

CAPÍTULO 6: ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS E LOCACIONAIS

CAPÍTULO 6: ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS E LOCACIONAIS

6.1 A ALTERNATIVA DE NÃO REALIZAR O APROFUNDAMENTO DO CANAL DE NAVEGAÇÃO DA CODESP

O Porto de Santos é o maior porto do país, em 2006 foi considerado pela publicação inglesa Container Management, o 34º porto do mundo em movimentação de contêineres, em uma lista de 120 portos, tendo subido cinco posições em relação ao ano anterior (2005). Em 2006 este Porto ultrapassou em movimentação de contêineres os portos de Kobe e Osaka (Japão), Salalah (Oman), Oakland e Seattle (EUA), Havre (França), e Keelung (Taiwan).

Este Porto desempenha um papel fundamental na economia brasileira. Por ali passa mais de 27% do valor do comércio exterior brasileiro (importações + exportações). Após Santos, o segundo maior porto brasileiro em termos de valor movimentado em comércio exterior é o de Vitória, com pouco mais de 7% do total de exportações e importações do país.

Em termos de tonelagem de carga movimentada Santos é o terceiro porto do País movimentando menos carga apenas que os portos de Tubarão e Itaquí. Assim em 2005 enquanto Santos movimentou 72 milhões de toneladas, esses portos movimentaram respectivamente 98 e 86 milhões de toneladas. Entretanto, ambos os portos são praticamente voltados à exportação de minério de ferro, respectivamente 93,8% e 71,5% das exportações que realizaram naquele ano, sendo esse produto de alto peso e baixo valor agregado, enquanto Santos caracteriza-se por uma grande diversidade de produtos exportados, como por exemplo, aquelas abaixo exportadas por empresas do Estado de São Paulo.

Tabela 6.1-1: Valor das Exportações dos Principais Produtos Exportados pelo Estado de São Paulo em 2006 e sua Evolução em relação a 2005

Principais Produtos	Valor (em Milhões de US\$)	2006/2005
Açúcar de cana bruto	2.564	+30,4
Outros aviões e veículos aéreos	2.337	+29,5
Outros açucares de cana, beterraba e sacarose	1.860	+49,0
Terminais portáteis de telefonia celular	1.737	+77
Automóveis com motor à explosão, 1500	1.327	+0,4
Álcool etílico não desnaturado	1.065	+117,3
Carnes desossadas de bovino congeladas	1.031	+4,9
Sucos de laranja, congelados, não fermentados	971	+28,6

Principais Produtos	Valor (em Milhões de US\$)	2006/2005
Outros aviões a turbojato	777	-38,4
Outras gasolinas	700	+18,8
Tratores rodoviários para semireboque	613	+18,6
Outras partes e acessórios para tratores e veículos	591	+14,8
Automóveis com motor à explosão 1000	549	83,3
Preparações alimentícias e conservas	526	23,4
Chassis c/ motor para veículos	513	+4,4
Total principais produtos	31.762	+30,4
Total exportações São Paulo	45.929	+20,8

Fonte: Portal do Governo do Estado de São Paulo.

Ano após ano o Porto de Santos aumenta sua movimentação de carga. Assim nos últimos quatro anos, enquanto o PIB brasileiro aumentou em 13,9%, o Porto de Santos aumentou sua movimentação de carga em mais de 40%.

Nos últimos anos o Porto de Santos vem inclusive superando uma dificuldade crônica dos portos brasileiros, qual seja a baixa produtividade. Assim, enquanto em 1992, esse Porto movimentava 11 contêineres/hora, em 2005 o terminal TECON (Santos Brasil) alcançou 28,2 contêineres movimentados/hora.

Santos movimenta cargas de praticamente todos os estados brasileiros, sendo sua hinterlândia principal constituída pelos estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. Estes estados representam 48% do PIB brasileiro e são responsáveis por 50% das exportações do país.

Apesar de todos estes indicadores positivos, como se verá mais detalhadamente no capítulo de diagnóstico, representantes de usuários do Porto de Santos, como, por exemplo, a FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo e o SINDAMAR – Sindicato dos Armadores realçam a questão operacional de navios de maior calado nesse Porto, os quais não podem operar a plena carga ou tem que esperar condições de maré para zarparem, encarecendo os fretes e levando inclusive ao pagamento de multas por atraso na partida dos navios.

O dado anterior é confirmado pela CODESP, segundo a qual em 2006, apenas a título de exemplo, de 279 navios que utilizaram os armazéns 38 e 39, o chamado “corredor de exportação”, 155 navios tiveram problemas com calado.

Por seu turno a indústria de construção naval vem lançando ao mar navios de carga cada vez maiores, informando o Centro de Estudos em Gestão Naval da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, que em termos mundiais a maior taxa de crescimento da construção de navios deu-se no segmento daqueles maiores que 320.000 toneladas.

Este aquecimento do segmento de construção de navios de grande porte pode ser em grande parte explicado pela reforma do Canal do Panamá, que gerou a construção de navios da classe pos panamax, impossíveis de serem operados a plena carga nas condições atuais de profundidade do Porto de Santos.

Outro fator que explica esta tendência de construção de navios de grande porte é a redução do custo de frete que esses representam. Assim enquanto um navio com capacidade para transportar 1200 TEU's tem um custo diário de US\$ 16,6/TEU, (Twenty Feet Equivalent Unit - unidade utilizada para conversão da capacidade dos contêineres de diversos tamanhos ao padrão ISO de 20 pés) um navio com capacidade de 6.500 TEU's tem um custo diário de US\$ 7,5/TEU.

Assim o problema operacional relativo ao calado das embarcações que hoje se verifica no Porto de Santos tenderá a tornar-se mais agudo com a substituição paulatina da frota atual por navios de maior porte, construídos conforme a tendência mais recente.

O aumento das dificuldades operacionais do Porto de Santos, caso não seja realizada a obra objeto deste EIA/RIMA, fará aumentar o chamado "custo Brasil", uma vez que haverá um aumento do custo do frete. Esse aumento de custos prejudicará não só a hinterlândia principal deste Porto, mas o conjunto do país, uma vez que essa hinterlândia representa quase 50% das exportações brasileiras.

Por seu turno imaginar que outros portos do País poderiam absorver a carga que seria desviada de Santos, é uma hipótese a ser vista com muito cuidado, porque também faria aumentar os custos de frete, bastando para chegar a esta conclusão considerar que o principal usuário do Porto é o Próprio estado de São Paulo. Se os produtos exportados ou importados por São Paulo, tivessem que ser deslocados para outros portos ou dali viessem, isto com certeza faria aumentar custos de frete, uma vez que à exceção do Vale do Paraíba, o Porto de Santos é o mais próximo para qualquer outra região do Estado de São Paulo.

Para pensar as conseqüências da não realização do empreendimento, deve-se considerar também que a adaptação de outros portos brasileiros para absorver cargas desviadas do Porto de Santos, também será bastante custosa para o Poder Público, uma vez que esse terá que adaptar a infraestrutura dos mesmos para receber este movimento adicional, dado que nenhum porto do país tem infraestrutura (numero de berços, áreas de armazenamentos, estradas de movimentação interna, rede de dutos, área de tancagem, etc.) comparável com aquela do Porto de Santos.

Além dos custos de adaptação dos portos mencionados acima, deve-se ainda considerar os investimentos que deveriam ser feitos no sistema de transportes para que as cargas possam ser movimentadas até seu destino, ou seja, para o porto ou a partir do porto, considerando que 88% da carga movimentada em Santos, o é por via rodoviária.

Outra questão a ser pensada são os impactos ambientais que seriam causados para a realização da ampliação necessária para que outros portos passem a absorver cargas destinadas a Santos, inclusive obras de aprofundamento desses portos, ampliação desses, ampliação de estradas para absorver o aumento de tráfego, etc.

Outro aspecto que não pode deixar de ser mencionado quando se discute a não realização deste empreendimento, são as conseqüências sociais, que isso acarretaria principalmente para a cidade de Santos, onde é responsável por 8,5% do emprego na cidade e as famílias cujo provento está associado à atividade portuária tem respectivamente a primeira e segunda maiores rendas familiares da cidade. O OGMO – Órgão Gestor de Mão de Obra do Porto de Santos tem cadastrados mais de 8000 trabalhadores, dos quais cerca de 80% residentes em Santos e Guarujá. Estudos mostram que há uma correlação positiva entre a massa de salários pagos pelo Porto e o valor adicionado daquele Município.

Assim, a não realização do empreendimento traria em médio prazo conseqüências graves para a economia brasileira, uma vez que aumentaria o custo Brasil e faria exigir investimentos maciços para adaptar outros portos às condições de absorver a carga que seria desviada de Santos.

Do ponto de vista social a não realização do empreendimento traria também em médio prazo sérias conseqüências para Santos e Guarujá, na medida em que significativa parcela dos empregos nesses municípios está associada à direta ou indiretamente à atividade portuária.

Assim, a hipótese de não realização do empreendimento apresenta-se como altamente indesejada, pelas conseqüências danosas que acarretaria para a economia brasileira, fazendo aumentar o “custo Brasil” e para as cidades de Santos e Guarujá, que tem na atividade portuária importante fonte de emprego.

6.2 ALTERNATIVAS DE PROJETO DE DRAGAGEM

Com base nos resultados e avaliações de dados pretéritos, de levantamentos geológicos básicos e cálculos volumétricos foi realizado um estudo de alternativas de projeto de infra-estrutura aquaviária para a dragagem de aprofundamento do Porto de Santos. À época o estudo preocupou-se em analisar o canal de navegação conforme a situação de assoreamento que se encontrava independentemente de sua cota de projeto (cota -14m da Barra a Fortaleza -13m da Fortaleza até a Torre Grande e -12m da Torre Grande à Alamoia).

O estudo completo, apresentado em anexo ao presente EIA e denominado “*Relatório INPH no 018/2007 – Projeto Geométrico da Infra-Estrutura Aquaviária ao Porto de Santos (SP)*”, contém os desenhos com os projetos geométricos de dragagem, referentes a duas alternativas:

- Alternativas A - para um canal de 220m de largura e
- Alternativa B - para um canal de 250m de largura.

Para estas duas alternativas os volumes calculados partiram da batimetria realizada e não da cota de projeto.

Também foram avaliadas as alternativas de diferentes cotas de aprofundamento ao longo do canal de navegação em combinação às alternativas de largura de canal, totalizando 7 cenários de projeto (ver Tabelas 2 e 3 do item 14.8 do Relatório INPH no 018/2007 – Projeto Geométrico da Infra-Estrutura Aquaviária ao Porto de Santos (SP) constante de anexo a este EIA).

As diferenças entre as alternativas de projeto refletem, principalmente, nos volumes a serem dragados e, conseqüentemente, no cronograma e custos de projeto sem considerar que parte dos

sedimentos seriam dragados durante as atividades de manutenção do canal que é objeto de Licença de Operação emitida pela Secretaria de Meio Ambiente do estado de São Paulo.

A alternativa de projeto, dentre as estudadas, considerada mais adequada e tecnicamente viável para a atual conjuntura do Porto de Santos é aquela apresentada nos Capítulos de Caracterização do Empreendimento (Capítulos 4 e 5). Esta alternativa corresponde a um canal de largura média de 220m em toda a extensão e a uma cota de dragagem de -15m de profundidade também em toda a extensão do canal o que corresponde a uma estimativa de volume de dragagem de 12.000.000m³, incluindo o canal de navegação e os berços de atracação.

O dimensionamento proposto para o cenário futuro do canal de navegação permite o acesso de navios Post Panamax Contêineres de 13,5 metros de calado e sem auxílio da maré.

6.3 ALTERNATIVAS DE EQUIPAMENTOS DE DRAGAGEM

A atividade de dragagem consiste na escavação e remoção (retirada, transporte e deposição) de solo, rochas decompostas ou desmontadas (por derrocamento) submersos em qualquer profundidade e por meio de variados tipos de equipamentos (mecânicos ou hidráulicos) em mares, estuários e rios (Alfredini, 2005).

A seguir, são analisados os diversos tipos de dragagem e de equipamentos, nas situações onde os sedimentos a serem retirados apresentam qualidade adequada para o lançamento em águas marinhas, segundo as premissas legais, e quando há a necessidade de disposição especial.

Toda e qualquer alternativa de dragagem, transporte e disposição final de sedimentos contaminados envolve riscos e impactos ambientais de maior ou menor relevância para os meios físico, biótico e sócio-econômico. Todos esses efeitos podem, no entanto, ser previstos e quantificados, e, em sua grande maioria, perfeitamente mitigados.

A ação ativa, ou seja, de dragar, é revestida de uma maior capacidade de resposta mitigadora porque é movida pela necessidade imediata de garantir as condições de navegabilidade do canal de navegação e bacias de evolução do porto organizado de Santos; em termos econômicos e de segurança.

Ambientalmente, a dragagem e as alternativas de disposição a serem implementadas também serão de grande importância, pelos impactos positivos causados, tais como a geração de empregos diretos e indiretos; aumento da arrecadação de tributos municipais e a retirada de material contaminado do leito do estuário.

A remoção, transporte e disposição final de sedimentos dragados são os componentes principais do processo de dragagem, e envolve a escavação dos sedimentos por método mecânico ou hidráulico, e seu transporte do local de dragagem até a área de disposição final. Todo esse processo pode envolver a interação de vários equipamentos como dragas, barcas ou dutovias – denominadas, nesse caso, linhas de recalque para transporte até o local de disposição final. Também podem ser utilizados navios que acoplam equipamentos de dragagem e barcas ou cisternas para o armazenamento do material dragado, transportando o mesmo até o local de disposição final.

A disposição final pode ser no mar aberto, em sistemas estuarinos ou terra firme. A escolha das alternativas de equipamentos e dos locais de disposição final envolve uma grande variedade de fatores relacionados com o processo de dragagem, incluindo a aceitabilidade ambiental, viabilidade técnica e viabilidade econômica, devendo, necessariamente, atender a esses três aspectos.

Deve haver ampla compatibilidade entre a dragagem do sedimento, seu transporte e disposição final, e a proteção que se quer oferecer aos ambientes que poderão sofrer os efeitos desses processos.

A dragagem de sedimentos contaminados, em particular, requer cuidados especiais, pois as diversas etapas do processo implicam em perda de sedimentos, em menor ou maior quantidade, em função da tecnologia adotada. Esses volumes de sedimentos serão dispersos pela coluna d'água, ficando sujeitos às marés, correntezas, ventos e turbulências provocadas pela passagem de embarcações.

De acordo com o processo de remoção dos sedimentos, as dragas podem ser classificadas em hidráulicas e mecânicas. Entre os equipamentos hidráulicos, estão as dragas do tipo *hopper*, *cutterheads*, *dustpans*, *sidecasters*, etc. Entre os equipamentos mecânicos incluem-se as do tipo *clamshell*, *dipper*, *ladder* e etc. Nos EUA, as dragas hidráulicas respondem por aproximadamente 95% das atividades de dragagem, operando principalmente com sedimentos não contaminados.

Os equipamentos hidráulicos removem os sedimentos na forma pastosa com grande quantidade de água, geralmente numa proporção água – sólido de 4:1. Já as dragas mecânicas removem o sedimento numa forma menos aquosa, conseguindo-se mistura com 25% de água por meio da exclusão do líquido intersticial.

A escolha do tipo de draga a ser utilizado depende de vários fatores, tais como as características físicas do material a ser dragado; quantidade; profundidade da dragagem; distância entre a área de dragagem e a de disposição final; características do ambiente a ser dragado e do que receberá o material dragado; níveis de contaminantes no material; métodos de disposição final; urgência dos trabalhos a ser realizados; tipos de equipamentos disponíveis e, finalmente, os custos envolvidos.

Se o processo de escavação tende a ressuspender sedimentos que eventualmente estejam contaminados e, com isso, provocar a dispersão dos mesmos e sua mobilização para locais afastados do sítio de dragagem, o mesmo pode acontecer com a disposição final, essas duas etapas serão as mais sensíveis e de maior potencial de impacto ambiental.

Para que uma dragagem seja considerada ambientalmente viável, a mesma deve atender às seguintes condições:

- Mínima dispersão de sedimentos contaminados, nas áreas externas ao sítio de dragagem;
- Manejo, tratamento e disposição final do material dragado realizadas de maneira ambientalmente segura, e sem riscos à saúde pública;

- Operação realizada no menor tempo possível, obtendo-se a máxima remoção de sedimentos contaminados e a mínima remoção de água e sedimentos não contaminados.

Os métodos de dragagem disponíveis, no panorama tecnológico atual, podem ser agrupados em quatro grandes famílias:

- Dragagem hidráulica
- Dragagem mecânica
- Dragagem hidromecânica ambiental
- Dragagem pneumática

Dentro dessas famílias, uma nova classificação pode ser adotada, com base no tipo de propulsão utilizado durante as fases de escavação e de transporte ou ambas, tendo-se então:

- Dragas autopropelidas (dotadas de motores e propulsão própria)
- Dragas não autopropelidas (dragas que dependem de rebocadores para a locomoção)

A produtividade de cada método varia em função das características do local e do material a ser dragado, da coluna d'água e profundidade de dragagem, da distância do ponto de descarga, das condições de tempo e do mar e da intensidade do tráfego de navios.

6.3.1 Dragagem hidráulica

A dragagem hidráulica é a tecnologia mais conhecida e empregada no Brasil, tendo sido utilizada em todas as dragagens anteriormente realizadas estuário de Santos. Existe, no mercado brasileiro de dragagem, uma série de navios e barcaças, das mais diversas dimensões e capacidades, aptos para realizar o trabalho. Com a abertura do mercado para as empresas estrangeiras, o contingente à disposição para a realização de trabalhos com os mais diversos graus de dificuldade se ampliou de forma significativa.

As maiores embarcações disponíveis no mercado brasileiro têm cisternas de até 5.600m³, atingindo profundidades de sucção de até 32m. As maiores embarcações têm velocidade média de deslocamento de 12 a 13 nós, enquanto as menores em torno de 9 nós. O processo de descarga do sedimento pode ser por abertura do casco, abertura de válvulas abaixo da quilha ou descarga do material no leito do mar através do próprio tubo de sucção.

A dragagem hidráulica envolve um tempo de mobilização para o início de operação bastante curto. Apresenta alta capacidade e rendimento operacional, porém requer infra-estrutura elevada.

Este tipo de dragagem utiliza bombas centrífugas para produzir força para escavar (com ou sem cortadores mecânicos) e para o transporte hidráulico, por meio de tubulação, até a superfície, e daí até o ponto de disposição final ou as barcaças que farão o transporte.

Os dois tipos primários de dragas hidráulicas são:

- *Pipeline dredges* (hidromecânica)
- *Self propelled hopper dredges*

6.3.1.1 Pipeline dredges

Dentre as vantagens das *Cutterhead pipeline dredges* estão a habilidade de escavar a maioria dos materiais, bombear diretamente para o ponto de descarga, dragar continuamente e retirar alguns tipos de rochas sem explosão. Apresenta, contudo, limitada capacidade de trabalho em más condições de tempo e tem dificuldades em trabalhar com areia em locais com velocidades mais rápidas de correntes. Além disso, a presença de entulhos no sedimento (tronco de árvores, pedaços de embarcações naufragadas, lixo e etc.) reduz em muito a eficiência de remoção. A maioria das *Cutterhead pipeline dredges* não é autopropelida.

A tubulação que exige pode se tornar um sério fator de obstrução à navegação local e é limitada pela distância entre a dragagem e o local de disposição. Distâncias muito longas (acima de 2km) exigem a instalação de plataformas com bombas intermediárias para que o fluxo da linha de recalque seja mantido dentro de condições operáveis.

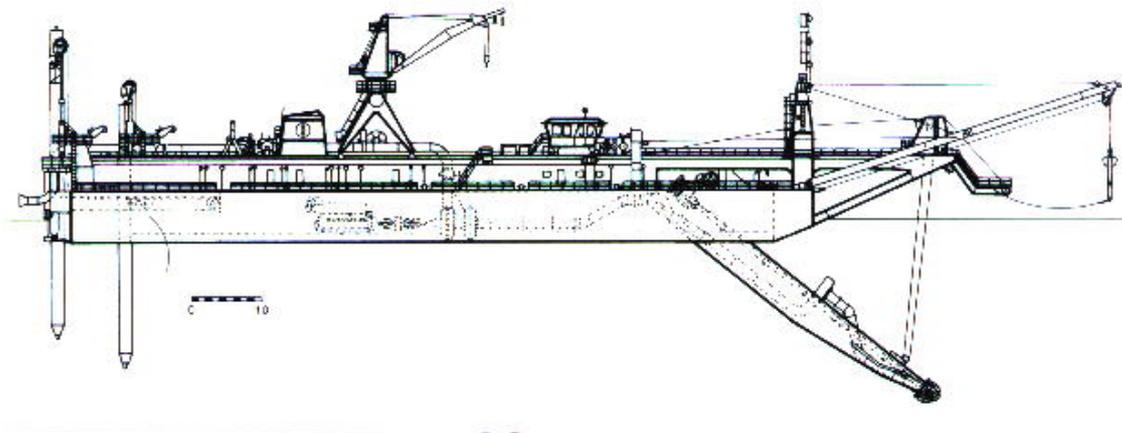


Figura 6.3.1.1-1 Desenho esquemático de uma draga a de sucção e recalque com cabeça do tipo giratória e cortante.

6.3.1.2 Dragas auto-propelidas do tipo Hopper (Self propelled Hopper dredges)

Podem operar em condições de mar batido, com a vantagem de se moverem prontamente ao local de trabalho por seus próprios meios (auto-propelidas). A sua operação não interfere com o tráfego marítimo e o trabalho progride rapidamente. São especialmente vantajosas se o projeto envolver o transporte do material dragado a longas distâncias pois transportam o material dentro de cisternas que podem variar de capacidade dependendo do porte da embarcação. Apresentam limitações para trabalho em águas profundas devido a extensão dos braços de sucção e sua precisão da escavação é menor do que outras técnicas. Materiais muito consolidados podem ser problemas para este tipo de dragagem.

Para assegurar a otimização do enchimento da cisterna com o material dragado promove o descarte (“*overflow*”) do material de densidade baixa no local de dragagem podendo formar plumas de sedimentos mais finos na água e, portanto, não é uma draga utilizada na forma convencional para dragagem de material contaminado.

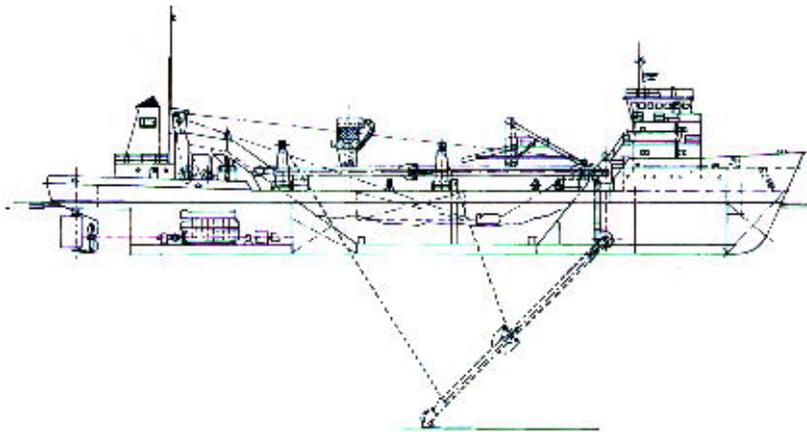


Figura 6.3.1.2 -1 Desenho esquemático de draga do tipo Hopper auto-propelida

6.3.1.3 Dragas auto-propelidas do tipo Hopper com dispositivo ambiental.

Alguns equipamentos e procedimentos são desenvolvidos aplicados no sentido de reduzir os efeitos da dispersão de sólidos na coluna d'água durante a dragagem. Estes equipamentos são muitas vezes adaptações feitas nos equipamentos convencionais para atender a critérios ambientais específicos de certas dragagens, podendo estar ou não relacionados com sedimentos contaminados. Ambientes próximos a áreas a serem dragadas que, independentemente da qualidade do sedimento a ser dragado, não podem sofrer sedimentação (recifes de coral, por exemplo) exigem adaptações nas dragas do tipo Hopper para evitar ao máximo a turbulência no fundo e a ressuspensão de sedimentos na coluna d'água.

Avaliando a experiência de outros países são citados equipamentos, por exemplo, com um tipo de vedação mecânica da ponta do tubo de sucção para reduzir a dispersão de sedimentos e, conseqüentemente, a turbidez. Outro contém um sistema que permite a recirculação de parte da água succionada na dragagem possibilitando a redução da vazão captada e uma maior concentração dos sólidos recalçados para a cisterna. Algumas dragas autotransportadoras mais modernas possuem a cisterna compartimentada com chicanas, para aumentar a capacidade de adensamento do sedimento. A redução do volume de líquido livre na cisterna, propiciada por estes dispositivos, oferece a possibilidade de minimização ou mesmo o não descarte do excesso de água ou *overflow*.

Existem, no mercado internacional, várias dragas autotransportadoras adaptadas com estes dispositivos ambientais, e algumas projetadas e produzidas com esses equipamentos já incorporados. Suas principais características são:

- Adequação para trabalhar com sedimentos contaminados
- Alta capacidade e rendimento operacional
- Sucção de volume de água acompanhando os sedimentos em proporções menores que a draga de sucção e recalque convencional, o que permite que seja evitado o *overflow* que provoca elevada turbulência na área de dragagem
- Operação de sucção não gera uma turbulência acentuada na área de dragagem, o que provoca a redução da suspensão das partículas contaminadas
- Requer infra-estrutura elevada
- Disponibilidade no mercado internacional, requerendo um tempo de mobilização de, no mínimo, 90 dias para o início da operação
- Custos operacionais mais elevados, quando comparado com as dragas de sucção e recalque convencionais

6.3.2 Dragagem mecânica

Vários tipos de dragas mecânicas são utilizados, como as *Dipper Dredges*, *Backhoe* e *Clam shell dredges*, consideradas mais comuns. Dragas mecânicas são robustas e capazes de remover materiais compactados e entulhos no sedimento, e têm a vantagem de poder operar em áreas apertadas, garantindo a eficiência do sistema de dragagem no caso do transporte do removido à longas distâncias. Em contrapartida, apresentam dificuldades em reter material fino nas caçambas, não dragam continuamente e necessitam controles adicionais quando trabalham com sedimentos contaminados.

A tecnologia mais empregada para a dragagem de sedimentos contaminados é a que utiliza caçambas estanques (*watertight clam shells*), mostrando-se como uma tecnologia eficiente, e tendo sido utilizada nas maiores e mais importantes dragagens de sedimentos contaminados nos EUA.

A estanqueidade da caçamba, revestida em sua parte interna com teflon (para impedir a aderência de material) e nas extremidades das conchas com borracha (para impedir a perda de material dragado), se operada de modo controlado, tende a provocar os mesmos níveis de suspensão de sedimentos observados na dragagem pneumática (~150 mg/l). O fechamento das mandíbulas é hidráulico e muito seguro, contudo, sua operação é restrita a profundidades máximas entre de 15m a 16m.

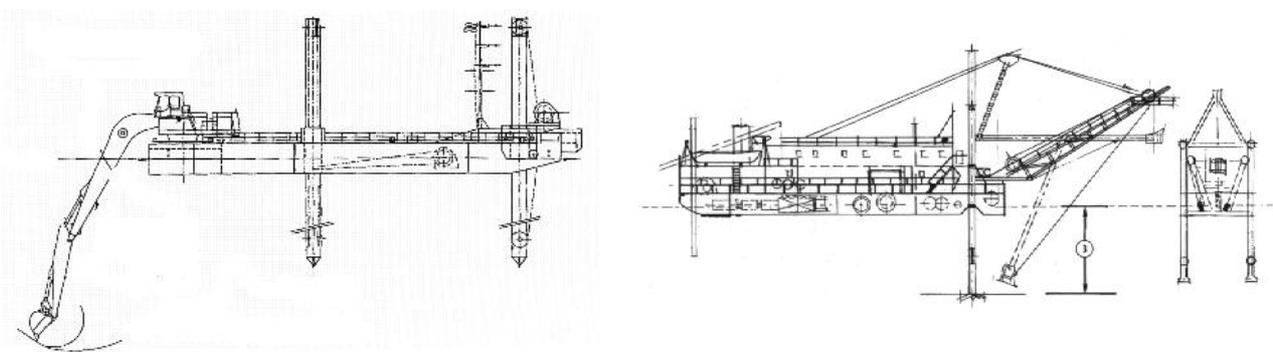


Figura 6.3.2.1 Desenhos esquemáticos de dragas mecânicas tipo *Backhoe* e *Dipper*

A caçamba mecânica (*clam shell*), apresenta as mesmas características de funcionamento da caçamba estanque e os mesmos requisitos e desempenho. A grande diferença está na sua não estanqueidade e nos impactos que causa por não reter adequadamente o material que remove. Em função desta desvantagem, foi substituída pela maioria das empresas que opera com preocupação ambiental.

As principais vantagens e desvantagens do sistema mecânico com caçambas estanques são:

- Obtenção de lama com elevada percentagem de sólidos.
- Baixa turbidez, provocada pela suspensão de sedimentos. Como o equipamento está montado sobre uma barcaça sem propulsão própria, que se movimenta à velocidade de até 3m por minuto através da operação de guinchos, não ocorre a turbulência natural provocada por propulsores marítimos. A concentração de sólidos em suspensão, provocada pela sua operação, é considerada pequena, entre 100 e 150 mg/l. O potencial de risco de acidentes é baixo.
- Sistema operacional complexo, porém de simples manuseio com um mínimo de peças móveis.

- Apresenta baixo rendimento de produção, sendo indicada apenas para pequenas áreas e volumes de sedimento a serem removidos.
- Requer grande infra-estrutura, tal como pontão de 25m x 12m com pórtico, guincho, motores e tubulação, e calha para descarga em barça. O tempo de mobilização para iniciar a operação é alto, porque os equipamentos têm que ser fabricados ou adaptados aos existentes no mercado.

6.3.3 Dragagem pneumática

Os sistemas de dragagem pneumática em operação foram desenvolvidos pelos italianos e japoneses. O sistema italiano denomina-se *Pneuma* e o japonês, *Oozzer*. O equipamento da dragagem pneumática é constituído por três câmaras onde, intermitentemente e seqüencialmente, é expirado ar e inserido ar comprimido.

Na aspiração, a câmara em ação sofre um abaixamento acentuado de pressão (de até 30mmHg), enquanto a câmara seguinte está sendo pressurizada. Uma válvula controla o fluxo de entrada do material dragado para a câmara de baixa pressão.

O maior equipamento disponível no mercado tem capacidade de 1.500m³ por hora. O sistema foi desenvolvido para a dragagem de sedimentos contaminados a médias e altas profundidades, podendo efetuar a sucção até 200m. A principal vantagem desse equipamento é a remoção de sedimentos com elevada percentagem de sólidos na mistura.

Ao contrário da sucção e recalque, nesta tecnologia o sedimento deve ser transferido para uma embarcação cisterna disposta a contrabordo do pontão que opera o sistema pneumático. Para o manuseio de câmaras com capacidade de 1.500m³ por hora, é necessário um pontão tipo barça de 28m de comprimento, 12m de boca e pontal de 2,5m.

O manuseio das maiores câmaras é executado por um pórtico fixado sobre o convés do pontão, acompanhado de cabina de controle, válvulas e reguladores de ar, compressores, guinchos de posicionamento e acionamento das câmaras, pontão e mangueiras de sucção e recalque. O sistema admite recalque até uma distância da ordem de 1.500m, sem a utilização de *boosters*.

As principais vantagens e desvantagens do sistema pneumático são:

- Requer infra-estrutura elevada, como pontão de 25m x 12m com pórtico, guincho, câmara de vácuo, motores e tubulação.
- O tempo de mobilização para iniciar a operação é elevado, em torno de 8 meses, porque os equipamentos devem ser importados.
- Sistema de simples manuseio complexo e custo operacional alto.
-

- Obtenção de lama com elevada percentagem de sólidos. O fabricante do equipamento orienta para considerar a média de uma parte de água para quatro partes de sedimento ou mais na mistura.
- Baixa turbidez provocada pela suspensão de sedimentos. A concentração de sólidos em suspensão, provocada pela sua operação, é considerada pequena, entre 100 e 150mg/l.
- O potencial de risco de acidentes é alto, devido a sua operação em pressões extremas, sendo seu potencial de impacto ambiental considerado médio a alto.
- Segundo especialistas em dragagem, o sistema pneumático opera bastante bem para volumes menores de dragados a elevadas profundidades. É um aparelho bastante adequado para sedimentos altamente contaminados e em áreas localizadas.
- O equipamento é fabricado no exterior e deve ser importado.

6.3.4 Transporte do material dragado

O transporte dos sedimentos – no conjunto de etapas que constitui todo o processo de dragagem – em termos de custo é o fator mais importante. Áreas de destinação final mais afastadas implicam em elevados tempos de trânsito ou menores volumes transportados por unidade de tempo. No caso de sedimentos contaminados, o transporte da mistura sedimento/água se encontra significativamente vinculado à localização e à técnica de deposição ou lançamento do material.

Os sedimentos a serem dragados no canal de navegação e berços da CODESP podem ser mobilizados por três formas distintas de transporte, utilizadas individual ou conjuntamente:

- Transporte hidráulico
- Transporte terrestre rodoviário e ferroviário
- Transporte marítimo por meio de navio-draga e barcaça puxada ou empurrada

6.3.4.1 Transporte hidráulico

No sistema tradicional de dragagem, tipo sucção e recalque, o sedimento dragado é transportado pela própria draga ou por um sistema hidráulico. Para sítios de disposição final localizados próximo à área de transbordo, o transporte poderá ser realizado por condutos forçados, utilizando-se estações de bombeamento, para distâncias até cerca de 2km, e de rebombeamento para distâncias maiores.

As principais vantagens e desvantagens do sistema hidráulico de transporte de sedimentos são:

- A infra-estrutura necessária é pequena, basicamente representada por tubulações, bombas e estações de rebombeamento. Como este tipo de transporte é tradicionalmente utilizado no

Brasil, o tempo de mobilização dos equipamentos é rápido, como investimento e custo operacional baixos.

- Apresenta capacidade de transporte para grandes vazões.
- O limite para transporte por tubulação situa-se ao redor dos 5.000m, sendo que, além dessa distância, haverá necessidade de outro tipo de transporte, com necessidade de novos investimentos como estações de transbordo.
- Os impactos ambientais envolvidos são considerados pequenos e estão relacionados a riscos de rompimento de tubulações e de selos de bombas.

6.3.4.2 Transporte terrestre rodoviário e ferroviário

Na hipótese de destinação dos sedimentos dragados em terra, para distâncias superiores a 5.000m haverá necessidade de manejo, envolvendo transporte combinado, inicialmente por sistema hidráulico ou marítimo com transbordo, condicionamento e, posteriormente, transporte terrestre por caminhões ou trens.

Não havendo deságüe prévio do sedimento – operação que exigiria uma planta própria, com tratamento do efluente gerado – este seria transportado na sua condição de dragado, na forma de uma pasta “mole” com densidade em torno de 2 ton/m³.

Na ausência de possíveis sítios na Baixada Santista, os veículos carregados com esse material deveriam subir a serra e encontrar locais, em outros municípios, que estivessem aptos e liberados para aceitar o material dragado. Ocorre que não se dispõe de nenhum ponto, a menos de 150km, que reúna condições mínimas para o início de um estudo de viabilidade para essa operação.

Para uma melhor percepção a respeito do transporte terrestre, a tabela seguinte oferece valores para o que seria o transporte de 1 milhão de metros cúbicos de sedimento dragado (cerca de 2 milhões de toneladas). Para os cálculos, foi considerada a utilização de composições ferroviárias de 2.500 toneladas e de caminhões de 25 toneladas. O período de transporte foi definido para 300 dias.

Tabela 6.3.4.2 -1. Parâmetros para o transporte de 1.000.000ton de sedimentos

Parâmetro	Unidade	Rodovia	Ferrovia
Velocidade	Km/h	50	50
Distância	Km	200	200
Carga/descarga	H	1	2
Viagens/veic/24h	nº de viagens	2	1,5
Total/veículo/dia	Ton	50	3.750
Total/veículo/ano	Ton	15.000	1.125.000
Frota (20% folga)	Veículos	150	2 (1+1)
Frete	US\$1000/ton/km	40	16
Custo C/D	US\$/ton	0,5	0,5
Custo/dia	US\$	63.750	22.750
Custo Total	US\$	19,125 milhões	6,825 milhões
Custo/m3	US\$	19,2	6,8

O transporte terrestre implica, ainda, na construção de terminais de embarque e desembarque, e silos de carregamento para compatibilizar os tempos, volumes e tamanho de frota. A água aliviada durante o manuseio do material deverá ser coletada, tratada e disposta, o que representaria estações de tratamento e corpos receptores compatíveis.

6.3.4.3 Transporte marítimo por meio de navio-draga e barcaça puxada ou empurrada

Os navios cisternas ou *self propelled hopper dredgers*, normalmente são embarcações de grande porte providas de toda a infra-estrutura necessária para permitir uma navegação segura. No caso de distâncias de transporte menores e com destino final para áreas escolhidas mais abrigadas, é possível utilizar, para o transporte do sedimento, barcaças empurradas, tracionadas ou auto-propelidas.

6.4 DRAGAGEM DE SEDIMENTOS NÃO CONTAMINADOS

Após a apresentação anterior das vantagens e desvantagens de cada equipamento de dragagem pode-se resumir que, não havendo qualquer outra restrição com relação a ressuspensão de sedimentos além da contaminação dos mesmos, a dragagem em estuários pode ser realizada com qualquer tipo de equipamento adequado, dentro das premissas de segurança e manutenção.

A adequação do equipamento estará mais relacionada à destinação do material, profundidade que se localiza e tipo de material do que com a preocupação da ressuspensão e transporte de sedimentos pela coluna d'água. A turbidez provocada pelos equipamentos de dragagem será discutida neste EIA no Capítulo de Avaliação de Impactos, indicando a necessidade ou não de medidas de mitigação no caso da dragagem de sedimentos não contaminados do canal do Porto de Santos.

6.5 DRAGAGEM DE SEDIMENTOS CONTAMINADOS

A dragagem de sedimentos contaminados é um assunto que vem sendo abordado de forma intensa nos últimos 20 anos. A literatura no assunto é rica e subsidiada por diversos estudos-de-caso (NRC, 1989; NRC, 1997; Palermo, 2006; dentre outros) demonstrando que é possível realizar a dragagem de sedimentos contaminados, mas que toda operação é intrinsecamente dependente de características locais sendo que soluções adotadas para um local nem sempre são prontamente adaptáveis a outra região.

De forma geral as preocupações na seleção de equipamentos para a dragagem de sedimentos contaminados leva em consideração os seguintes aspectos:

- Disponibilidade e logística de equipamentos com características ambientais;
- Máxima redução da ressuspensão de sedimentos finos, no momento da dragagem;
- Precisão do equipamento, com baixas tolerâncias horizontais e verticais (inferiores ou iguais a 2m na horizontal e 50cm na vertical);
- Maior capacidade de concentração do material, aumentando a densidade da mistura;

- Redução do volume de sedimento contaminado residual após a dragagem;
- Verificação da presença de entulhos que devem ser retirados previamente à dragagem.

6.6 ALTERNATIVAS PARA A DISPOSIÇÃO DE MATERIAL DRAGADO

O Estuário de Santos apresenta sedimentos com níveis variáveis de contaminantes decorrentes do lançamento pretérito de efluentes e da disposição inadequada de resíduos nas bacias contribuintes em toda a região estuarina. Essa contaminação, cujas principais fontes encontram-se atualmente controladas, constitui um passivo ambiental com reflexos na atividade portuária, por requerer a adoção de medidas especiais de dragagem e disposição do material dragado, dentro de condições seguras do ponto de vista ambiental.

A disposição do material dragado depende da qualidade dos sedimentos, sendo normatizada, a partir de 2004, pela Resolução CONAMA 344/04, que regulamentou sua disposição em águas jurisdicionais brasileiras. O Porto de Santos realiza suas dragagens de manutenção lançando os sedimentos dragados em um quadrilátero situado em mar aberto ao largo da baía de Santos. Este local, autorizado pela Marinha do Brasil para a disposição oceânica de materiais dragados, passou a ser utilizado a partir de 1996 sem restrições de caráter ambiental.

A partir de 2004, com o advento da Resolução CONAMA 344, os sedimentos dragados no Porto de Santos, que já vinham sendo monitorados quanto a sua qualidade, passaram a ter que atender à nova diretriz. Dados gerados pelo monitoramento dos sedimentos a serem dragados e do local de disposição oceânica indicaram a ocorrência de efeitos potencialmente tóxicos sobre a biota, o que foi entendido como um sinal de saturação da atual área de disposição. Com base em dados de monitoramento, a CETESB – órgão responsável pelo controle ambiental da dragagem no Estado de São Paulo estabeleceu um limite máximo para o lançamento de material dragado, de 300.000 m³ por mês, procurando assegurar a redução do efeito tóxico observado por meio de ensaios de laboratório. Paralelamente, a agência ambiental recomendou a realização de estudos de novas áreas de disposição onde as condições fossem mais propícias à redução de impactos decorrentes da dragagem.

No período de 2004 a 2007, o Porto de Santos apresentou uma acentuada tendência de expansão com o surgimento e a ampliação de diversos terminais e houve a determinação do governo federal de realizar o aprofundamento do Canal de Santos para permitir a movimentação de cargas com embarcações de maior calado. Em decorrência desses fatos a demanda por dragagens aumentou de forma expressiva, requerendo uma solução para a disposição dos sedimentos dragados. No final de 2007, três das empresas da região responsáveis por terminais privados existentes (COSIPA e FOSFERTIL) e em implantação (EMBRAPORT) se uniram à CODESP e realizaram a contratação dos estudos necessários ao estabelecimento de novas áreas de disposição oceânica de material dragado e de diretrizes de uso e monitoramento dessas áreas.

Portanto, a disposição do material a ser dragado poderá envolver a adoção de mais de uma alternativa, em função, principalmente, da qualidade do material no tocante a presença (ou não) de

contaminantes. Neste item do EIA são apresentadas as alternativas técnicas usualmente adotadas, considerando as características do material a ser dragado.

6.6.1 Disposição de material com baixo potencial de impacto devido à contaminação

6.6.1.1 Usos benéficos

A frase “uso benéfico do material dragado” começou a aparecer em conferências sobre dragagens nos anos 80 em resposta à Convenção de Londres – 1972 (*London Convention*) que considerava material dragado como resíduo.

O Protocolo de 1996 da Convenção de Londres reconhece que os materiais dragados vêm sendo crescentemente considerados como um recurso não como um resíduo e que o uso benéfico deve ser considerado como uma alternativa de destinação dos materiais dragados.

A gama de possibilidades de usos benéficos do material dragado é ampla e depende fundamentalmente das características físicas e químicas do material.

Os usos podem ser enquadrados como usos na construção civil, na agricultura, em obras de proteção costeira e em obras de proteção ambiental (Paipai, 2003).

Observando as faixas granulométricas em que os materiais se encontram, podem-se traçar as possibilidades de utilização dos mesmos:

- Rochas: As rochas são materiais de construção valiosos e normalmente não estão contaminadas. Podem ser usadas economicamente dependendo da quantidade e dos tamanhos. Ressalta-se que as rochas oriundas das obras de dragagem dificilmente possuem uniformidade nos tamanhos e sua utilização dependerá além de suas características físicas, de uma separação granulométrica.
- Cascalhos e areias: Geralmente são considerados os mais valiosos materiais oriundos de obras de dragagem. Podem ser usados na engenharia principalmente aterro, material de construção, engordamento de praias e bermas offshore.
- Argila e silte: Normalmente precisam ser desidratados para que possam ser reutilizados pois não oferecem estabilidade geotécnica. Normalmente é a fração com maior possibilidade de contaminação e por isso, seus usos benéficos são mais restritos.

6.6.1.2 Usos na construção civil

a. Criação de aterros e recuperação de áreas

A disposição convencional do material dragado em terra é o depósito em áreas confinadas, onde normalmente se constrói altas barragens para minimizar a área utilizada.

Uma alternativa benéfica a ser discutida é a construção das barragens utilizando o material dragado, quando este apresentar características granulométricas suficientes, e o aproveitamento desta área criada para vários tipos de uso como parques e recreação, uso comercial e/ou industrial, usos agrícolas, moradia ou utilidades públicas.

Estas utilizações finais ficam dependentes da qualidade do material dragado. Os materiais mais finos requerem um tempo maior para sua drenagem e consolidação e a resistência final do solo obtido pode ser baixa levando a uma utilização mais limitada às áreas de recreação e parques. A utilização final destas áreas como uso industrial requer um material dragado com maior granulometria como areia, cascalho e rochas (Arts, *et al*; 1995)

Podem-se aproveitar áreas costeiras para a criação de faixas de terra. Neste caso pode haver a necessidade da construção de uma barragem para proteger a face externa das áreas a serem criadas da ação de ondas e correntes. Para a construção desta barragem pode-se utilizar o próprio material dragado, dependendo de suas características. A face exposta da barragem deve ser protegida por enrocamento ou blocos de concreto. Em estuários ou zonas abrigadas, pode não ser necessária a proteção externa da área a ser aproveitada. Principalmente se o material usado para o preenchimento for suficientemente grosseiro para resistir à erosão (Góes, 2004)

A utilização final destas faixas de terra também depende da qualidade do material dragado utilizado no aterro. Quanto maior a granulometria, melhor será a qualidade do aterro e também as suas possibilidades de utilização.

Deve-se lembrar que a utilização de material dragado utilizado como solo, deve obedecer à Resolução SMA - 39, de 21-7-2004.

b. Uso como material de construção

- Utilização de material dragado na produção de materiais cerâmicos

O uso benéfico do material dragado na produção de produtos cerâmicos é possível. Estes produtos podem ser tijolos e agregados leves (argila expandida).

Para esta utilização, o material dragado deve passar por um processo de separação e desidratação da fração fina, composta de silte e argila, a ser utilizada.

Para se inserir o material dragado em substituição às argilas minerais naturais na produção de tijolos, são necessários uma boa preparação, modelagem e processo de queima dos materiais que entrarão no processo. A Alemanha foi pioneira em projetos-piloto utilizando estes métodos: produção de tijolos e agregados leves, no entanto, hoje se sabe que o uso comercial desta técnica ainda é tão quando comparada a outras alternativas de uso do material dragado.

Os agregados leves são principalmente usados na substituição de cascalho, como material de preenchimento geológico ou como aditivo para concreto leve (Detzner, *et al*; 2004)

Segundo a Associação Brasileira de Cerâmica (<http://www.abceram.org.br>), para a confecção dos materiais empregados na construção civil (como tijolos, blocos, telhas, elementos vazados, lajes,

tubos cerâmicos e argilas expandidas) o material utilizado é a cerâmica vermelha. De um modo geral, as argilas que são mais adequadas à fabricação dos produtos de cerâmica vermelha apresentam em sua constituição os argilominerais illita, de camadas mistas illita-montmorilonita e clorita-montmorilonita, além de caulinita, pequenos teores de montmorilonita e compostos de ferro. Os sedimentos de fundo de estuário, por sua vez, são mais heterogêneos em sua composição, possuem altos teores de matéria orgânica e sal. Estes fatores seriam uma desvantagem para o uso de sedimentos como matéria-prima de produtos cerâmicos, principalmente por não ser possível garantir a qualidade do produto final.

Outros fatores limitam o uso desta alternativa na Baixada Santista é o transporte de grandes volumes de material para as indústrias cerâmicas sendo o pólo industrial cerâmico mais próximo, localizado na região Tatuí no interior de São Paulo.

- Utilização como material selante

O silte bem separado e desidratado possui um coeficiente de permeabilidade baixo o que permite a sua utilização como material selante.

Na Alemanha, o silte resultante das dragagens do Porto de Hamburgo, após passar por um processo de separação e desidratação, é utilizado como selante em locais onde serão depositados os materiais dragados contaminados (Detzner, *et al*; 2004)

c. Proteção costeira

- Engordamento de praias

Esta alternativa consiste na reposição de areia em praias previamente atingidas pela erosão costeira com o objetivo de proteger a linha de costa. Esta erosão pode ocorrer devido às características hidrodinâmicas naturais da região ou modificadas pela ação do homem como, por exemplo, causadas por alguns tipos de construções costeiras em locais inadequados.

O material dragado pode ser usado nesta alternativa desde que suas características físicas sejam iguais às características físicas dos sedimentos da praia erodida que irá receber o material. Este deve ainda, possuir uma quantidade pequena de sedimentos finos, matéria orgânica e poluentes. Para ser viável economicamente, os sedimentos a serem utilizados devem estar disponíveis localmente.

Além da proteção da costa, outro benefício importante do engordamento de praias é o aumento do perfil de praia e o conseqüente aumento da área de lazer em zonas urbanas (EPA/USACE, 2004)

- Bermas offshore

Bermas offshore podem ser construídas com a utilização de materiais dragados para a proteção de praias contra a erosão. As bermas absorvem parte da energia das ondas, amenizando a erosão e modificando o transporte de sedimentos. Bermas submersas podem ser criadas pela descarga de

fundo das cisternas formando um monte. A viabilidade desta alternativa depende do entendimento detalhado das condições oceanográficas do local onde se quer instalar estas bermas.

d. **Proteção ambiental**

- Restauração e/ou desenvolvimento de habitat

O uso do material dragado para o desenvolvimento e criação de habitat é uma das categorias mais comuns de uso benéfico.

Este uso pode atrair diferentes comunidades biológicas por se poderem criar diferentes habitats: áreas alagadas para ampliação do recrutamento de manguezais, marismas e áreas pantanosas, formação de ilhas artificiais e outros habitats aquáticos como banco de sedimentos, por exemplo.

As ilhas artificiais criadas pela disposição do material dragado podem se tornar habitats bem sucedidos para aves.

O desenvolvimento de habitats aquáticos através do depósito do material dragado em áreas costeiras pode favorecer o desenvolvimento pesqueiro com a criação de refúgios para animais, a criação de leitos para ostras e o desenvolvimento de algas marítimas (EPA/USACE, 2004). A criação de um novo habitat com a deposição de sedimentos formando ilhas ou bancos deve considerar os aspectos hidrodinâmicos e de transporte de sedimentos locais além das questões relacionadas com a segurança de navegação.

e. **Agricultura**

O uso de materiais dragados na agricultura, silvicultura e horticultura é possível, principalmente para materiais dragados oriundos de leitos fluviais, que podem melhorar a qualidade agrícola dos solos pobres localizados às margens dos rios.

O material dragado, se possuir um balanceamento adequado de nutrientes e estiver livre de poluição, pode alterar favoravelmente as características físico-químicas dos solos. Alguns locais de disposição já mostraram desenvolvimento de pastagens através de semeaduras ou colonização natural (EPA/USACE, 2004)

6.6.1.3 Disposição oceânica

Os estudos sobre a qualidade dos sedimentos entre a cota atual de projeto e a cota de rebaixamento do canal demonstraram a viabilidade de disposição oceânica desse material. Este procedimento constitui a forma predominante de disposição de material dragado nos portos ao redor do mundo; excetuando-se os casos aonde a contaminação dos sedimentos venha a por em risco o ambiente marinho com a conseqüente afetação da biota aquática.

Neste sentido, a disposição oceânica desse material a ser dragado para o rebaixamento do Canal do Porto de Santos, dadas as suas características preliminarmente diagnosticadas é considerada como a mais adequada ambientalmente; quer pela sua utilização em larga escalas em diversos países; quer ainda pela já consolidada utilização dessa alternativa pelo Porto de Santos e demais empreendimentos privados da região que se utilizam do quadrilátero já licenciado ambientalmente para essa finalidade, e cujo monitoramento das condições ambientais, não tem indicado situação de gravidade ou de risco ambiental a vida marinha..

A disposição de materiais dragados em mar aberto ou em “*embaixamentos*” é a tecnologia que tem sido praticada no País até hoje. Tem a grande vantagem de ser extremamente prática e a tecnologia para a sua realização estar disponível, existindo no mercado brasileiro de dragagem uma série de navios e barcas, das mais diversas dimensões e capacidades, aptos para realizar o trabalho. As maiores embarcações têm cisternas de até 5.600m³.

Os locais para a disposição de materiais podem ser classificados como predominantemente dispersivos ou predominantemente não dispersivos. Em locais dispersivos, o material pode ser disperso durante a sua disposição ou após, sendo levado do fundo pela ação das correntes e/ou das ondas. Em locais não dispersivos, a maior parte do material tende a ficar nos locais onde foram depositados formando montes.

A descarga e dispersão do sedimento no mar são realizadas através da abertura de comportas ou de válvulas dispostas na quilha da embarcação. Os navios-cisterna geralmente efetuam o despejo do material em curso normal ou em marcha reduzida.

A deposição do material dragado acontece com a queda do material, sendo determinada pela gravidade, comportando-se como uma nuvem concentrada ou jato que atinge o fundo. A Figura a seguir ilustra os diferentes tipos de deposição em área marinha.

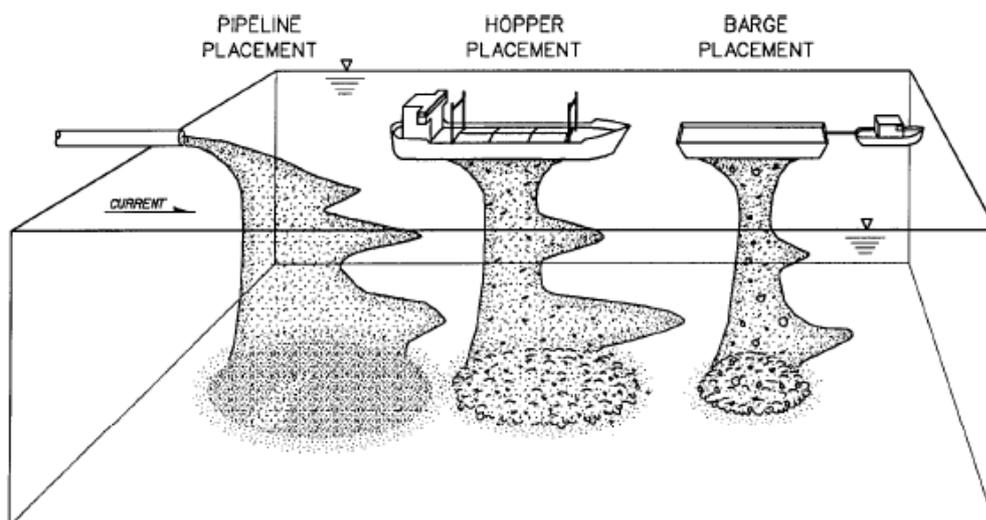


Figura 6.6.1.3.-1: Características das plumas relativas a diferentes formas de depósito de material dragado (EPA/USACE, 2004)

6.6.2 Disposição de material contaminado

Caso venha a ser detectada contaminação em níveis acima das normas legais vigentes no Brasil será necessária a adoção de alternativa tecnológica específica para a destinação desse material, conforme hipóteses a seguir descritas.

Ressalte-se que, conforme apresentado no Capítulo de Diagnóstico Ambiental – Meio Físico, os estudos técnicos desenvolvidos por diversas instituições e empresas indicam um cenário provável de destinação oceânica do material a ser dragado, em função da caracterização dos sedimentos indicar níveis compatíveis com essa alternativa e dentro dos padrões legais vigentes. Em que pese essa caracterização há que se considerar que, ao longo do desenvolvimento da atividade de dragagem haverá um monitoramento ambiental sistemático da qualidade do material dragado e que, caso venha a ser acusada a presença de contaminantes acima dos níveis legais deverá ser adotada alternativa ambientalmente adequada.

- Disposição de material de dragagem em Unidades de Disposição Confinada – UDC (*Confined Disposal Facilities*)

O gerenciamento da disposição de material de dragagem nos Estados Unidos é coordenado pela Agência Ambiental Americana (USEPA) e o Corpo de Engenheiros do Exército Americano (USACE) que desenvolveram em conjunto, em 1992, o Escopo Técnico para a avaliação de opções de gerenciamento da disposição de material de dragagem (USACE/EPA 1992). Este Escopo Técnico, revisado em 2004, é consistente com as leis aplicáveis no país (Marine Protection, Research, and Sanctuaries Act - MPRSA, Clean Water Act - CWA, e The National Environmental Policy Act - NEPA), aborda a avaliação dos projetos de dragagem para fins de navegação envolvendo sedimentos contaminados, sendo sua abrangência técnica, também aplicável para a avaliação das opções de remediação que envolvam a disposição de sedimentos provenientes de dragagem (USACE, 2000).

A disposição de material de dragagem em CDFs (do inglês Confined Disposal Facility) ou Unidades de Disposição Confinada (UDC) é uma das tecnologias mais utilizadas para o gerenciamento de sedimentos contaminados provenientes de dragagem nos Estados Unidos e em alguns países da Europa, a exemplo da Alemanha e Holanda. A disposição e o armazenamento confinado de material dragado em UDCs é uma alternativa ambientalmente adequada e financeiramente eficiente que soluciona o problema da disposição de material dragado contaminado (USEPA, 2005).

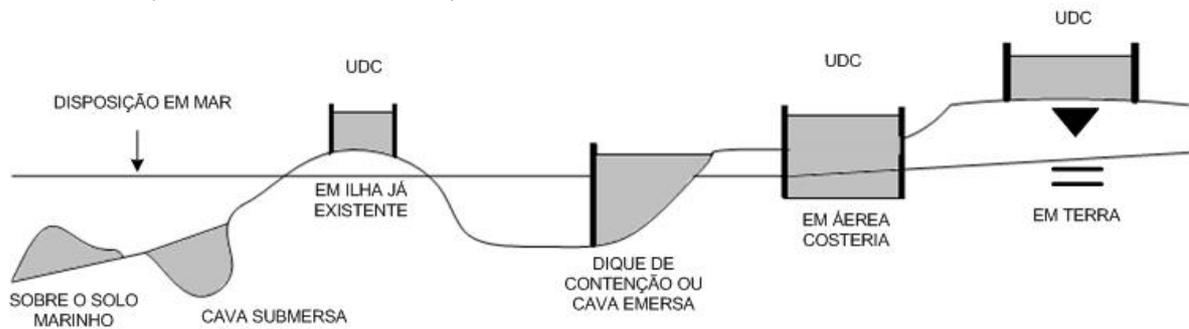
Segundo o grupo responsável pelo gerenciamento de material dragado da região dos Grandes Lagos nos Estados Unidos e que fazem fronteira com o Canadá, o confinamento do material de dragagem, que oferece um risco não aceitável para o ambiente, é uma política federal reconhecida como necessária pelo Estado e governos locais (GLDT, 2003). Somente a região dos Grandes Lagos possui atualmente 43 UDCs, sendo 16 construídos em terra e 27 na água ou adjacente à costa. O

Plano de Gerenciamento de Material Dragado do Porto de Nova Iorque e Nova Jérsei (Dredged Material Management Plan - DMMP) avalia uma série de opções para a disposição de material de dragagem, dentre as quais a opção de contenção em áreas previamente impactadas e próximas ao local de dragagem foi considerada a mais adequada (USACE, 2005). As UDCs são estruturas especializadas para receber material de dragagem contaminado, diferentemente dos aterros industriais (NCR, 1997).

A questão da aplicabilidade dos requisitos da lei RCRA – Subtítulo C (*Resource Conservation and Recovery Act*), que regulamenta os resíduos sólidos e resíduos perigosos nos Estados Unidos, às atividades de disposição de sedimentos provenientes de dragagem, principalmente em UDCs, foi anteriormente um assunto controverso para a USEPA e USACE. No entanto, a USEPA publicou documentação (Hazardous Waste Identification Rule 13) que auxilia a evitar a duplicidade de regulamentação sobre os sedimentos altamente contaminados provenientes de dragagem e a pertinência quanto ao enquadramento destes sedimentos como resíduo perigoso. Segundo a nova regulamentação, a atividade de disposição de material de dragagem contaminado com licença emitida segundo os critérios do MPRSA ou CWA está isenta da aplicação das exigências do Subtítulo C do RCRA (resíduos perigosos). A questão técnica chave relacionada a esta exceção é o fato de que a drenagem ou água de retorno resultante de uma unidade de contenção em água ou em terra (um UDC), lançada em águas americanas, é especificamente definida como uma descarga proveniente de material de dragagem. Desta forma a atividade é regulamentada pelo CWA e, a avaliação dos impactos potenciais à água subterrânea, ar, e qualquer outra via de contaminação do ambiente por essas águas, pode ser tratada como parte do processo administrativo do CWA. A maioria das operações de disposição de material dragado em UDCs são realizadas por meio de sucção e recalque, resultando em grandes volumes de água que devem ser gerenciados quanto a sua qualidade (Palermo, 2000).

Uma UDC pode ser construída em terra, em áreas de transição entre ambiente aquático e terrestre ou como uma área confinada em ambiente aquático formando uma ilha e isolada do contanto com a água circundante. Na maior parte das UDCs em operação no mundo, o material de dragagem não sofreu nenhum tipo de tratamento prévio antes de sua disposição pois, estas unidades são construídas para conter e isolar o material dragado da região circundante. O diagrama da Figura 6.6.2 a seguir mostra as diferentes alternativas para a disposição de material de dragagem que são adotadas nos Estados Unidos sob a supervisão e controle da USEPA e USACE. O tamanho e o projeto das UDCs é específico para cada situação, dependendo da localização, do tipo de sedimento, da natureza dos contaminantes, da quantidade potencial do material a ser disposto, e de como a unidade será utilizada ou irá operar quando não mais receber material de dragagem (USEPA, 2005).

Figura 6.6.2 -1 Diagrama esquemático das alternativas tradicionais de disposição de material de dragagem nos Estados Unidos (traduzido de USEPA, 2005).



A eficiência da UDC em conter os sedimentos contaminados depende do projeto, construção, operação e gerenciamento da unidade. Uma UDC é uma estrutura de engenharia desenhada para conter certo volume de material dragado e para atender às exigências quanto à qualidade de água excedente da unidade.

O princípio desta técnica de gerenciamento do material dragado contaminado é a do isolamento dos contaminantes presentes nos sedimentos de qualquer contato com receptores humanos ou da biota, seja através do contato direto com os contaminantes ou indiretamente através da água, percolada, lixiviada ou de drenagem superficial proveniente da unidade de contenção (USACE, 2000).

A escolha de alternativas para a destinação dos sedimentos dragados é guiada pela caracterização química e física do material, sendo estas, essenciais para a viabilidade ambiental do projeto. Os grandes volumes implicados também são fundamentais nesta fase, não só na conclusão da viabilidade ambiental, como também, e, principalmente, na viabilidade econômica do projeto.

Serão apresentadas neste capítulo algumas alternativas para a destinação dos materiais dragados com a finalidade de facilitar a escolha da melhor ou melhores alternativas.

6.6.2.1. Disposição em cavas subaquáticas

Essa alternativa compreende a disposição controlada dos materiais dragados e contaminados em cavas submersas, e recobertas com um material limpo, para o isolamento superficial do material contaminado lançado. Este método é semelhante ao capeamento in-situ, mas com o diferencial de conter lateralmente os sedimentos impedindo a sua dispersão.

As cavas subaquáticas ou *Contained Aquatic Disposal (CADs)* podem ser posicionadas estrategicamente em depressões naturais ou escavadas em locais previamente estudados (National Research Council, 1997)

Anualmente, no mundo, são dragados mais de 250 milhões de metros cúbicos de sedimentos dos estuários, portos, bacias de evolução e hidrovias interiores. Desse total, cerca de 20%, ou seja, 60 milhões de metros cúbicos são constituídos por sedimentos contaminados.

Particularmente nos EUA, as áreas de destino final dos materiais dragados se encontram regulamentadas pelo *Clean Water Act* (33 U.S.C., *section 1251 et seq.*). Aquele ato, no seu item 404,

designa o U.S. Army Corps of Engineers – USACE como seu representante federal para questões relacionadas às dragagens e disposição final dos sedimentos contaminados.

A tecnologia de capeamento subaquático de material contaminado, em água aberta, começou a ser praticada pelo USACE no final da década de 70, e consistia na deposição dos sedimentos contaminados no fundo do mar, normalmente em locais de pequena declividade, com depressões naturais ou quase planos. Posteriormente, após sedimentação do material, recebia uma cobertura ou camada de areia. A maior dificuldade consistia na necessidade de se encontrar grandes áreas disponíveis à realização dessa alternativa, pois o material siltsoso tende, naturalmente, a se espalhar. O problema foi resolvido com a deposição do material em células escavadas no fundo das áreas disponíveis.

A primeira cobertura de cava planejada pelo USACE foi aplicada em *New Haven*, numa área de duas milhas quadradas na zona costeira, em profundidades de 15m a 24m, e um dos mais importantes projetos de dragagem e disposição final em cavas, também realizado pelo USACE, foi no porto de *Newark/Elizabeth*, que faz parte do complexo portuário de *New York/New Jersey*, em 1993.

A segurança dessa alternativa de disposição final de sedimentos contaminados foi comprovada com a passagem de dois furacões sobre as áreas de deposição, quando não se constatou nenhuma alteração nas cavas e na cobertura. Essa tecnologia tem sido praticada em vários países da Europa como na Holanda, em Hong Kong e, atualmente, no porto de Boston (Mass. EUA).

A deposição do material em cavas, a partir de cisternas de barcas, deve obedecer a rígidos procedimentos, uma vez que a dispersão dos sedimentos é inversamente proporcional ao tempo de despejo e à profundidade real do mesmo, e diretamente proporcional ao choque do sedimento com a base da fossa. Uma das grandes vantagens desta alternativa é a melhor contenção da dispersão dos sedimentos, especialmente após a deposição final, uma vez que o capeamento funciona como uma selagem definitiva do material no interior das cavas.

A disposição em cavas abertas no sistema estuarino da Baixada Santista pode se processar por dutovias ou por lançamento através de dragas *hopper* ou de barcas que recebam e transportem o material dragado. O potencial de impacto ambiental dessa alternativa de disposição final é afetado pelo comportamento físico da descarga, o qual, por sua vez, depende do tipo de dragagem e do processo de disposição empregado, mas depende, também, das características físicas do material dragado e da hidrodinâmica do local de disposição.

O material de granulometria maior decanta rapidamente, mas o mais fino provavelmente se dispersará levado pelas correntes marinhas. Quanto mais demorar a descarga do material dragado, mais provável será a dispersão do material lançado. Uma das características da draga *hopper* é que a mesma lança todo o material dragado que transporta em apenas alguns minutos, minimizando aquele risco. Realmente, o ideal é que se evite a dispersão do material dragado, especialmente quando contaminado.

Por outro lado, as comportas da draga *hopper* darão uma vazão da ordem de $70\text{m}^3/\text{s}$, que se chocará contra o fundo e formará uma corrente ascendente de sedimentos a qual poderá, inclusive, sair da cava e se dispersar pelo canal. Por essa razão, é importante que a disposição dos sedimentos se processe de forma a garantir que o material vá, efetivamente, para o interior da cava, sem

dispersar durante sua deposição e nem após o choque com o fundo da cava, pois a dispersão poderia provocar sua disseminação pelo canal, resultando em impactos ambientais importantes.

A determinação dos locais onde são construídas as cavas e realizada a disposição final do material dragado, deve ser precedida por um conjunto de estudos que envolvem as correntes, batimetria, potencial de mudanças no padrão de circulação, processos de erosão do fundo, características sedimentológicas, taxas de deposição e erosão, padrões de salinidade e de temperatura, turbidez da água, caracterização química e biológica do local de disposição final, histórico das disposições na área, disponibilidade de equipamentos para dragagem e disposição final, habilidade em monitorar o local de disposição, capacidade técnica para implementar opções de gestão, habilidade em controlar a colocação do material, a capacidade volumétrica da área de disposição final, usos da área de disposição e conflitos dos mesmos com a disposição final (atividades esportivas, de pesca, etc.), estabelecimento do programa de monitoramento, aceitabilidade pública e efeitos cumulativos potenciais.

É importante, também, se conhecer as características físicas e químicas do sedimento que será disposto numa determinada área e utilizar modelos matemáticos para estudar os padrões de dispersão dos sedimentos, a fim de se prever o seu comportamento na área de disposição final.

Impactos físicos poderão resultar da disposição do material dragado. Os organismos bentônicos no local de disposição são soterrados e muitos não conseguirão migrar através do material depositado no fundo, até a sua superfície. Se as características do sedimento depositado forem diferentes daquelas do sedimento recoberto, os organismos que repovoarão o sedimento depositado serão diferentes dos que existiam naquele local.

Material particulado em suspensão pode, também, afetar especialmente os organismos bentônicos filtradores, ainda que a capacidade de diluição e transporte do ambiente de deposição possa minimizar em muito aquele efeito.

A disposição do material dragado em cavas não poderá induzir violações dos padrões de qualidade do corpo hídrico receptor, nem os critérios de toxicidade do mesmo. Assim, se aqueles critérios puderem ser violados, poder-se-ia substituir o uso de draga *hopper* para dragagem e descarga por uma dragagem com *clamshell* e descarga por meio de barça. A descarga de material dragado por barça pode resultar, segundo a EPA, numa menor dispersão do material dragado, quando comparado com aquela realizada pela *hopper*.

É comum a realização de modelagem matemática para se avaliar o comportamento do sedimento ressuspenso pelas dragagens, e daquele lançado nas cavas. A análise desses comportamentos permite, por exemplo, a tomada das devidas precauções para se evitar que sedimentos ressuspenso ou lançados ao mar atinjam e se acumulem nos manguezais da Baixada Santista ou, então, sejam levados pelas correntes para áreas ecologicamente sensíveis.

Outros meios de se reduzir a dispersão do material dragado lançado são: a descarga submarina com uso de difusores, que permite, não apenas uma menor dispersão, mas também a colocação melhor e mais correta do material dragado num determinado local, e o uso de cortinas verticais, compostas por mantas impermeabilizantes de baixa espessura, que envolveriam a barça e teriam a

borda inferior disposta no interior da cava. Com tais medidas, os impactos sobre o bentos local poderão ser reduzidos.

A contenção lateral (*lateral containment*) é uma medida de controle da disposição final do material dragado que permite reduzir os impactos bentônicos. Para isso, usa-se uma depressão no fundo do corpo hídrico, uma área escavada previamente no mesmo ou, ainda, a construção de diques subaquáticos que permitem conter e armazenar o material lançado, reduzindo a área que será afetada pela descarga do material dragado. Para a utilização dessa solução, há necessidade de se avaliar o tipo de draga utilizado, a profundidade, topografia do fundo, tipo de sedimento, e a capacidade do local ou dique que irá receber o material dragado.

A contaminação, tanto de sedimentos como do solo, está normalmente associada ou ligada às partículas finas de silte e argila na matriz dos mesmos. Por isso, quanto mais finos forem os sedimentos a ser dragados, maior será o potencial da presença de altas concentrações de contaminantes nos mesmos.

A disposição aquática contida de sedimentos contaminados consiste na disposição dos mesmos num local adequado e sua cobertura por material não contaminado que funcionará, então, como um selo ou tampão.

A Figura 6.6.3-1 seguinte contém os vários tipos de disposição em cavas além de em diques em terra, aterro industrial e um CDF.

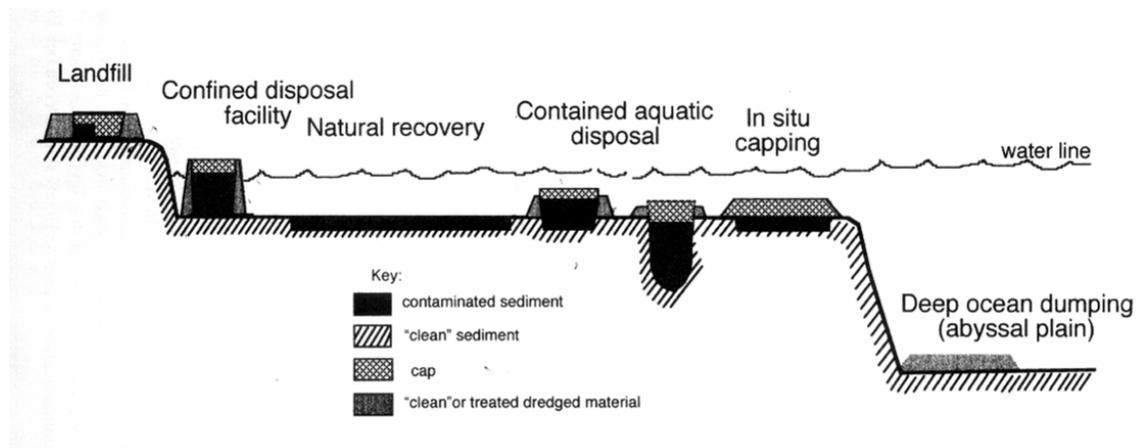


Figura 6.6.3-1 Formas de disposição confinada de material dragado contaminado

Os dois objetivos principais a se alcançar, no planejamento e operação de cavas, para conter sedimentos contaminados, é que eles apresentem uma adequada capacidade de armazenamento, satisfazendo a necessidade de disposição dos volumes dragados, bem como que se maximize sua capacidade de impedir liberações de sedimentos contaminados depositados nos mesmos. A

possibilidade de saída de contaminantes se deve à descarga do efluente da embarcação durante a operação de enchimento e no subsequente assentamento e perda de água daqueles sedimentos na cava. Daí a necessidade de haver um efetivo programa de monitoramento de toda a operação e do comportamento do material disposto.

Extensivo monitoramento de *coberturas de cavas* em New England, EUA, através do programa DAMOS, mostra que a mesma é uma medida bastante viável de mitigação para a disposição de sedimentos contaminados em ambientes marinhos, mas é necessário um programa de monitoramento permanente para se assegurar que não ocorram impactos indesejáveis no futuro. Estudos mostraram que a cobertura tem resistido até a ambientes de alta energia e a furacões, mas apesar disso, o monitoramento deve ser implementado e ser permanente.

Segundo pesquisas desenvolvidas em países onde essas tecnologias têm sido utilizadas, após cinco a seis meses se observa a recuperação biológica das áreas das cavas. Estudos realizados em cavas recobertas mostraram que a bioturbação na Baía *Bellingham*, Washington (EUA), não ocorreu além de 15cm de profundidade, e o mesmo demonstrou sucesso na remediação dos sedimentos, reuso benéfico do material dragado e proteção dos recursos naturais. No caso de sedimentos contaminados por mercúrio naquela área, a cobertura formou uma barreira efetiva, de longo termo, entre os sedimentos contaminados e o ambiente.

6.6.2.2. Disposição em áreas confinadas por diques

Essa tecnologia é internacionalmente conhecida como CDF – *confined disposal facilities*, ficando o material dragado confinado no interior de estruturas fechadas, formando uma verdadeira ilha murada no ambiente de disposição final.

Na literatura especializada, a disposição em *confined disposal facilities* (CDFs) é confinada em terra ou na região entre marés, e nunca no ambiente subaquático. Essa disposição tem sido referenciada como *confined disposal facility*, *confined disposal area*, *condined disposal site*, *diked disposal site* e *containment área*, sendo mais correto o termo *confined disposal facilities* (CDFs). A disposição subaquática é denominada de *Contained Aquatic Disposal* (CAD).

As técnicas de confinamento em diques de material dragado diferem em função da hidrogeologia, química de sedimentos, remoção da água contida no material dragado, taxa de liberação de contaminantes, etc. Podem ser realizados em terra firme, ou num corpo de água, pois a falta de espaços disponíveis, em geral inviabiliza a alternativa da construção de diques de contenção em terra.

Na Figura 6.6.4 -1 a seguir podemos verificar os diferentes tipos de diques em função de suas localizações: em terra firme (upland), em área costeira (nearshore) e no corpo d'água (island).

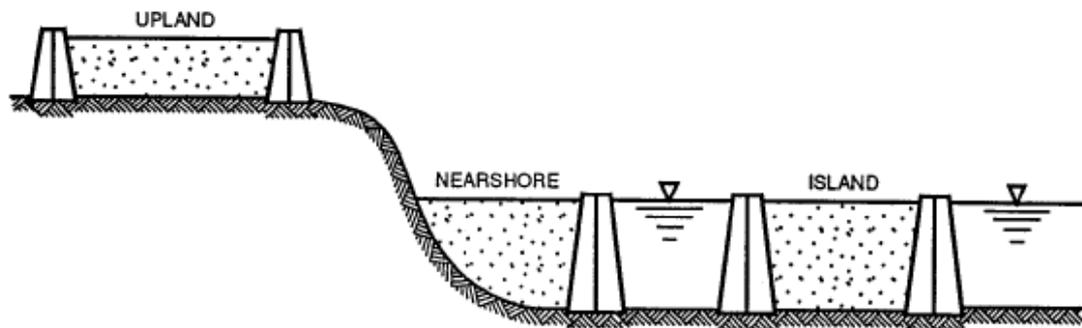


Figura 6.6.4 -1 Tipos de diques: em terra firme (upland), em área costeira (nearshore) e no corpo d'água (island)

A escolha do local para a CDF pode ser mais complexa do que a disposição em mar aberto, mais convencional, sendo necessário considerar vários fatores na escolha, entre os quais a disponibilidade de área e capacidade volumétrica de armazenamento do material dragado; configuração e acesso ao local de disposição; proximidade de ambientes ecologicamente sensíveis; topografia para avaliar mudanças na mesma e padrões de deflúvio terrestre, e meteorologia e clima. Também é necessária a realização de estudos geotécnicos para o projeto das fundações dos diques. (EPA/USACE, 2004).

Os impactos que podem ser causados por CDFs, durante a construção e o preenchimento dos diques, incluem modificações de habitats, mudanças nas condições hidrológicas (nos padrões de circulação), dificuldades à navegação, aspectos estéticos e conseqüências de acidentes. Se a CDF for construída em terra, há que se considerar os riscos de contaminação do lençol freático, vazamentos, e o comportamento do material dragado no interior do mesmo.

Num dique construído em corpo hídrico, as condições do material dragado colocado no seu interior, especialmente sua camada superior, serão inicialmente anaeróbicas e redutoras, o que favorece a imobilidade dos contaminantes. Após cessar a colocação de material dragado, o material disposto dessecará por evaporação, podendo tornar-se aeróbico e oxidado, e mobilizar alguns contaminantes.

O efluente líquido provindo de um CDF deve obedecer aos padrões de qualidade de efluentes, estabelecidos pela Resolução Conama 357, Deve, também, ser pesquisada a toxicidade de elutriados obtidos daquele efluente.

A duração de um CDF depende da consolidação do material em seu interior, do clima, da sua dessecação e das condições de operação do sistema. Tanto o aterro industrial como os CADs representam passivos ambientais, sendo que os CADs não interferem com os usos múltiplos da área onde serão instalados, enquanto que a área dos aterros sanitários ficará definitivamente comprometida para uma longa série de usos potenciais. Além disso, os CADs não criam impactos estéticos, pois enquanto o aterro industrial é visível, o CAD é subaquático.

Nos EUA, o custo da utilização de CDFs para contenção de sedimentos varia entre US\$14 e US\$46/m³. Assim, a disposição de sedimentos contaminados pode ser mais barata do que em aterros industriais em terra, onde o custo será de US\$18 a US\$46/m³ (EPA, 1994).

As vantagens da realização de CDFs são as seguintes:

- Custo baixo quando comparado com o tratamento dos sedimentos, especialmente com o tratamento *ex-situ*;
- É compatível com uma grande variedade de técnicas de dragagem, especialmente como lançamento direto através de dutovias hidráulicas;
- Se bem planejada e a disposição for bem conduzida, resultará numa elevada retenção de sedimentos e de contaminantes a eles associados;
- As técnicas de Engenharia necessárias são convencionais;
- O monitoramento do comportamento do material nas cavas e da eficiência da retenção dos mesmos pela cobertura pode ser facilmente planejado e realizado;
- A área das cavas pode ser destinada a uma grande variedade de usos, com as devidas salvaguardas.

Outra questão é que, com o ressecamento do sedimento, muitos compostos voláteis, principalmente o PCBs, são desprendidos para a Atmosfera. Além disso, a construção do dique aumenta drasticamente os custos referentes ao processo como um todo. Segundo o USACE, o custo unitário para dragagem e disposição final em áreas confinadas por diques é, pelo menos, cinco vezes maior do que o correspondente, por exemplo, ao lançamento no mar. Outros problemas são a contaminação do lençol freático, o odor que pode exalar dos sedimentos, os efeitos sobre a paisagem e a possibilidade de impactos sobre a fauna e a flora.

6.6.2.3 Encapsulamento e ensacamento

Tubos geotêxteis são uma nova tecnologia disponível para a disposição, contenção e desidratação dos sedimentos dragados. Estes tubos são feitos de geotêxteis permeáveis de alta resistência com pequenos poros que têm a propriedade de conter os grãos finos do material confinado e podem ser preenchidos com sedimentos finos, solos contaminados e rejeitos.

Os materiais são bombeados para o interior dos tubos, podendo ou não serem adicionados polímeros ou outros produtos de tratamento, e o excesso de água é drenado pelos pequenos poros do geotêxtil com a redução do volume contido. A água drenada deve ser conduzida a uma estação de tratamento e monitoramento e lançada de volta ao ambiente quando atender padrões de qualidade aceitáveis para o lançamento.

Após o ciclo final de enchimento e desidratação, o material pode continuar a consolidar por desidratação e evaporação da água residual através do geotêxtil.

Esta técnica necessita, no entanto da construção de uma área onde os tubos e a água percolada permanecerão contidos. Esta área, conceitualmente, não diferencia-se de uma UDC (Unidade de Disposição Confinada).

6.6.2.4. Disposição em aterros controlados classe 1

Os aterros têm sido o destino preferencial de resíduos sólidos, tanto industriais como domiciliares, sendo implantados segundo normas estabelecidas pelos órgãos de controle ambiental e por eles fiscalizados. Os aterros industriais, por sua vez, têm que ser construídos com exigências mais rígidas do que os sanitários, para resíduos sólidos municipais, pois o risco que oferecem ao meio ambiente e à saúde pública é significativamente maior.

Essa alternativa de disposição foi analisada com base no “Plano Diretor de Resíduos Sólidos da Região Metropolitana da Baixada Santista”, bem como o Estudo de Impacto Ambiental realizado pela PROEMA/UMAH em 1996 e a “Carta do Meio ambiente e de sua Dinâmica”, desenvolvida pela CETESB em 1976.

Hoje, grande parte da Baixada Santista é de áreas naturais protegidas, destinadas à conservação, preservação, proteção e controle ambiental, compreendendo áreas tombadas, estações ecológicas e parques estaduais. Em vista disso, todos os municípios da Baixada Santista têm se deparado com uma preocupante falta de espaço em terra firme, para a disposição adequada de seus resíduos sólidos, sejam eles de origem industrial ou urbana.

O aterramento de áreas para essa disposição representa uma preocupante ação ambiental, não apenas pelas dificuldades de implantação pela instabilidade geotécnica dos terrenos e interferências com o lençol freático, mas também pelos impactos negativos decorrentes da exploração de materiais de empréstimo a ser obtidos na serra, morros, pedreiras, etc. A CETESB tem feito, corretamente, restrições à implantação de aterros na região, em função do reconhecimento da intensidade dos impactos sobre os meios físico e biótico regionais associados à inevitável degradação ambiental nas áreas de empréstimo e dos eventuais aterros.

Mesmo que se dispusesse de uma área suficientemente grande para a construção de um aterro industrial que abrigasse todo o sedimento dragado, seria necessário um longo período de tempo para a elaboração do projeto de construção do mesmo, seu licenciamento e o preparo da área. A essas dificuldades somar-se-iam os ônus ambientais e econômicos decorrentes do transporte do sedimento contaminado por caminhões, desde a área de transbordo para um depósito temporário em terra, também a ser construído e aprovado pelos órgãos ambientais, e daí para a área do aterro.

Cabe ressaltar ainda que, pelas restrições ambientais e de disponibilidade de espaço em toda a região da Baixada Santista, não existem aterros classe 1. Nesse caso, o sedimento teria que ser transportado para aterros em outros municípios e estados, saindo pelos sistemas Piaçagüera-Guarujá e Anchieta-Imigrantes. Considerando-se o que para um volume grande de material, inúmeras viagens seriam necessárias, com elevados custos de transporte, riscos de acidentes de trajeto, risco ambiental e a total saturação do sistema viário que serve a região, pelo incessante tráfego de veículos.

Haveria, ainda, a necessidade de negociações com outros municípios para o recebimento do material, sendo evidentes as dificuldades na aceitação de um grande volume de sedimento contaminado e dos riscos ambientais envolvidos.

6.6.2.5 Disposição em cavas de mineração

Com base no “Plano Diretor de Resíduos Sólidos da Região Metropolitana da Baixada Santista” e no “Estudo de Impacto Ambiental”, citados anteriormente, a única área que apresenta possibilidades mais concretas para receber o material dragado é uma antiga área de extração de granito composta por duas cavas com área total de 82 hectares, localizada no Município de Santos, próximo à rodovia SP 55. Essa área foi reservada por aquele município para a implantação do futuro aterro sanitário municipal tendo sido elaborado, inclusive, o seu respectivo EIA/RIMA, o qual já foi aprovado pela Secretaria de Meio ambiente.

Não foram identificadas outras cavas ou pedreiras na região que apresentassem condições de receber material dragado, em especial pelas suas características.

Mesmo que se dispusesse de tais áreas, haveria a necessidade de um período de tempo para negociação com o proprietário das mesmas, de um estudo de projeto para a disposição do material dragado nas mesmas, de licença ambiental e da implantação de toda uma estrutura para receber e transportar o sedimento dragado.

6.7 TRATAMENTO DE MATERIAL DRAGADO

O tratamento serve para separar os materiais em faixas granulométricas e reduzir o volume de material dragado utilizando-se de técnicas de separação e desidratação.

A utilização de técnicas de separação, por exemplo, pode ser interessante no caso de alguns usos benéficos que demandem certa faixa granulométrica. A separação pode ser também interessante quando o material dragado estiver contaminado, já que a contaminação é mais comumente encontrada adsorvida na fração fina, e, sendo esta separada, os volumes de materiais a serem tratados ou dispostos em locais confinados diminuem.

No caso da disposição dos materiais dragados em solo, a utilização de técnicas de desidratação pode ser interessante, já que ocorre a redução dos volumes de material.

6.7.1 Separação

Esta fase de pré-tratamento consiste na utilização de equipamentos, sozinhos ou em cadeia, para a separação dos materiais em faixas granulométricas.

Como dito anteriormente, a separação pode ser interessante no caso de alguns usos benéficos que demandem certa faixa granulométrica. E também, ela pode ser também interessante quando o material dragado estiver contaminado, já que a contaminação é mais comumente encontrada adsorvida na fração fina, e, sendo esta separada, os volumes de materiais a serem tratados ou dispostos em locais confinados diminuem.

Na Alemanha, foi construída uma usina para a separação e desidratação dos sedimentos dragados no Porto de Hamburgo. É chamada de METHA (Mechanical treatment of harbour sediments). Ela entrou em operação em 1993 e trata anualmente 1.000.000 m³ de material com aproximadamente 50% de silte e 50% de areia.

O investimento para a sua construção chegou a quase € 70 milhões e a sua operação custa anualmente € 17 milhões.

O sistema baseia-se em duas etapas de separação: uma a 63 µm e outra a 20 µm. Os equipamentos utilizados para esta etapa são, em seqüência, hidrociclones, classificadores de fluxo ascendente e espirais e os produtos desta separação são: areia, areia fina e silte que depois de separados são desidratados através de tecnologia adequada.

Como pudemos observar, geralmente são utilizados um ou mais equipamentos, que, em cadeia, realizam a separação desejada.

Alguns equipamentos de separação:

- **Peneiras:** Fazem a separação mais grosseira. Servem para a retirada de pneus, pedaços de madeira, e outros objetos não desejados e também para a separação de rochas e cascalhos dos sedimentos.
- **Hidrociclones:** Separam os materiais em duas frações através da força centrífuga. Podem por exemplo separar areia de silte. Neste caso, as partículas mais finas e água saem pela parte de cima do aparelho, e as partículas mais grossas e água saem pela parte de baixo do aparelho.
- **Classificadores de fluxo ascendente:** Separa as partículas mais finas das mais grossas pela diferença de densidade das mesmas. Uma corrente em fluxo ascendente carrega as partículas mais finas para cima. As partículas mais grossas decantam e são retiradas pela parte de baixo de aparelho.
- **Espirais:** Seu funcionamento baseia-se também na diferença de densidade das partículas. A massa, num fluxo descendente, é separada em duas fases. As partículas mais grossas tendem a ir para a parte central da espiral e as partículas mais finas, para as bordas.

6.7.2 Espessamento

O espessamento é a fase intermediária entre a separação e a desidratação. Ele serve para aumentar a concentração de sólidos nos sedimentos dragados com a finalidade de ajudar no processo de desidratação dos sedimentos. Nesta etapa podem-se usar polímeros.

6.7.3 Desidratação

A desidratação é realizada para reduzir o volume dos sedimentos a fim de facilitar seu transporte e acondicionamento. Um volume reduzido implica em menor quantidade a se transportar e em menor quantidade a se acondicionar, podendo ser interessante no caso de material contaminado.

As técnicas para a desidratação do material dragado podem ser mecânicas ou naturais. Na desidratação mecânica o material precisa ser homogeneizado, ou seja, separado e preparado. Já a desidratação natural, não possui nenhum requisito quanto à preparação do material dragado já que consiste em técnicas simples de disposição dos materiais, mas por outro lado, existe a necessidade de grandes áreas para a disposição do material.

Alguns equipamentos de desidratação mecânica:

- **Filtro prensa:** A mistura de sedimentos e água é bombeada para dentro do filtro com certa pressão. Esta mistura passa por placas filtrantes que retêm os sólidos ficando estes confinados entre as mesmas. A pressão aumenta e o material consolida. A fase final é a abertura do filtro e a liberação da torta com grande teor de sólidos.
- **Belt filter press:** Após passar por um condicionamento com polímeros, o material dragado é pressionado contra dois cinturões filtrantes tensionados.
- **Centrífugas:** As centrífugas utilizam a força centrífuga para separar o líquido dos sólidos, obtendo assim uma fase sólida mais consistente.

Vale lembrar que estas técnicas de desidratação mecânica são normalmente utilizadas em ambientes industriais para tratamento de efluentes e/ou no tratamento de sedimento proveniente de tratamento de água e de esgoto, sendo apropriadas para volumes e vazões reduzidas. No caso dos materiais de dragagem, no qual temos um grande volume de sedimentos num curto espaço de tempo, a viabilidade destes métodos deve ser cuidadosamente avaliada. Pode haver a necessidade da utilização de vários equipamentos em paralelo para atingir a demanda necessária o que encareceria muito o projeto.

A desidratação natural dos sedimentos consiste na deposição dos materiais dragados em um bota-fora, perto da área dragada para que a água seja perdida naturalmente (por evaporação e por gravidade). Após a disposição dos materiais, e a decantação dos mesmos, a água superficial é retirada. O material restante continua a se desidratar através da evaporação da água.

Esta técnica demanda um tempo muito grande para sua realização satisfatória podendo ser aumentado pelas condições climáticas da região se esta for muito chuvosa. Além disso, é necessária uma área grande para sua realização.

No Porto de Hamburgo na Alemanha, são usadas tanto as tecnologias de desidratação naturais quanto as tecnologias de desidratação mecânica.

As áreas usadas como leitos de secagem do material dragado do porto de Hamburgo na Alemanha totalizam 100 ha e a capacidade anual é de 200.000 m³ de material *in situ*.

E como já foi dito anteriormente, a desidratação mecânica dos materiais dragados do porto de Hamburgo são realizados pela usina METHA, lembrando que o investimento para a sua construção chegou a quase € 70 milhões e a sua operação custa anualmente € 17 milhões.

Enquanto a alternativa de desidratação natural esbarra na necessidade de grandes áreas para sua realização, a desidratação mecânica é dificultada pelo seu alto investimento.

Os tratamentos para a redução da periculosidade dos sedimentos podem ser químicos, biológicos ou térmicos, conforme descrito a seguir.

6.7.4. Tratamento químico

a) *In-situ*

O tratamento de sedimentos *in situ* corresponde ao conjunto de técnicas de tratamento dentro do corpo d'água, na área a ser dragada. De forma geral todos os projetos existentes de remediação de sedimentos *in situ* só foram realizados em escala piloto.

O *National Water Research Institute of Environment Canadá* desenvolveu uma técnica de tratamento *in situ* de sedimentos para a empresa *Limnofix Inc.*, que envolve bioremediação, oxidação, estabilização e remoção de água do sedimento. Pode ser utilizada para a biodegradação de contaminantes orgânicos como PAHs, BTX e hidrocarbonetos do petróleo; controle dos problemas causados pelos sedimentos anóxicos como odores, liberação de nutrientes e toxicidade causada pelos sulfitos; aumento da eficiência da dragagem através da redução da água no sedimento antes da dragagem, e a consolidação e floculação do sedimento para produzir superfícies de sedimentos mais estáveis.

Os produtos químicos utilizados são aplicados no sedimento *in situ* através de um braço mecânico especial, e a embarcação utilizada deve ser capaz de armazenar, no mínimo, uma tonelada de produtos para o tratamento, que incluem oxidantes para sulfitos (que são tóxicos para bactérias), para sulfatos não tóxicos e nutrientes (N, P e C), que aumentarão a proliferação bacteriana e sua atividade. Um agente floculador também é adicionado, para evitar a ressuspensão do sedimento no momento da injeção da mistura de tratamento.

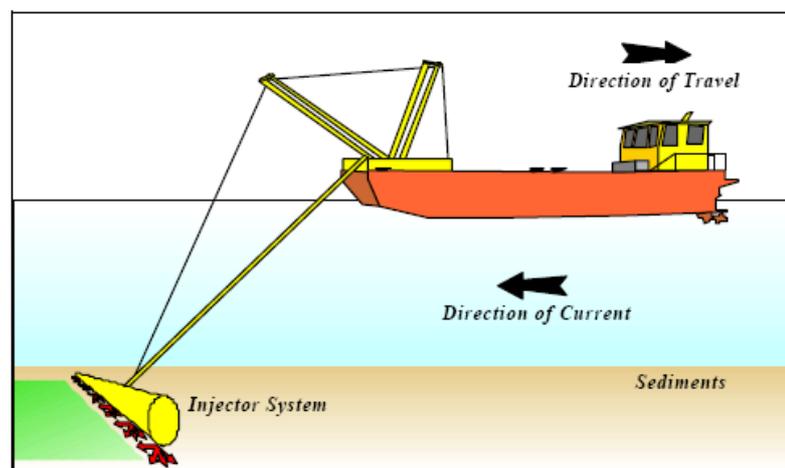


Figura 6.7.4 -1 Esquema da aplicação de produtos para a remediação *in situ* de sedimentos

Fonte: <http://www.golder.net/archive/limnofixweb.pdf>

Além dessa técnica, têm sido utilizadas outras que envolvem separação química, destruição térmica e tecnologias de imobilização, com bons resultados, embora sejam caras, complexas e eficientes somente para o tratamento de alguns tipos de sedimentos. As técnicas de destruição química ou térmica são dificilmente aplicáveis para grandes volumes de sedimentos.

A dificuldade em se procurar aplicar este tipo de tratamento no presente caso é a demora na realização de testes em laboratório e, depois, no campo, com acompanhamento de contínua avaliação química da eficiência do processo. Os projetos-piloto conhecidos (realizados principalmente nos Estados Unidos e Canadá), invariavelmente concluem que estes tratamentos, por serem realizados diretamente no corpo d'água, também podem provocar impactos significativos (NRC, 1997).

b) *Ex-situ*

Para a realização de tratamentos *ex-situ* necessita-se de uma área com dique para contenção dos sedimentos, a qual será tanto maior quanto maior for o volume de material a ser tratado e a dragagem e recalque deste material para esta área. Portanto, de qualquer forma é necessária uma etapa de confinamento do material em uma unidade similar a uma UDC.

Esse tipo de tratamento tem sido, até o presente momento, praticado com algum sucesso em projetos-piloto, mas tem-se que considerar a variedade e quantidade de contaminantes presentes nos sedimentos, os riscos de contaminação do lençol freático, o tempo necessário e a complexidade dos métodos construtivos quanto à dragagem, transporte do material dragado até o local de tratamento em terra e seu acondicionamento, remoção e transporte do material tratado, e disposição final do material dragado em aterro industrial ou em cavas no mar ou em rios.

c) Encapsulamento

A técnica de encapsulamento ou microencapsulamento, usada nos EUA e em vários outros países da Europa e também no Japão, é denominada *stabilization/solidification technology*, e é relativamente nova no Brasil, estando direcionada, basicamente, ao tratamento de resíduos industriais tóxicos ou não, classificados como Classes I e II pela Norma NBR-10.004 da ABNT. É considerada adequada para o tratamento de determinados resíduos, antes de seu envio a aterros para disposição final.

Vários agentes encapsulantes podem ser utilizados sendo estes, geralmente, compostos minerais que têm, como elemento ativo, um silico-aluminato de cálcio e magnésio. São caracterizados por sua alta superfície específica (até 400m²/g) e alta capacidade de troca catiônica (até 150 miliequivalentes/100g).

Segundo a USEPA, esse tratamento não se aplica a todo e qualquer resíduo e o mesmo pode ser dito aos tipos de sedimentos a serem tratados por essa técnica. Para seu uso, há que se considerar a

qualidade, composição e propriedades físicas dos resíduos, bem como a localização da fonte geradora e os problemas específicos de disposição a eles associados. Em 1982, esse órgão publicou um guia com as diretrizes para a disposição de resíduos encapsulados denominado *Guide to the disposal of chemically stabilized and solidified waste* (USEPA, 1982), no qual se encontram as recomendações para utilização dessa tecnologia e os critérios adotados para a sua aprovação.

Os resíduos mais apropriados para este tipo de tratamento são aqueles que contém íons metálicos ou semimetais; resíduos oleosos e à base de solventes; resíduos aquosos contendo grandes quantidades de substâncias orgânicas (emulsões) solúveis e insolúveis, listadas como perigosas pela legislação, ou não listadas como perigosas mas contendo óleos; resíduos aquosos contendo baixos teores de contaminantes orgânicos listados como perigosos (menos de 1%) e geralmente na faixa de 10 a 1000 mg/l, como pentaclorofenóis ou bifenilas policloradas, e borras, óleos, gases ou fluidos geotérmicos de lubrificação.

A eficácia dos complexos argilo-minerálicos na estabilização de resíduos contendo orgânicos é devida à adsorção de contaminantes ao complexo. Essa adsorção se processa por troca iônica, precipitação química e químio-adsorção. O encapsulamento imobiliza os contaminantes dentro de uma matriz, reduzindo sua mobilidade através do material e impedindo que os contaminantes saiam da massa de sedimento, por processos de lixiviação.

O uso da técnica de encapsulamento, junto com a de disposição do sedimento dragado em cavas, aumentaria, em muito, a segurança da mesma, tanto pela retenção dos contaminantes pelos complexos argilo-minerálicos, como por garantir que o material caia efetivamente nas cavas e não se disperse para o canal. Além disso, diminuiria o efeito do choque do sedimento com o fundo d e uma cava, ou seja, a ressuspensão do mesmo e sua disseminação pelo canal.

6.7.5. Tratamento biológico

a) Biorremediação

A biorremediação envolve o aumento da biodegradação microbiana, fornecendo ao sedimento materiais nele ausentes como oxigênio e nutrientes, ou mesmo inoculando microrganismos conhecidos como degradadores de determinados contaminantes. A biodegradação de contaminantes tem sido observada para uma variedade de compostos orgânicos como óleo cru, óleo diesel, produtos do petróleo, benzeno, tolueno, xileno, PCBs, hidrocarbonetos poliaromáticos, compostos fenólicos clorados e muitos pesticidas.

Numerosos fatores limitam o uso de processos biodegradativos, como a complexidade do ecossistema sedimento-água; a dificuldade em se controlar os processos físicos, químicos e biológicos no sedimento, e a necessidade de se ajustar os vários estágios do processo biodegradativo às condições ambientais, o que acaba limitando a efetividade da biorremediação.

Como se conhece ainda muito pouco sobre o potencial biodegradativo de microrganismos marinhos, não se sabe até que ponto e com que eficiência, experimentos realizados em terra e em corpos hídricos interiores, também se aplica aos ambientes marinhos e estuarinos.

6.7.6. Tratamento térmico

a) Co-processamento em fornos de cimento

O co-processamento ou co-incineração em fornos de clínquerização é a utilização do processo de fabricação de cimento para a destinação final de resíduos industriais. Segundo a Resolução CONAMA 264/99, é a “técnica de utilização de resíduos sólidos industriais a partir do processamento destes, como substituto parcial de matéria prima e/ou de combustível no sistema forno de produção de clínquer, na fabricação de cimento”.

Os dispositivos que regulamentam o co-processamento dentro e fora do país estabelecem que o resíduo a ser co-processado deve ter um poder calorífico mínimo, ou que sua parte inorgânica seja utilizada como substituto de matérias primas no processo de produção de clínquer. Além disso, as propriedades do cimento produzido devem permanecer inalteradas, sem prejuízo de qualidade e sem impacto adicional ao meio ambiente.

O co-processamento de resíduos já tem, contra ele, as inúmeras críticas que vem recebendo, por criar novos problemas ambientais como o lançamento, para a atmosfera, de dioxinas, furanos e metais pesados.

A co-incineração poderia, por exemplo, ser realizada pela indústria cimenteira, mas, nesse caso, não seria possível garantir que a presença de substâncias tóxicas não traria conseqüências ambientais, pois os contaminantes eventualmente incorporados ao cimento poderiam ser lixiviados e trazer riscos à saúde pública. A disposição futura dos produtos do cimento teria que ser controlada e obedecer a normas ambientais bem definidas.

Outrossim, o sedimento necessitaria ser transferido para uma área em terra, onde seria armazenado para posterior transporte até a indústria que realizaria a co-incineração. Esta área poderia ser uma UDC.

Quanto à capacitação do parque industrial, os fornos de cliquerização licenciados para o processamento de resíduos são os do Cimento Ribeirão Branco, Cimento Ribeirão Grande, Cimento Rio Negro, Cimento Paraíso, Cimento Lafarge, Cimento Ciminas, Cimento Cauê e Cimento Soecom, situados fora da Baixada Santista. Caso toda a indústria cimenteira nacional estivesse à disposição para a queima do sedimento dragado, sua capacidade de incineração seria de apenas 24.000ton/mês.

Também há a questão das dificuldades de transporte do sedimento, pois as empresas mencionadas estão localizadas no Paraná, Rio de Janeiro, Minas Gerais e em Ribeirão Grande (SP)

b) Incineração

A incineração é definida como sendo a destruição térmica através da combustão, ou seja, a oxidação a altas temperaturas. Nesse processo, são de fundamental importância o controle da temperatura (geralmente acima de 900^oC), o tempo de residência (mínimo de 0,5 segundos), o controle da combustão e, principalmente, das emissões gasosas de produtos químicos como dioxinas e furanos.

Existem hoje no Brasil, apenas oito empresas ambientalmente capacitadas a prestar serviços para terceiros através da incineração de resíduos classificados como classe 1, com capacidades variáveis entre 2.700ton/ano e 18.000ton/ano. No Estado de São Paulo estão a ABL em Cosmópolis, BASF em Guaratinguetá, CLARIS em Suzano, CIBA GEIGY e TERIS em Taboão da Serra, e a RHODIA, única na Baixada Santista, com capacidade de 18.000ton/ano.

Conforme se observa, o grande problema na utilização dos incineradores das indústrias é a baixa capacidade nominal de incineração, mesmo sem se cogitar se há disponibilidade das mesmas para a incineração dos sedimentos dragados. Além disso, há que se considerar, também, os impactos ambientais e custos do transporte ferroviário ou rodoviário, a necessidade de instalação de áreas de armazenamento do sedimento, para posterior incineração, e os riscos de contaminação atmosférica.

A hipótese de se construir um incinerador específico para tratar o sedimento dragado foi descartada face ao tempo necessário para a elaboração do projeto, ao custo de instalação e operação, à obtenção da licença ambiental e à construção do incinerador.

6.8 SÍNTESE DAS ALTERNATIVAS DE DRAGAGEM E DISPOSIÇÃO DE MATERIAL DRAGADO

A viabilidade de realização da dragagem de aprofundamento, no que diz respeito ao uso de técnicas de dragagem consagradas e usuais, e a disposição do material proveniente desta dragagem, é atestada pelo monitoramento que vem sendo realizado para as dragagens de manutenção sendo que as premissas ambientais adotadas para a dragagem de manutenção deverão ser as mesmas para a dragagem de aprofundamento.

Com relação a qualidade dos sedimentos que correspondem à dragagem de aprofundamento, este item é amplamente analisado no Capítulo que corresponde ao Meio Físico que mostra que a qualidade do material de sub-superfície, que corresponde ao material que será dragado para o aprofundamento, é de qualidade similar ou melhor que o material já dragado durante a manutenção do canal da CODESP.

No que se refere aos equipamentos de dragagens, considerando a viabilidade da disposição marinha do material a ser dragado, existem hoje no mercado dragas autopropulsadas de portes variados capazes de realizar a dragagem de aprofundamento dentro do cronograma proposto nos Capítulos 4 e 5. É preferível que, dentre os equipamentos selecionados para este projeto, sejam escolhidos aqueles que oferecem melhor precisão e controle operacional no entanto, será imprescindível a

opção por equipamentos que apresentem manutenção periódica e atualizada e em perfeito estado de conservação.

Quanto às alternativas de disposição do material a ser dragado as opções de confinamento em Unidades de Disposição Confinada (UDCs), no caso de sedimentos que apresentem alto grau de contaminação, e a disposição marinha para os sedimentos que apresentem concentrações de contaminantes com baixo risco de impacto, são ambientalmente viáveis, amplamente utilizadas em portos do mundo inteiro, já foram avaliadas, licenciadas e adotadas em outros empreendimentos na região do estuário de Santos (exemplo: licenciamento do Terminal Portuário da EMBRAPORT e licenciamento da dragagem do Canal de Piaçaguera que atende ao porto da Cosipa e Fosfértil).

As alternativas locacionais para UDCs na região do Porto de Santos são restritas e foram analisadas considerando o levantamento de conflitos de uso que será apresentado no Capítulo 9 do presente EIA. O mapa síntese contendo essas opções é apresentado em Figura ao final do presente Capítulo. Na citada figura também é apresentada a região em mar estudada para o estabelecimentos de áreas alternativas de disposição marinha de sedimentos que apresentem baixo potencial de impactos negativos.

Quanto as demais técnicas de tratamento de sedimentos, como visto nas discussões relativas a cada método analisado, existem restrições de ordem tecnológica, prática, logística ou financeira e ainda, não isentas de impactos ambientais associados.

O uso benéfico do material a ser dragado (tratado no item 6.6.1.1) é viável no entanto, dependente de demanda concreta. A destinação do material para qualquer outro uso tratado no item 6.6.1 deve considerar, em conjunto, a alternativa de equipamento a ser utilizado pois, cada destinação requer procedimentos e equipamentos específicos.

Esta obra, executada dentro das premissas de mitigação de impactos ambientais estabelecidas no presente EIA, é viável ambientalmente ao mesmo tempo em que agrega os benefícios explicitados nos Diagnósticos em especial o Diagnóstico do Meio Sócio-Econômico (ver Capítulo específico).

6.9 ALTERNATIVAS DE ÁREAS PARA A DISPOSIÇÃO OCEÂNICA

O Estuário de Santos apresenta sedimentos com níveis elevados de contaminantes decorrentes do lançamento pretérito de efluentes e da disposição inadequada de resíduos nas bacias contribuintes em toda a região estuarina. Essa contaminação, cujas principais fontes encontram-se atualmente controladas, constitui um passivo ambiental com reflexos na atividade portuária, por requerer a adoção de medidas especiais de dragagem e disposição do material dragado, dentro de condições seguras do ponto de vista ambiental.

A disposição do material dragado depende da qualidade dos sedimentos, sendo normatizada, a partir de 2004, pela Resolução CONAMA 344/04, que regulamentou sua disposição em águas jurisdicionais brasileiras. O Porto de Santos realiza suas dragagens de manutenção lançando os sedimentos dragados em um quadrilátero situado em mar aberto ao largo da baía de Santos. Este

local, autorizado pela Marinha do Brasil para a disposição oceânica de materiais dragados, passou a ser utilizado a partir de 1996 sem restrições de caráter ambiental.

A partir de 2004, com o advento da Resolução CONAMA 344, os sedimentos dragados no Porto de Santos, que já vinham sendo monitorados quanto a sua qualidade, passaram a ter que atender à nova diretriz. Dados gerados pelo monitoramento dos sedimentos a serem dragados e do local de disposição oceânica indicaram a ocorrência de efeitos potencialmente tóxicos sobre a biota, o que foi entendido como um sinal de saturação da atual área de disposição. Com base em dados de monitoramento, a CETESB – órgão responsável pelo controle ambiental da dragagem no Estado de São Paulo, estabeleceu um limite máximo para o lançamento de material dragado, de 300.000m³ por mês, procurando assegurar a redução do efeito tóxico observado por meio de ensaios de laboratório. Paralelamente, a agência ambiental recomendou a realização de estudos de novas áreas de disposição onde as condições fossem mais propícias à redução de impactos decorrentes da dragagem.

No período de 2004 a 2007, o Porto de Santos apresentou uma acentuada tendência de expansão com o surgimento e a ampliação de diversos terminais e houve a determinação do governo federal de realizar o aprofundamento do Canal de Santos para permitir a movimentação de cargas com embarcações de maior calado. Em decorrência desses fatos a demanda por dragagens aumentou de forma expressiva, requerendo uma solução para a disposição dos sedimentos dragados. No final de 2007, três das empresas da região responsáveis por terminais privados existentes (COSIPA e FOSFERTIL) e em implantação (EMBRAPORT) se uniram à CODESP e realizaram a contratação dos estudos necessários ao estabelecimento de novas áreas de disposição oceânica de material dragado e de diretrizes de uso e monitoramento dessas áreas. O presente relatório técnico apresenta os resultados dos estudos e levantamentos realizados e propõe:

- Uma nova área de disposição oceânica de materiais dragados com condições mais favoráveis à dispersão dos sedimentos e com menor risco para o ambiente marinho;
- Um Plano de Disposição Oceânica de Materiais Dragados que considera a demanda prevista para os próximos anos e as condições ambientais da nova área de disposição e cria mecanismos para prevenir a saturação do local; e
- Um Plano de Monitoramento Ambiental da Disposição Oceânica de Materiais Dragados que procura, com a experiência acumulada, otimizar os parâmetros de análise e aumentar a eficácia da avaliação para dar respostas de melhor qualidade em menor prazo para o gerenciamento da dragagem.

6.10 DERROCAMENTO

O derrocamento é uma técnica de remoção de materiais muito duros (rochas) de locais submersos. Ele é composto das seguintes etapas: desmonte ou fragmentação, retirada (dragagem), transporte e deposição (bota-fora).

Baseado nos levantamentos de caracterização geológica - geotécnica das pedras (gnaissica) constatou-se que a simples dragagem das pedras Itapema e Teffé, localizadas na área de projeto, não seria viável sem prévia fragmentação.

Desta forma, foi realizado um estudo de alternativas para derrocamento destas rochas, sendo o estudo completo apresentado em anexo ao presente EIA.

Este estudo apresenta diferentes alternativas para o desmonte das rochas, quais sejam: métodos com utilização de materiais expansivos colocados nos furos nas rochas, do qual destaca-se a argamassa expansiva; métodos mecânicos, como as dardas; fragmentação mecânica, através da utilização de equipamentos rompedores; e, por fim, o desmonte por explosivos.

Por fim, constatou-se que a alternativa de projeto considerada mais adequada e tecnicamente viável, tendo em vista a natureza geológica das rochas envolvidas, é o método de perfuração e desmonte por explosivos.

A seguir são apresentadas as diferentes alternativas estudadas.

6.10.1. Alternativas para Desmonte

6.10.1.1. Fragmentação por Expansores

Consiste na utilização de argamassas expansivas, inseridas em furos, e que se expandem por reações químicas com a água, submetendo o material do seu entorno a esforços de compressão, que tangencialmente se traduzem em tensões de tração. Estas tensões de tração se sobrepõem, forçando a definição de uma linha de corte ao longo do alinhamento dos furos.

Ambientalmente, os impactos são considerados insignificantes, uma vez que a vibração do corte da rocha é mínima, comparada às vibrações geradas pelas grandes embarcações que trafegam no local, e tendo em vista que a substância utilizada não é tóxica.

A fragmentação da rocha através desta técnica é baixa, criando blocos de rochas muito grandes e exigindo um número muito elevado de furos.

Este último item constitui a principal desvantagem técnica econômica desta alternativa, uma vez que a perfuração é o item de maior custo envolvido nestes processos. Além disso, pela natureza dos cortes produzidos e tamanho grande dos blocos de rocha, seria necessária a utilização de equipamentos mecânicos auxiliares ou técnicas alternativas para a remoção dos fragmentos, tornando-o ainda mais dispendioso.

6.10.1.2. Fragmentação por Dardas

Consiste na expansão mecânica dos furos da rocha, similarmente à utilização de expansores químicos, porém utiliza um dispositivo mecânico, que com o auxílio de uma cunha, abre o furo numa direção preferencial.

As distâncias entre os furos são similares àquelas utilizadas na expansão por argamassa, sendo feitas as mesmas críticas com relação ao número necessário de furos e custos associados. Além disso, para alcançar a precisão do furo, as dardas devem ser instaladas e controladas por

mergulhadores treinados, o que, associado ao número elevado de furos, tornaria o custo desta operação proibitiva.

Apesar de sua simplicidade, o sistema é bastante lento.

Do ponto de vista ambiental, os impactos são considerados insignificantes, sendo a fragmentação realizada sem causar vibrações, gases tóxicos ou eliminação de substâncias no meio

Vale ressaltar que, além dos custos associados à fragmentação do material, os blocos gerados são de grande porte, sendo, assim como na expansão por argamassa, necessária a utilização de equipamentos mecânicos auxiliares ou técnicas alternativas para a remoção dos fragmentos, tornando-o ainda mais dispendioso.

6.10.1.3. Fragmentação Mecânica

Geralmente utilizada para o desmonte secundário em operações de desmonte a céu aberto. O grande problema desta alternativa está relacionado à profundidade e à precisão das operações. Pode ser realizada por meio da perfuração manual, com a utilização de martelotes de pequeno porte por mergulhadores ou pela utilização de lança operada da superfície, porém sem nenhuma precisão.

Também há que se considerar que o uso de mergulhadores com perfuratrizes pode tornar o trabalho bastante perigoso, além das implicações envolvidas nos trabalhos prolongados em condições de pressurização de ar.

Ambientalmente, a fragmentação é realizada causando vibrações, podendo ocorrer a contaminação do meio pelo óleo da perfuratriz.

Esta alternativa deixa a desejar tecnicamente, uma vez que o volume de material a ser desmontado é considerável, devendo incorrer em preços muito elevados, além da necessidade de uso intenso de mergulhadores e da pouca precisão.

6.10.1.4. Fragmentação por explosivos

A grande vantagem desta alternativa é a melhor fragmentação da rocha desmontada. Para as rochas Teffé e Itapema, objeto do estudo, a melhor alternativa é a perfuração e desmonte por explosivos com o auxílio de plataformas flutuantes, já que a visibilidade na água não influencia nas operações. Além disso, esta alternativa envolve menores custos e menor utilização do trabalho de mergulhadores.

Esta técnica exige furos posicionados de maneira precisa, sendo necessária alguma espécie de plataforma que fique fixa em relação ao maciço e furos programados, podendo ser do tipo ancorada, flutuando no nível da água, ou sobre sapatas ou pontões, apoiando-se no fundo rochoso, auto-niveladoras.

Sobre esta plataforma ficam as máquinas. A torre de perfuração desloca-se sobre trilhos ou por meio de pontes rolantes, de forma a permitir o deslocamento tanto na lateral (definição do espaçamento entre furos) quanto no sentido do avanço (definindo o afastamento entre os furos).

Para perfuração são utilizados tubos providos de material cortante na extremidade (vídea ou carbeto de tungstênio), permitindo sua penetração na rocha (10 a 30 cm), ficando engastado. O resto da perfuração é feita por broca interna, podendo o tubo acompanhar a broca interna até onde necessário (recomendado para material muito fraturado ou facilmente desagregável).

Os tubos ancorados na rocha permanecem no local até que todos os furos previstos para aquela detonação sejam executados, permitindo que o carregamento dos furos seja feito através dos mesmos e somente depois disso os tubos retirados. Esta retirada deve garantir que os acessórios de iniciação (tubos transmissores de onda de choque) permaneçam seguros e acessíveis.

Do ponto de vista ambiental, as principais manifestações deste método são as vibrações do terreno e a pressão hidrodinâmica.

A fim de isolar principalmente as áreas dos cais/berços de atracação, das vibrações provocadas, evitando a transmissão das ondas de choque pelo maciço, deverão ser executadas linhas de descontinuidade. Essas linhas devem ser valas escavadas com argamassa expansiva (que fratura sem vibrações danosas) que provocam a reflexão e dissipação das vibrações, minimizando qualquer tipo de dano às estruturas no cais. Essas valas também têm a finalidade de gerar as faces livres para início do desmonte das pedras.

Para controle da sobrepressão de ondas de choque, um dos procedimentos mais comuns é envolver a zona de detonação com uma cortina de bolhas, isolando-a. Assim, ter-se-á, ao redor do desmonte, uma cortina de bolhas de ar que deve evitar a passagem dessa sobrepressão na água, da região de desmonte para outras áreas, minimizando danos na fauna e em embarcações que podem estar próximas.

De forma geral, a metodologia da alternativa selecionada - desmonte por explosivos-, consiste basicamente das seguintes atividades, que estão apresentadas em anexo a este EIA:

- Posicionamento, estabilização e ancoragem dos flutuadores (balsas);
- Execução dos furos nos pontos indicados em projeto (dentro dos limites de desvio previstos);
- Verificação da posição dos furos e desvios (possibilitando correções) para carregamento com explosivos;
- Deslocamento do flutuador para uma distância segura;
- Instalação dos sistemas de proteção na região de desmonte;
- Execução a detonação;
- Reinício do ciclo, por meio do reposicionamento do flutuador na posição seguinte do plano de execução; e

- Após um número conveniente de desmonte, as operações são paralisadas para a remoção e transporte do material derrocado para disposição final.

6.10.2. Alternativas para a disposição de material de derrocamento

Anteriormente às operações de fragmentação das rochas, será necessária a realização de dragagem preliminar.

Após a fragmentação das rochas, será necessária a remoção (dragagem) do material mais grosso. Esta deverá ser realizada por equipamentos de dimensões apropriadas, com sistema de içamento do tipo Clam-Shell, com capacidade para fragmentos com dimensões de até 1,20 m e para atingir fragmentos até 18,0 m de profundidade.

Haverá duas alternativas para disposição do material resultante do desmonte que serão discutidas nos itens a seguir.

6.10.2.1. Disposição em Cavas Confinadas no Próprio Canal

Neste caso, serão utilizadas depressões naturais dentro do próprio canal, próximas às pedras Teffé e Itapema, para deposição de parte dos fragmentos de rocha.

O estudo de áreas e volumes é apresentado em anexo à caracterização do empreendimento.

6.10.2.2. Disposição em Outras Áreas do Canal

A alternativa mais viável para disposição do volume excedente (em torno de 16.000 m³), tendo em vista a disponibilidade de área no canal e a segurança necessária, foi a disposição do material na região da Fortaleza, na Ponta da Praia, compreendendo o trecho entre a própria Fortaleza até o Ferry Boat.

Considerando o empolamento de 60%, que é o caso mais crítico, o volume excedente passa para 26.000 m³. Nesse local foram encontradas profundidades variando em torno de 26 até 20 metros em uma área suficiente para a disposição deste volume de material.

Vale ressaltar que este é o único local no canal de acesso que suporta o lançamento desse volume excedente com segurança.