



12º Seminário Internacional de Transporte e Desenvolvimento Hidroviário Interior

Virtual, 19 a 21 de Outubro de 2021

Análise de Alternativas para Disposição de Material Dragado em Hidrovias Brasileiras: Desafios para a Navegação Interior.

Ernani Rego Muraro – Universidade de São Paulo/Escola Politécnica/PEA, São Paulo/Brasil, ernani@ben.eng.br

MSc Ligia Módolo Pinto – Bureau da Engenharia, Carolina do Sul/EUA, ligia@ben.eng.br

Dr Miguel Vieira de Lima – Bureau da Engenharia, São Paulo/Brasil, miguel@ben.eng.br

Palavras-chave: hidrovia, dragagem, licenciamento ambiental, área de bota-fora, área de despejo, área de destino, área de disposição

Resumo

As hidrovias, para viabilização da navegação de embarcações, precisam de atividades de dragagem para conservar as necessárias condições geométricas dos canais de navegação. O material dragado é destinado para áreas de despejo, que podem ser na própria calha do rio, em suas margens ou pela utilização de uso benéfico dos sedimentos. Entretanto, essa última não é uma alternativa usual no Brasil. Para o descarte de sedimento dragado no próprio rio o material não deve ter presença significativa de contaminantes que ultrapassem os padrões estabelecidos pelas legislações vigentes. Esse artigo tem por objetivo realizar uma análise, através de uma revisão bibliográfica narrativa, da disposição do material dragado em hidrovias brasileiras. A análise preliminar desses documentos avaliou alternativas de disposição do material dragado e justificativas técnicas e ambientais que as motivaram, bem como a forma de descarte do material dragado nas hidrovias estudadas. Conclui-se que essas dragagens utilizaram escassamente a opção do uso benéfico do material dragado, destinando majoritariamente os sedimentos no próprio leito do rio quando não ocorreram presença de contaminantes. E, quando dessa ocorrência (de contaminantes), foi possível correlacionar com a ocupação próxima de margens de rios por atividades de setores produtivos (agropecuário, mineração) ou mesmo pela proximidade urbana, elevando o grau de dificuldade e custos dessa atividade.

1. Introdução

A ocupação geográfica e territorial, em um país de dimensões continentais como o Brasil, ocorre com menor impacto ambiental quando desenvolvido através de meios fluviais, em contraposição a outros modos de transportes terrestres, como rodovias e ferrovias. Mesmo possuindo diversos rios caudalosos, propícios à navegação, esse não é o meio mais utilizado no país para a movimentação interna de cargas, sendo de 6% em 2015 (CNT, 2019). Pompermayer (2014) indica que essa participação é menor que 15%.

O Brasil possui 12 regiões hidrográficas, além de diversas bacias e sub-bacias, onde se localizam os principais rios do país: Amazonas, São Francisco, Tocantins, Araguaia, Parnaíba, Paraguai, Paraná, Uruguai, dentre outros. Essa rede possui rios navegáveis (hidrovias) com características diversas para transporte de cargas das mais variadas matrizes, que serão objeto do presente artigo.

As hidrovias, para viabilização da navegação de embarcações, precisam de atividades de dragagem (de aprofundamento ou de manutenção) que proporcionam a conservação das necessárias condições geométricas dos canais de navegação.

Serviços de dragagem consistem em escavar, remover, retirar, transportar e destinar, ou despejar, tipologias de solo, rochas decompostas ou desmontadas (pelo processo chamado derrocamento ou derrocagem), submersos, em qualquer profundidade e por meio de equipamentos de escavação (mecânicos ou hidráulicos) em corpos hídricos (mares, estuários e rios), considerando-se custo e impactos ambientais potenciais (Alfredini & Arasaki, 2014).

A atividade de dragagem de leitos de rios navegáveis, por sua própria natureza, implica em impactos ambientais nos meios físico e biótico aquáticos, como: suspensão/ressuspensão de sedimentos; aumento da turbidez da água; depósitos de sedimento sobre margens; modificações morfológicas do trecho do rio; modificações nas trocas lençol freático-rio; modificações do regime hidráulico; alteração da flora e a fauna aquática (WWF, 2001 apud Amaral, 2014).

A disposição desse material é uma atividade que também possui potencial para causar impactos ao meio ambiente. No entanto, existe a possibilidade da ocorrência de diferentes impactos dependendo do tipo de disposição, como por exemplo, a disposição em locais profundos situados no próprio

rio, nas margens próximas ou transportados para outra localidade (Amaral, 2014).

No Brasil, os usos benéficos de sedimentos oriundos de dragagens são orientados pela Resolução CONAMA Nº 454/2012 (Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional), entretanto a tomada de decisão da melhor forma de uso não segue regimento padrão e acaba por tornar o despejo do material dragado no corpo receptor como alternativa mais utilizada (Hermanns, 2017). Para o descarte de sedimento dragado no próprio rio, por exemplo, em locais mais profundos, o material não deve ter presença significativa de contaminantes, que ultrapassem os padrões estabelecidos pelas legislações vigentes.

Esse artigo tem por objetivo realizar uma análise, através da revisão bibliográfica narrativa da atividade de dragagem em hidrovias brasileiras, bem como as alternativas de disposição do material dragado.

Foram avaliados documentos públicos (tais como artigos científicos, estudos técnicos, editais de contratação de serviços, legislação vigente, estudos com participação dos autores, entre outros) que abordam: projetos, execução, gestão ou supervisão de obras de dragagem, estudos de viabilidade técnica e ambiental (EVTEA) e estudos de licenciamento ambiental.

A análise preliminar desses documentos avaliou alternativas de disposição do material dragado e justificativas técnicas e ambientais que as motivaram, bem como a forma de descarte do material dragado nas hidrovias estudadas.

2. A dragagem de hidrovias no Brasil

2.1. Panorama geral

No Brasil, as leis Nº 9433/1997, “Lei das Águas” (Brasil, 1997), e Nº 9984/2000, “Criação da ANA” (Brasil, 2000), definiram condicionantes para o uso racional das águas, abrangendo requisitos como geração de energia elétrica, consumo (humano, irrigação, indústria, rural, urbano) e navegação.

Apesar de ocupar uma superfície de água da ordem de 16,6 milhões de hectares (com redução de 19,7 milhões de hectares, valores no ano de 1991) (MAPBIOMAS ÁGUA, 2021), os rios do Brasil possuem navegabilidade de cerca de 21.000 km e 15.000 km de trechos potencialmente navegáveis, de uma malha hidroviária de 42 mil km (DNIT, 2021).

Ainda que haja legislação, há ausência de um arcabouço específico na área de navegação interior que traga segurança jurídica para essa atividade (INSTITUTO DE ENGENHARIA, 2020).

O Brasil possui hidrovias (canais navegáveis), recentemente classificadas pelo afluente principal e pela localização (Brasil, 2020), em condições diversas de navegação, devido a características do corpo d'água, que condicionam as tipologias de embarcações e comboios. A Figura 1 apresenta modelos de comboios na Europa e no Brasil.

CEMT	AVV-2002	Arrangement	R ₁ (m)	L ₁ (m)	L ₁ max (m)	max. load (ton)	sir draught (m)
I	B01		5.20	55	1.90	0-400	5.25
II	B02		6.60	60-70	2.60	401-600	6.10
III	B03		7.50	80	2.60	601-800	6.40
	B04		8.20	85	2.70	801-1250	6.60
IVa	BI		9.50	85-105	3.00	1251-1800	7.00
Va	BI-1		11.40	95-110	3.50	1801-2450	9.10
	BIIa-1		11.40	92-110	4.00	2451-3200	9.10
	BIII-1		11.40	125-135	4.00	3201-3950	9.10
Vb	BI-2I		11.40	170-190	3.50-4.00	3951-7050	9.10
Vla	BII-2b		22.80	95-145	3.50-4.00	3951-7050	9.10
Vlb	BI-4		22.80	185-195	3.50-4.00	7051-12000	9.10
Vlc	BI-6I		22.80	270	3.50-4.00	12001-18000	9.10
VIa	BI-6b		34.20	195	3.50-4.00	12001-18000	9.10

Table 1.6: RWS 2010 classification for pushed convoys and couplet units (RW, 2020).

I - Comboio Tipo Tietê: formado por grupo de chatas em linha mais 01 (um) empurrador.

- Comprimento Total: 138,50 m
- Boca: 11,00 m
- Calado: 2,70 m
- Pé de Piloto: 0,30 m

II - Comboio Tipo Tietê-Duplo: formado por grupo de chatas em linha, lado a lado mais 01 (um) empurrador.

- Comprimento Total: 138,50 m
- Boca: 22,00 m
- Calado: 2,70 m
- Pé de Piloto: 0,30 m

III - Comboio Tipo Paraná: formado por grupo de chatas em linha, lado a lado mais 01 (um) empurrador.

- Comprimento Total: 200,50 m
- Boca: 16,00 m
- Calado: 3,70 m
- Pé de Piloto: 0,30 m

IV - Comboio Tipo Paraná Estendido: formado por grupo de chatas em linha e lado a lado, mais 01 (um) empurrador.

- Comprimento Total: 257,50 m
- Boca: 22,00 m
- Calado: 3,70 m
- Pé de Piloto: 0,30 m

Figura 1 – Tipologias de comboios, retirado de Van Koningsveld (2021) e DH (2012)

Conicionados aos regimes de chuvas, os rios possuem algumas variáveis métricas principais, tais como: vazão hidráulica e cota (nível do rio), lâmina d'água (altura entre nível e fundo), regimes de cheia e seca (estiagem), granulometria (sedimentos de fundo ou material em suspensão) e sua hidrodinâmica define o comportamento dos sedimentos.

Processos erosivos naturais e sedimentação das partículas carregadas reduzem as profundidades do espelho d'água, provocando o seu assoreamento, o que é bastante intensificado pela ação antrópica Castiglia & Barbosa (2008).

Como os rios são um sistema dinâmico, ainda que em sistema de reservatório (contidos por barragens), existem aportes de sedimentos ao longo de seu trajeto (seja das margens, seja de trechos à montante) que, quando depositados nos canais, prejudicam a navegabilidade e precisam ser dragados - quando ocorrem fundos rochosos, a atividade ganha o termo derrocagem ou derrocamento. Essa atividade de dragagem pode ser dividida em dois tipos: manutenção ou aprofundamento (Alfredini & Arasaki, 2014).

Enfim, a realização da dragagem (ou desassoreamento) demanda uma área de destino do material dragado, chamadas de áreas de botafora, de despejo, de destino ou de disposição (chamaremos pela sigla AD), distribuídas ao longo do curso d'água, podendo ser em cavas rasas ou mais profundas da calha do rio, escavadas (com ou sem recapeamento), ou mesmo com alocação do material em terra, geralmente de forma confinada, conforme Figura 2.

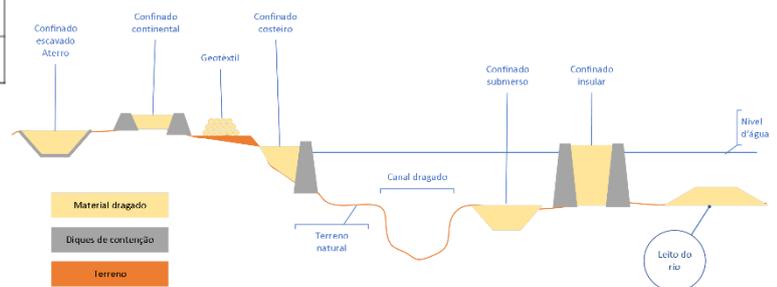


Figura 2 – Tipologias de AD adaptado de Monteiro (2010) e Pereira (2012) Wasserman & Barros (2010)

Para casos de confinamento de material, Wasserman & Barros (2010) e USACE (2003) os chamam de "Confinados de Disposição Final" (CDF, "Confined Disposal Facilities"), onde o material dragado contaminado é armazenado para minimizar efeitos em (i) águas subterrâneas (ii), águas superficiais e a (iii) criação de obstáculos para a navegação" Laboyrie (2004).

Nesse sentido, surge o conceito de dragagem ambiental, relativamente diferente da dragagem de manutenção. Essa tem como objetivo manter as profundidades de navegação, enquanto dragagem ambiental visa a retirada de uma determinada quantidade de sedimentos contaminados (Teixeira, 2009).

Quando se trata de sedimento contaminado, existe um claro problema para grandes volumetrias e suas dificuldades executivas e de destinação do material, como por exemplo a previsão de um volume de 12 milhões de m³ para desassoreamento e limpeza Baía de Guanabara (BG). Com a indisponibilidade de

lançamento em AD marinhas, devem ser previstas outras destinações internas à BG ou em áreas continentais (terrestres) próximas. Outras dificuldades são os altos custos de transporte e a escassez de locais de ADs próximas e disponíveis, competindo com outros usos do solo, em uma área metropolitana densamente ocupada Silveira (2016). Por isso, o uso benéfico de material dragado é uma alternativa cada vez mais real. Chaves *et al.* (1998) já abordava a dragagem do trecho urbano do rio Tietê com beneficiamento destinado ao mercado de areia na Grande São Paulo, indicando competitividade e retorno econômico.

Na mesma linha do uso benéfico do material, os CDFs podem se tornar uma alternativa com (i) tratamento de sedimentos, para permitir a eliminação irrestrita do material outrora contaminado, ou, ao invés de ocuparem áreas em terra (geralmente produtivas, com agricultura, com vegetação nativa ou mesmo urbanizadas) e (ii) ocuparem espelho d'água no próprio leito do rio (ilhas artificiais ou *land reclamation*) para usos diversos, inclusive ambientais (como áreas de nidificação). USACE (2003), por exemplo, indicava a realização de grande quantidade de CDFs, inclusive vinte e nove (29) CDFs para manutenção de condições de navegabilidade nos Grandes Lagos. Uma prática não usual nos rios brasileiros.

Dessa forma, ao comparar legislações vigentes para sedimentos de dragagem entre Brasil, Austrália, EUA e Holanda, Carbinatto & Corradi (2018) aponta principalmente para (i) a inexistência, no Brasil, de uma agência específica para o monitoramento e disposição do material dragado, diferentemente da legislação americana e (ii) a legislação brasileira não classifica usos do material após a dragagem, diferente da legislação holandesa, que estabelece os usos para a disposição final de sedimentos.

Outro requisito importante de produtividade (e custo) dessa atividade de dragagem é a distância média de transporte (DMT) entre a região de escavação e a AD. De uma forma prática, quanto menor a DMT (em distâncias horizontais, ou mesmo na vertical), menor as dificuldades e custo.

2.2. Serviços de dragagem

Hidroviás demandam diversos investimentos em dragagens, derrocamentos e eclusas para aumentar a utilização de seu potencial navegável (Teixeira, 2018), mas normalmente padecem de recursos financeiros para realização dessas obras e, por isso,

sofrem com a manutenção das condicionantes necessárias para navegação nos canais.

Diferente de portos marítimos e áreas estuarinas (sujeitos a efeitos de marés), a sazonalidade das vazões dos rios (períodos de cheia e estiagem), em conjunto com a hidrodinâmica de sedimentos (inclusive suas características físicas e ambientais, como presença de contaminantes), demanda atividades específicas de intervenção e de manutenção para que o tráfego de embarcações na hidrovia não seja prejudicado ou interrompido, dado que a estiagem (seca) representa uma força restritiva ao transporte de cargas, pois pressiona a diminuição da carga transportada por um comboio ou limita a capacidade operacional de uma frota.

Apesar de atividades como a geração elétrica (cujas barragens geram reservatórios) e a navegação serem prioritariamente atividades do setor privado (principalmente o transporte de cargas e commodities), independentemente de entrar no mérito da responsabilidade sobre o ativo dos chamados corpos d'água (rios ou reservatórios) ou de cobrança pelo seu usufruto, as dragagens são majoritariamente realizadas pelo Estado e não há uma política de alocação financeira ou ação continuada de manutenção de profundidades de canais de navegação em águas interiores (nos portos marítimos, existe cobrança da chamada Tabela I, referente aos acessos aquaviários, tais como canais de navegação e sinalização náutica).

Ainda que haja possibilidade de navegação durante períodos de estiagem, a contribuição de sedimentos pelas margens, devido ao comportamento hidrodinâmico dos corpos d'água (rios e reservatórios), sempre exigirá obras de desassoreamento através de serviços de dragagem. Uma forma de acompanhar essas atividades são editais de contratação e serviços referentes a estudos de viabilidade, projetos, obras, ou processos de licenciamento ambiental.

A Tabela 1 e Figura 3 a seguir apresentam as contratações objeto da análise desse artigo. Nas obras de derrocagem, apesar de executadas por meio de método a quente (uso de explosivos), o rejeito é considerado inerte.

Tabela 1 – Contratações de dragagem em hidrovias

Nº	Hidrovia	EX	AD	Extensão (km)	Volume (m³)	Referência
1	Rio Madeira	A	C	1.086	1.085.646	DNIT (2016)
2	Rio Madeira Porto Velho/RO a Manicoré/AM	A	C	620	2.522.534	DNIT (2021)
3	Rio Amazonas TUP Abaetetuba	A	C	2	500.000	CARGILL (2018)
4	Rio Tucuruí	B	C	43	1.300.000	
5	Hidrovia do Parnaíba	A	F	2	82.188	DNIT (2019)
6	Hidrovia do Parnaíba	A	F	3	82.057	DNIT (2020a)
7	Hidrovia Paraguai-Paraná Passo do Jacaré	A	C			DNIT (2011)
8	Hidrovia Paraguai	A	C	156	525.441	DNIT (2020b)
9	Hidrovia Paraguai Passo Lagoa Gaiva	A	C	5	132.318	DNIT (2018)
10	Rio São Francisco	A	C	1.371	320.000	CODOMAR (2014)
11	Rio Tietê Nova Avanhandava	B	C	9,3	700.000	DH (2014c)
12	Rio Tietê Botucatu	A	C	27	1.400.000	DH (2014a)
13	Rio Tietê Anhembi	A	E	15	200.000	DH (2012)
14	Rio Tietê Conchas	A	C	21	800.000	DH (2014a)
15	Rio Taquari	A	C	11	150.000	DNIT Edital N] 001/17-33
16	Lagoa Guaíba	A	E	NA	25.000	HERMANNNS (2017)
17	Porto Rio Grande	A	D	NA	29.050	DIAS (2004)
18	Lagoa Mirim	A	C	27	760.000	DNIT, 2014

Legenda – Tipo execução (EX): Dragagem (A), Derrocagem (B); tipo de Área de Disposição (AD): Disposição no rio (C), Disposição terra com Uso benéfico (D) Disposição terra confinado (E), a definir pela Fiscalização (F); Não Aplicável (NA).

Como se observa pela Tabela 1 acima, a disposição dentro da calha do rio é a principal alternativa escolhida. A opção por disposição em terra e uso benéfico do material está atrelada a volumes relativamente menores, se comparados aos volumes de dragagem.

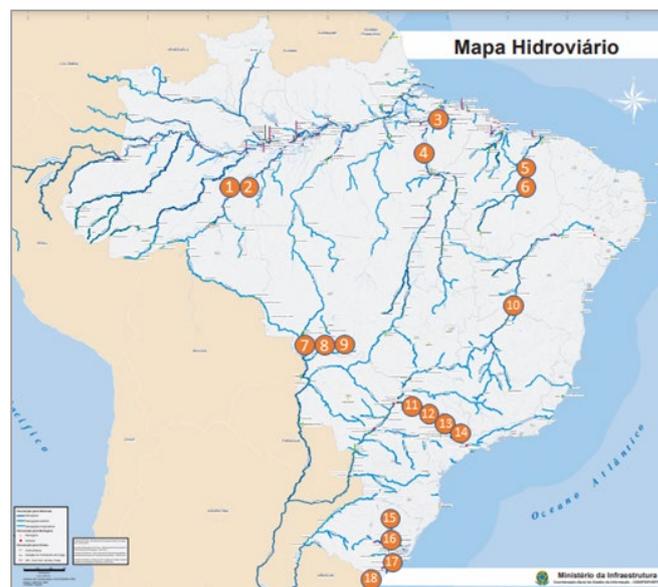


Figura 3 – Localização geográfica das contratações

O uso benéfico desses materiais foi abordado em Silveira (2016) e Hermanns (2017), que indica como essencial a atividade de dragagem para manutenção das hidrovias.

Resumo dessas contribuições estão apresentadas nas Tabelas 2 e 3 a seguir.

Tabela 2 – Tipos de usos benéficos e restrição de uso, adaptado de Silveira (2016)

Categoria do Uso benéfico	Tipo de Uso Benéfico	Sem Contaminação	Contaminado	Água Doce	Água Salina	Argila	Silte-argila	Areia/Silte	Argila consolidada	Cascalho-areia	Mistura/Rocha
Usos em Obras de Engenharia	Engorda de Praia	✓	Δ	✓	✓	Δ	✓	✓	✓	✓	✗
	Recuperação de Área Degradada	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	Δ
	Cobertura para Aterro Sanitário	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Δ
	Criação de Berma Offshore	✓	Δ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Proteção da linha de Costa	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Δ	✓	✓	✓
Melhorias Ambientais	Criação/melhoria de áreas alagadas (p.e mangue)	✓	Δ	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	Δ
	Preenchimento de células	✓	Δ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	Δ
	Preenchimento de Minas	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	Δ
	Criação/Restauração de Habitats em terra	✓	Δ	✓	Δ	✗	✗	✓	✓	✓	✓
Usos como produto ou na agricultura	Insuno na produção de concreto	✓	✗	✓	✗	Δ	Δ	✓	Δ	Δ	Δ
	Sub-base na construção de estradas	✓	✓	✓	Δ	Δ	✗	✓	✓	✓	Δ
	Revestimento da base para aterros sanitários	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	Δ	Δ
	Produção de Topsoil (solo de cobertura agrícola)	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Δ	Δ
	Insuno na produção de tijolos e cerâmica	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Δ	Δ

Onde ✓ significa adequado, Δ significa parcialmente adequado e ✗ significa inadequado

Tabela 3 – Definição de destino e uso compatível com as características do material dragado. Adaptado e traduzido de Hermanns (2017)

Característica dos Sedimentos		Demanda Econômica				Socio-econômico			
		Ambiente Confinado		Ambiente aberto		Recuperação Geológica	Recuperação do Ecossistema	Necessidades Sociais	
		C	SD	C	SC				
Tamanho da partícula	Argila (<0,004mm)	X	X	X	X	X	X	X	
	Silte (0,004-0,064mm)	X	X	X	X	X	X	X	
	Areia (0,064 - 2 mm)	X	X	X	X	X	X	X	
	Granulometria (2-4 mm)	-	X	-	X	X	X	X	
	Maior do que 4mm	-	X	-	X	X	X	X	
Contaminação (nível durante a disposição)	Nível 1	X	X	X	X	X	X	X	
	Nível 2	X	X	-	-	-	-	-	
	Nível 3	X	X	-	-	-	-	-	

Onde C significa contaminado e SC significa sem contaminação

Nota: SD significa Sem Contaminação (SC)

Nesse sentido, a Figura 4 apresenta um fluxograma resumido da atividade de dragagem e possibilidade de uso do material em relação à aprovações ambientais.

3. Sedimentação

A importância da origem do sedimento para execução de projetos de dragagem consiste, sobretudo, em avaliar os desafios existentes para a disposição final do material a ser dragado, em função das características físico-químicas dos sedimentos, bem como em relação à dinâmica envolvendo o aporte deste material ao longo do tempo. Observar as características de uso e ocupação das bacias hidrográficas é, portanto, aspecto fundamental para abordar os desafios envolvendo a disposição do material dragado. Os sedimentos dragados podem ser classificados quanto a sua origem, podendo ser: urbano, industrial, serviço de saúde, radioativo, agrícola (Lima, 2008). Atividades antrópicas têm influenciado decisivamente a execução de projetos de dragagem de manutenção de hidrovias existentes no Brasil, constituindo um elemento

dificultador para o sucesso da expansão e integração deste modal à rede logística e de escoamento da produção nacional.

Atividades ambientalmente impactantes ou potencialmente poluidoras com influência sobre os canais de navegação têm prejudicado a execução dos projetos de dragagem, na medida que a contaminação e o aporte dos sedimentos ocasionado pelo carreamento de poluentes às bacias de drenagem contribuem para a contaminação do leito fluvial a jusante, o que acaba por gerar dificuldades quanto à sua remobilização, para fins de dragagem, e para a sua disposição final. Tal fato acaba por comprometer a viabilidade ambiental dos projetos de dragagem dada a disponibilidade (ou a falta de disponibilidade) de alternativas para disposição final de material contaminado.

Estudos executados para realização de dragagem de manutenção e derrocamento do Rio Madeira, na região amazônica, têm apontado historicamente elevadas taxas de contaminação por mercúrio nos sedimentos encontrados no leito do rio (CODOMAR, 1997). A qualidade ambiental do Rio Madeira foi bastante impactada por conta da presença dos garimpos de ouro, sendo os mesmos responsáveis pela introdução de quantidade considerável de mercúrio no sedimento do rio, com impactos nocivos tanto à biota aquática quanto à saúde humana. Apesar disto, o estudo ambiental para a dragagem e derrocamento do Rio Madeira concluiu que a remobilização de sedimento decorrente das obras não acarretaria agravamento da situação encontrada (CODOMAR, 1997).

A correlação entre maiores concentrações de mercúrio no leito do rio e a proximidade de zonas de garimpo é demonstrada em estudo realizado por

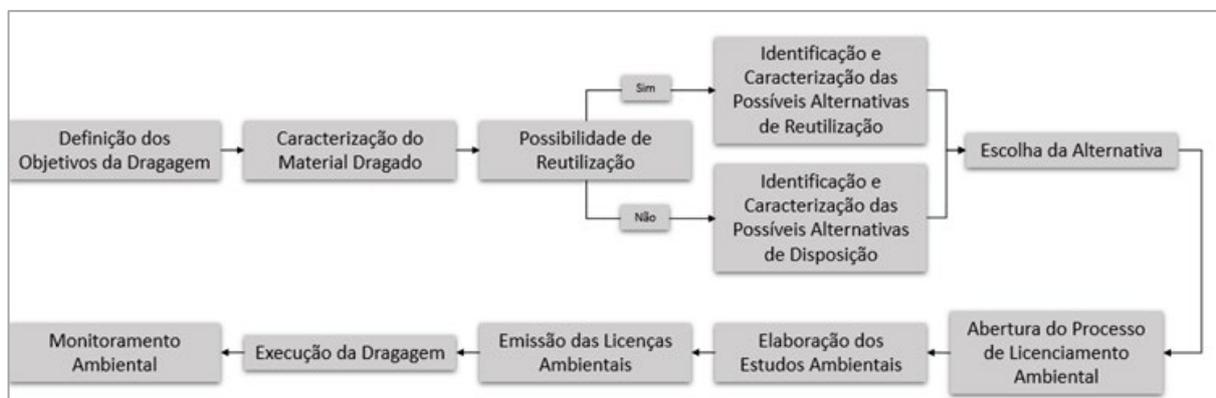


Figura 4 – Tipologias de AD adaptado de Monteiro (2010) e Pereira (2012) Wasserman & Barros (2010)

Bastos & Lacerda (2004). A diminuição da atividade do garimpo nas últimas décadas, entretanto, tem contribuído para a redução das taxas de contaminação e concentração de mercúrio no sedimento, mostrando clara correlação entre a intensidade da atividade econômica e o nível de contaminação do leito fluvial.

Ainda assim, embora tenha sido observada redução da atividade do garimpo de ouro a partir da década de 90, a presença do mercúrio no sedimento permanece significativa, observada em processos de bioacumulação e biomagnificação da biota aquática (Bastos & Lacerda, 2004).

A dinâmica de sedimentação e as alterações no uso e ocupação do solo na bacia do Rio Madeira foram objeto de estudo realizado por Santos *et al* (2020): entre os anos de 1984 e 2018. A presença de bancos de areia no leito fluvial passou de 0,98% para 5,64% no trecho entre Porto Velho e Humaitá. No mesmo período foram observadas reduções tanto na área ocupada por água, quanto no valor de cota média e vazão média do rio. Por sua vez, observou-se a expansão da atividade agropecuária e a redução das áreas ocupadas por vegetação nativa (Santos *et al*, 2020).

O estudo realizado por Souza *et al* (2014) avalia o processo de sedimentação no Rio Paraguai. Os autores observaram que a ocupação humana, responsável por promover o desmatamento e o uso das terras por atividades diversas, tais como a urbanização, agropecuária, pesca, entre outras, constitui fator determinante no aumento do aporte de sedimento na calha do rio. A dinâmica fluvial e o processo de sedimentação são, desta maneira, fortemente influenciados pelo uso e ocupação do solo observado na bacia hidrográfica em questão. O processo inverso também pôde ser observado na mesma bacia hidrográfica, em trecho onde a estabilização do nível de desmatamento e ocupação, e adoção posterior de medidas de conservação contribuíram para a redução do aporte de material e transporte de carga suspensa entre 1977 até 2007 (Grizio-Orita & Souza Filho, 2014). No município de Cáceres-MT, por outro lado, o processo erosivo das margens foi responsável pela elevada deposição de sedimentos no canal entre 1984 e 2003, justificando a atividade de dragagem para manter a navegabilidade do trecho. Neste período o segmento estudado apresentou taxa de deposição no valor de $363,62 \text{ m}^2 \cdot 10^3/\text{ano}$. Neste caso, a velocidade da água é fator determinante para a capacidade de erosão e transporte de sedimento, que por sua vez é influenciado pela

declividade do leito. A deposição ocorre em situações de menor energia hidrodinâmica (Silva *et al*, 2011).

No caso do Rio Tietê, em São Paulo, a influência da região metropolitana sobre o processo de sedimentação e qualidade ambiental se estende pela hidrovia, contribuindo para a contaminação e assoreamento de trechos a jusante do local de lançamento, agravada pela baixa energia hidrodinâmica encontrada. Desta forma, conclui Campos (2012) que a maior parte da contaminação que atinge os sedimentos é originada a partir do reservatório de Pirapora, e em sua passagem pela região metropolitana recebe aporte de efluentes domésticos e industriais, sendo que a contaminação encontrada no trecho do Médio Tietê, no Reservatório de Barra Bonita é provavelmente resultado da contaminação originada na região metropolitana, que em grande parte acaba sendo depositada neste trecho seguinte do canal (Campos, 2012). Em estudo ambiental realizado para licenciamento de obra de dragagem no Canal de Anhembi-SP, trecho da Hidrovia Tietê próximo a reservatório de Barra Bonita (DH, 2019) indicou o aumento em 71% do nível de assoreamento entre os anos de 2012 e 2016 (DH, 2019).

Já na Região Metropolitana a necessidade constante de dragagem do canal do Tietê tem encontrado dificuldades crescentes em relação a indicação de áreas para disposição, em função do crescimento urbano da cidade e sua ocupação, e da qualidade dos sedimentos (Lima, 2008). Tal condição motivou estudos para viabilidade do aproveitamento econômico do material dragado. Segundo a Campos (2012), fatores envolvendo o uso e ocupação do solo, como aumento populacional, a crescente demanda por água, impermeabilização e erosão do solo, desmatamento, o lançamento de efluentes domésticos e industriais guardam relação direta com a qualidade das águas superficiais do Rio Tietê. Importante observar que embora os níveis de contaminação sejam críticos, indicadores apontam para a melhora recente nos índices de concentração.

As estimativas para aporte de material no Canal do Tietê são da ordem de 1,34 a 1,36 milhão m^3/ano (Lima, 2008). Tais valores calculados de aporte são médias gerais, ordens de grandeza. A Tabela 5 aponta para valores bastante superiores para sedimentação nos canais dos Rio Pinheiros e Tietê no trecho em área urbana quando comparados ao trecho a próximo ao reservatório de Barra Bonita,

com características rurais. A diferença encontra-se na ordem de 15 vezes se comparado ao valor apresentado pelo canal de Pinheiros. A presença de tipos de cobertura identificadas pela atividade rural, conforme indica a tabela 6, podem contribuir para menores taxas de aporte de sedimento proveniente do entorno imediato do canal.

Tabela 5 – Aporte terrestre de sedimentos

Rio Trecho	Ext (km)	Volume (m ³ /ano) x 10 ⁶	Aporte (m ³ /ano .km)	Referência
Rio Tietê São Paulo	24,5	1,34-1,36	55.000	LIMA (2008) GIUDICE (2018)
Rio Pinheiros São Paulo	25	1,5	60.000	COSTA (2013) GIUDICE (2018)
Rio Tietê Anhembi	17	0,258 (2012) 0,533 (2016)	4.000	DH (2019)

Legenda: Ext (Extensão)

Tabela 6 – Material removido por tipo de cobertura vegetal

Tipo de Cobertura Vegetal	Quantidade de material removido (kg/ha/ano)
Mata virgem	1~4
Mata Explorada	220
Pastagem	4.000
Algodão	24.800
Mamona	41.500
Feijão	38.100
Mandioca	33.900
Ameijoim	26.700
Arroz	25.100
Soja	20.100
Cana	12.400
Café	20.000
Milho	18.000
Outras culturas	15.000

Fonte: Teixeira (2006); Alfredini & Arasaki (2014)

A sedimentologia pode ser utilizada com técnicas (e tecnologias) similares às utilizadas em hidrometria (medições de vazão e níveis de rio), de forma a caracterizar aportes de sedimento. Bandeira *et al.* (2007) aborda uso de técnicas de traçadores artificiais e sondas nucleares para metrificação de valores de sedimentos transportados no leito do corpo d'água e em suspensão, caracterizando a densidade volumétrica desses sedimentos (dados úteis para, por exemplo, caracterização de lama fluida). Na hipótese de soluções apresentadas por Bandeira *et al.* (2007) serem usadas de forma automatizada e telemetrizada, o controle do aporte de sedimentos nos rios permitiria uma revolução de planejamento no uso dos recursos hídricos.

Outro fator importante a ser considerado é a importância da sazonalidade para os resultados de qualidade dos sedimentos, conforme é demonstrado por Flauzino (2014) em estudo realizado no reservatório das usinas hidrelétricas de Nova Ponte e Miranda-MG. Na ocasião, o autor indicou o aumento das concentrações de metais pesados durante o período chuvoso.

O sucesso dos projetos de dragagem, tendo em vista a solução de disposição do material dragado, prescinde assim do monitoramento das alterações de uso e cobertura da terra, nas bacias hidrográficas de interesse, e da gestão ambiental adequada envolvendo a presença destas atividades. A manutenção e a expansão da navegação hidroviária no Brasil devem, portanto, considerar uma agenda ambiental ampla, integrada e estratégica caso queira se apresentar como alternativa para o desenvolvimento econômico do país.

4. Meio Ambiente

Conforme descrito por Amaral (2014), para se realizar a disposição de sedimento dragado no próprio rio, em locais profundos, o material não deve ter presença significativa de contaminantes, que ultrapassem os padrões estabelecidos pelas legislações vigentes. Além disso, o fato do material dragado não ser consolidado, tem-se que, devido aos fenômenos hidrodinâmicos, o mesmo seria naturalmente transportado para essas possíveis áreas de disposição.

Em consonância com o exposto, Marcela & Claudio (2011), que analisaram o caso da Via Navegável Troncal, Seções Santa Fé – Oceano e Santa Fé - Confluência, na Argentina, consideraram o descarte do material dragado no próprio rio uma contribuição importante por não afetar consideravelmente o comportamento fluvial, no sentido de que os sedimentos dragados são componentes do próprio rio e integram o sistema fluvial cujo regime hidrodinâmico, por sua vez, define a composição e características do material. Em contrapartida, Waydzik *et al.* (2018) defende que o processo de deposição do material dragado no próprio rio pode provocar o soterramento de organismos bentônicos e a alteração das características dos habitats de fundo, como a introdução de sedimentos de granulometria fina e grossa, e com aumento na carga de nutrientes. Já, para se realizar a disposição do material dragado em terra, deve-se ter atenção na escolha dos locais, principalmente dos que apresentam zonas úmidas, pois esses ecossistemas tendem a ter maior

sensibilidade, além de usualmente apresentarem espécies ameaçadas de extinção, principalmente aviárias e aquáticas. Entretanto, a disposição em terra, normalmente, é realizada em áreas pequenas onde o impacto sob as espécies nativas é reduzido (Amaral, 2014).

Esse tipo de disposição, que é realizado por meio do recalque direto da embarcação de dragagem (draga de sucção e recalque) ou por sistema mecânico (escavadeiras ou guindastes clamshell embarcados), também é utilizada para o confinamento de sedimentos que possuem suas características químicas e/ou ecotoxicológicas em desacordo com a legislação vigente, pois os possíveis impactos gerados pela disposição em solo são mais facilmente controláveis (Hermanns, 2017). Conforme estudo de Zhang *et al.* (2014) citado por Hermanns (2017), o material proveniente da dragagem pode ter diversos tipos de destinação, variando desde o armazenamento para posterior utilização, até da disposição final por meio do descarregamento direto no leito do corpo hídrico ou em áreas geralmente próximas, através de barcas ou tubulações de recalque.

Lima (2008), em seu estudo Dragagem, Transporte e Disposição Final de Sedimentos de Leito de Rio, Estudo de Caso: Calha do rio Tietê – Fase II, foi mais detalhista e descreveu os seguintes métodos de gerenciamento de material dragado: (i) Disposição em corpos hídricos abertos; (ii) Disposição em solo; (iii) Disposição em locais confinados; (iv) Tratamento; (v) Uso Benéfico.

No Brasil, o método de disposição mais utilizado é o despejo em áreas situadas no próprio corpo hídrico, após dragagem mecânica ou hidráulica. No entanto, qualquer tipo de descarte deve ser previamente licenciado ambientalmente, pois a forma de disposição varia de acordo com a qualidade do material dragado (Hermanns, 2017).

A exemplo disso, tem-se o Estudo Ambiental para a dragagem de manutenção da hidrovia do rio São Francisco, trecho Pirapora/MG – Juazeiro/BA, elaborado por CODOMAR (2014). Esse estudo previu a disposição do sedimento dragado por meio de tubulação de sucção e recalque em áreas afastadas do canal de navegação do rio São Francisco, contudo no leito do mesmo rio. Apesar do estudo de alternativas locais contemplar outras formas de disposição, mesmo a Resolução CONAMA Nº 454/12 sugerindo o uso benéfico, a alternativa escolhida se deu por conta da necessidade de atenuação dos processos erosivos locais, que foi demonstrada a partir das

características hidrodinâmicas após a disposição do material na própria calha do rio.

Nesse mesmo sentido, o Estudo Ambiental para Dragagens do Canal do Sangradouro e do Canal de Santa Vitória do Palmar, visando a Reativação da Hidrovia da Lagoa Mirim, elaborado por DNIT (2014), considerou a disposição do material dragado lateralmente ao canal supracitado, a uma distância mínima de 300m. Esse estudo avaliou, ainda, a possibilidade de utilização benéfica do material em obras públicas ou privadas, ou ainda em ações nas comunidades atingidas, pois os mesmos não apresentaram níveis de contaminação em desconformidade com as resoluções vigentes. Contudo, essa alternativa não foi selecionada pois foi constatado que o material não poderia ser utilizado em sua totalidade, necessitando, ainda, de alguma forma de disposição. Também foi verificado que o uso benéfico necessitaria de recursos financeiros e de infraestrutura que, possivelmente, não estariam disponíveis.

Ainda, o Estudo de Impacto Ambiental das Obras de Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins, elaborado por DNIT (2018), no que tange o gerenciamento do material dragado, previu a disposição dos sedimentos no próprio leito do rio, mesmo existindo a possibilidade de reaproveitamento benéfico dos mesmos. Essa tomada de decisão seguiu o mesmo embasamento do estudo elaborado pelo DNIT para a dragagem do Canal de Sangradouro e Canal de Santa Vitória do Palmar.

Sedimentos finos tendem a reter maiores concentrações de substâncias contaminantes e nutrientes. Isso ocorre, principalmente, em áreas portuárias e em proximidades de centros urbanos. Como os contaminantes geralmente não se degradam (ou se degradam lentamente), eles podem causar impactos ambientais crônicos ou agudos, mesmo que os sedimentos não sejam frequentemente ressuspensos (Hermanns, 2017).

A dragagem do Canal do Fundão, no município do Rio de Janeiro, foi um exemplo claro de gerenciamento de material contaminado, sendo uma das primeiras obras deste tipo a ser realizada no país. Os sedimentos dragados foram dispostos em tubos geotêxteis, pois o material era contaminado com metais pesados como cromo, níquel, chumbo, cobre, mercúrio e zinco. O material dragado foi recalçado por uma tubulação até a área dos tubos geotêxteis, onde passou por uma adição de polímeros para floculação das partículas do material dragado, visando facilitar a decantação e inibir a

passagem dos contaminantes pelos poros dos tubos. Após esse processo, o material passou por um processo de desidratação (perda de água pelos poros) e os tubos geotêxteis puderam ser utilizados como base para material de aterro de cobertura (Monteiro et al., 2014).

Estudos realizados por DNIT (2014), visando o licenciamento das obras de melhoria dos Canais de Navegação de Botucatu e Conchas, situados na hidrovia Tietê, apontaram como alternativa locacional para disposição do material dragado áreas terrestres próximas aos locais de dragagem, as quais deveriam passar por um processo de impermeabilização e construção de dique. Isso porque os sedimentos desses locais apresentaram resultados desconformes com a Resolução CONAMA Nº 454/12. As áreas foram escolhidas pois apresentaram curta distância da área de dragagem, minimizando os custos da obra, bem como baixo impacto ambiental decorrente do transporte dos sedimentos.

Já, estudo realizado por Hermanns (2017), na região do Delta do Jacuí, em Porto Alegre/RS, avaliou a possibilidade de reutilização do material dragado no Rio dos Sinos. Para tanto, foram analisadas 3 amostras de sedimento que não apresentaram resultados em desconformidade com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 454/2012. Além disso, a granulometria do material se mostrou arenosa. Dessa forma, concluiu-se que o material a ser dragado poderia ser destinado de várias formas, dando prioridade ao uso benéfico para fins econômicos. O estudo foi baseado em uma análise multicritérios que indicou a possibilidade de utilização do material para infraestrutura portuária. Com isso, os custos da dragagem seriam reduzidos, assim como os impactos nas comunidades aquáticas.

O estudo elaborado por Lima (2008), que avaliou todo o processo de dragagem, transporte e destinação do material dragado do Rio Tietê, para rebaixamento da calha desse rio, constatou que o sedimento caracterizado à época como inerte (segundo a Norma ABNT NBR 10.004) foi utilizado beneficentemente para aterramento de parte da Lagoa de Carapicuíba, onde, posteriormente, fora construída uma instituição pública de ensino superior. Em contrapartida, o restante do material, caracterizado como não inerte, foi destinado para centros de disposição de resíduos sólidos.

5. Conclusão

Conclui-se que no Brasil as dragagens utilizam escassamente o uso benéfico do material dragado, destinando majoritariamente os sedimentos no próprio leito do rio, quando não ocorrem presença de contaminantes, e, quando dessa ocorrência (de contaminantes), é possível correlacionar com a ocupação próxima de margens de rios por atividades de setores produtivos (agropecuário, mineração) ou mesmo pela proximidade urbana, elevando o grau de dificuldade e custos dessa atividade.

Visto que a maioria das dragagens realizadas no Brasil são realizadas por órgão públicos, o uso benéfico do material dragado torna-se um entrave quando há a necessidade de doação desse bem público, dado que se confunde com atividade econômica e comercial de exploração de jazida (lavra). Desta forma, observa-se que os órgãos públicos não se utilizam dessa ferramenta, prevista na Resolução CONAMA, devido a dois entraves gerais: (i) conflito com o ordenamento jurídico que atende a exploração mineral e o direito de lavra no Brasil e (ii) demanda de utilização de insumos e tecnologias de confinamento ou de tratamento de sedimentos contaminados e controle da água de retorno difíceis de especificar e de gerir (no âmbito da administração pública), quanto à sua aquisição ou operação. Por isso, o uso benéfico do material dragado é mais comum no âmbito privado.

6. Referências Bibliográficas

- ALFREDINI, P.; ARASAKI, E. Engenharia portuária. Ed. Blucher. São Paulo, 2014.
- ALMEIDA, S. R. Subsídios para o gerenciamento ambiental de projetos de dragagem em portos. p. 191, 2004.
- AMARAL, M. S. Abordagem Metodológica para Avaliação Ambiental de Atividades e Empreendimentos Hidroviários. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos. Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília. Brasília/DF: 2014.
- BANDEIRA, J. V.; SALIM, L. H.; AUN, P. E. O Uso de técnicas nucleares na otimização de dragagem e nos estudos de seus impactos ambientais. 2007.

BASTOS, W. R.; LACERDA, L. D. A contaminação por mercúrio na bacia do Rio Madeira: uma breve revisão. *Revista Geochimica Brasiliensis*. Rio de Janeiro, v. 18. n. 2, p 099-114. 2004.

BLUMM, P. A. Ç. Licenciamento ambiental: o caso das usinas hidrelétricas do rio Madeira. p. 68, [s.d.]. 1997.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 22 mar. 2007. Acesso em: 26 agosto de 2021. 1997.

BRASIL. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9984.htm. Acesso em: 26 agosto de 2021. 2000.

BRASIL. RESOLUÇÃO Nº 8, DE 9 DE JUNHO DE 2020. Institui a Metodologia de Gerenciamento das Hidrovias Interiores integrantes dos Subsistema Aquaviário Federal. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-8-de-9-de-junho-de-2020-261278747>. Acesso em: 26 agosto de 2021. 2020.

CAMPOS, A. P. S. A presença de metais e compostos químicos orgânicos nas águas superficiais e nos sedimentos do Rio Tietê. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública da Universidade de São Paulo. Doutorado em Ciências. 2012.

CARBINATTO, GA; CORRADI, CE. Sedimento de dragagem: comparações de legislações vigentes. 2018

CARGILL. Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) - TUP Abaetetuba. 2018.

CASTIGLIA, M.; BARBOSA, M. Análise Geotécnica e Hidrodinâmica da Alternativa de Disposição Subaquática dos Rejeitos de Dragagem do Complexo Lagunar de Jacarepaguá - Rio de Janeiro. 2008.

CHAVES, A. P.; CASADEI, D. S.; NETO, D. D. O desassoreamento do rio tietê e o aproveitamento da areia contida nos sedimentos, [s.d.]. 1998

COMPANHIA DOCAS DO MARANHÃO – CODOMAR. Projeto executivo de Dragagem e Derrocamento do Rio Madeira em Seus Trechos Críticos, entre a cidade de Porto Velho e sua Foz no Rio Amazonas. Estudo Ambiental – Relatório Final. São Luis/MA, 1997.

COMPANHIA DOCAS DO MARANHÃO – CODOMAR. Estudo Ambiental (EA) para Obtenção da Licença de Operação para a Dragagem de Manutenção da Hidrovia do rio São Francisco, trecho Pirapora/MG – Juazeiro/BA. São Luis/MA, 2014.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES - CNT. Aspectos gerais da navegação interior no Brasil. – Brasília. (Cadernos Hidroviários CNT ; v. 1). 2019.

COSTA, S. B.; JR, Z. H. Panorama do desassoreamento nos rios tietê e pinheiros, São Paulo/SP, Brasil. p. 8, [s.d.]. 2013.

DEPARTAMENTO HIDROVIÁRIO - DH. Normas de Tráfego na Hidrovia Tietê – Paraná e seus Canais. 4ª Revisão. 2012.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT, Relatório de Controle Ambiental, dragagem do Passo do Jacaré, Hidrovia Paraguai-paraná. 2011.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. Estudo Ambiental para Dragagens do Canal do Sangradouro e do Canal de Santa Vitória do Palmar, visando a Reativação da Hidrovia da Lagoa Mirim. Lajeado/RS, 2014.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. Estudo de Impacto Ambiental para as Obras de Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins. São Paulo, 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. Edital de Licitação 0092/2016-00. Contratação de empresa especializada para execução de dragagem de Passos Críticos na Hidrovia do Madeira, nos estados do Amazonas e Rondônia. Brasília/DF. 2016

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. Edital de Licitação 377/2020-19. Contratação de empresa para execução de Serviços de Manutenção/Recuperação de ativos na Hidrovia HN950 (Rio Paraguai). Campo Grande/MS. 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. Edital de Licitação nº 199/2019. Contratação de empresa especializada para execução de serviços necessários à melhoria da infraestrutura de vias navegáveis interiores, na área de jurisdição da Bacia do Nordeste, para Desobstrução do Leito, com manutenção da profundidade (através de dragagem simples de areia em fundo de leito móvel), objetivando possibilitar condições mínimas de navegabilidade na Hidrovia do Parnaíba, na Região do Delta, no Município de Ilha Grande, no Estado do Piauí. São Luís/MA. 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. Edital de Licitação 479/2020-15. Contratação empresa para execução de serviços necessários à melhoria da infraestrutura de vias navegáveis interiores, para execução dos serviços de Desobstrução do Leito, com manutenção da profundidade (através de dragagem simples de areia em fundo de leito móvel), objetivando possibilitar condições mínimas de navegabilidade na Hidrovia do Parnaíba, na Região do Delta, no Município de Araisoses, no Estado do Maranhão. São Luís/MA.2020a.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. Hidrovias Brasileiras. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/aquaviario/hidrovias>. Atualizado em 20/05/2021 14h31. Acesso em: 26 agosto de 2021. 2021.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. Edital de Licitação Nº 0109/2021-22. Contratação da execução do plano de dragagem de manutenção aquaviária da hidrovia do Rio Madeira, compreendendo o trecho entre porto velho/RO e Manicoré/AM. Porto Velho/RO. 2021a.

Department of the Army – US Army Corps of Engineers – USACE. Great Lakes Confined Disposal Facilities. 2003.

DIAS, C. R. R.; KERSTNER, V. W. T. Estudo Geotécnico do solo formado em bacia de despejo de rejeitos de dragagem em Rio Grande. p. 21, [s.d.]. 2004.

FLAUZINO, F. S. Qualidade da Água e dos Sedimentos nos Reservatórios das Usinas

Hidrelétricas de Nova Ponte e Miranda – Minas Gerais. Tese de Doutorado em apresentada ao Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. Doutorado em Geografia. Uberlândia, 2014.

GIUDICE, S. L.; MENDES, J. A. R.; MOREIRA, J. B. Aspectos operacionais do desassoreamento do rio tietê em são Paulo, Brasil. p. 2, 2018.

GRIZIO-ORITA, E. V; SOUZA FILHO, E. E. Evolução no Transporte de Sedimentos do Rio Paraguai Superior. Revista Geonorte. Manaus, v. 10. n. 1, p 303-308, 2014.

HERMANN, L. Estratégias Ambientais para Utilização de Material de Dragagem. Tese de Doutorado apresentada como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Ciências. Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2017.

INSTITUTO DE ENGENHARIA. Diálogos Hidroviáveis, In: 2º Simpósio de Navegação Interior & Desenvolvimento Regional. 2020

LABOYRIE, H.P. Environmental Guidelines for Aquatic, Nearshore and Upland Confined Disposal Facilities for Contaminated Dredged Material; Dredging '02: Key Technologies for Global Prosperity. Proceedings of 3rd Specialty Conference on Dredging and Dredged Material Disposal. Internation Navigation Association - PIANC, Brussel, pp. 13. 2004.

LIMA, L. R. S. Dragagem, Transporte e Disposição Final de Sedimentos de Leito de Rio, Estudo de Caso: Calha do rio Tietê – Fase II. Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Mestrado em Engenharia. São Paulo, 2008.

MAPBIOMAS ÁGUA. Disponível em: <https://plataforma.agua.mapbiomas.org/map>. Acesso em: 25 mar. 2021. 2021.

MAPBIOMAS, ÁGUA. A dinâmica da superfície de água no território brasileiro. 2021. Acesso em 23/08/2021:

<https://plataforma.agua.mapbiomas.org/map/-16.711672/-32.878655/2.7/country/0/biome/water/1985/2020>. 2021

MARCELA, D.; CLAUDIO, D. Plan de Gestión Ambiental de la Vía Navegable Troncal: Secciones Santa Fe – Océano y Santa Fe – Confluencia. V Congreso Iberoamericano sobre Desarrollo y Ambiente de REDIBEC. Santa Fe – Argentina, 2011.

MONTEIRO, A. M. Estudo das técnicas de disposição de sedimentos contaminados de dragagem. 2010.

MONTEIRO, A. M.; AMORIM, J. C. C.; MARQUES, M. E. S. Disposição de Sedimentos Contaminados de Dragagem em Tubos Geotêxteis. Pós-Graduação em Engenharia de Transportes. Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2014.

PEREIRA, F. C. DE S. Análise da disposição do material dragado no Canal do Fundão e no Canal do Cunha Rio de Janeiro/RJ. 29 jun. 2012.

POMPERMAYER, F. M. Hidrovias no Brasil: Perspectiva Histórica, Custos e Institucionalidade. p. 59, [s.d.]. 2014.

RODRIGUES, J. C.; RODRIGUES, J. C.; CASTRO, E. M. R. DE. WATERWAYS TRANSPORTATION, PORTS AND INLAND TERMINALS AT BRAZILIAN AMAZON: an analysis of their roles in public policy territorial/Transporte Hidroviario, Portos e Terminais Interiores na Amazonia Brasileira: Uma análise sobre seus papeis na política pública territorial. Geo Uerj, n. 25, p. 115–138, 1 jan. 2014.

SANTOS, M. V.; DUARTE, M. L.; SILVA, T. A.; COSTA, H. S.; VAZ, M. A. B. Morfologia fluvial e dinâmica de sedimentos: análise dos efeitos a jusante do complexo hidrelétrico do rio Madeira. Revista Confins. n. 46. 2020. Disponível em <journals.openedition.org/confins> Acesso 22 ago 2021.

SÃO PAULO. Secretaria Estadual de Logística e Transportes. Departamento Hidroviário – DH. Relatório Ambiental Preliminar (RAP) da Execução de Obras de melhoria no Canal de navegação de Botucatu, entre os Km 45 ao 72, no reservatório da UHE Barra Bonita – SP. São Paulo/SP, 2014a.

SÃO PAULO. Secretaria Estadual de Logística e Transportes. Departamento Hidroviário – DH. Relatório Ambiental Preliminar (RAP) da Execução de Obras de melhoria do Canal de navegação da Hidrovia Tietê - Paraná (HTP), entre o km 89 e o km

110, no reservatório da UHE Barra Bonita – SP. São Paulo/SP, 2014b.

SÃO PAULO. Secretaria Estadual de Logística e Transportes. Departamento Hidroviário – DH. Relatório Ambiental Preliminar (RAP) da derrocagem para aprofundamento do Canal de navegação da Hidrovia Tietê-Paraná, entre os km 126,5 ao 135,8 a jusante a eclusa de Nova Avanhandava no Reservatório de Aproveitamento Múltiplo de Três Irmãos. São Paulo/SP, 2014c.

SÃO PAULO. Secretaria Estadual de Logística e Transportes. Departamento Hidroviário – DH. Estudos Ambientais e Elaboração de Projeto para Dragagem de Manutenção entre os km 74 e 89 da Rota de Navegação no Rio Tietê do Reservatório de Barra Bonita – Relatório Ambiental Preliminar. Barueri/SP, 2012.

SCHETTINI, C. Caracterização Física do Estuário do Rio Itajaí-açu, SC. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n. 1, p. 123–142, 2002.

SILVA, A.; SOUZA, E. E. S.; NEVES, S. M. A. S. Erosão e sedimentação no Rio Paraguai no município de Cáceres (MT). Revista Brasileira de Geociências. V. 41. N. 1, p. 76-84. 2011.

SILVEIRA, A. E. F. Índice de risco para gestão de dragagem em ambientes costeiros: estudo de caso da Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil. 2016.

SOUZA, C. A. S.; SOUZA, J. B.; LEANDRO, G. R. S.; SILVA, L. A.; SANTANA, M.; SANTOS, M. Sedimentação no Rio Paraguai e no baixo curso dos tributários Sepotuba, Cabaçal e Jauru, Mato Grosso, Brasil. Observatório Geográfico da América Latina. 2014. em Disponível em <<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/>> Acesso 22 ago 2021.

TEIXEIRA, C. A. N.; ROCIO, M. A. R.; MENDES, A. P. A.; OLIVEIRA, L. A. S. Navegação interior brasileira. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n.47 , p. [437]-482, mar. 2018..

TEIXEIRA, L dos Santos; DIAS, CRR. Estudo das propriedades químicas dos rejeitos de dragagem para utilização como solo fabricado para fins agrícolas. 2009

TEIXEIRA, M. D. M. Influência dos Parâmetros Geomorfológicos e Hidráulicos na Navegabilidade Fluvial. p. 200, [s.d.]. 2006.

VAN KONINGSVELD, M.; VERHEIJ, H.J., TANEJA, P.; DE VRIEND, H.J.. \Ports and Waterways { Navigating the changing world". Delft University of Technology, Hydraulic engineering, Ports and Waterways, Delft, The Netherlands. Revision no. 1284 logged at 2021-08-12 16:52. 2021.

WASSERMAN, J. C.; BARROS, S. R. S. Monitoramento de serviços de dragagem utilizando o CDF como procedimento de destinação final de sedimentos contaminados. p. 4, 2010.

WAYDZIK, F. A.; RATTON E.; NETO D. N.; CORREIA R. Metodologia para Valoração de Impactos Ambientais de Serviços de Dragagem - Estudo de caso para a Hidrovia do Rio Paraguai. IV CIDESPORT – Congresso Internacional de Desempenho Portuário. Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental. Florianópolis, v. 7, n. 1, p. 59-78. 2018.