



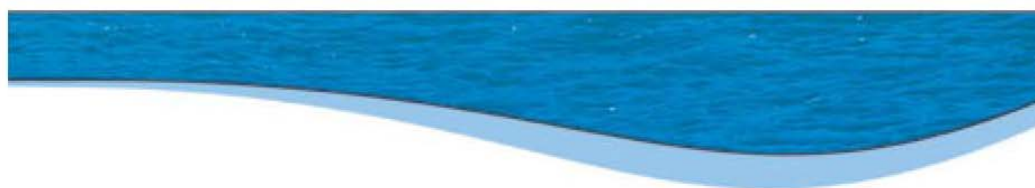


I - BARREIRAS

A seguir estão demonstrados os cálculos para o dimensionamento da quantidade de barreiras e tipos de formação de barreiras para recolhimento de óleo.

Ocorrência:		26.04.2006	18:03
 E & P - SERV / CC Planilha de Cálculo Estratégico 			
DERIVA PROVÁVEL		Valor	Comentário
Informações de Vento (Vindo)			
01. Intensidade (Knots)	15	Força 4	
02. Direção (Graus)	45°	225°	
03. Unidade que informou			
Informações de Corrente (Indo)			
04. Intensidade (Knots)	1,0	0,31 m/s	
05. Direção (Graus)	180°	360°	
06. Unidade que informou			
Resultado de DERIVA			
07. Velocidade (Knots)	1,36	0,7 m/s	
08. Direção (Graus)	194°	14°	
09. HORAS / DISTÂNCIA PERCORRIDA	km	MN	
	1	2,511	1,36
INFORMAÇÕES ADICIONAIS			
10. Volume Evaporado em 4 horas (M³)	20,2		
11. Volume evaporado, disperso e sedimentado (M³)	2		
12. Quantidade de Dispersantes (M³)	0,2		
13. Quantidade de Dispersantes (Tambores)	1		
Para este resultado foram considerados dados de vento (15 knots, vindo de 45°) e de corrente (1 knots) indo para 180°, gerando uma DERIVA com velocidade de 1,36 knots e direção de 194°.			
Neste cenário informado de 8 m³, um óleo de Grau API 20, sofrerá no processo de evaporação, dispersão e sedimentação em 4 horas (tempo estimado para atendimento) uma taxa de 20,2 % (2 m³). Da quantidade de óleo restante, 46 % (3 m³) ficará abaixo de 0,1 mm (inviabilizando recolhimento). A quantidade de óleo restante possível de contenção e recolhimento 55 % (4 m³) deverá ter um comprimento provável de 1,20 km e largura provável de 0,01 km, não necessitando de 18 metros de barreiras e 1 skimmers para atender a demanda operacional.			
CENÁRIO		PEI com DERIVA	
Informações do Vazamento			
14. Volume vazado (M³)	8	(M³)	
15. Duração do Vazamento (Horas)	0,5	hs	
16. Grau API	API	(de 15 a 45)	20
Espressuras que inviabilizam contenção e recolhimento			
17. Volume possível de ser controlado (79,8%)	6	m³	
Espressuras possíveis de se usar contenção e recolhimento			
18. Muito abaixo de 0,1 mm (46%)	3	m³	
19. Com 0,1 mm "Marron/Preto" (7%)	0,3192	m³	
20. Com 1,0 mm "Marron/Laranja" (50%)	3	m³	
21. Volume Total possível de contenção e recolhimento	4	M³	
Cálculo para área de contenção			
22. Área com 100 m²/km²	0,003192	km²	
23. Área com 1000 m²/km²	0,003192	km²	
24. TOTAL	0,006384	km²	
Dimensões da Mancha (Retangular)			
25. Comprimento	1,26	km	
26. Largura	0,01	km	
Cálculo da quantidade de Barreira, Skimmers e Tanagem			
27. Contenção Mínima (Grande Formação em U)	6	Mts.	
28. Fator de Segurança (2 vezes Formação U)	12	Mts.	
29. Quantidade de SKIMMERS (LUNAR MA 24h)	0,00	Un	
30. Quantidade de SKIMMERS (Op. 12h)	0,01	Un	
31. Tanagem Requerida (M²)	18	M²	

 E & P - SERV/CC Planilha de Cálculo Estratégico 			
Ocorrência:		26.04.2006	18:04
DERIVA PROVÁVEL		Valor	Conversão
Informações de Vento (Vindo)			
01. Intensidade (Knots)	15	Força 4	
02. Direção (Graus)	45°	225°	
03. Unidade que informou			
Informações de Corrente (Indo)			
04. Intensidade (Knots)	1,0	0,51 m/s	
05. Direção (Graus)	180°	360°	
06. Unidade que informou			
Resultado da DERIVA			
07. Velocidade (Knots)	1,36	0,7 m/s	
08. Direção (Graus)	134°	14°	
HORAS / DISTÂNCIA PERCORRIDA		km	NN
1	2,511	1,36	
INFORMAÇÕES ADICIONAIS			
10. Volume Evaporado em 4 horas (%)	20,2		
10. Volume evaporado, disperso e sedimentado (M³)	40		
12. Quantidade de Dispersantes (M³)	4,4		
13. Quantidade de Dispersantes (Tambores)	2,2		
Para este resultado foram considerados dados de vento (15 knots) e de corrente (1 knots), gerando uma DERIVA com intensidade de 1,36 knots, além do tempo de 30 minutos de duração do vazamento.			
Nesta planilha foi considerado a influência de vento (15 knots, vindo de 45°) e corrente (1 knots indo para 180°), dando origem a uma DERIVA com velocidade de 1,36 knots que somado a duração do vazamento 30 min, influenciará nas dimensões da mancha, que estará se deslocando em direção a 104°.			
Neste cenário informado de 200 m³, um óleo de Grau API 20, sofrerá no processo de evaporação, dispersão e sedimentação em 4 horas (tempo estimado para atendimento) uma taxa de 20,2 % (40 m³). Da quantidade de óleo restante, 45 % (72 m³) ficará abaixo de 0,1 mm (inabilitando recolhimento).			
A quantidade de óleo restante possível de contenção e recolhimento 55 % (88 m³) deverá ter um comprimento próximo de 1,26km e largura próxima de 0,13 km, necessitando de 399 metros de barreiras e 1 skimmers para atender a demanda operacional.			
CENÁRIO		PEI com DERIVA	
Informações do Vazamento			
14. Volume vazado (M³)	200	(M³)	
15. Duração de Vazamento (Horas)	0,5	hs	
16. Grau API	API	(de 15 a 45)	20
17. Volume possível de ser controlado (79,8%)	160	m³	
Espessuras que inviabilizam contenção e recolhimento			
18. Mito abaixo de 0,1 mm (45%)	72	m³	
Espessuras possíveis de se usar contenção e recolhimento			
19. Com 0,1 mm "Marrom/Preto" (8%)	7,88	m³	
20. Com 1,0 mm "Marrom/Laranja" (50%)	80	m³	
21. Volume Total possível de contenção e recolhimento	88	M³	
Cálculo para área de contenção			
22. Área com 100 m²/km²	0,0798	km²	
23. Área com 1000 m²/km²	0,0798	km²	
24. TOTAL	0,1596	km²	
Dimensões da Mancha (Retangular)			
25. Comprimento	1,26	km	
26. Largura	0,13	km	
Cálculo da quantidade de Barreira, Skimmers e Tançagem			
27. Contenção Mínima (Grande Formação em U)	200	mts.	
28. Fator de Segurança (2 vezes Formação U)	399	Mts.	
29. Quantidade de SKIMMERS (CUNA, MA 240)	0,19	Lh	
30. Quantidade de SKIMMERS (Op. 12h)	6,18	Lh	
31. Tançagem Requerida (M³)	438	M³	



São Bernardo do Campo, 20 de junho de 2005

A/C. Sr. Luiz Molle – Consultor Sênior
Petrobrás – Petróleo Brasileiro S/A

Prezado Senhor,

Conforme vossa estimada solicitação vimos detalhar o dimensionamento dos equipamentos de contenção e recolhimento lotados no CDA-BC – Centro de Defesa Ambiental da Bacia de Campos, conforme explicitado a seguir:

Memorial de Análise e Cálculo do Dimensionamento dos Equipamentos para Emergências com Derrames de Petróleo para o CDA-BC – Centro de Defesa Ambiental da Bacia de Campos

Quando da ocorrência de vazamentos de petróleo em cenários offshore devemos considerar que o volume vazado está sujeito a diversos fatores físico-químicos que imediatamente influenciam o comportamento deste no corpo hídrico e na região afetada pelo derrame. Os mais importantes efeitos físico-químicos são listados abaixo:

- Dispersão do petróleo na coluna d'água;
- Emulsificação: ocasionado pela ligação entre pequenas partículas de óleo e água;
- Evaporação: efeito superficial que depende diretamente da climatologia típica da região e do conteúdo de voláteis presentes no petróleo;
- Foto-oxidação: efeito dos raios solares UV na degradação do petróleo à deriva sobre a água;
- Extensão: efeito físico de espalhamento sendo influenciado pela viscosidade e temperatura ambiente;
- Fragmentação: divisão da lâmina de petróleo em diversas porções chamadas de "manchas";



- Sedimentação: efeito da dispersão natural do petróleo na coluna d'água conjugado à agregação de particulados e microorganismos marinhos possivelmente presentes em certas profundidades, fazendo com que a mistura ganhe densidade maior do que a água, levando certa quantidade de petróleo ao fundo;
- Aterramento: petróleo atingindo porções de terra: manchas não recolhidas ou inadequadamente dispersas podem atingir áreas costeiras sensíveis, tais como: praias, costões rochosos, mangues, portos, estuários, baías, etc.

Dos efeitos acima temos que considerar que alguns praticamente inviabilizam qualquer operação de recolhimento ou possível dispersão mecânica ou química das manchas de petróleo à deriva; são eles:

- Evaporação: parte significativa do petróleo será evaporado em poucas horas, devido basicamente às suas propriedades de densidade específica (API) e volatilidade conjugados à temperatura ambiente e regime de ventos predominantes da região;
- Dispersão: parte importante do petróleo vazado se dispersará naturalmente pela coluna d'água, inviabilizando qualquer estratégia de recolhimento
- Sedimentação: parte do petróleo dispersado pela coluna d'água irá se agregar a partículas mais pesadas ganhará densidade maior que a água e atingirá o fundo do oceano;

Podemos estimar que na prática os três efeitos citados responderão por cerca de 40% do volume total de petróleo efetivamente derramado nas plataformas ou emanado de vazamentos nos poços de produção conhecidos por *blow-outs*.

Sendo assim teremos que dos 4.000 m³ efetivamente vazados dos poços ou das plataformas, aproximadamente 1.600 m³ serão irrecuperáveis por métodos tradicionais de combate a derrames, restando assim 2.400 m³ a serem submetidos às diversas técnicas de controle possíveis de serem adotadas pelo Centro de Defesa Ambiental – Bacia de Campos.

Para calcularmos a contenção ideal de uma hipotética mancha de 2.400 m³ de petróleo temos que levar em consideração que nas primeiras horas do acidente teremos grandes porções de manchas de cor Marrom/Laranja e Marrom/Preta, além de manchas de extensões variadas na cor de brilhos prateados e de "arco-íris".

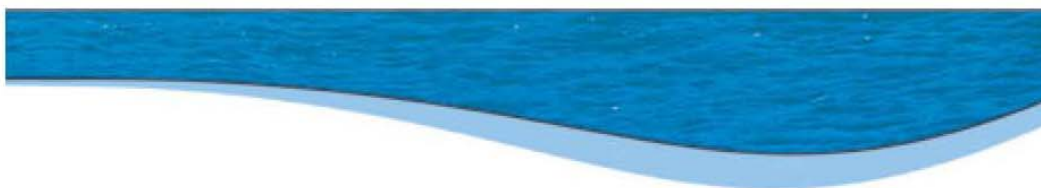


Tabela para o auxílio durante o monitoramento aéreo de manchas de petróleo em superfícies aquáticas, conforme IMO – International Maritime Organization.

Cor aparente:	Espessura estimada:	Volume / área superficial
Brilho de Prata	0,0001 mm	0,1m ³ / Km ²
Brilho de Arco-Iris	0,0003 mm	0,3m ³ / Km ²
Marrom / Preta	0,1 mm	100m ³ / Km ²
Marrom / Laranja	1,0 mm	1000m ³ / Km ²

Consideramos que as manchas de cor marrom/laranja e marrom/preta podem ser controladas por sistemas de contenção e recolhimento, enquanto que manchas com aparência de brilho de prata ou de arco-iris tendem a ser extremamente delgadas e suscetíveis somente a técnicas de dispersão mecânica ou de dispersão química.

Considerando o montante máximo de 2.400 m³ de petróleo possíveis de serem controlados, consideraremos que 50% (=1.200 m³) terão o aspecto marrom/laranja com 1,0 mm de espessura, e 5% do total com coloração marrom/preta (=120 m³) com espessura média de 0,1 mm, os restantes 45% (=1.080 m³) terão espessuras médias muito abaixo de 0,1 mm inviabilizando as operações tradicionais de contenção e recolhimento.

- Cálculo da área total de contenção:

$$1.200 \text{ m}^3 \text{ (esp.=1,0 mm)} : 1.000 \text{ m}^3 / \text{Km}^2 = 1,2 \text{ Km}^2$$

$$120 \text{ m}^3 \text{ (esp. = 0,1 mm)} : 100 \text{ m}^3 / \text{Km}^2 = 1,2 \text{ Km}^2$$

$$\text{área total de contenção} = 2,4 \text{ Km}^2$$

- Comprimento do círculo ideal e hipotético =

$$\text{Área do círculo} = 2,4 \text{ Km}^2 = \frac{3,14 \times d^2}{4} \quad \text{portanto:} \quad d = 1,748 \text{ Km}$$

$$C = 3,14 \times d = 3,14 \times 1,748 \text{ Km} = 5,489 \text{ Km}$$

- Comprimento teórico de contenção linear = 5,489 Km = 5.489 metros



Adequação geométrica:

Consideramos que na prática, devido aos diversos tipos de contenção em forma de "U", "J", "V", etc., e a conseqüente inviabilidade e efetividade operacional de cercar as manchas de forma perfeitamente circular, temos que estimar o comprimento linear menor que o teoricamente calculado; além disto devemos visualizar que a contenção de óleo sobrenadante não é uma operação estática e sim dinâmica, sujeita ao regime de ventos e correntes predominantes e a manobrabilidade das diversas formações, dando oportunidade a que o óleo à deriva seja contido por "varredura" em formações abertas de barreiras ("U", "J", "V").

Consideramos que na prática, para as diversas formações abertas em "U", "J", "V", etc., temos que possuir a capacidade mínima de contenção prática de 50% da teoricamente calculada, de forma a considerar as diferenças geométricas teóricas e práticas.

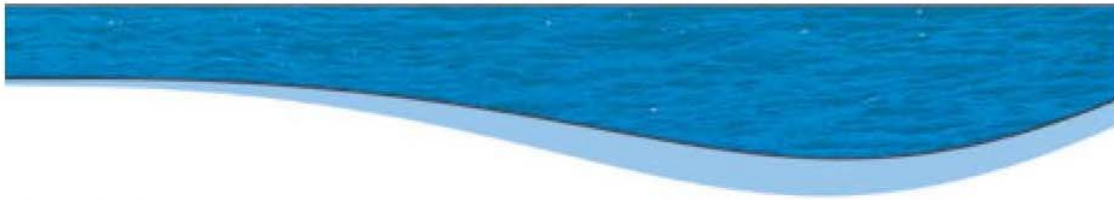
- Comprimento final de contenção mínima necessária = $5.489 \text{ m} \times 50\% =$
 $= 2.744 \text{ metros}$

Fator de segurança:

Adota-se no dimensionamento de contenção efetivo, por critério de segurança, que devemos possuir duas vezes o comprimento final de contenção mínima calculada; sendo assim teremos:

- Comprimento efetivo de contenção necessária em estoque =
 $= 2.744 \text{ m} \times 2 = \underline{5.488 \text{ metros}}$

CONCLUSÃO: o CDA-Bacia de Campos possui um total de 6.000 metros de contenção física por barreiras de diversos tipos, além de possuir 11.000 metros lineares de barreiras de absorção, sendo, portanto totalmente adequados para as operações de contenção em cenários previstos no plano de contingências.



➤ **Cálculo de taxa de recolhimento necessária:**

Devemos ter equipamentos suficientes para recolher 1.320 m^3 de petróleo = 1.200 m^3 (marrom/laranja) + 120 m^3 (marrom/preta).

Como todo equipamento recolhedor possui um grau de eficiência de recolhimento óleo/água que varia conforme sua concepção, a viscosidade do óleo e sua respectiva espessura, eficiência esta que pode variar de taxas médias mínimas de 30% a taxas médias máximas de 70%, vamos considerar que os diversos tipos de recolhedores do CDA-Bacia de Campos possuam taxas médias gerais de recolhimento em torno dos 50%, ou seja, podem recolher em média 50% do petróleo sobre as superfícies aquáticas.

Consideramos que para efeito de tempo de resposta e operações, devemos ter capacidade máxima de recolhimento suficiente para teoricamente recolher todo o montante de óleo no tempo aproximado de 1 hora.

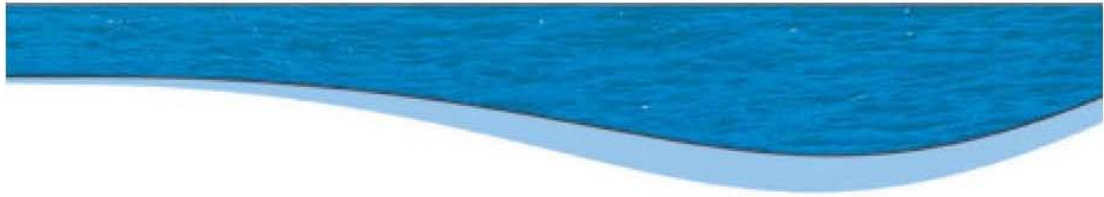
Portanto teremos:

$$1.320 \text{ m}^3 : 50\% \text{ taxa recolhimento de óleo} = 2.640 \text{ m}^3 \text{ (água + óleo)}$$

tempo teórico de recolhimento = 1 hora

➤ capacidade de recolhimento necessária = $2.640 \text{ m}^3/\text{h}$

CONCLUSÃO: o CDA-Bacia de Campos tem uma capacidade total de recolhimento de $2.660,4 \text{ m}^3/\text{h}$, sendo, portanto adequada ao recolhimento de petróleo dentro dos cenários possíveis de derrames previstos no plano de contingência.



Observações pertinentes:

As metodologias empregadas para o dimensionamento e estimativas são adotadas pela Alpina Briggs Defesa Ambiental S/A em todas as suas bases e centros na América do Sul e pela Briggs Marine Environmental Services Ltd. do Reino Unido em todas as suas bases pelo mundo, e ambas empresas seguem os padrões estabelecidos pela “International Maritime Organization” – IMO, reconhecidas pelo “The Nautical Institute” de Londres, e as recomendações da “International Tankers Owners Petroleum Federation” – ITOFF, além do reconhecimento de ambas pela “Maritime Coast Guard” – MCA do Reino Unido.

Fernando Cesar Domingues

Assessor Técnico & Comercial

Alpina Briggs Defesa Ambiental S/A

e-mail: fernando@alpinaambiental.com.br

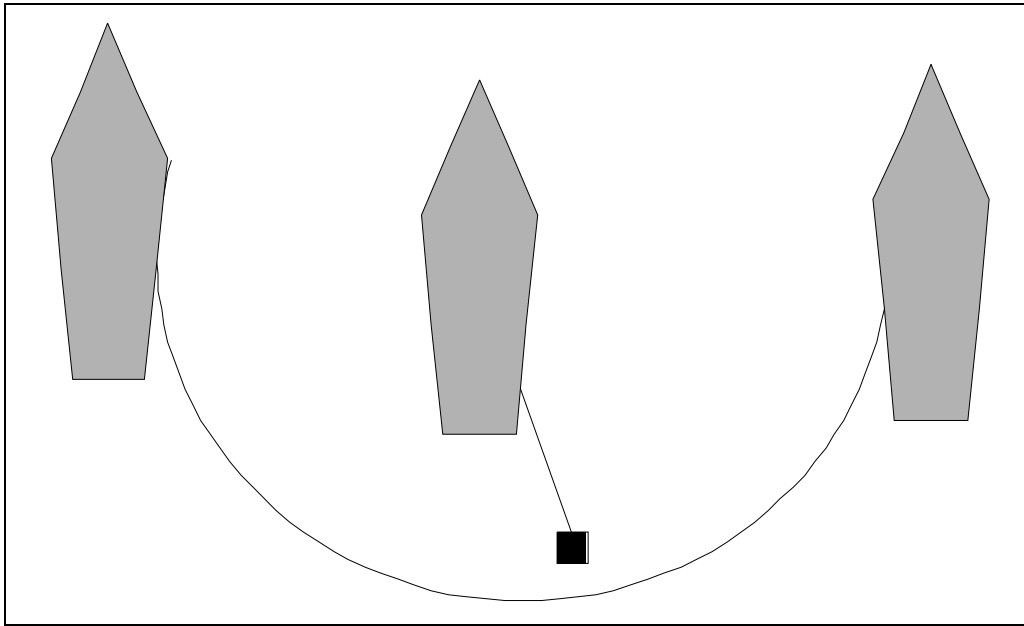


Figura I-3 - Formação em "U". Esta formação permite que uma outra embarcação faça o recolhimento do óleo.

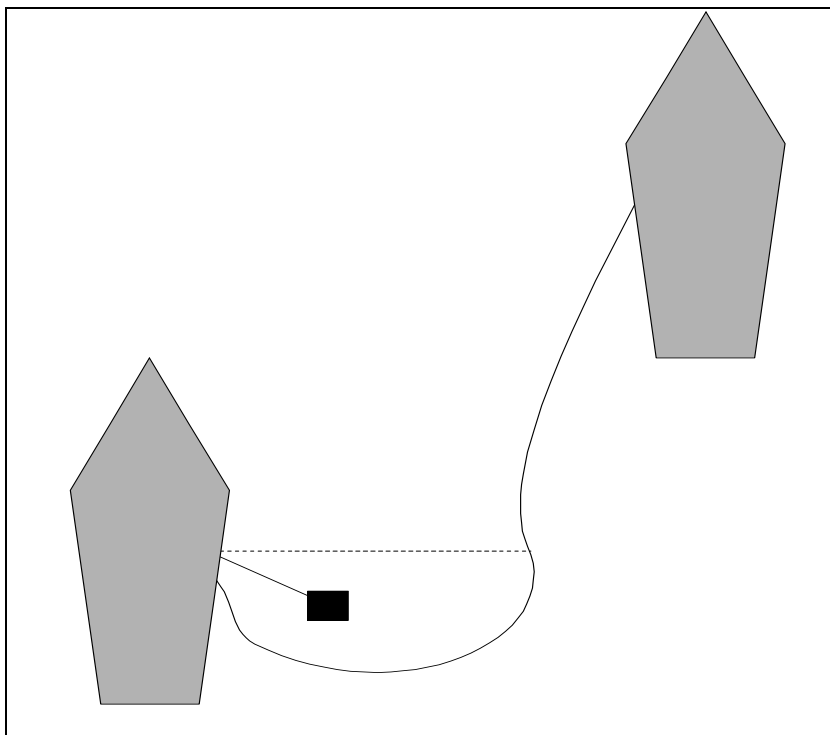


Figura I-3 - Formação em "J". Nesta formação, a embarcação, que forma o seio do "J", é a que lança o equipamento de recolher o óleo.