



**Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Ciências Biológicas
Departamento de Biologia Geral
Laboratório de Gestão Ambiental de Reservatórios**



Trabalho de Iniciação Científica

**Nova batimetria, morfometria e diagnóstico de áreas de
assoreamento em um reservatório tropical periurbano
(Vargem das Flores - Minas Gerais, Brasil).**

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Motta Pinto-Coelho
Aluna: Simone Paula dos Santos

Belo Horizonte
Dezembro de 2009

Introdução

A vida média dos reservatórios varia conforme o tempo de retenção e características morfométricas e morfológicas da bacia e da represa (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2008). Assim o estudo da morfologia dos corpos d'água é de fundamental importância para a compreensão do comportamento do ambiente aquático, uma vez que esta exerce uma marcante influência em todas as características limnológicas, ou seja, a forma do lago ou represa condiciona fortemente a interação dos componentes físicos, químicos e biológicos do sistema (SPERLING, 1999). A morfologia é melhor descrita por uma detalhada carta batimétrica, necessária para avaliação de todos os principais parâmetros morfométricos (WETZEL, 1983). A determinação das medidas de profundidade dos ambientes límnicos, expressas cartograficamente em mapas batimétricos, constitui um importante subsídio para a realização de estudos sobre evolução de assoreamento, qualidade da água e distribuição de peixes (RESCK, 2007). Deste modo, a disponibilidade de um inventário batimétrico é o “passo chave” no estabelecimento de um plano de manejo sustentável para a maioria dos sistemas aquáticos (BEZERRA-NETO & PINTO-COELHO, 2008).

As características morfométricas se alteram com o tempo, dependendo de uma série de fatores, dentre eles, as atividades antrópicas em sua bacia. A ocupação urbana desordenada e o crescimento populacional no entorno dos reservatórios, aliado a degradação ambiental, como lançamentos de esgotos, bem como a utilização antrópica em áreas de preservação permanente, tem comprometido a qualidade e quantidade da água em suas bacias (Sampaio, 2007). A idade e conseqüentemente o tempo de vida das represas são muito inferiores quando comparadas aos ambientes naturais. Segundo Dodds (2002), os reservatórios construídos nas bacias de drenagem dos rios e córregos apresentam o formato de cada braço se movendo para dentro de um canal de rio, gerando desta maneira um formato dendrítico. Este formato normalmente propicia baixas profundidades próximas aos deltas dos rios que os alimentam. Tais características, aliadas as modificações decorrentes do represamento das águas e transformação do ambiente lótico em outro lântico, promovem inúmeros impactos ambientais na bacia de drenagem. Em relação ao aspecto sedimentológico, as barragens geram uma redução das velocidades da corrente provocando a deposição gradual dos sedimentos carregados pelo curso d'água, o que ocasiona o assoreamento e diminui gradativamente a capacidade de armazenamento do reservatório, podendo vir a inviabilizar a operação do aproveitamento, além de ocasionar problemas ambientais de diversas naturezas (CARVALHO et al, 2000).

O reservatório de Vargem das Flores, inaugurado para fins de abastecimento público, vem sendo utilizado para inúmeras atividades. A região caracteriza-se historicamente por acelerado processo de urbanização e sistema de esgotamento sanitário deficitário atendendo apenas parte da população. A água tratada e captada nesse reservatório abastece duas cidades dentre as três mais populosas do estado de Minas Gerais (Belo Horizonte e Contagem) (IBGE, 2010). Em consequência destas e outras características do seu entorno, o reservatório de Vargem das Flores vem sofrendo inúmeros impactos ambientais, sendo um dos mais preocupantes a perda de volume em decorrência do assoreamento. Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo estimar as principais características morfométricas do reservatório Vargem das Flores, discutir suas implicações na limnologia deste e gerar um diagnóstico do grau de assoreamento, através da comparação dos inventários batimétricos de 1972, 2000 e 2009. Além de oferecer um prognóstico acerca do tempo restante de vida útil do reservatório, considerando, sobretudo, sua função primordial como fonte de abastecimento público de água.

Material e Métodos

Área de Estudo

O reservatório de Vargem das Flores, com coordenadas UTM WGS 84 Zona 23°S 587407,5; 7797318,8 (coordenada próxima à barragem), está inserido na bacia do Paraopeba e sub-bacia do ribeirão Betim, seu principal tributário, foi construído inicialmente com a finalidade de abastecimento da região metropolitana de Belo Horizonte. A represa está inserida entre os municípios de Betim (13%) e Contagem (87%) (GOMES, 2008).

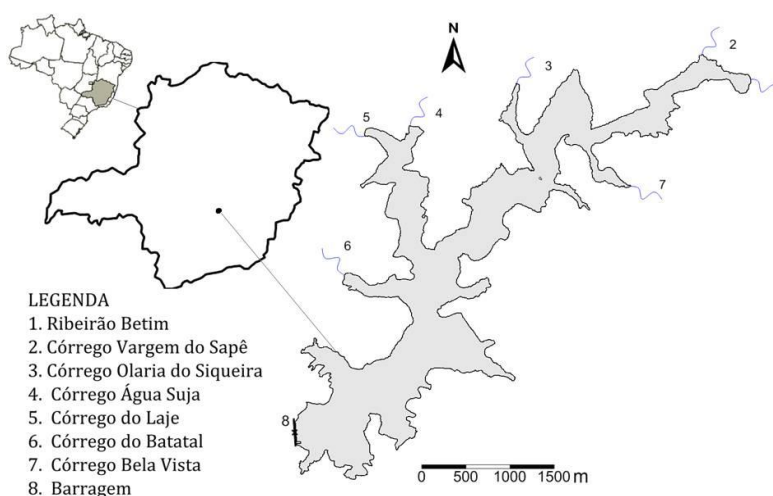


Figura 1. Localização do reservatório Vargem das Flores e seus tributários.

O clima da região apresenta-se como tropical/mesotérmico semi-úmido, com duas estações bem definidas e precipitação média anual é de 1500 mm, com verão chuvoso (temperatura máxima média de 28° e mínima de 17°C) e inverno seco, com as menores temperaturas encontradas em junho e julho com médias máximas de 24° e mínima de 11° (SOUZA, 2003).

Coleta de Dados

Para coleta dos dados batimétricos da represa de Vargem das Flores, realizou-se uma campanha no fim do período seco (08 de outubro do ano de 2009), utilizando um ecobatímetro SonarLite (Ohmex Ltda.) acoplado à um D-GPS GTR-A® (TechGeo Ltda).

O transdutor foi submerso à profundidade 0,5m, preso à lateral da embarcação por uma haste, e percorreu, a uma velocidade constante de aproximadamente 8Km.h⁻¹, um trajeto em ziguezague por toda a área da represa. Para navegação, foi utilizado um GPS convencional (Garmin 76), a fim de se determinar a trajetória da embarcação de forma a cobrir uma maior área do reservatório. A cota apresentada pelo reservatório no dia da coleta foi de 870,70 m (fornecida pela COPASA). Na área onde a navegação com motor não foi possível, medidas pontuais de profundidade foram tomadas para composição dos dados batimétricos.

O pós-processamento foi realizado no laboratório, após os dados terem sido descarregados no computador utilizando o programa Util[®]. Os dados foram exportados em seguida para pós-correção. O pós-processamento das coordenadas geográficas foi realizado no programa *Ezsurv* versão 2.2 da VIASAT[®] utilizando como estações base os dados das estações de Belo Horizonte da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS) do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) via serviço FTP. O sistema de coordenadas e o *datum* utilizados foram, respectivamente, a Universa Transversa de Mercator (UTM) e o World Geodetic System 1984 (WGS-84). A sincronização dos dados do D-GPS (pós-processadas) com os dados da sonda ecobatímetro foi feita utilizando um aplicativo na linguagem PASCAL, desenvolvido pelo LGAR (Laboratório de Gestão Ambiental de Reservatórios) – UFMG.

Para obtenção de uma carta batimétrica com precisão submétrica, oito pontos controle foram coletados com D-GPS GTR-A® (TechGeo Ltda.) em regiões do entorno da lagoa. Estes pontos foram pós-processados, da mesma forma que a batimetria, e posteriormente utilizados para georreferenciar a imagem para geração do *shape* do reservatório.

Confecção da Carta Batimétrica e Cálculo dos Parâmetros Morfométricos

Inicialmente, no *software* Digger[®] versão 3.0 (Golden Software Inc.), uma imagem de alta resolução (próxima da cota altimétrica encontrada no dia da coleta) do programa Google Earth Pro[®] (Google Inc.) foi calibrada com os pontos controle coletados no entorno do reservatório. No relatório gerado pelo próprio programa, os pontos controle que apresentaram maiores erros foram eliminados um a um, até que o erro atingiu valor zero restando apenas quatro pontos. Ainda no Digger[®] 3.0, a margem da represa foi contornada, sendo digitalizada e exportada para o *software* Surfer[®] 10 (Golden Software Inc.), para geração do arquivo *Blanking* (.bln), que permite sua visualização no programa Surfer sob a forma de imagem ou de planilha de coordenadas.

Após a exportação do contorno para o software Surfer[®] 10, foi construída uma tabela com os dados de coordenadas e profundidade coletados em campo. Nesta tabela foram também inseridas as coordenadas do contorno do reservatório e, a elas, atribuídas valores de profundidade iguais a zero. Pela reticulação (*Gridding*), método de estimação de modelagem de superfícies, gerou-se um arquivo *Grid*. Segundo Landim (2000), este arquivo estabelece uma grade regular sobre a área estudada e calcula os valores nos nós da mesma, com base nos valores dos pontos já amostrados, sendo, portanto, um método de estimação indireto. Para se estimar os valores de profundidade dos pontos não amostrados, o arquivo *Grid* foi ajustado através do método de interpolação de dados Krigagem (*Kriging*). Este método de interpolação foi utilizado por ter uma boa precisão geral e fidelidade aos dados originais quando comparado a outros métodos (LANDIM, 2000) e por ser bastante utilizado na área de recursos hídricos (SANTOS & LUCENA, 2005).

A partir dos dados batimétricos, em sub-rotinas do Surfer 10 foram obtidos os valores de profundidade máxima, volume, perímetro, área total da superfície (A) e a área entre as camadas de profundidade. O volume (V), gerado por três diferentes métodos (regra trapezoidal, regra de Simpson e regra de Simpson 3/8), foi estimado através da média aritmética destas três metodologias.

Determinação de áreas assoreadas

Para determinação das áreas assoreadas, foram estimadas as diferenças entre os volumes e áreas de levantamentos batimétricos anteriores (1972 e 2000), dados secundários, em relação ao levantamento realizado 2009. As perdas de volume e área foram então convertidas em deposição de sedimento. Estes dados foram retirados do relatório da HDC (HYDROLOGIC

DATA COLLECTION ENGENHARIA S/C Ltda.) resultante de um levantamento batimétrico encomendado pela COPASA, no ano de 2000.

Imagens de satélite (Google Earth Pro) foram também analisadas e visualmente identificadas e classificadas como possíveis locais de assoreamento. Estas áreas identificadas visualmente foram relacionadas com as profundidades encontradas na carta batimétrica. Das possíveis regiões classificadas como locais de assoreamento, as que apresentavam, pela batimetria, profundidade inferior a 0,5m foram então classificadas e definidas como assoreadas.

O cálculo da taxa de sedimentação média por ano foi estimado subtraindo o valor de volume atual pelo de data anterior e dividido pelo tempo. O tempo de vida útil foi calculado segundo Carvalho et al (2000) (**Equação 6**).

$$T = \frac{V}{S} \quad \text{[Equação 6]}$$

Onde:

T= tempo de assoreamento de um determinado volume (anos)

V = Volume do reservatório, total ou volume morto (m³)

S= volume de sedimento retido no reservatório (m³/ano).

Resultados e Discussão

Foram coletados 18.330 pontos com precisão submétrica, durante o inventário batimétrico, cobrindo quase toda a área do reservatório . Na área mais ao norte, não coberta com pontos, não foi utilizado o ecobatímetro, devido a sua baixa profundidade e dificuldade de navegação. Nela, foram tomadas medidas pontuais e realizadas inferências. A carta batimétrica gerada para a data da coleta, outubro de 2009, esta representada pela **Figura 2**. Através da carta batimétrica é possível visualizar que o ponto mais profundo (21,37m) do reservatório encontra-se próximo à represa. Através de sub-rotinas do Surfer 10, os parâmetros morfométricos primários foram obtidos (**Tabela 1**). Conforme Straskraba (1999), os reservatórios podem ser considerados pequenos quando apresentarem área $1 - 10^2 \text{ Km}^2$ e volume $10^6 - 10^8 \text{ m}^3$, perfil no qual a represa de Vargem das Flores se enquadra.

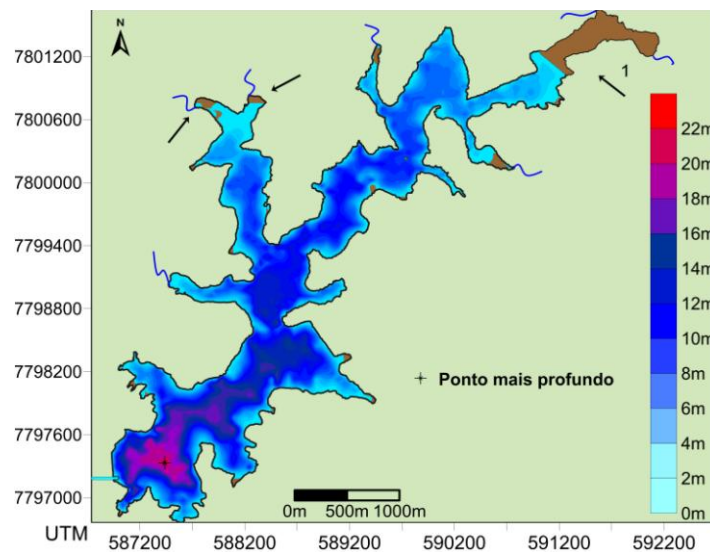


Figura 2. Carta batimétrica do reservatório de Vargem das Flores referente à cota de 837,37m de 08 outubro de 2009. As setas indicam as áreas assoreadas do reservatório, sendo a seta indicada pelo número 1 a região com maior perda de volume por assoreamento.

Os ambientes lacustres possuem tempos de vida limitados. Lagos naturais apresentam tempo de vida curto do ponto de vista geológico. Enquanto os reservatórios apresentam tempo de vida média na escala de décadas. Segundo estudo do Banco Mundial (CARVALHO et al, 2000), os reservatórios existentes em todos os países do mundo apresentaram um decréscimo em sua vida útil média de 100 para 22 anos. Essa perda se reflete nos parâmetros morfométricos das represas, como no caso do reservatório de Vargem das Flores em que tais parâmetros estão apresentados na **Tabela 1.**

Os maiores valores de área e volume foram encontrados no ano de início de operação do reservatório (1972). O volume para a cota 837m em 2009 foi de 13,5% menor que o de 2000 e entre o período 1972 e 2000 a perda de volume foi de 13,95%. A razão entre a perda de volume e a diferença entre os anos analisados, revela que na última década, (2000-2009) a perda de volume por ano foi de 1,5%, sendo pouco mais de três vezes maior que nos primeiros 28 anos de operação do reservatório (0,49% por ano).

Tabela 1. Valores de área e volume por cota nos anos em que foram realizados inventário batimétrico.

Cota	1972		2000		2009	
	Área (m ²)	Volume (m ³)	Área (m ²)	Volume (m ³)	Área (m ²)	Volume (m ³)
838	4.844.423	39.464.375	4.620.625	34.352.133	-	-
837,7	-	-	-	-	5.151.798	29.007.704
837	4.436.451	34.825.433	4.154.011	29.966.884	4.242.728	25.921.565
836	4.050.200	30.583.573	3.749.729	26.016.739	3.733.382	21.861.417
835	3.685.236	26.717.291	3.611.783	22.336.198	3.317.105	18.424.858
834	3.341.115	23.205.520	3.262.256	18.900.661	2.932.314	15.306.452
833	3.017.387	20.027.644	2.861.333	15.841.056	2.574.025	12.556.028
832	2.713.595	17.163.496	2.699.011	13.061.279	2.222.750	10.151.608
831	2.429.272	14.593.514	2.340.969	10.542.407	1.900.315	8.092.305
830	2.163.944	12.298.184	2.018.429	8.364.699	1.620.206	6.335.267
829	1.917.130	10.258.892	1.728.180	6.493.271	1.354.258	4.851.430
828	1.688.335	8.457.444	1.519.831	4.870.074	1.113.481	3.616.490
827	1.477.057	6.875.924	1.237.737	3.493.702	894.175	2.617.413
826	1.282.782	5.497.145	919.458	2.419.039	714.523	1.809.253
825	1.159.865	4.276.337	747.702	1.586.937	549.377	1.182.913
824	979.456	3.207.947	597.515	915.731	402.823	712.511
823	808.621	2.315.272	344.212	450.651	262.090	378.729
822	648.114	1.588.383	195.672	184.182	160.076	173.895
821	498.881	1.016.511	86.122	46.980	78.222	57.689
820	362.156	587.813	1.034	4.878	18.162	8.801
819	239.641	289.015	597	405	2.840	1299
818	133.908	104.786	156	52	209	0
817	49.513	16.504	0	0	0	0
816	0	0	0	0	0	0

Fonte: Os dados de 1972 e 2000 referem-se ao relatório técnico da HDC 2000.

CARVALHO (1994), a partir de estudos realizados pela Eletrobrás/IPH em 1994, concluiu que a perda anual de capacidade de armazenamento dos reservatórios brasileiros é de aproximadamente 0,5%. O mesmo autor afirmou ainda que a erosão tem aumentado em função do aumento do crescimento da população e do uso do solo. Sendo assim, Vargem das Flores tem uma taxa de assoreamento três vezes maior que a média dos reservatórios do Brasil.

As áreas estimadas por cota do reservatório e os volumes acumulados representados na **Tabela 1** permitem visualizar como se dá o assoreamento na represa. Os dados apresentados são importantes, pois permitem fazer um diagnóstico da evolução e comportamento de deposição do sedimento, pela diferença de volume entre os estratos, uma vez que nos

reservatórios total ou parcialmente assoreados, o assoreamento visível geralmente é a menor parte do depósito (CARVALHO et al, 2000).

Apenas no ano de 1972 existem valores para a cota 817, indicando que, em algum momento nos primeiros 28 anos do reservatório, essa camada assoreou-se completamente. Na **Figura 2** é apresentado o gráfico da relação de cota-volume do reservatório. Para tanto foram utilizados dados de levantamentos batimétricos anteriores (HDC, 2000), encomendados pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA, sendo 1972 o ano de início de operação do reservatório. Nota-se que, com o passar dos anos, as curvas tornaram-se mais curtas e deslocadas para cima, o que demonstra que o reservatório, com o tempo, vem perdendo capacidade de armazenamento. A **Tabela 2** detalha essa perda de volume por estrato e ilustra ainda o percentual de perda de volume nos intervalos de tempo amostrados.

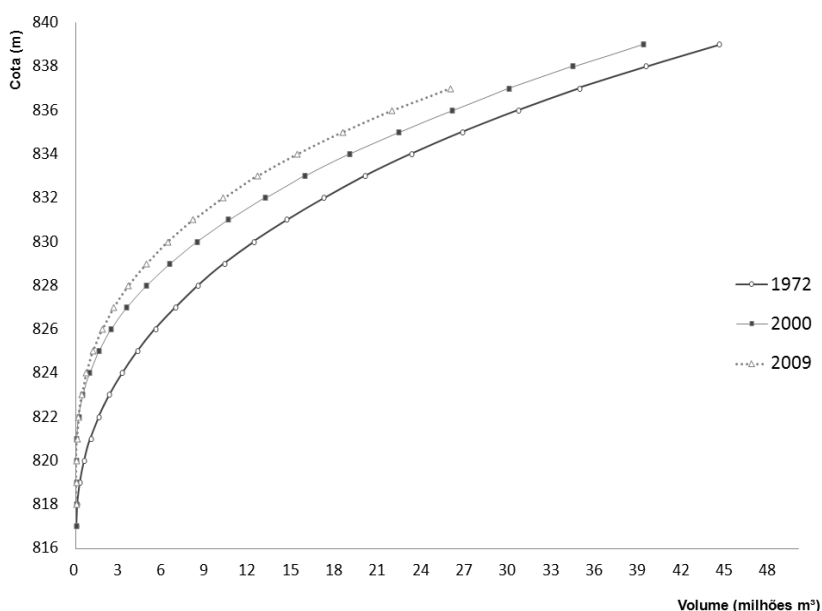


Figura 2. Relação Cota-Volume do reservatório de Vargem das Flores para o ano de 1972 (volume original), 2000 e 2009.

A título de comparação das variações de área e volume, apesar da cota máxima encontrada no inventário batimétrico do ano de 2009 ter sido de 837,7m, optou-se por iniciar o intervalo entre os estratos pela cota 837m, uma vez que nos anos de 1972 e 2000 não existem dados para cota de 837,7m. Assim, decidiu-se trabalhar com dados de cotas existentes para os três anos. É possível notar que o volume por estrato diminui com o passar do tempo e as perdas de volume são claramente maiores nos estratos inferiores, uma vez que nas cotas inferiores, a curva de 2009 é a mais inclinada quase formando um ângulo de 90° com o eixo X (**Figura 2**). Ela também está mais próxima do eixo Y que as outras curvas, além de ser mais curta,

indicando que as cotas superiores não alcançam grandes volumes, como as curvas de 1972 e 2000.

Tabela 2. Volumes por estrato e suas perdas percentuais e anuais por intervalo de tempo.

Estrato (m)	Volume por estrato (m ³)			Perda de Volume (%)		Perda anual de volume (%·ano ⁻¹)	
	1972	2000	2009	1972-2000	2000-2009	1972-2000	200-2009
837 - 836	4.241.860	3.950.145*	4.060.148	6,88	-2,78*	0,25	-0,31*
836 - 835	3.866.282	3.680.541	3.436.559	4,80	6,63	0,17	0,74
835 - 834	3.511.771	3.435.537	3.118.406	2,17	9,23	0,08	1,03
834 - 833	3.177.876	3.059.605	2.750.425	3,72	10,11	0,13	1,12
833 - 832	2.864.148	2.779.777	2.404.419	2,95	13,50	0,11	1,50
832 - 831	2.569.982	2.518.872	2.059.303	1,99	18,25	0,07	2,03
831 - 830	2.295.330	2.177.708	1.757.039	5,12	19,32	0,18	2,15
830 - 829	2.039.292	1.871.428	1.483.837	8,23	20,71	0,29	2,30
829 - 828	1.801.448	1.623.197	1.234.940	9,89	23,92	0,35	2,66
828 - 827	1.581.520	1.376.372	999.076	12,97	27,41	0,46	3,05
827 - 826	1.378.779	1.074.663	808.161	22,06	24,80	0,79	2,76
826 - 825	1.220.808	832.102	626.340	31,84	24,73	1,14	2,75
825 - 824	1.068.390	671.206	470.402	37,18	29,92	1,33	3,32
824 - 823	892.675	465.080	333.782	47,90	28,23	1,71	3,14
823 - 822	726.889	266.469	204.833	63,34	23,13	2,26	2,57
822 - 821	571.872	137.202	116.207	76,01	15,30	2,71	1,70
821 - 820	428.698	42.102	48.888	90,18	**	3,22	**
820 - 819	298.798	4.473	7.502	98,50	**	3,52	**
819 - 818	184.229	353	1.299	99,81	**	3,56	**
818 - 817	88.282	52	-	99,94	100	3,57	100
817 - 816	16.504	-	-	100	-	3,57	-

Em relação à perda de volume, estima-se que o estrato que mais contribuiu para o assoreamento na última década tenha sido a camada entre as cotas 825-824m. O percentual anual de perda de volume para este estrato entre o ano de início de operação do reservatório (1972) e o ano de 2000 foi de 1,33% ao ano (**Tabela 2**). Enquanto para o período de 2000 a 2009 a taxa foi de 3,32% ao ano. Deste modo, nesta última década o reservatório teve um incremento de quase 3 vezes no valor da taxa de deposição de sedimento em relação aos seus primeiros 28 anos de operação, neste estrato.

A camada entre as cotas 825 e 824m, referentes às profundidades de 8,67-7,67m, ocorre principalmente no final dos braços onde há entrada de tributários, alcançando as bordas do eixo central e também no entorno da ilha do reservatório. Uma vez que os valores que acompanham o contorno do eixo central aparentemente seguem um padrão normal em

reservatórios, no qual as regiões mais próximas à margem apresentam valores inferiores aos mais centrais do eixo central, especula-se que tal perda tenha realmente acontecido na região da ilha e final do braço onde deságua os Córrego do Laje e Córrego Água Suja. Essas duas áreas representam juntas cerca de 3,4% da área total do reservatório. Acredita-se que o padrão de deposição encontrado no braço dos córregos já referidos acima, seja do tipo *depósito de delta* em função de ocorrerem dentro do reservatório (CARVALHO et al, 2000) na interseção do braço com o eixo central do reservatório. Segundo Thornton (1990), na zona de transição ocorre aumento da profundidade e a deposição de sedimentos é significativa, embora tenha um decréscimo das correntes da região de rio em direção a esta, existe ainda uma força advectiva atuante capaz de carrear sedimentos.

Segundo dados de HDC (2000), nos primeiros doze anos de funcionamento do reservatório (1972-1984), o assoreamento foi relativo a 370.000m³ e no período de 1984-2000 este valor foi de 5.237.529m³, as respectivas taxas anuais de assoreamento do reservatório estimadas foram de 0,07% e 0,77%. Comparando a taxa de 1972-1984 da taxa de 1984-2000, a diferença indica que há uma carga média de deposição de sedimento dez vezes maior no período de 1984-2000 que nos primeiros doze anos de funcionamento do reservatório. Nesse ritmo, consta no relatório que o volume morto remanescente estaria comprometido nos dez anos seguintes. No entanto, o levantamento atual revela que houve mudanças nas cargas de deposição de sedimento.

A partir de um estudo técnico realizado em 1984, o relatório da HDC (2000) afirma que a cota máxima do volume morto deveria se situar em torno de 3m abaixo da soleira da última tomada de água. Mantendo este nível, o relatório justificava que não haveria comprometimento da qualidade da água captada nesta tomada. Assim, o nível máximo do volume morto deveria estar na cota 825,0 m. O estudo relatava ainda que, do ano de início de operação do reservatório até o ano do estudo (1984), já haviam sido transportados para o reservatório cerca de 144.300m³ de sedimento, representando uma perda de volume de 3,38% do volume morto (**Tabela 8**). A taxa média anual de sedimentos retidos no reservatório foi de 30.833m³ para os primeiros doze anos de operação, uma perda equivalente a 0,87% do volume total.

Previsões - Vida Útil

Com base no inventário batimétrico atual, estima-se uma perda de volume de 4.045.318 m³ relativa a uma carga média anual de sedimento retido no reservatório de 449.479 m³ por ano. Houve um aumento de 2,5 vezes a taxa de deposição de sedimento quando comparado ao período de 1972-2000. A partir da atual taxa de assoreamento, foram estimadas previsões de

tempo necessárias para se perder volumes referentes a determinadas cotas (**Tabela 10**). Estima-se que, à atual taxa anual de perda de volume, seriam necessários 28 anos aproximadamente para se perder 50% do volume equivalente ao volume útil do reservatório, que se encontra entre as cotas 828,10 e 838,64m. A essa mesma taxa, um volume igual ao do volume morto estaria em menos de três anos totalmente assoreado. Em menos de dezoito anos o volume mínimo operacional (cota 830m) do reservatório estaria comprometido e em menos de 60 anos o reservatório perderia completamente seu espelho d'água.

Tabela 10. Estimativas de tempo necessário para assoreamento de determinadas cotas com base em suas respectivos taxas de deposição de sedimento por ano

COTA	TEMPO (ANOS)	
	1972-2000*	2000-2009**
837	172,7	57,7
828,1	28,9	8,3
831,8	72,2	21,7
825	9,1	2,9

* taxa anual de assoreamento 173519 m³

** taxa anual de assoreamento 449479 m³

Conclusões e Recomendações

Com base nas diferenças entre as taxas médias de assoreamento, entre os anos de 1972 e 2009, foi possível caracterizar dois períodos em relação à deposição de sedimento. No primeiro, de 1972 a 2000, ocorreram profundas modificações na estrutura ocupacional da bacia hidrográfica, gerando um grande crescimento na produção de sedimentos. No segundo momento, última década, o reservatório experimentou um incremento na taxa de assoreamento, recebendo em apenas nove anos a mesma quantidade de sedimentos que o reservatório recebeu nos seus 28 primeiros anos de operação. A taxa de deposição de sedimentos cresceu cerca de 2,5 vezes, reduzindo assim, nessa mesma taxa sua vida útil.

O presente trabalho demonstrou a necessidade de uma intervenção frente à magnitude do estado de assoreamento do reservatório de Vargem das Flores. Nesse sentido, medidas são de complexa realização quando o sedimento é derivado da ocorrência de erosão em toda a área de drenagem da bacia, sendo de difícil acesso a entidade responsável (CARVALHO et al, 2000), no caso a COPASA. No entanto, existem muitos programas de controle de sedimento que podem ser implementados, sendo os de maior importância, os de prevenção.

Se a principal fonte de carga de sedimentos são os rios, medidas de controle preventivas e corretivas nas cabeceiras dos rios, calhas e em sua foz (no reservatório) são de suma importância. Medidas de controle de erosão na bacia também são muito eficazes na prevenção no aporte de sedimento para o reservatório. Carvalho et al (2000) apresentam uma série de medidas mitigadoras e de cunho preventivo, no entanto serão apresentadas dentre as mais eficientes, as que foram consideradas mais viáveis, no sentido de causar menos impactos e de gerar retorno mais rápido e duradouro:

- Implantação de um sistema de rede sanitária eficiente.
- Recomposição de biótopos de amortecimento de cheias.
- Controle de erosão na bacia:
 - Reflorestamento das áreas do entorno,
 - Contenção ou proteção de taludes,
 - Fiscalização e controle das terraplanagens,
 - Controle da erosão em ravinas e voçorocas.
- Controle de erosão nos cursos d'água e margens de reservatórios:
 - Proteção com vegetação ciliar,
- Novas alternativas para drenagens de águas superficiais, urbana e rural.
- Controle do aporte de lixo.
 - Coleta seletiva e reciclagem

Obras de dragagem como medidas corretivas em reservatórios são caras e geralmente aplicadas a pequenos reservatórios. No entanto, a alocação para deposição do material retirado e os impactos gerados no revolvimento são grandes problemas dessa iniciativa. Essa decisão exige grande conhecimento técnico e envolve outras áreas de conhecimento e, portanto, não será indicada neste estudo. Contudo, sabe-se que estas medidas não retornarão as características de origem do reservatório, mas acredita-se que são soluções que poderiam mitigar e prolongar a vida útil da represa Vargem das Flores.

Referências Bibliográficas

BEZERRA-NETO, J.F. & PINTO-COELHO, R.M. 2008. *New morphometric study of Lake Dom Helvécio, Parque Estadual do Rio Doce (PERD), Minas Gerais: utilization of advanced methodology for bathymetric mapping*. Acta Limnológica Brasiliensia. 20: 117-130.

BEZERRA-NETO, J.F. & PINTO-COELHO, R.M. 2002. *A morfometria e o estado trófico de um reservatório urbano: Lagoa do Nado, Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais*. Acta Scientiarum. 24: 285-290.

BRIGHENTI, L.S. 2009. *Avaliação limnológica da lagoa central (município de lagoa santa – mg): uma abordagem espacial*. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CARVALHO, N.O. 1994. *Hidrossedimentologia Prática*. Rio de Janeiro: CPRM. 372p.

CARVALHO, N.O.; FILIZOLA JÚNIOR, N.P.; SANTOS, P.M.C. & LIMA, J.E.F.W. 2000. *Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios*. Brasília: ANEEL. 140p.

COLE, G.A. 1983. *Textbook of limnology*. 3ª Edição. Illinois: Waveland Press. Prospect Heights. 412p.

DODDS, W.K. 2002. *Freshwater ecology: concepts and environmental applications*. San Diego: Academic Press. 569p.

ESTEVES, F.A. 2011. *Fundamentos de limnologia*. 3ª Edição. Rio de Janeiro: Interciências. 606 p.

FREIRE, B.M. & PINTO-COELHO, R.M. 1986. *Composição e distribuição horizontal do zooplâncton no reservatório de Vargem das Flores, Betim/Contagem, Minas Gerais*. Ciência e Cultura 38(5): 919-927.

GOMES, L.N.L. 2008. *Estudo da associação entre parâmetros bióticos e abióticos e a ocorrência de florações de cianobactérias no Reservatório de Vargem das Flores – Minas Gerais*. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

HDC (HYDROLOGIC DATA COLLECTION ENGENHARIA S/C Ltda.). 2000. *Levantamento batimétrico do reservatório da Lagoa Várzea das Flores*. Relatório técnico. Belo Horizonte. 12p.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA), 2010. *Censo 2010*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 12 jan. 2012.

LANDIM, P.M.B. 2000. *Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas*. IGCE, Rio Claro: UNESP. 20p.

LOPES, J.E. & SANTOS, R.C.P. 2002. *Capacidade de reservatórios*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Disponível em:

<http://www.fcth.br/public/cursos/phd5706/phd5706_Reservatorios.pdf>. Acesso em: 03 dez. 2011.

PINTO-COELHO, R.M; BRIGHENTI, L.S.; BEZERRA-NETO, J.F.; MORAIS JÚNIOR, C.A. & GONZAGA, A.V. 2010. *Effects of sampling effort on the estimation of spatial gradients in a tropical reservoir impacted by an oil refiner*. *Limnologica*. 40: 126-133.

RESCK, R.P. 2007. *Avaliação morfológica e estudo da variação horizontal de parâmetros limnológicos do reservatório da Pampulha (Belo Horizonte - MG)*. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SANTOS, N.C.F. & LUCENA, L.R.F. 2005. *Levantamento batimétrico automatizado das lagoas do Jiqui e Pium, litoral sul de Natal-RN: uma alternativa viável na avaliação de reservas hídricas superficiais*. Natal: EMPARN. 21p.

SOUZA, A.D. 2003. *Variações espaciais e temporais de parâmetros de qualidade de água em um reservatório tropical (Represa de Vargem das Flores – Contagem – MG) e suas implicações com aspectos limnológicos*. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SPERLING, E.V. 1994. Morphometric features of some lakes and reservoirs in the state of Minas Gerais. *In: PINTO-COELHO, R.M. et al (Ed.) Ecology and human impact in lakes and reservoirs in Minas Gerais with special reference to future development and management strategies*. Belo Horizonte: SEGRAC. 71-76.

SPERLING, E.V. 1999. *Morfologia e lagos e represas*. Belo Horizonte: DESA/UFMG. 137p.

THORNTON, K.W. 1990. Perspectives on reservoir limnology. *In: THORNTON, K.W.; KIMMEL, B.L. & PAYNE, F.E (Ed.) Reservoir Limnology: Ecological Perspectives*. Somerset: John Wiley & Sons, Inc. 246p.

TUNDISI, J.G. 2005. Gerenciamento integrado de bacias hidrográficas e reservatórios – Estudos de caso e perspectivas. *In: NOGUEIRA, M.G.; HENRY, R. & JORCIN, A. (Ed.). 2005. Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*. São Carlos: RiMa. 472p.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. 2008. *Limnologia*. Oficina de São Paulo: Textos. 631p.

VIANA, T. 2009. *Estudo do conteúdo de calor e suas influências sobre variáveis limnológicas em reservatórios de abastecimento de água*. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

WETZEL, R.G. 1983. *Limnology*. Philadelphia: Saunders Company. 767p.