

# **Recuperação Lago UHE Risoleta Neves**

**Estudo de dragagem**

**Suspensão de sedimentos**

### Objetivo:

- Entender a suspensão de sedimentos durante a dragagem no reservatório e seu efeito no aumento de turbidez da água do Rio Doce.
- Conhecer e propor medidas mitigadoras se aplicáveis para controle da pluma de turbidez porventura gerada pelo processo.

# Recuperação do Rio Doce - Dragagem UHE Risoleta Neves


## Suspensão de sedimentos

ERDC/EL TR-08-29

**US Army Corps of Engineers®**  
Engineer Research and Development Center

**Technical Guidelines for Environmental Dredging of Contaminated Sediments**


Michael R. Palermo, Paul R. Schroeder, Trudy J. Estes, and Norman R. Francingues      September 2008



Environmental Laboratory

Approved for public release; distribution is unlimited.

**LITERATURE REVIEW OF EFFECTS OF RESUSPENDED SEDIMENTS DUE TO DREDGING OPERATIONS**



Prepared for  
Los Angeles Contaminated Sediments Task Force  
Los Angeles, California

Prepared by  
Anchor Environmental CA, L.P.  
One Park Plaza, Suite 600  
Irvine, California 92614

June 2003

Benchmark – melhores praticas para contenção de sedimentos suspensos

- Cortinas;
- Controle operacional;
- Equipamentos especiais;

### Benchmark – melhores praticas para contenção de sedimentos suspensos

- **Cortinas;** material reforçado termoplástico flexível, com material de flutuação em a barra superior e material de lastro na bainha inferior. É colocado na água circundante à draga e em seguida ancorado no local usando bóias de ancoragem.

#### Vantagens

- se corretamente implantados protegem e controlam a turbidez;
- mais eficazes em projetos onde elas não são abertas e fechadas para permitir o acesso de equipamentos

#### Desvantagens

- são facilmente afetadas pela maré e correntes e não devem ser usadas em áreas com velocidade maior do que 1-2 nós (0,51 a 1,0 m/s);
- não são eficazes em ambientes de alta energia e não têm nenhum efeito sobre a turbidez inferior (onde os níveis de turbidez são maiores)



### Benchmark – melhores praticas para contenção de sedimentos suspensos

- Controle operacional
  - Reduzir a velocidade de rotação da cabeça de corte;
  - Reduzir a velocidade de varredura da lança;
  - Eliminar o corte excessivo;
  - Realizar atividades em janelas operacionais.

### Vantagens

- Não requer a instalação de equipamentos adicionais;
- Menor custo se comparado as cortinas;

### Desvantagens

- Medida de controle não é visual;
- Nível de conforto regulamentar inferior;
- Reduz produtividade;
- Aumenta custo e prazo de execução.

### Benchmark – melhores praticas para contenção de sedimentos suspensos

- Equipamentos especiais;
  - Sistema pneumático;
  - Concha fechada ou ambiental;
  - Dragas de maior capacidade;
  - Dragagem de precisão.

### Vantagens

- Redução ou eliminação da suspensão de sedimentos;

### Desvantagens

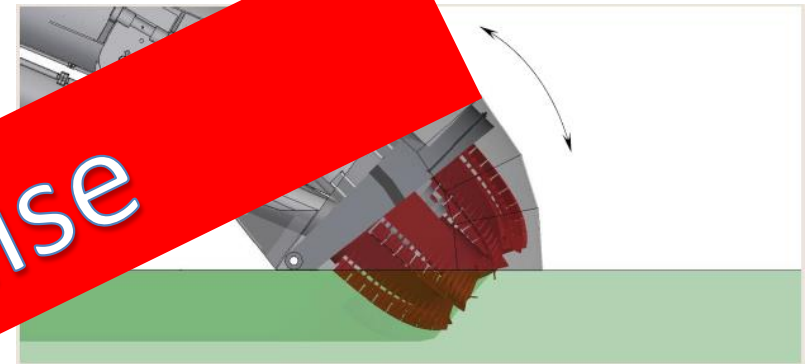
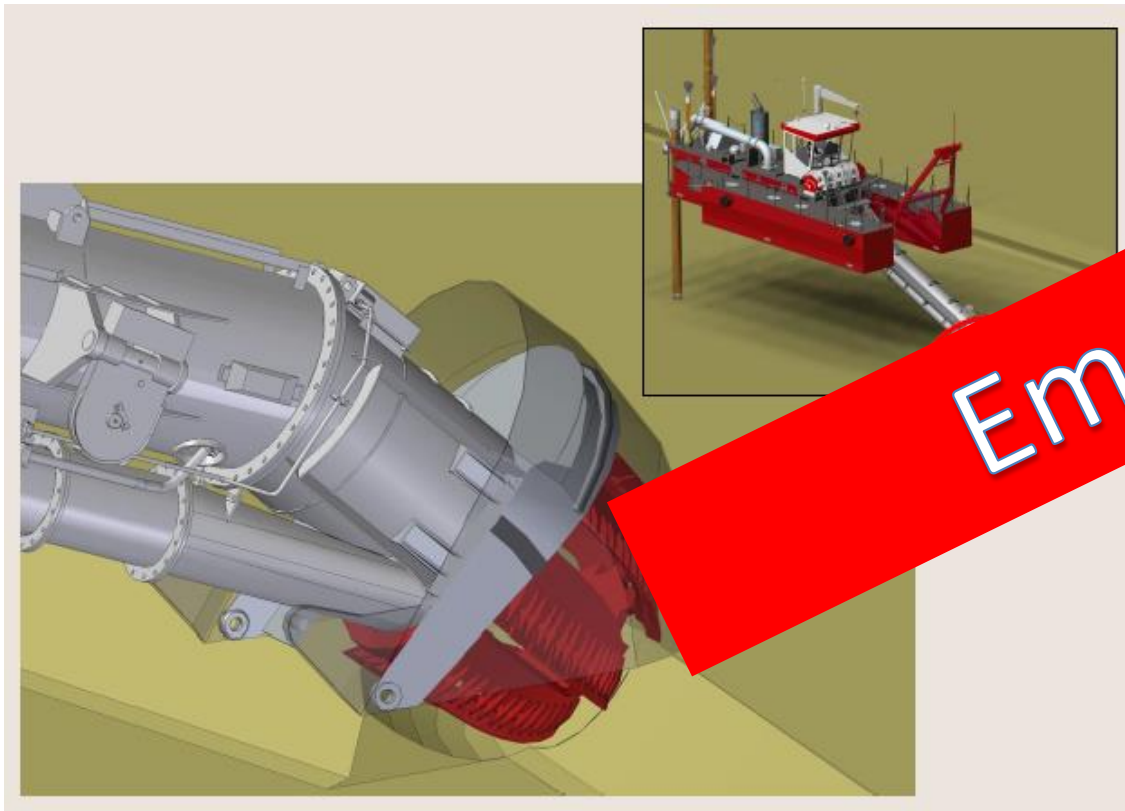
- Uso de equipamentos especiais ou superdimensionados;
- Aumenta custo;

# Recuperação do Rio Doce - Dragagem UHE Risoleta Neves

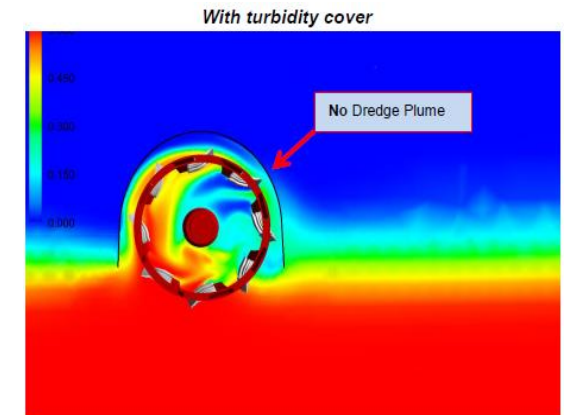
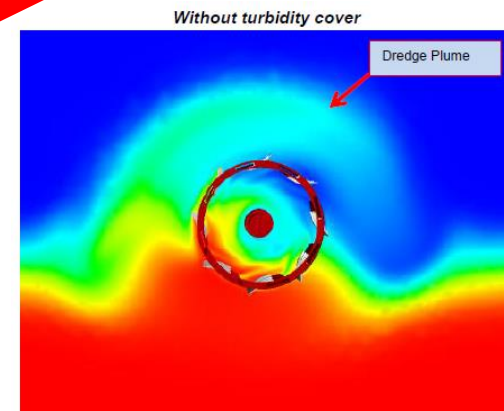
## Suspensão de sedimentos

Benchmark – melhores praticas para contenção de sedimentos suspensos

- Equipamentos especiais;



Em análise





### Fatores que influenciam a escolha de equipamentos para dragagem

- Eficiência de remoção;
- Taxa de produção;
- Suspensão sedimentos e liberação de contaminantes durante o processo de dragagem;
- Sedimentos residuais deixados no local de dragagem;
- Compatibilidade com o transporte, tratamento e eliminação e;
- Custos.



# Recuperação do Rio Doce - Dragagem UHE Risoleta Neves

## Suspensão de sedimentos

### Dragas hidráulicas aplicadas a dragagem ambiental

Comumente consideradas para dragagens com requisitos ambientais são as conhecidas como a cabeça de corte e de trado horizontal.



Cutterhead



Horizontal Auger

As dragas hidráulicas proporcionam um meio econômico de remoção de grandes quantidades de sedimentos contaminados e são amplamente utilizados tanto para a dragagem de navegação quanto, mais recentemente, para dragagem ambiental.

### Dragas hidráulicas aplicadas a dragagem ambiental

#### Vantagens

- Capaz de escavar a maioria dos tipos de materiais com maior produção se comparadas a dragas mecânicas de mesmo tamanho;
- Capaz de dragagem em uma base praticamente contínua, com maior produção de dragas mecânicas de tamanho similar;
- Capaz de realizar bombeamento direto para local de descarte controlado;
- Capaz de comutar cabeças de dragagem para diferentes tipos de sedimentos e resíduos gerados.

#### Desvantagens

- Dificuldade com detritos, pedras soltas, pedregulhos, galhos e obstruções;
- Água em excesso é gerada, com potencial de elevado custo de desidratação de sedimentos e posterior tratamento.

### Fatores que influenciam a suspensão de sedimentos

- Propriedades do sedimento “*in situ*” densidade aparente seca (concentração de sólidos, teor de sólidos ou de teor de água), teor de matéria orgânica, distribuição de tamanho de partículas, e mineralogia;
- Condições do local, tais como a profundidade da água, correntes, ondas e presença de solo resistente ou rocha;
- Natureza e extensão dos impedimentos, tais como detritos, pedras soltas, pedregulhos, galhos e obstruções;
- As considerações operacionais, tais como a espessura dos cortes de dragagem, tipo de equipamento, método de operação, e a habilidade do operador.

### Fatores que influenciam a suspensão de sedimentos

- aumenta com o aumento do índice de liquidez dos sedimentos;

$$LI = \frac{W - PL}{LL - PL}$$

 Índice de Liquidez



densidade  
teor de argila

teor de água  
porosidade  
índice de vazios  
% grãos finos



### Distribuição da suspensão de sedimentos x tipo de draga

Hayes et al. (2000) cutterhead correlation method

$$\dot{m}_R = 10^{5.666} V_t^{1.864} \left( \frac{A_E}{A_C} \right)^{14.143}$$

- $m_R$  = massa de sedimento suspenso que pode ser transportado;
- $V_t$  = velocidade tangencial das lâminas do cortador;
- $A_E$  = Área total das lâminas do cortador expostas (que não estão cortando efetivamente);
- $A_C$  = Área da superfície total do cortador;

$$\hat{g} = \frac{|V_s \pm d_c \pi \alpha|^{1.864}}{27.4 C_s V_s t_c L_c^{15.143}} \left( \frac{A_E}{d_c} \right)^{14.143}$$

- $g$  = percentual do sedimento que pode ser suspenso e transportado da operação de dragagem em massa

### Distribuição da suspensão de sedimentos x tipo de draga

Não existe um fator de ressuspensão típico

Os fatores de ressuspensão **estimados** variam de 0,02% a 3,93% e o fator de ressuspensão máxima **observada** de quase 400 observações foi de **0,51%**.

Hayes et al. estimam de **forma conservadora** que o fator de ressuspensão de dragas hidráulicas “**cutterhead**” é de cerca de **0,5% do montante da fração silte e fração argila do sedimento**, e da mesma forma, o fator de ressuspensão de dragas mecânicas Clamshell ou buckets sem transbordamento é de cerca de 1 %.

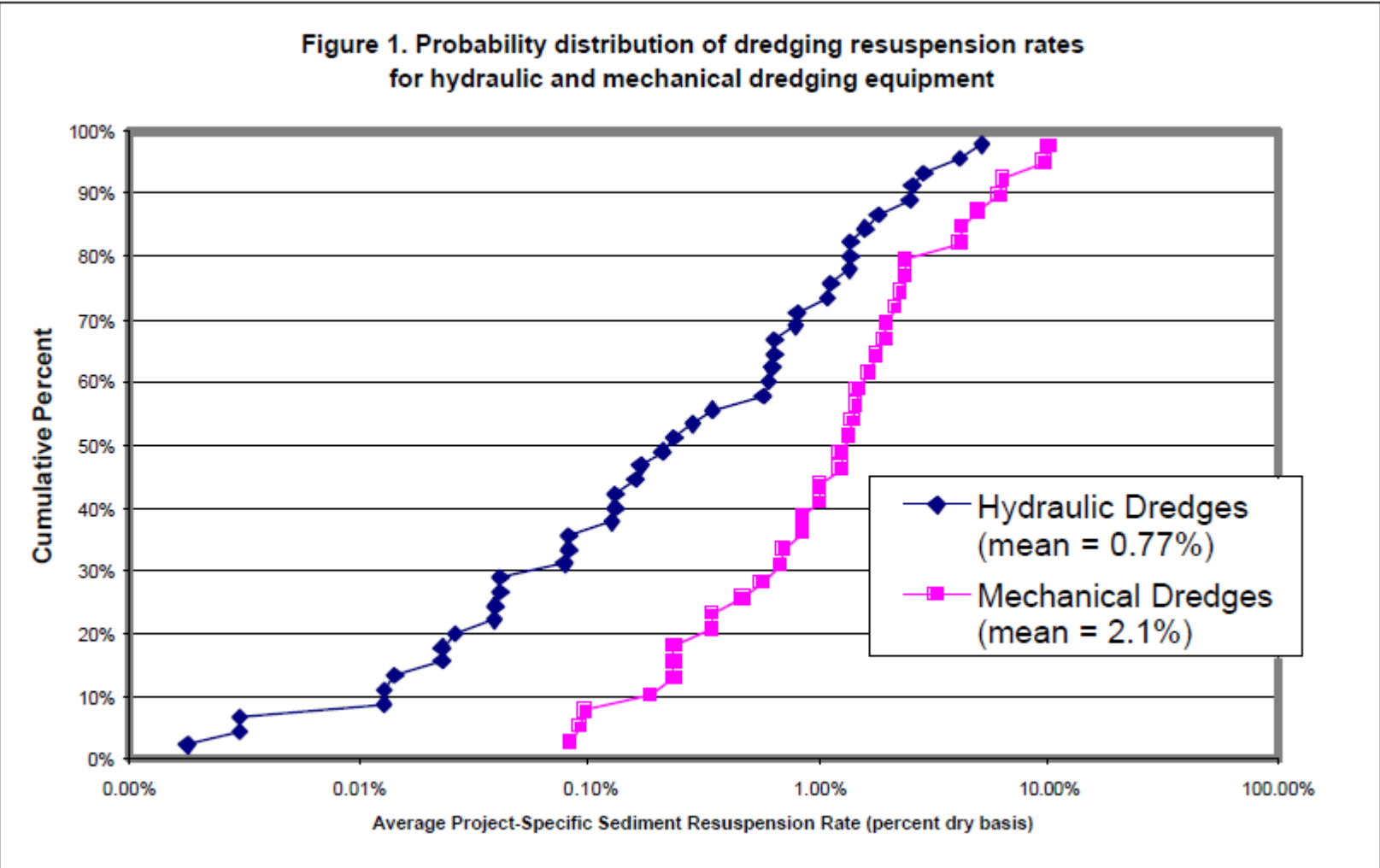
**Fatores máximos** de ressuspensão tendem a ser iguais a **3 a 5(X)** o fator médio ou mediana ressuspensão para um determinado tipo de equipamento.

**Fatores Mínimos** de ressuspensão tendem a ser igual a apenas **5 a 10%** cento do fator médio ou mediana ressuspensão de dragas “**cutterhead**” e 30 a 40% do fator médio ou mediana ressuspensão para dragas mecânicas.

# Recuperação do Rio Doce - Dragagem UHE Risoleta Neves

## Suspensão de sedimentos

### Distribuição da suspensão de sedimentos x tipo de draga



Fonte: LITERATURE REVIEW OF EFFECTS OF RESUSPENDED SEDIMENTS DUE TO DREDGING OPERATIONS  
Prepared by Anchor Environmental CA, L.P.  
One Park Plaza, Suite 600  
Irvine, California 92614  
June 2003



# Recuperação do Rio Doce - Dragagem UHE Risoleta Neves

## Suspensão de sedimentos

### Distribuição da suspensão de sedimentos x ensaios do material

Pos.	Amostra	densidade aparente seca g/cm3	densidade aparente umida g/cm3	argila	silte	areia fina	areia grossa	pedregulho	silte + Argila	
furo 1	15	3,276	1,574	15,8%	79,2%	5,0%			95,0%	
	16	2,935	1,529	15,3%	71,0%	13,7%			86,3%	
	17	3,091	1,779	7,5%	46,5%	45,0%			54,0%	
furo 2	18	3,251	1,648	12,0%	73,0%	15,0%			85,0%	
	19	3,222	1,729	17,0%	72,0%	11,0%			89,0%	
	20	3,109	1,733	11,0%	69,4%	18,9%	0,70%		80,4%	
Gaustec	1		1,760	39,6%	55,4%	5,0%			95,0%	
	2			43,0%	40,0%	17,0%			83,0%	
		Densidade mediana	<b>1,729</b>							
		% medio suspenso	<b>0,77%</b>				% material suspenso maximo		<b>1,93%</b>	
		% maximo (3x)	2,31%			media fração silte + argila		83,5%		
		% minimo (0,1x)	0,08%			% material suspenso minimo		<b>0,06%</b>		

# Recuperação do Rio Doce - Dragagem UHE Risoleta Neves

## Suspensão de sedimentos

### Distribuição da suspensão de sedimentos x ensaios do material



Vazão draga (m3/h)	2250	Turbidez estimada na dragagem			
volume in situ (m3/h)	450				
25% eficiência (m3/h)	112,5				
Massa de sedimento suspenso que pode ser transportado			TSS mg/L	NTU	
		%Max susp. (t)	3,75	1.666,74	222
Massa in situ (t)	194,51	%medio susp.m(t)	1,50	665,67	<b>89</b>
		%Min susp. (t)	0,13	55,56	7

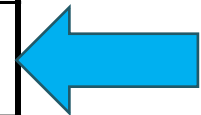
Valor Característico

# Recuperação do Rio Doce - Dragagem UHE Risoleta Neves

## Suspensão de sedimentos

### Influencia na Turbidez do rio Doce pela dragagem

Vazão do Rio Doce base 100m3/s (m3/h)	360.000	Efeito da Turbidez da dragagem no volume do rio Doce (100m3/s)		
Vazão draga (m3/h)	2.250			
Diluição considerando toda a vazão do rio Doce			TSS mg/L	NTU
	%Max susp. (t)	3,75	10,42	1,4
	%medio susp.m(t)	1,50	4,16	<b>0,6</b>
	%Min susp. (t)	0,13	0,35	0,0

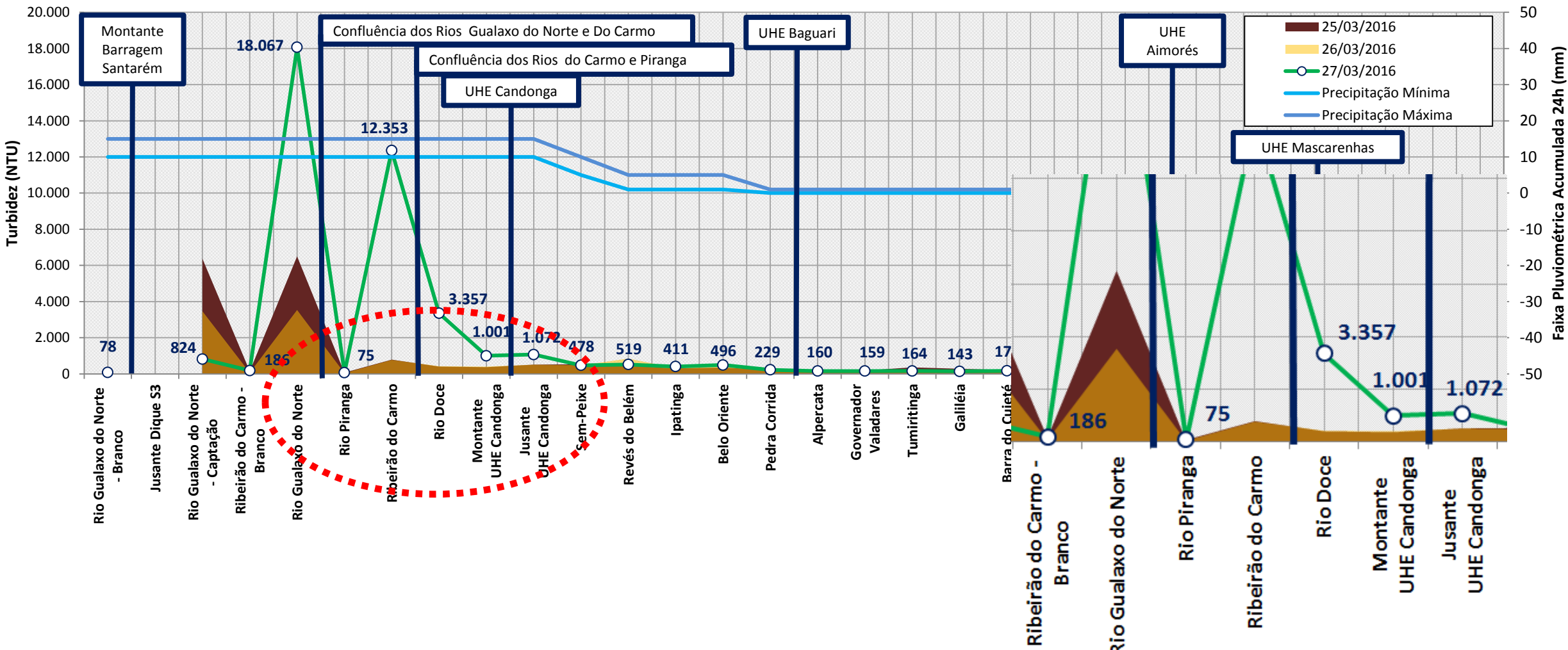


# Recuperação do Rio Doce - Dragagem UHE Risoleta Neves

## Suspensão de sedimentos

### Histórico de turbidez após o evento

Acompanhamento de Turbidez e Precipitação no Rio Doce



# Recuperação do Rio Doce - Dragagem UHE Risoleta Neves

## Suspensão de sedimentos

### Histórico de turbidez após o evento

Historico 97/14	Mín de Turbidez	Média de Turbidez	Máx de Turbidez
<b>Rio do Carmo</b>	<b>2,4</b>	<b>58</b>	<b>744</b>
chuvoso	3,3	56	418
seco	2,4	59	744
<b>Rio Doce</b>	<b>0,5</b>	<b>66</b>	<b>955</b>
chuvoso	0,5	94	955
seco	1,9	38	604
<b>Total Geral</b>	<b>0,5</b>	<b>65</b>	<b>955</b>

Fonte: IGAM

Turbidez 07/11-27/03	Ribeirão do Carmo - Branco	Rio Gualaxo do Norte - Branco	Rio Piranga	Ribeirão do Carmo	Rio Gualaxo do Norte	Rio Doce	Montante UHE Candongá	Jusante UHE Candongá
Máxima	2196	2917	785	92767	772333	516400	21460	26633
Média	248	116	151	15926	53163	12733	3173	3717
Mediana	103	35	99	6773	22017	3437	2535	2597
Mínima	40	6	24	573	637	276	363	357

### Conclusões Preliminares

- As condições do local, tais como a profundidade da água, correntes do rio e transito de embarcações tem efeito potencial na redução da viabilidade de aplicação de cortinas;
- Equipamentos especiais para redução da turbidez refletem diretamente produtividade da dragagem, aumentando o prazo para conclusão da primeira fase;
- Estes equipamentos não estão disponíveis no Brasil e seu tempo de importação é no mínimo de 5 meses, sem considerar despachos alfandegários;
- Aparentemente o efeito da pluma de dragagem, pela literatura pesquisada, não tem potencial para mudar as características atuais do Rio Doce, mesmo se considerado em histórico anterior ao evento;

### Próximos passos

- Concluir análise da suspensão de sedimentos;
- Tratar dados coletados durante a operação das dragas menores;
- Estabelecer pontos de controle de turbidez durante a dragagem principal incluindo a área de dispersão;
- Elaborar plano de testes e coleta de amostras durante a dragagem principal;
- Definir estratégia de potencial atuação para resultados divergentes da análise;
- Prosseguir com estudos de tratamento e disposição do material.