

## Aprofundamento do Porto de Santos Uma Análise Crítica

Tiago Zenker Gireli, Rafael Fernandes Vendrame

Departamento de Recursos Hídricos/FEC/Unicamp

zenker@fec.unicamp.br, rafaelzap2@hotmail.com

Recebido: 17/12/09 - revisado: 03/03/11 - aceito: 12/03/12

---

### RESUMO

Alguns especialistas defendem que o Porto de Santos deve se tornar porto concentrador do Atlântico Sul, por sua hinterlândia abranger o coração industrial do Brasil, dentre outros fatores. Entretanto existe uma série de deficiências e carências que o porto deve resolver antes de ser designado como tal. O aprofundamento para a navegação de navios de maior calado é considerado pela Companhia Docas do Estado de São Paulo - CODESP o projeto de infraestrutura prioritário para o Porto de Santos. A fim de solucionar o entrave que é a limitada profundidade do canal do Porto de Santos, o Governo Federal disponibilizou, através do Programa de Aceleração do Crescimento – PAC, mais de R\$200 milhões para ampliar a profundidade que varia de 12 a 14 metros para 15m e a largura do canal de navegação de 150 para 220m. Cogita-se inclusive aprofundar o canal para 17m de profundidade em uma fase posterior. É imprescindível dar a devida importância ao assunto, pois essa empreitada acarretará diversos impactos no porto. Esse trabalho tem por objetivo avaliar um desses impactos, que é a evolução da taxa de assoreamento no canal da barra em função do incremento na profundidade do gabarito geométrico do Porto de Santos. Foi analisado o canal da barra por ser o trecho do canal cuja manutenção é mais problemática, apesar de sua extensão representar apenas 40% do canal de acesso do porto, é o responsável por cerca de 60% do volume total dragado atualmente no Porto de Santos. Os resultados obtidos permitem analisar a viabilidade do empreendimento com dados mais sólidos.

**Palavras-Chave:** Porto de Santos; assoreamento no canal.

---

### INTRODUÇÃO

O crescimento do comércio mundial de mercadorias levou ao desenvolvimento da logística marítima, e uma de suas tendências é o desenvolvimento dos chamados *Hub Ports* (portos concentradores). Os *Hub Ports* devem atender a navegações de longo curso, distribuindo e recebendo cargas de portos de menores dimensões (gateways), que por cabotagem operam no atendimento da demanda interna de um país.

Devido à distância econômica entre os principais pólos comerciais globais do Hemisfério Norte e os países do Atlântico Sul, se justifica a escolha de poucos ou até mesmo um único *Hub Port* no Atlântico Sul, a fim de reduzir o tempo das viagens internacionais – navios de longo curso -, reduzir fretes, atrair linhas de navegação, ganhar em economia de escala e aumentar negócios de importação e exportação.

As premissas necessárias para que sejam atendidos os requisitos de porto concentrador de carga são de ordem geoeconômica, geoestratégica,

de estrutura portuária e logística.

Esse novo cenário do comércio mundial impulsiona a construção de navios de dimensões maiores (calado, boca e comprimento) a cada nova geração para aumentar sua capacidade, gerando assim uma economia de escala que reduz os custos do transporte. No entanto, é comum que as dimensões máximas de um navio sejam limitadas, tanto por restrições de calado em um porto, quanto por limitações devido às dimensões de uma eclusa, como ocorre no canal do Panamá.

Um navio típico cujas dimensões alcançam o limite máximo para passar nas eclusas do Canal do Panamá (Panamax) tem 294m de comprimento, 32,3m de largura e calado de 12,04 m.

Tendo em vista a importância do canal do Panamá devido à sua localização geográfica estratégica, a navegação mundial se prepara para entrar em uma nova fase em consequência do início das obras de ampliação do canal. Segundo empresários e especialistas, o principal impacto da expansão do Canal do Panamá no Brasil será a vinda de navios com maiores dimensões, que vão

demandar complexos marítimos com vias de navegação mais profundas e largas. Esses são os chamados navios Pós-Panamax, com 14,4 metros de calado.

Segundo Fabrizio Perdomenico, que assumiu em junho de 2008 o cargo de Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Portuário da SEP - Secretaria de Portos, as armadoras certamente vão passar a utilizar os Pós-Panamax em suas rotas pelo Panamá e, provavelmente, esses navios vão se dirigir para o Brasil. Para possibilitar que os navios Pós-Panamax atraiam nos portos brasileiros será necessário criar um programa permanente de manutenção de profundidades adequadas a estes navios (CODESP 2009c).

Conforme o então ministro-chefe da SEP Pedro Brito afirmara em 2007, o Porto de Santos tem plenas condições de ser o *Hub Port* do Brasil (Porto Gente, 2007). O conceito atual de *Hub Port* se refere a portos de movimentação de contêineres com navios Pós-Panamax, que têm capacidade superior a 6.000 TEUs e fazem poucas ou nenhuma escala (ponto a ponto). Esse tipo de navio também exige alta produtividade nas operações portuárias para minimizar o tempo de estadia e pressupõe o uso da navegação de cabotagem ou fluvial para atender os chamados portos alimentadores (feeder ports). Assim, um bom acesso marítimo e altos índices de produtividade são as características mais importantes para um hub port.

Entre os critérios que a SEP destaca para apontar o Porto de Santos como o porto concentrador do País e não outros portos nacionais, como o de Sepetiba (RJ) ou Rio Grande (RS), está o fato de a hinterlândia do Porto de Santos abranger o coração industrial do Brasil, onde há maior concentração de mercado para a carga contêinerizada, seja de exportação ou importação. Segundo o ex-ministro-chefe da SEP Pedro Brito, “ter um porto concentrador ajudará o comércio exterior do País, pois qualquer redução de custos logísticos aumentará o poder competitivo dos produtos brasileiros no exterior”.

No entanto, para alcançar a posição de destaque almejada, há ainda uma série de problemas e carências que o Porto de Santos precisa superar. Embora seja o maior porto da América Latina, segundo ranking elaborado pelo Centro de Logística do Instituto de Pesquisa e Pós-graduação em Administração de Empresas da Universidade Federal do Rio de Janeiro – Coppead/UFRJ, Santos é o principal retrato das deficiências do sistema portuário brasileiro.

## CONTEXTUALIZAÇÃO DO PORTO

O Porto de Santos (Figura 1), localizado no litoral sul do Estado de São Paulo é, segundo site oficial do porto, o maior porto da América Latina, responsável por cerca de 27% do comércio exterior do País. Sua área de influência, formada pelos estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, correspondente a região mais rica do país, responsável pela geração de cerca de 50% do PIB e das exportações brasileiras (CODESP 2009b).



Figura 1 - Vista aérea do Porto de Santos

Os dados gerais do Porto de Santos, tais quais área, quantidade de berços de atracação, extensão do cais, calado médio dos berços, tanques, linhas férreas, armazéns, pátios e dutos, podem ser vistos na Tabela 1, obtida da autoridade portuária no site do porto (CODESP 2009a).

Apesar das modernas instalações nos terminais privados do Porto de Santos, suas fragilidades no acesso terrestre e marítimo lhe renderam o título de quarto pior porto do Brasil, com nota 5,7, segundo ranking elaborado pela Coppead envolvendo cerca de 300 empresas exportadoras, armadores e agências marítimas.

A dificuldade no acesso ao Porto de Santos acarreta graves restrições operacionais, com redução do horário de entrada e saída de embarcações, além de alterações no horário de atracação e desatracação. Isso representa maiores tempos de espera e ociosidade operacional, provocando aumento nos custos dos fretes marítimos e nas operações portuárias. Levantamentos da CODESP apontam que, apenas em 2005, o complexo portuário santista registrou perda de US\$ 862

milhões em receitas devido à deficiência de calado, que varia ao longo do ano entre 12 e 13,5m. Uma parte desse prejuízo refere-se justamente a viagens e atracções adicionais.

**Tabela 1 - Dados gerais do porto (CODESP 2009a)**

Porto de Santos - Dados Gerais		
Área (m <sup>2</sup> )	Total	7.700.000
	Margem Direita	3.600.000
	Margem Esquerda	4.100.000
Berços (quantidade)	Total	64
	CODESP	54
	Privativos	10
Extensão do Cais (m linear)	Total	13.013
	CODESP	11.600
	Privativos	1.413
Calado dos Berços (m linear)	Geral	5 a 13,5
	CODESP	6,6 a 13,5
	Privativos	5 a 13
Tanques (quantidade)	Unidades	520
	Volume (m <sup>3</sup> )	1.000.000
Linhas Férreas (m linear)	Total	100.000
Armazéns (m <sup>3</sup> )		499.701
Pátios (m <sup>2</sup> )		974.353
Dutos (m linear)		55.676

A necessidade de espera por elevações de maré para o acesso de navios maiores e a impossibilidade de cruzamento de embarcações no interior do canal de acesso aliados às dificuldades de acesso terrestre estão entre os fatores que explicam o elevado tempo médio de espera dos navios que operam no Porto de Santos. Como exemplo, segundo a CODESP (2008), dos 723 navios operados no Terminal da Alemoa em 2009, 40% tiveram tempo de espera superior à 72hs.

O acesso difícil para trens e caminhões e o *layout* confuso e acanhado das instalações da retroárea do porto está dificultando a vida dos exportadores, que já não conseguem encontrar com facilidade terminais disponíveis. Muitos empresários estão migrando para portos mais modernos ou espaçosos, como o do Rio de Janeiro, o de Itajaí (SC) e o de Paranaguá (PR).

Estudos publicados pela Agência de Notícias do Estado do Paraná (2006), comparando os portos de Paranaguá e Antonina, Santos (SP) e Itajaí (SC) mostraram que há uma diferença importante nos valores da tarifa Inframar (taxa de uso da infraestrutura marítima) paga pelo armador do navio ou agente para movimentar produtos através dos portos. Por exemplo, em Paranaguá e Antonina, a tarifa para movimentação de carga geral é R\$ 1,77 por tonelada, em Itajaí o valor sobe para R\$ 2,57, já em Santos é de R\$ 2,95.

Para movimentar contêineres no cais público de Paranaguá, os usuários pagam R\$ 31,20 por unidade, enquanto que no Porto de Santos é cobrado R\$ 49,00 e em Itajaí R\$ 45,00. Na operação diária de um navio de 170 metros de comprimento, o armador paga pela acostagem R\$ 1.224,00 nos portos paranaenses, R\$ 1.666,00 em Itajaí e R\$ 6.174,40 em Santos.

Após a entrada em vigor da Lei 8.630/93, conhecida como “Lei de Modernização dos Portos”, a eficiência do Porto de Santos aumentou consideravelmente, e conseqüentemente houve um crescimento progressivo da quantidade de carga movimentada pelo porto. Entretanto, segundo Alfredini (2005) os custos logísticos e portuários ainda não atingiram patamares competitivos em relação ao Primeiro Mundo. Em determinadas épocas do ano ocorrem congestionamentos e filas de espera dos modais aquaviários e terrestres porque o conjunto das operações logísticas está mal coordenado, geralmente em função de exigências e excesso de burocracia de órgãos governamentais.

Os efeitos da falta de eficiência do porto são agravados pelos impostos em cascata que incidem sobre as operações de exportação e importação. Segundo Mawakdiye (2002) o frete portuário cobrado em Santos chega a custar o dobro do que em alguns portos europeus e norte-americanos.

Para reverter este quadro, a CODESP, o Governo Federal e empresas do setor privado vêm investindo pesado no projeto de ampliação e na modernização do maquinário e infra-estrutura do Porto de Santos, visando incrementar sua eficiência e competitividade (CODESP 2008).

O diretor-presidente da CODSEP desde 2008 até presente data, José Roberto Correia Serra, estima que entre 2009 e 2024 o Porto de Santos deva receber R\$ 5,2 bilhões nos para sua ampliação e modernização. Mais de 70% desses investimentos serão bancados pela iniciativa privada, e restante virá do Governo Federal.

Para superar as restrições existentes hoje no porto quanto o acesso marítimo, foi desenvolvido o

projeto de aprofundamento para 15m em uma primeira fase e 17m de profundidade em uma fase posterior. Permitir a navegação de navios com maior calado é um dos projetos de infra-estrutura prioritários do Porto de Santos, por ser parte integrante do planejamento da expansão da sua capacidade de movimentação para os próximos anos.

O PAC prevê para Santos o investimento de R\$199,5 milhões na dragagem do canal de acesso, R\$32 milhões no derrocamento das rochas Tefé e Ipanema e R\$ 7,2 milhões na remoção do navio grego Ais George, mantido semi-submerso desde a década de 70. Estes investimentos possibilitarão a navegação em mão dupla de 85% das embarcações que operam no porto e dando a Santos condições de receber navios de até 9 mil TEUs..

Destas obras, apenas a dragagem de aprofundamento do porto foi iniciada em fevereiro de 2009 pelo consórcio formado pelas empresas DTA Engenharia, EIT Empresa Industrial Técnica S/A, Ltda, EQUIPAV S/A Pavimentação e Comércio e CHEC Dredging e CO. Ltda. que venceram a licitação realizada pelo Governo Federal (CODESP 2009c).

Vale ressaltar que estas obras de infraestrutura são fundamentais para a viabilizar o projeto do Complexo Barnabé-Bagres, segundo CODESP (2009e) se trata da expansão do porto em direção à margem esquerda do canal, encontrando seu ancoradouro nas ilhas Barnabé e Bagres, na parte continental de Santos e Inclui 45 novos berços de atracação, armazéns, silos, pátios, tancagens e equipamentos como shiploaders e guindastes. Com este empreendimento, a CODESP espera incrementar em 120 milhões de toneladas a capacidade do porto, o que representa mais do que dobrar sua capacidade atual.

No entanto esta expansão só se viabiliza com as obras de aprofundamento e alargamento do canal de acesso que hoje é o principal gargalo que impede o incremento do número de navios que conseguem adentrar o porto a cada janela de maré.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesse trabalho foi feita a revisão bibliográfica com relação ao porto e pesquisa de artigos técnicos que abordassem a temática da manutenção da profundidade do canal do Porto de Santos, face ao impacto que esse projeto causará no porto e consecutivamente no comércio internacional brasileiro.

Para o projeto de dragagem de ampliação e aprofundamento do canal do Porto de Santos, é fundamental o conhecimento da viabilidade técnica, ou seja, se o empreendimento é factível e a viabilidade econômica da manutenção da cota de fundo do canal, que depende essencialmente da frequência e do volume a ser dragado.

Portanto, é necessário dispor de uma estimativa das taxas de evolução dos fundos no canal de acesso ao Porto de Santos, o que se relaciona diretamente com o volume de dragagem. É possível obter essa estimativa, com aceitável precisão, com o conhecimento da dinâmica hidrossedimentológica local, em associação com os dados de dragagens e precipitações das vertentes das bacias hidrográficas.

Em consulta ao relatório da SONDOTÉCNICA (1977) confirmou-se que sondagens batimétricas efetuadas anteriormente às dragagens no Canal da Barra apontavam cota mínima em torno de - 8m em relação ao nível de redução definido pela Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha – DHN para a barra marítima de Santos.

Este mesmo estudo aponta para os seguintes valores de taxa de assoreamento em volumes “in situ” para as diferentes cotas DHN do possível gabarito de dragagem:

- 13,7 m: 900.000 m<sup>3</sup>/ano
- 14,2 m: 1.300.000 m<sup>3</sup>/ano
- 14,7 m: 1.600.000 m<sup>3</sup>/ano

Observando-se esses valores confirma-se que a taxa de assoreamento aumenta à medida que aumenta a distância entre a profundidade de equilíbrio natural e o gabarito geométrico do canal.

É possível fazer um balanço sedimentar de volume “in situ” para o estuário e para o canal da barra. Esses cálculos devem ser feitos separadamente pois as influências destes são diferentes; na região estuarina há uma maior influência dos aportes de sedimentos fluviais, enquanto no canal da barra existe maior influência dos aportes marítimos de sedimentos.

O balanço sedimentológico pode ser conduzido pela equação 1:

$$Vd + \Delta V = Ve \quad (1)$$

Na qual:

Ve: volume “in situ” de aporte de sedimentos totais

Vd: volume de sedimentos “in situ” removidos do estuário por dragagem.

$\Delta V$ : variação de volume “in situ” de depósitos

O coeficiente de correção para conversão de volumes dragados na cisterna para volumes “in situ” é dado pela equação 2:

$$(1 - ns) / (1 - n's) = (\gamma_s - 1) / (\gamma's - 1) \quad (2)$$

sendo:

ns : volume de vazios medido “in situ” dividido pelo volume total da amostra

n's : volume de vazios medido na cisterna dividido pelo volume total da amostra

$\gamma_s$  : peso específico “in situ”

$\gamma's$  : peso específico na cisterna

Para os volumes obtidos no Canal da Barra, pode se utilizar um coeficiente de correção por empolamento médio de 0,74 – SONDOTÉCNICA (1977).

**Tabela 2 - Déficit de dragagem por período (CODESP 2003)**

Mês/Ano	Déficit de Dragagem (m <sup>3</sup> )	Atendido (%)	Não atendido(%)
Mai/1997	1.949.192	48,3	51,7
Nov/1998	2.893.073	47	53
Abr/1999	2.552.687	48,9	51,1
Ago/1999	2.240.972	48,3	51,7
Abr/2000	1.851.448	50,6	49,4
Jan/2001	849.241	69,7	30,3
Jan/2002	932.419	59,3	40,7
Mar/2003	973.237	48,7	51,3

**Tabela 3 - Volumes dragados por período (CODESP 2003)**

Período	Volume na cisterna (m <sup>3</sup> )	Volume “in situ” (m <sup>3</sup> )
Mai/1997 à Nov/1998	871.662	645.001
Ago/1999 à Abr/2000	1.502.953	1.112.185
Abril/2000 à Jan/2001	2.817.318	2.084.815
Jan/2002 à Mar/2003	2.215.336	1.639.349

De CODESP (2003) pôde-se extrair Tabela 2 que apresenta a taxa de atendimento ao gabarito de dragagem, que quantifica o percentual de atendimento às condições especificadas para as 8 batimetrias de controle efetuadas entre 1997 e 2003 quando a profundidade de projeto era 14m, bem como o déficit de dragagem, que se traduz no incremento necessário ao volume dragado para alcançar os 100% de atendimento.

Além destas informações, também foram obtidos os volumes dragados no trecho da barra marítima de Santos para alguns períodos entre 1997 e 2003. Estes volumes estão apresentados na Tabela 3.

## METODOLOGIA

Inicialmente foi calculada a taxa média de assoreamento no trecho da barra de Santos entre 1997 e 2003. O intuito da obtenção desta taxa era o de validar os valores apresentados por SONDOTÉCNICA (1977), além de aumentar o espaço amostral para a análise.

Empregando-se a Equação (1), tendo-se em conta que a diferença entre déficits consecutivos de dragagem corresponde ao termo  $\Delta V$  da equação, foi possível obter valores mensais de aporte de sedimentos totais para os períodos com informação dos volumes dragados.

De posse destes valores, a taxa média anual de assoreamento foi calculada multiplicando-se por doze a média dos volumes mensais obtidos.

A taxa encontrada foi então acrescentada àquelas fornecidas por SONDOTÉCNICA (1977) e inseridas em um gráfico de taxa de assoreamento em função da profundidade do gabarito de navegação.

Para a extrapolação das taxas de assoreamento para as profundidades de -15 e -17 metros foram simulados os ajustes de duas curvas de regressão que levassem em conta a não linearidade da resposta do assoreamento.

Na seqüência, tendo em vista o alargamento previsto para o canal, bem como o incremento em seu comprimento em função da necessidade de alcançar isóbatas mais profundas dentro da Baía de Santos, foi necessário transformar as taxas de assoreamento obtidas em taxas de evolução dos fundos. Transformação esta que foi feita a partir da divisão dos valores obtidos pela área em planta do canal dragado,

Por fim, a taxas de assoreamento finais para o canal da barra marítima do Porto de Santos foram calculadas multiplicando-se as taxas de evolução dos fundos pela nova área em planta que será ocupada pelo canal de navegação após seu alargamento para 220 metros e sua extensão até as isóbatas de 15 e 17 m (DHN).

### CÁLCULO DO APORTE DE SEDIMENTOS

A Tabela 4 apresenta o resultado do balanço sedimentar para o canal da barra decorrente da aplicação da Equação (1) para os períodos com informações de dragagem. Já a Tabela 5 mostra as taxas de assoreamento mensais e a média anual para o período.

**Tabela 4 – Balanço sedimentar aplicado ao canal da barra entre 1997 e 2003**

Período	$\Delta V$ (m <sup>3</sup> )	Vd (m <sup>3</sup> )	Ve (m <sup>3</sup> )
Mai/1997 a Nov/1998	943.881	645.001	1.588.882
Ago/1999 a Abr/2000	-389.524	1.112.185	722.661
Abril/2000 a Jan/2001	1.002.207	2.084.815	1.082.608
Jan/2002 a Mar/2003	40.818	1.639.349	1.639.389

**Tabela 5 – Taxas de sedimentação mensais, média mensal e anual (m<sup>3</sup>)**

Período	Meses	Ve (m <sup>3</sup> )	Volume assoreado mensal (m <sup>3</sup> )
Mai/1997 a Nov/1998	18	1.588.882	88.271
Ago/1999 a br/2000	8	722.661	90.333
Abril/2000 a Jan/2001	9	1.082.608	120.290
Jan/2002 a Mar/2003	14	1.639.389	120.012
Taxa Mensal média (m <sup>3</sup> /mês)			104.726
Taxa Anual média (m <sup>3</sup> /ano)			1.256.717

Como o cálculo do volume médio dragado para o período de 1997 a 2003 mostrou-se alinhado com os valores obtidos em SONDOTÉCNICA (1977) pôde-se montar a Tabela 6, que apresenta as Taxas anuais de assoreamento em função da profundidade de manutenção do gabarito de navegação.

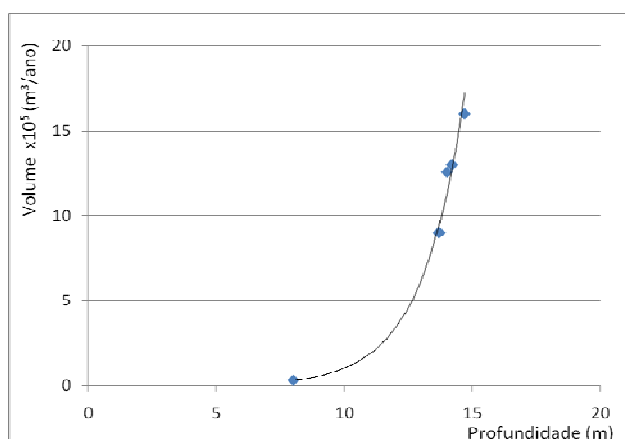
**Tabela 6 - Resposta do assoreamento ao aumento da profundidade**

Profundidade	Taxa de Assoreamento (m <sup>3</sup> /ano)
8	0
13,7	900.000
14,0	1.256.716
14,2	1.300.000
14,7	1.600.000

### CÁLCULO DO VOLUME DE MANUTENÇÃO

De acordo com Alfredini (2005), a taxa de evolução dos fundos tende a aumentar de forma não linear à medida que a cota batimétrica se afasta da profundidade de equilíbrio natural. Entretanto, não há uma lei geral que rege este comportamento.

Sendo assim, neste trabalho foram propostas duas equações não lineares que tiveram seus parâmetros ajustados de forma a maximizar o coeficiente de correlação (R<sup>2</sup>) em relação aos pontos da tabela 6 e, desta forma, extrapolar os volumes de dragagem necessários para a manutenção das cotas de -15 e -17 metros DHN.



**Figura 2 - Regressão exponencial do assoreamento em função da profundidade**

Na figura 2 tem-se a regressão exponencial da profundidade em relação ao volume anual assoreado. Para maximizar o coeficiente de correlação R<sup>2</sup> desta curva, foi utilizado como artifício matemático adotar 31500 m<sup>3</sup>/ano para a profundidade de 8 metros, volume esse insignificante comparado às médias anuais.

A equação 3 representa a curva exponencial de melhor ajuste obtida.

$$Y = 264,2e^{0,597X} \quad (3)$$

$$R^2 = 0,998$$

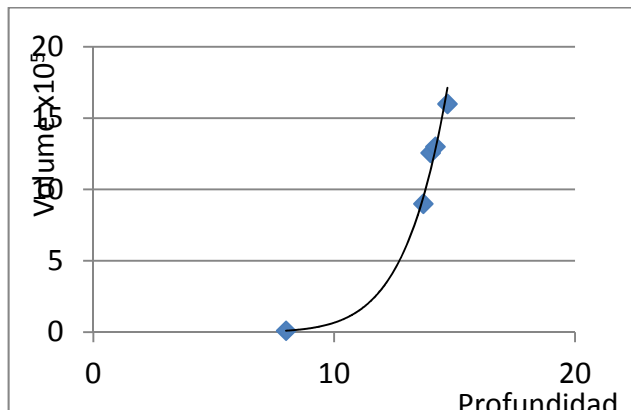
Onde:

X: Profundidade de manutenção (m);  
Y: Taxa de assoreamento anual esperada (m<sup>3</sup>/ano)

A Tabela 7 apresenta as taxas de assoreamento anual calculadas a partir da Equação (3) para as profundidades desejadas:

**Tabela 7 - Taxa de assoreamento anual para 15 m e 17 m**

Profundidade (m)	Assoreamento "in situ" (m <sup>3</sup> /ano)	Assoreamento na cisterna (m <sup>3</sup> /ano)
15,0	2.050.000	2.770.270
17,0	6.800.000	9.189.189



**Figura 3 - Regressão em potência do assoreamento em função da profundidade**

Na figura 3 tem-se a regressão em potência da taxa anual de assoreamento em relação à profundidade. Para o ajuste desta curva, foi utilizado como artifício matemático adotar 10.000 m<sup>3</sup>/ano

para a profundidade de 8 metros, pois este foi o valor que resultou no maior coeficiente de correlação R<sup>2</sup> para esta regressão, sendo que este volume também é insignificante comparado às médias anuais.

A equação 4 representa a curva em potência de melhor ajuste obtida.

$$Y = 2,36 \cdot 10^{-4} \cdot X^{8,44} \quad (4)$$

$$R^2 = 0,999$$

Onde:

X: Profundidade de manutenção (m);  
Y: Taxa de assoreamento anual esperada (m<sup>3</sup>/ano)

A Tabela 8 apresenta as taxas de assoreamento anual calculadas a partir da Equação (4) para as profundidades desejadas:

**Tabela 8 - Taxa de assoreamento anual para 15 m e 17 m**

Profundidade (m)	Assoreamento "in situ" (m <sup>3</sup> /ano)	Assoreamento na cisterna (m <sup>3</sup> /ano)
15,0	2.030.000	2.743.443
17,0	5.850.000	7.905.405

## EXTRAPOLAÇÃO DAS ÁREAS

Os cálculos acima fornecem um volume de dragagem anual para manutenção dos calados do canal da barra do Porto de Santos considerando apenas a resposta do assoreamento ao aprofundamento do canal. No entanto, além do aprofundamento, há um aumento considerável da área a ser dragada. Como foi mencionado anteriormente, o canal dragado deve ser estendido até encontrar a isóbata que mantém naturalmente a mesma profundidade. Além disso, o canal sofrerá um alargamento, passando de 150 m para 220 m de largura mínima.

O aumento da área a ser dragada provoca um aumento no volume de sedimentos. No entanto, cada ponto isoladamente pode não responder da mesma forma ao aprofundamento. Neste trabalho foi empregada premissa adotada por Carvalho (1994) que consiste em estimar o aumento dos volumes em função do incremento de área do considerando que a taxa média de evolução de fundos se mantém constante.

Através da carta náutica 1701 da DHN e dos novos limites do canal balizado fornecidos pela CODESP, foi calculada a área do canal da barra para as condições atuais e considerando as expansões previstas.

O cálculo da área do canal em sua situação atual (antes da execução do projeto) resultou em 1.521.041 m<sup>2</sup>. Já para o projeto de profundidade 15 m, a área resultante foi de 2.370.889 m<sup>2</sup>, enquanto para 17 m foi de 2.841.523 m<sup>2</sup>.

A partir da área e dos valores de volume “in situ” de sedimentos aportados em função da profundidade, calculou-se a taxa de evolução dos fundos em função da profundidade.

A tabela 9 mostra a taxa média de evolução dos fundos calculada a partir da equação exponencial do volume assoreado em função da profundidade.

**Tabela 9 - Taxa de evolução dos fundos em função da profundidade – Ajuste a curva exponencial**

Cotas DNH (m)	Taxa de Assoreamento (m <sup>3</sup> /ano)	Área base do cálculo (m <sup>2</sup> )	Taxa de Evolução dos fundos (m/ano)
13,7	900.000	1.521.041	0,59
14,0	1.256.717	1.521.041	0,84
14,2	1.300.000	1.521.041	0,85
14,7	1.600.000	1.521.041	1,05
15,0	2.050.000	1.521.041	1,35
17,0	6.800.000	1.521.041	4,47

A Tabela 10 fornece as taxas de assoreamento corrigidas pelas áreas em termos de volume assoreado “in situ” para 15 e 17 metros de profundidade.

**Tabela 10 - Taxa de assoreamento corrigida**

Cotas DNH (m)	Taxa de Evolução dos fundos (m/ano)	Área Real (m <sup>2</sup> )	Taxa de Assoreamento Corrigida (m <sup>3</sup> /ano)
15	1,35	2.370.889	3.195.392
17	4,47	2.841.523	12.703.376

A Tabela 11 mostra a taxa de evolução dos fundos calculada a partir da equação em potência do volume assoreado em função da profundidade.

**Tabela 11 - Taxa de evolução dos fundos em função da profundidade - Ajuste a uma curva de potência**

Cotas DNH (m)	Taxa de Assoreamento (m <sup>3</sup> /ano)	Área base do Cálculo (m <sup>2</sup> )	Taxa de evolução dos fundos (m/ano)
13,7	900.000	1.521.041	0,592
14,0	1.256.717	1.521.041	0,826
14,2	1.300.000	1.521.041	0,855
14,7	1.600.000	1.521.041	1,052
15,0	2.030.000	1.521.041	1,335
17,0	5.850.000	1.521.041	3,846

A Tabela 12 fornece as taxas de assoreamento corrigidas pelas áreas em termos de volume assoreado “in situ” para 15 e 17 metros de profundidade.

**Tabela 12 - Taxa de assoreamento corrigida**

Cotas DNH (m)	Taxa de evolução dos fundos (m/ano)	Área Real (m <sup>2</sup> )	Taxa de Assoreamento Corrigida (m <sup>3</sup> /ano)
15	1,35	2.370.889	3.164.218
17	4,47	2.841.523	10.928.640

## DISCUSSÃO

As premissas adotadas para o cálculo de aporte de sedimentos foram validadas confrontando-se os dados obtidos em SONDOTÉCNICA (1977) com o cálculo da taxa média de assoreamento obtida para o período entre 1997 e 2003, conforme descrito na metodologia.

A fim de projetar a resposta do assoreamento para profundidades que nunca foram atingidas no canal do Porto de Santos, foram utilizadas duas regressões diferentes para ajuste de curva, a partir das quais foram extrapolados os valores desejados. Ambas as curvas empregadas na extrapolação das taxas tiveram uma boa aderência à base de dados, além de representarem bem a não linearidade da resposta do assoreamento ao incremento da profundidade do canal de navegação.



A estimativa do volume “in situ” de dragagem para manter a profundidade do canal da barra em 15m resultou, por ambas as curvas de extrapolação, em cerca de 3.2 milhões de metros cúbicos ao ano, com uma taxa média de evolução do fundo de 1,34 m/ano. Esse valor, apesar de tecnicamente viável, representa grandes esforços de dragagem de implantação e um volume de dragagem de manutenção quase 140% superior àquele atualmente realizado.

Já para a profundidade de 17m, onde as curvas já mostraram uma divergência considerável, a taxa de assoreamento anual ficou entre 10 e 13 milhões de metros cúbicos por ano, com a cota de fundo evoluindo em até 4,5 m/ano o que representa um volume “in situ” a ser dragado anualmente de 720 a 850% superior ao atual, o que torna muito difícil sua realização economicamente e tecnicamente.

Para realizar o aprofundamento do Porto de Santos, o consórcio de empresas denominado Draga Brasil, trará para o Brasil uma das maiores e mais modernas dragas em operação no mundo. A Xi Hai Feng, que pode carregar até 17.500 metros cúbicos (capacidade de sua cisterna, onde o material dragado permanece até ser lançado na área de descarte) por viagem. Conforme divulgado por CODESP 2009b, haverá mais três dragas para a execução do serviço, A Xi Hai Hu, capaz de transportar 13.500 m<sup>3</sup> na cisterna, a Han Jung (9 mil m<sup>3</sup>), e a Han Jung 5001 (5 mil m<sup>3</sup>).

A Tabela 13 apresenta cada uma dessas dragas, e o número de viagens que elas teriam que fazer por ano para manter a profundidade de projeto do canal. O cálculo levou em consideração o volume anual na cisterna de sedimentos, que é justamente o volume que os sedimentos ocupam na cisterna da draga.

**Tabela 13 - Nº de viagens/ano para atender ao projeto**

Draga	Xi Hai Feng	Xi Hai Hu	Han Jung	Han Jung 5001
Capacidade (m <sup>3</sup> )	17.500	13.500	9.000	5.000
Viagens/ano para manter 15 m	247	320	480	864
Viagens/ano para manter 17 m	981	1272	1907	3433

Outra forma de analisar o problema é calculando o número de viagens necessárias por dia, o cálculo é exposto na Tabela 14:

**Tabela 14 - Nº de viagens/dia para atender ao projeto**

Draga	Xi Hai Feng	Xi Hai Hu	Han Jung	Han Jung 5001
Capacidade (m <sup>3</sup> )	17.500	13.500	9.000	5.000
Viagens/dia para manter 15 m	0,7	0,9	1,3	2,4
Viagens/dia para manter 17 m	2,7	3,5	5,2	9,4

Para manter a profundidade de projeto, é necessário um planejamento logístico para as dragagens, haja vista que a presença de uma draga no canal interfere no tráfego de embarcações.

A manutenção apenas por dragagem de profundidades mais de 50% superiores à profundidade natural é muito dispendiosa, visto que o assoreamento não se dá de forma linear, estando a área dragada sujeita a receber grandes volumes de aporte de sedimentos durante a passagem de eventos meteorológicos associados ao aumento da altura das ondas (Alfredini, 2005). Assim, seria possível ocorrer um incremento da cota do fundo até da ordem de metros durante a passagem de uma única frente fria.

Devido ao elevado aporte de sedimentos acontecer em um intervalo de tempo curto, e a eficiência das dragas ser limitada, haverá um retardo de alguns dias até que a profundidade de projeto seja recuperada. A perda de profundidade pode limitar a entrada de navios com grandes calados, acarretando em grandes prejuízos.

Economicamente, o custo das dragagens de manutenção de fundos crescerá na mesma proporção que os volumes de dragagem apresentados, e será diluído entre as empresas na tarifa inframar, que conforme exposto anteriormente, já é elevada.

Segundo o Engenheiro do Departamento de Dragagens da CODESP Carlos Alberto Guimarães Simon, o preço médio de dragagem no canal da barra do Porto de Santos em junho de 2008 era de R\$ 9,32 por metro cúbico dragado “in situ”.

Segundo o engenheiro, este foi o valor que utilizado pela SEP para orientar o edital de dragagem, e, portanto foi a base do orçamento do consórcio vencedor, Draga Brasil.

A Tabela 15 mostra o custo anual e acumulado nos 5 anos de manutenção do gabarito, calculados a partir da média dos volumes “in situ” de sedimentos estimados.

**Tabela 15 - Custos de dragagem estimados**

Profundidade:	Custo anual de manutenção (R\$):	Custo acumulado por 5 anos (R\$):
15 m	29.635.781	148.178.906
17 m	110.125.197	550.625.984

Os cálculos realizados fornecem uma estimativa de volume de dragagem de manutenção anual. No entanto, não se deve esquecer que para aprofundar o canal é preciso fazer a primeira dragagem de aprofundamento. Nesse período de implantação o volume a ser dragado pode superar em até duas vezes os valores estimados devido à acomodação dos taludes e a resposta morfodinâmica do trecho do canal da barra (SONDOTÉCNICA 1977).

## CONCLUSÕES

O Governo Federal, por intermédio do PAC e do Programa Nacional de Dragagens, vem custeando uma parte da implantação do novo gabarito de dragagem do Porto de Santos na cota -15m, bem como a manutenção dessa profundidade durante os primeiros 5 anos, prorrogável por mais 5 anos.

Conforme visto nesse trabalho, o aprofundamento do canal para essa cota elevaria o volume das dragagens consideravelmente. Esse aumento exigirá um planejamento logístico apurado das dragagens, pois demandará uma draga trabalhando continuamente para a manutenção do gabarito de projeto.

Entretanto, economicamente o projeto se mostra sustentável. Se compararmos a estimativa feita pela CODESP em 2005 de que o complexo portuário santista registrou perda de US\$ 862 milhões em receitas devido à deficiência de calado,

com os R\$ 30 milhões anuais estimados para manter a profundidade de 15 m no canal da barra, conclui-se que os custos adicionais em função do aumento da taxa de assoreamento podem ser contrabalançados pelo aumento da movimentação do porto.

Os ganhos ocorreriam em decorrência da diminuição da ociosidade dos terminais e do tempo de espera de uma gama de navios que não teriam mais que aguardar janelas de marés para poder entrar ou sair do porto, nem aguardar o término da movimentação de embarcações em um sentido para iniciar o outro, pois será permitido cruzamento de navios no interior do canal.

Caso essas melhorias sejam implementadas no Porto de Santos, também seria eliminado um dos gargalos existentes para o projeto de ampliação Barnabé-Bagres, que é justamente a ociosidade das embarcações e terminais.

Com relação ao aprofundamento para a cota -17m – DHN, segundo a estimativa realizada, o volume de dragagem de manutenção aumentaria de tal forma que, tecnicamente seria muito difícil manter o gabarito de projeto. O ritmo de dragagem necessário para remover os sedimentos aportados seria tão intenso que prejudicaria consideravelmente o fluxo de embarcações, e também deixaria o porto muito vulnerável diante de eventos extremos, conforme exposto anteriormente.

Por último, tendo vista a série histórica do atendimento das profundidades de projeto no canal da barra, percebe-se que ao longo dos anos apenas uma média de 50% da área atendeu aos 14 metros de profundidade. Se a autoridade portuária tem dificuldades para manter o canal com 14m de profundidade, é necessário que haja mudanças substanciais nas diretrizes de dragagem para que se consiga manter a profundidade em 15 ou até 17 m.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CODESP pelo apoio no fornecimento de informações e material bibliográfico que possibilitou o desenvolvimento do trabalho.

## REFERÊNCIAS

ALFREDINI, PAOLO. *Obras e Gestão de Portos e Costas: a técnica aliada ao enfoque logístico e ambiental* - São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

CARVALHO, N.O. *Hidrosedimentologia Prática*. CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Rio de Janeiro, 1994.

CODESP. *Volumes dragados de 1978 a 2003 no Canal de acesso e berços*. Santos, 2003.

MAWAKDIYE, A. "Falta de competitividade compromete futuro do Porto de Santos" - Revista problemas brasileiros, n.353, Set/Out. 2002.

SONDOTÉCNICA- *Comportamento hidráulico e sedimentológico do Estuário Santista*. 1977.

AGÊNCIA DE NOTÍCIAS DO ESTADO DO PARANÁ. Paraná, 2006. Aen. Disponível: <http://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=24552&tit=Exportadores-apontam-vantagens-de-silos-publicos-no-Porto-de-Paranagua>. Acessado: Maio/2009.

CODESP. - Companhia de Docas do Estado de São Paulo, 2009. Porto de Santos. Disponível: [www.portodesantos.com](http://www.portodesantos.com) - Acessado: Novembro 2009.

CODESP - Companhia de Docas do Estado de São Paulo, 2009. Porto de Santos. Disponível: <http://www.portodesantos.com/imprensa.php> Acessado: Novembro 2009.

CODESP - Companhia de Docas do Estado de São Paulo, 2009. Porto de Santos – Release 394. Disponível: <http://www.portodesantos.com.br/pressRelease.php?idRelease=394> - Acessado: Novembro 2009.

CODESP - Companhia de Docas do Estado de São Paulo, 2009. Porto de Santos – Release 311. Disponível: <http://www.portodesantos.com.br/pressRelease.php?idRelease=311> - Acessado: Novembro 2009.

CODESP - Companhia de Docas do Estado de São Paulo, 2009. Porto de Santos – Release 367. Disponível: <http://www.portodesantos.com.br/pressRelease.php?idRelease=367> - Acessado: Outubro 2009.

CODESP - Companhia de Docas do Estado de São Paulo, 2008. Porto de Santos – Relatório Anual da administração. Disponível: <http://www.portodesantos.com.br/relatorio/Relatorio2008.pdf> - Acessado: Maio 2009.

MUNDO Marítimo. 2009,. Disponível: <http://www.mundomaritimo.net> - Acessado: Abril 2009.

Porto Gente. 2008. Porto Gente. Disponível:

<http://www.portogente.com.br/comentetx/index.php?cod=12406&sec=118> -Acessado: Maio 2009.

SESC – Serviço Social do Comércio, 2002. Portal SESCSP. Disponível:

[http://www.sescsp.org.br/sesc/revistas\\_sesc/pb/artigo.cfm?Edicao\\_Id=133&breadcrumb=1&Artigo\\_ID=1873&IDCategoria=1937&eftype=1](http://www.sescsp.org.br/sesc/revistas_sesc/pb/artigo.cfm?Edicao_Id=133&breadcrumb=1&Artigo_ID=1873&IDCategoria=1937&eftype=1) - Acessado: Abril 2009.

### **Deepening the Port of Santos: a Critical Analysis**

#### **ABSTRACT**

*According to several specialists, the Port of Santos should become a concentration point in the South Atlantic, because its hinterland includes the industrial heart of Brazil, among other factors. However, there are a number of problems that must be solved before the port receives such a designation. Deepening for the navigation of deeper-draft ships is considered the priority infrastructure project by Companhia Docas do Estado de São Paulo –CODESP, for the Porto f Santos. In order to solve the obstacle presented by the limited depth of the Porto de Santos channel, the Federal Government, through the Accelerated Growth Program (PAC- Programa de Aceleração do Crescimento) has provided more than R\$200 millions to increase the depth that ranges from 12 to 14 meters, to 15 meters, and the width of the navigation channel from 150 to 220 m.. It is even being considered to deepen the channel to 17 m at a later phase. This issue is important and must be considered, since this action will have various impacts on the port. The purpose of this study is to assess one of these impacts, which is the evolution of the rate of siltation of the bar channel because of the increased depth of the geometrical outline of the Port of Santos. The bar channel was analyzed because it is the stretch of the channel which is most difficult to maintain, although its length is only 40% of the access channel to the port, It is responsible for about 60% of the total volume dredged currently in the Porto of Santos. The results obtained allow analyzing the feasibility of the undertaking with more solid data.*

**Key-words:** Port of Santos; channel depth; navigation