISSER, D.; FROLKING, S.; HAGEN, S.; BIERKENS, M. F. Beyond peak reservoir storage? A global estimate of declining water storage capacity in large reservoirs. **Water Resources Research**, v. 49, n. 9, p. 5732-5739, 2013. <https://doi:10.1002/wrcr.20452, 2013>.

Recebido: 10 mai. 2019

Aprovado: 20 fev. 2020

DOI: 10.3895/rbgeo.v8n1.10074

Como citar: ANDRADE, L. C.; FERREIRA, I. O.; SANTOS, F. C. M.; TEIXEIRA, V. G. Estimativa do grau de assoreamento de reservatórios de captação de água – estudo de caso: reservatório da hidráulica, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. *R. bras. Geom., Curitiba*, v. 8, n. 1, p. 040-055, jan/mar. 2020. Disponível em: . Acesso em: XXX.

Correspondência:

Laura Coelho de Andrade

Avenida Marechal Castelo Branco, 1000, CEP 36576-042, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

