

# DETERMINAÇÃO DO FATOR DE EMPOLAMENTO CARACTERÍSTICO DE MATERIAIS DESASSOREADOS DO RIO TIETÊ EM SÃO PAULO, BRASIL

André da Silva Mendes<sup>1</sup>, Vassiliki Terezinha Galvão Boulomytis<sup>1</sup>, José Augusto Rocha Mendes<sup>2</sup>, Jonathan Bruno Moreira<sup>2</sup> e Sílvio Luiz Giudice<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Departamento de Engenharia Civil - Campus Caraguatatuba  
Av. Bahia, 1739 - Indaiá, Caraguatatuba - SP, 11665-071 +55-12-3885-2130

<sup>2</sup>DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo, Brasil.

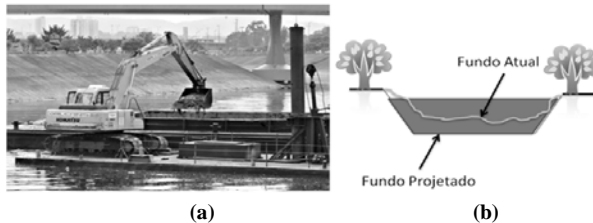
Rua Boa Vista, 170 – 9º andar – Centro, São Paulo – SP CEP 01014-000 +55-11-3293-8200

E-mail: andredasilvamendes@gmail.com, vassiliki@ifsp.edu.br, joseaugustomendes@gmail.com,  
jonathan.moreira.eng@gmail.com, sljudice@gmail.com

## Introdução

Na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), é frequente a ocorrência de enchentes que causam extravasamento dos cursos d'água nas suas regiões de várzea, comumente ocupadas por habitações, normalmente precárias. Um dos métodos utilizados para atenuar este tipo de ocorrência, é realizar a manutenção preventiva dos leitos fluviais, desobstruindo e desassoreando as calhas destes cursos d'água, e destinando o material removido para aterros previamente licenciados, denominados “bota-fora” (Chaves et al., 1998).

No Rio Tietê, na Região Metropolitana de São Paulo, o processo de manutenção e limpeza é feito com a utilização de escavadeiras embarcadas em plataformas flutuantes (Figura 1), com posterior transbordo do material para áreas de secagem (denominadas “áreas de bota-espera”), de onde este material é posteriormente carregado em caminhões basculantes para transporte rodoviário até as áreas de destinação final, ou “bota-fora”.



**Figura 1.-** (a) Desassoreamento por escavadeira embarcada;  
(b) Seção transversal esquemática típica durante o processo de desassoreamento.

Um dos principais problemas encontrados pelos gestores do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), órgão responsável pelo gerenciamento dos recursos hídricos no Estado de São Paulo, é a determinação dos fatores de empolamento característicos do material de assoreamento, sendo que esta indefinição pode gerar um acréscimo de até aproximadamente 10% no valor da obra, uma vez que para fins de dimensionamento dos serviços, são adotados valores genéricos encontrados na literatura, da ordem de até 35% (DAEE, 2015).

Embora fartamente documentada e conhecida da literatura técnica, tendo inclusive ensaios normatizados, a determinação do fator de empolamento está mais relacionada ao uso das areias como materiais agregados para concreto (Mattos, 2014).

O material de assoreamento escavado do leito dos rios, ainda que granulometricamente possa ser classificado como areia, apresenta diferenças em relação àqueles utilizados para a confecção de concretos e argamassas na construção civil. Isso porque, ele também contém impurezas, tais como matéria orgânica, lixo, galhos de árvores, garrafas pets e etc., que

inviabilizam a sua utilização direta sem beneficiamento como material de construção (Giudice e Mendes, 2012).

O conhecimento do fator de empolamento característico dos materiais de assoreamento escavados no leito dos rios é importante para a redução dos custos com o transporte e disposição final (bota-fora), que em seus itens compõem a maior parte dos recursos em serviços desta natureza.

Assim, a determinação do fator de empolamento característico médio deste material para o Rio Tietê, principal curso d'água da RMSP e receptor final de todo o material de assoreamento da região, poderá conduzir de imediato a uma economia nos gastos públicos, pela diminuição dos custos contratuais, podendo acarretar em relocação destes recursos para outras ações governamentais de mesma ou maior importância.

## O empolamento segundo a literatura

A quantidade de assoreamento gerada diariamente acarreta um gasto potencialmente mais elevado para a destinação adequada, uma vez que não é considerado o coeficiente de empolamento para o cálculo de volume retirado e transportado. De acordo com Mattos (2014),

*“Sempre que solo (ou rocha) é removido de sua posição original, que é o terreno natural inalterado, ocorre um rearranjo na posição relativa das partículas (grãos), acarretando um acréscimo no volume de vazios da massa. Uma vez escavado, o material fica mais solto e, conseqüentemente, sua densidade cai.”*

Dessa forma, com maior volume de vazios entre os seus grãos, o material ganha volume, sendo tal fenômeno definido como empolamento. O fator é associado a cada tipo de material, dependendo também do seu teor de umidade, com umidades elevadas, tal fenômeno não ocorre, sendo assim, argilas não possuem fator de empolamento.

## Métodos executivos para desassoreamento do leito fluvial

Conforme metodologia aplicada pelo DAEE (2015), a remoção do material depositado do leito do Rio Tietê é feita de jusante à montante, preferencialmente. O material a ser analisado é retirado por escavadeiras hidráulicas em estado saturado (teor de umidade relativa de 100%), sendo necessária sua secagem para posterior destinação aos aterros. Desta forma, o empolamento surge durante a secagem do material, durante os processos conhecidos como “tombamento”, ganhando volume (IPT, 2011).

Assim, este incremento de volume causado pelo processo de secagem acarretará custos para seu transporte até a destinação final, uma vez que os contratos de serviços remuneraram o chamado “momento de transporte”, que a multiplicação do

volume transportado pela distância entre o ponto de carga e a área de transporte. Assim, quanto menor o volume a ser transportado, menor será o custo com a logística de transporte até o bota-fora (Figura 1).

## Comentários finais

Para encontrar o fator de empolamento foram feitas análises do material por meio de diversas amostras coletadas em campo, em relação à sua granulometria e formato dos grãos, para definir uma base de análise próxima ao ideal. Após isso, foram feitos ensaios para determinar outras características físicas que auxiliaram para a descrição do material e determinação do coeficiente de empolamento a partir dos ensaios laboratoriais situados de acordo com as normas que definem os ensaios: NBR 5841/2015, NBR 7181/2016, NBR 9776/ 1987 (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT).

Como resultado final, foram obtidos valores para o coeficiente de empolamento típicos para o material de desassoreamento verificando sua adequação à faixa de 26 a 35%, conforme o descrito por Chaves et al. (1998). Este fator característico, devidamente documentado, poderá ser utilizado pelos órgãos técnicos para dimensionamento de intervenções semelhantes, melhorando o desempenho dos contratos.

Posteriormente, o material será analisado quanto aos possíveis beneficiamentos para o seu tratamento e eventual utilização em aplicações na construção civil, com verificação das premissas abordadas por Chaves et al (1998).

Evidentemente, o ideal seria minimizar a geração de resíduos, o que na prática implicaria na implantação de estratégias, como o manejo preventivo dos resíduos, considerando os impactos socioambientais adversos, onde os serviços de desassoreamento poderiam ser analisados com viés de atividade minerária Costa et al. (2013).

No contexto das regiões metropolitanas como a de São Paulo, onde há uma grande concorrência pelo espaço urbano e uma forte pressão imobiliária em função do déficit habitacional, a interferência antrópica nos sistemas fluviais afeta não só as condições naturais dos rios e córregos, mas o desenvolvimento da bacia hidrográfica como um todo. Muitos dos prejuízos causados pela ocupação desordenada poderiam ser atenuados caso houvesse uma preocupação maior com a questão do uso e ocupação do solo ao longo de uma bacia hidrográfica, minimizando assim, os efeitos do ciclo hidrológico natural, principalmente no que diz respeito às mudanças climáticas e impactos gerados pela urbanização e impermeabilização do solo.

Destinar grandes áreas para a disposição final de materiais provenientes de serviços de desassoreamento torna-se cada vez mais complexo e inviável sob o ponto de vista econômico e social, principalmente em áreas densamente ocupadas, como é o caso da Região Metropolitana de São Paulo, onde o presente estudo foi conduzido.

Com isso, torna-se necessária uma abordagem mais analítica com a necessidade de desenvolvimento de estudos hidrossedimentológicos no âmbito do sistema hidrográfico da bacia do Alto Tietê, para avaliar de maneira sistemática a produção, os meios e as alternativas de transporte, bem como a disposição final dos sedimentos produzidos, não só no Rio Tietê, como também nos seus principais tributários. Dessa forma, seria assegurada a eficácia do desassoreamento, com um ganho efetivo na capacidade de escoamento da drenagem preventiva.

Nesse sentido, o fator de empolamento deve ser considerado um indicador relevante nas intervenções de manutenção e limpeza de cursos d'água, pois afeta diretamente o custo destes serviços, no que se refere ao seu transporte e destinação final.

## Referências bibliográficas

**Chaves, A.P.; Casadei, D.S.; Neto, D.D.** (1998) “O desassoreamento do rio Tietê e o aproveitamento da areia contida nos sedimentos” Anais do XVII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa. Águas de São Pedro, SP, 1998.

**Costa, S. B., De Almeida Filho, G. S., Giudice, S. L., E Hellmeister Jr, Z.** (2013) “Panorama do desassoreamento nos rios Tietê e Pinheiros, São Paulo/SP, Brasil.” Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Bento Gonçalves, RS.

**Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE** (2015); “MANEJO DE SEDIMENTOS DO RIO TIETÊ - Serviços de Limpeza e Desassoreamento no Rio Tietê, entre a foz do Córrego Três Pontes na divisa dos municípios de São Paulo e Itaquaquecetuba e a Foz do Córrego Ipiranga no Município de Mogi das Cruzes, no Estado de São Paulo.” Documento de projeto executivo elaborado pela DGO, PROCESSO DAEE 52.864, VOLUME 1 – ABRIL DE 2015.

**Giudice, S. L. E Mendes, J. A. R.** (2012); “Técnicas experimentais de desassoreamento em rios urbanos da Região Metropolitana de São Paulo”. Anais do XXV Congresso Latino americano de Hidráulica, San José, Costa Rica.

**Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT** (2011). *Diretrizes e ações para prevenção e controle dos impactos decorrentes dos processos erosivos na Bacia do Alto Tietê* UGRHI 06. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (Relatório IPT nº 122.617).

**Mattos, A. D.** (2014) “Como trabalhar com empolamento e contração” disponível em: <http://blogs.pini.com.br/posts/Engenharia-custos/como-trabalhar-com-empolamento-e-contracao-311252-1.aspx>. Acesso: 03/2018.