

O volume morto como fator decisivo para a viabilidade de pequenas barragens.

Alisson Gomes de Moraes ⁽¹⁾

Doutor e Mestre em Engenharia Civil, modalidade obras hidráulicas, pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP). Graduado em Engenharia Civil e Tecnologia em Engenharia Civil, modalidade obras hidráulicas, pela Universidade Estadual “Julio de Mesquita Filho” (UNESP). Atua atualmente como engenheiro na Cia. de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) e professor da Universidade Nove de Julho (UNINOVE).

Gilmar da Silva

Doutor em Engenharia Civil na Área de Saneamento e Ambiente pela Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Atualmente é Professor Titular do Curso de Engenharia Civil da Universidade Nove de Julho (UNINOVE) no Campus do Memorial da América Latina em São Paulo.

Pedro Alves da Silva

Mestre em Engenharia Civil, modalidade engenharia hidráulica e sanitária, pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP). Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Mackenzie. Atua atualmente como engenheiro na Cia. de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) e professor da Universidade Nove de Julho (UNINOVE).

Endereço⁽¹⁾: Rua Costa Carvalho, 300 - Pinheiros – São Paulo - SP - CEP: 05429-900 - Brasil - Tel.: +55 (11) 3388-8267 - Fax: +55 (11) 3388-9369 - e-mail: agmoraes@sabesp.com.br.

RESUMO

O aporte de sólidos é um fator decisivo para o dimensionamento do volume morto de qualquer barramento. Porém, no caso de pequenos barramentos há uma série de problemas que fazem este volume morto extinguirem sua capacidade em poucos anos.

O assoreamento em pequenos barramentos ocorre quando há extinção da capacidade do volume morto, quando há o dimensionamento deste volume. Este assoreamento precoce reduz o volume útil do barramento, reduzindo assim sua vida útil.

Esta redução pode ser explicada por problemas no dimensionamento, manutenção e ocupação da bacia à montante do barramento. A recuperação destes é possível, porém muitas vezes inviável economicamente.

Além de problemas relativos à utilização do barramento, o assoreamento pode causar problemas ambientais. Estes podem ser tais como a eutrofização do lago e a perda da fauna aquática ali existente.

Com isto, faz-se necessário a adoção de medida para evitar o assoreamento dos lagos de pequenos barramentos. Tais medidas devem ser tomadas tanto pelos órgãos outorgantes, projetistas, empreendedores, órgãos ambientais e operadores das barragens.

PALAVRAS-CHAVE: Barragem, assoreamento, vida útil.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um país com uma das maiores extensões hidrográficas do mundo. Isto o torna um país que depende muito dos seus rios para sua economia. Porém, devido à sazonalidade das vazões, nem sempre estes rios podem atender a demanda existente. Uma das soluções mais utilizadas para saldar este déficit de demanda é a implantação de barramentos.

A despeito da importância dos grandes barramentos, os pequenos barramentos também têm grande importância na economia brasileira. Segundo (Agência Nacional de Águas 2011), do universo total de barragens em bacias da unia, 9 % são consideradas pequenas barragens (com altura do maciço inferior a 15 metros). Porém a mesma fonte informa que 65 % dos barramentos não são declarados.

Em muitos casos estas barragens não recebem a mesma atenção técnica dada às grandes barragens. Fato este, que existe grandes quantidades de pequenas barragens com sérios problemas, tanto estruturais do maciço, quanto problemas de assoreamento do lago que estas formam.

O assoreamento do lago compromete a capacidade armazenamento da barragem. Sem o armazenamento, estas passam a não mais ter utilidade. A recuperação destes barramentos torna-se difícil e em muitas vezes, economicamente inviável.

OBJETIVO

Ressaltar a importância para o dimensionamento do volume morto no projeto de pequenas barragens. Também, alertar para verificação de vida útil, com base no transporte de sedimentos, para pequenos barramentos existentes.

CONCEITO DE VOLUME MORTO

O volume total de armazenamento de uma barragem, segundo (Lopes e Santos 2002), é formado por quatro volumes distintos: morto, útil, espera e cheia. A partir do cálculo de cada volume destes, considerando ainda a borda livre e o recalque do maciço, é dimensionada a altura do barramento.

Para o volume de enchente é considerada a passagem de uma onda de cheia de projeto sobre a soleira do vertedor. Este volume depende basicamente das dimensões do vertedor da barragem e tem como foco a segurança do barramento.

A diminuição da onda de cheias de projeto é o foco principal do volume de amortização. Este volume, segundo (DAEE 2005), é dimensionado a partir da comparação entre os hidrogramas de cheia de projeto e o desejado. Tem o objetivo reduzir danos à população à jusante do barramento quando da passagem de uma onda “catastrófica” de cheia.

O volume útil é o volume aproveitável da barragem, ou seja, é o volume o qual pode ser disponibilizado para utilização. Este volume é dimensionado em função do regime hidrológico local. Também visa à manutenção da vazão ecológica do corpo d’água.

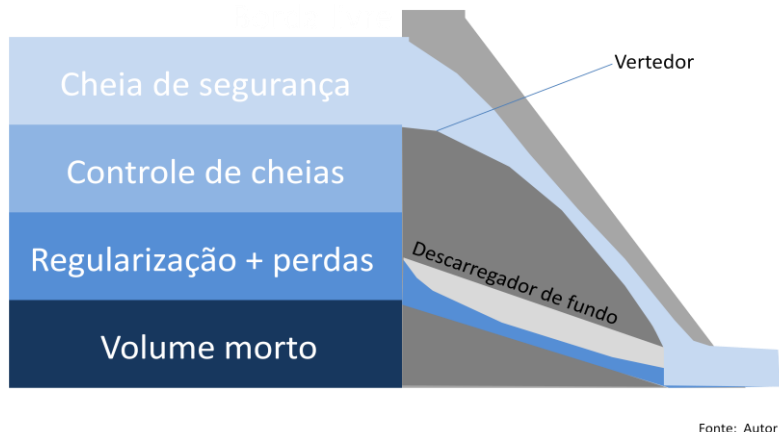


Figura 1 – Volumes de uma barragem. Fonte: Autor

No fundo do reservatório situa-se o volume morto de armazenamento. Tal volume tem por objetivo armazenar os sólidos sedimentados no reservatório. O dimensionamento deve levar em conta a geração de sólidos na bacia de contribuição à montante do maciço.

O IMPACTO DO TRANSPORTE DE SEDIMENTOS NO VOLUME MORTO

O foco deste trabalho, conforme citado anteriormente, é o volume morto. Este é de fundamental importância no quesito vida útil da barragem. Quanto maior o aporte de sólidos gerados na bacia à montante para uma mesma barragem, menor será a sua vida útil.

O aporte de sólidos é uma característica da bacia à montante do maciço. Quanto mais preservada for a bacia, menor o aporte de sólidos. Ocorrendo modificações no tipo de ocupações da bacia a montante, ocorrerá a modificação nos padrões de aporte de sólidos da bacia.

Este aporte também é função, segundo (Alfredini 2004), é função da morfologia fluvial. Esta determina que o tipo de aporte de sólido esteja associado ao ponto onde está localizada a seção de estudo. A localização da seção de estudo pode ser classificada como seção superior, média ou inferior.

Para cada uma destas seções existe uma curva granulométrica característica para o sedimento. Na seção superior caracteriza-se por sedimentos de maior porte, acima de areia. Já na seção média, o diâmetro característico situa-se entre silte e argila. Na seção inferior os sedimentos são de características coloidais, com predominância de argilas.

O tipo de material característico a ser transportado determina o tipo de transporte. Este pode ser de fundo, por saltitação ou por suspensão. Transporte de fundo e por saltitação, o material escoar junto ao leito do canal, são materiais que não tem os diâmetros suficientemente finos para permanecerem em suspensão. Os materiais em suspensão, por sua vez, podem sedimentar caso o escoamento não tenha velocidade suficiente para mantê-los em suspensão.

Portanto, a implantação de um barramento pode interferir muito no escoamento sólido de um corpo d'água. Este material tende a ficar armazenado no fundo do lago formado pelo barramento.

As barragens, segundo (Fonseca 2012), são responsáveis pela retenção de aproximadamente 85% dos sólidos, em comparação com a situação original do curso. Com isto há uma grande diminuição dos volumes sedimentares transportados por via fluvial.

Tabela 1. Aporte de sedimentos estudados em função das bacias, localizadas nos Estados Unidos. Fonte: (Dawdy - 1967) apud (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO 1999).

Rio e localização	Área (milh ²)	Produção (t/milh ² .ano)	Ocupação
Watts Branch, Rock., Md	3,7	516	rural
Seneca Creek, Dawl., Md	101	320	rural
Anacostia River, Col, Md	21,3	470	rural
Gunpowder, Towson, Md	300	808	rural 1914-1943
	300	233	rural 1943-1961
Gunpowder Falls, H., Md	80	913	rural 1933-1943
	80	500	rural 1943-1961
Monocacy River, Fr., Md	817	327	rural
George Cr., Franklin, Md	72,4	207	rural, florestada
Conococheaque Cr., Md	494	217	rural
Helton Branch, Ky	0,85	15	florestada
Oregon Run, Cock., Md	0,236	72000	industrial
Johns Hopkins Univ, Md	0,0025	140000	em construção comercial
Minebank Run, Tow, Md	0,031	80000	lot. residencial
Kensington, Md	0,032	121000	lot. residencial
L.Barcroft, Fairfax, Va.	9,5	25000	residencial
Greenbelt Res., Md.	0,83	5600	urbano/desenvolvimento
Anacostia Riv, Hy., Md	49,4	1200	urbano/desenvolvimento
Anacostia Riv, Riv, Md	72,8	1000	mina superficial
Cane Branch, Som, Ky	0,67	1147	urbano/desenvolvimento
Rock Creek, S. D, W.DC	62,2	1600	urbano/desenvolvimento
Little Falls Br, Bet, Md	4,1	2320	residencial
Gwynns Falls, Md	0,094	11300	

Esta interferência pode ser menor ou maior dependendo de fatores. Entre estes fatores, podem ser citados o tipo de material característico, o nível de urbanização da bacia à montante e a ocorrência de algum evento como desastre natural ou obra dentro do perímetro da bacia de contribuição.

O impacto da deposição de sedimentos em barragens é muito significativo. Segundo (Carvalho, et al. 2000), em um cenário dominado por grandes barramentos, onde o problema de assoreamento é pequeno a curto e médio prazo, os estudos sedimentológicos são deixados em segundo plano. Já em pequenos barramentos este impacto pode ser determinante para sua vida útil, causando assoreamento prematuro do lago.

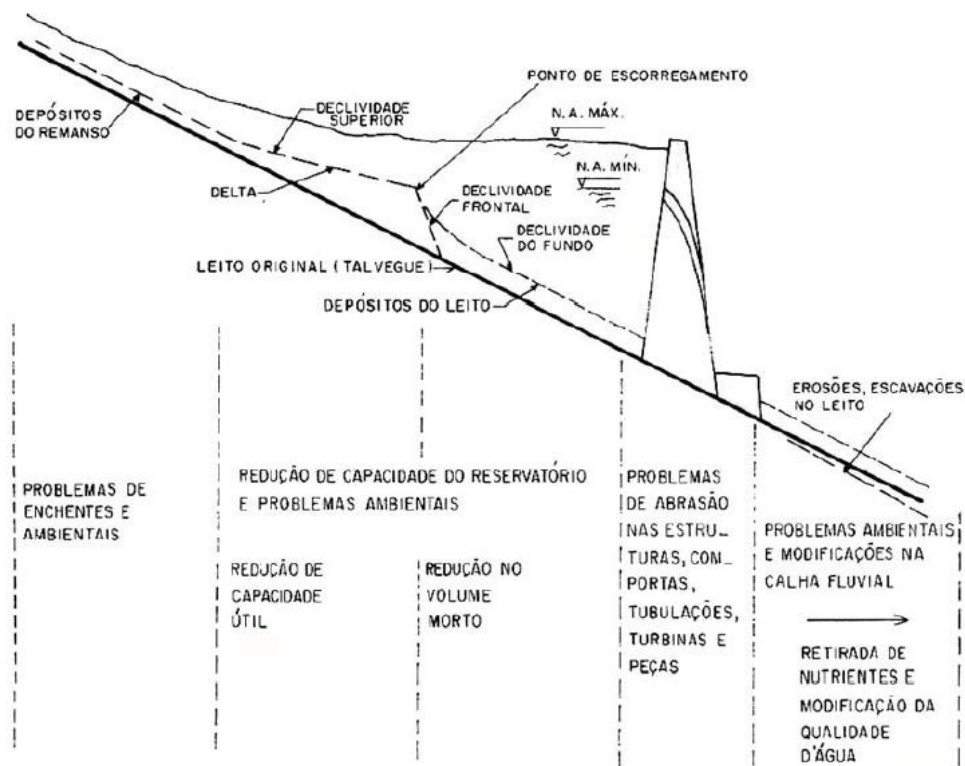


Figura 2 - Esquema de formação de depósitos de sedimentos nos reservatórios. Fonte: (Carvalho, 1994) apud (Carvalho, et al. 2000).

Dentre os problemas que o assoreamento do lago pode provocar, além da redução significativa da vida útil dos barramentos, pode-se citar:

- Eutrofização do lago;
- Mortalidade da vida aquática existente naquele ambiente;
- Aumento da liberação de gases do efeito estufa para atmosfera;
- Deterioração da qualidade da água à jusante do reservatório;
- Redução da capacidade de amortecimento das ondas de cheia;
- Problemas estruturais no maciço do barramento.

CENÁRIO ATUAL

A situação da vida útil de reservatório no mundo torna-se cada dia mais preocupante. A vida útil média dos reservatórios no mundo, segundo (Mahmood, 1987) apud (Carvalho, et al. 2000), declinou de 100 anos para 22 em função de seu assoreamento.

Corroborando a este, segundo (Fonseca 2012), atualmente há uma redução da quantidade de sedimentos que chegam aos oceanos. Em contrapartida há um aumento da geração de sedimentos em função das atividades antrópicas. Esta conta é equacionada pelo aumento da deposição de sedimentos nos reservatórios dos barramentos.



Figura 3 – Imagem de lago de pequeno barramento assoreado visto de montante para jusante, em função da urbanização da bacia de contribuição. Fonte: Autor.

Segue-se a este fato, segundo (Fonseca 2012), atualmente há muitas barragens que foram construídas com uma finalidade com alguma finalidade específica. Passados alguns anos tais barragens foram abandonadas.

Além deste fato, com o aumento das áreas urbanizadas nas últimas décadas, houve uma mudança no padrão de sedimentos em muitos rios. Esta mudança de padrão está levando ao assoreamento de muitos reservatórios que, originalmente, situavam-se em bacias de baixo impacto por aspecto antrópico.

CAUSAS ASSOREAMENTO DE PEQUENAS BARRAGENS

Atualmente, de acordo com a experiência do autor em diversas barragens no Estado de São Paulo, existem diversas causas que podem ser relacionadas para a ocorrência do assoreamento em pequenas barragens. Estas estão sempre relacionadas com interferências ou modificações ocorridas no transporte de sedimentos.

As principais causas podem ser relacionadas:

- Falhas no projeto das estruturas hidráulicas;
- Não dimensionamento ou dimensionamento subestimado do volume morto;
- Aumento da urbanização da bacia de contribuição;
- Falta de fiscalização por parte do poder público;
- Geração de quantidades excessivas de sedimento em obras.

CONCLUSÃO

O equacionamento dos problemas de assoreamento em pequenos barramentos passa por uma ação integrada. Esta ação deve envolver o órgão outorgante, os órgãos ambientais, o projetista e o operador da barragem.

O órgão outorgante deve fiscalizar o cumprimento das normas e verificar se não barramentos irregulares. Este trabalho, neste início de século, teve o auxílio dos sistemas SIG, o que torna a fiscalização muito mais fácil de ser feita.

Analisar os impactos dos sedimentos gerados por qualquer empreendimento dentro da bacia é função do órgão ambiental. A partir de uma avaliação criteriosa pode-se mitigar o impacto de qualquer empreendimento no assoreamento do lago do barramento.

O transporte de sedimentos existente deve ser bem estimado pelo projetista. Também deve ser estimada a evolução deste ao longo do tempo, considerando os planos de expansão futura para a bacia de estudo. A partir destes dados o projetista tem a condição de dimensionar um volume de controle compatível com a vida útil esperada para o barramento.

Já o operador da barragem, além de manter o barramento legalmente regularizado, deve estar atento a sinais de assoreamento. Para isto deve estar atento a qualquer alteração na bacia. Com isto, este pode ter tempo hábil para evitar a redução da vida útil do barramento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agência Nacional de Águas. *Segurança de Barragens*. 31 de 08 de 2011. <http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/cadastros/cnbarragens-outorgadas.aspx> (acesso em 15 de 03 de 2012).
2. Alfredini, Paolo. *Obras e gestão de portos e costas*. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.
3. Carvalho, N. O., N. P. Filizola Júnior, P. M. C. Santos, e J. E. F. W. Lima. *Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios*. Brasília: ANEEL, 2000.
4. DAEE. *Guia prático de projeto de pequenas obras hidráulicas*. São Paulo: FCTH, 2005.
5. Fonseca, Rita Maria Ferreira. *Impactos ambientais associados à barragens e albufeiras - Estratégias de re-aproveitamento dos sedimentos depositados*. 2012. <http://biblioteca.planejamento.gov.br/biblioteca-tematica-1/textos/infra-estrutura-hidrica/texto-12-impactos-ambientais-associados-a-barragens-e-albufeiras.pdf> (acesso em 12 de 03 de 2012).
6. —. *Impactos ambientais associados à barragens e albufeiras - Estratégias de re-aproveitamento dos sedimentos depositados*. 12 de 03 de 2012. <http://biblioteca.planejamento.gov.br/biblioteca-tematica-1/textos/infra-estrutura-hidrica/texto-12-impactos-ambientais-associados-a-barragens-e-albufeiras.pdf> (acesso em 12 de 03 de 2012).

7. Lopes, João Eduardo, e Raquel Chinaglia P. Santos. *Capacidade de reservatórios*. Apresentação. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.
8. PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. *Diretrizes para Projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo*. São Paulo: FCTH, 1999.