



**PLANO DE EMERGÊNCIA A
DERRAMES DE HIDROCARBONETOS
E OUTRAS SUBSTÂNCIAS NOCIVAS
DO PORTO DO FORNO**

**ANEXO 12
TÉCNICAS DE CONTENÇÃO E
UTILIZAÇÃO DE BARREIRAS
MECÂNICAS FLUTUANTES**

ÍNDICE

1.	DEFINIÇÃO E FINALIDADES DAS BARREIRAS FLUTUANTES	3
1.1.	DEFINIÇÃO.....	3
1.2.	FINALIDADES.....	3
2.	ELEMENTOS DE CONSTRUÇÃO DAS BARREIRAS (Fig. 1)	4
2.1.	ELEMENTO DE FLUTUAÇÃO (FLUTUADOR)	4
2.2.	ELEMENTO DE RETENÇÃO (SAIA).....	5
2.3.	LASTRO.....	5
2.4.	ELEMENTOS DE TENSÃO	5
2.5.	PONTOS DE ANCORAGEM	5
2.6.	ÂNCORAS	5
2.7.	ELEMENTOS DE UNIÃO.....	5
3.	TIPOS DE BARREIRAS	6
3.1.	TIPO "BARREIRA" (FENCE) (Fig. 2a e 2b).....	6
3.2.	TIPO "CORTINA" (CURTAIN).....	7
3.2.1	TIPO "CORTINA COM FLUTUAÇÃO SÓLIDA" (Fig. 3).....	7
3.2.2	TIPO "CORTINA COM FLUTUAÇÃO POR AR" (INFLÁVEIS) – Fig 3b	7
3.3.	BARREIRAS ESPECIAIS (Fig. 3 c)	8
4.	DIMENSIONAMENTO DAS BARREIRAS	11
5.	MATERIAIS PARA MANUFATURA DE BARREIRAS	12
6.	COMPORTAMENTO DAS BARREIRAS	14
7.	OPERAÇÃO DAS BARREIRAS	16
7.1.	MODOS DE UTILIZAÇÃO	16
7.1.1	CONTENÇÃO (Fig. 7a, 7b e 7c).....	16
7.1.2	DEFLEXÃO (Fig. 7d, 7e, 7f e 7g).....	18
7.1.3	PROTEÇÃO (Fig. 7h, 7i, 7j e 7k)	20
7.1.4	RECOLHA (Fig. 7l e 7m).....	22
7.2.	CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO	23
7.2.1	UTILIZAÇÃO ESTÁTICA EM ZONAS COSTEIRAS	23
7.2.2	UTILIZAÇÃO DINÂMICA NO ALTO MAR.....	23
7.3.	TÉCNICAS DE LANÇAMENTO	23
7.3.1	EM FORMA DE CÍRCULO (Fig. 7n, 7o e 7 p)	23
7.3.2	EM SETOR CIRCULAR (Fig. 7q).....	25
7.3.3	EM CANAIS E RIOS (Fig. 7r).....	25
7.3.4	EM DEFLEXÃO (Fig. 7s)	26
7.3.5	REBOCADAS (Fig. 7t)	27
7.3.6	EM DERIVA LIVRE	27
7.3.7	EM FILEIRAS MÚLTIPLAS	27
7.3.8	FORMA DE MALHA (Fig. 7u)	28
7.3.9	EM ZONAS PORTUÁRIAS	28
8.	LINHAS DE ORIENTAÇÃO PARA LANÇAMENTO DAS BARREIRAS	30
9.	MANUTENÇÃO DAS BARREIRAS	33
10.	FATORES RELEVANTES PARA UTILIZAÇÃO DAS BARREIRAS	34
11.	CÁLCULO DAS FORÇAS EXERCIDAS SOBRE AS BARREIRAS	36
12.	BIBLIOGRAFIA	37

1. DEFINIÇÃO E FINALIDADES DAS BARREIRAS FLUTANTES

1.1. DEFINIÇÃO

Dispositivos flutuantes especialmente concebidos para o controle dos hidrocarbonetos e substâncias perigosas flutuando na superfície do mar, bem como dos detritos neles incorporados.

1.2. FINALIDADES

- Retardar ou contrariar o espalhamento dos hidrocarbonetos.
- Conter um derrame próximo da sua fonte.
- Isolar ou proteger locais específicos, tais como praias de banhos, canais, docas, tomadas de água para a indústria, locais de desova e de reprodução de espécies.
- Concentrar ou defletir as camadas de hidrocarbonetos de forma a facilitar ou proporcionar a sua recolha.
- Armazenar temporariamente os produtos por elas contidos.
- Recolha de produtos na superfície das águas ou imediatamente abaixo na coluna de água.

2. ELEMENTOS DE CONSTRUÇÃO DAS BARREIRAS (Fig. 1)

As barreiras existentes variam consideravelmente em tipo e dimensões, mas em todas as concepções são comuns os seguintes elementos básicos:

- Elemento de flutuação (flutuador).
- Elemento de retenção de hidrocarbonetos (saia);
- Lastro;
- Elementos de tensão (resistência longitudinal);
- Pontos de ancoragem;
- Âncoras;
- Elementos de união.

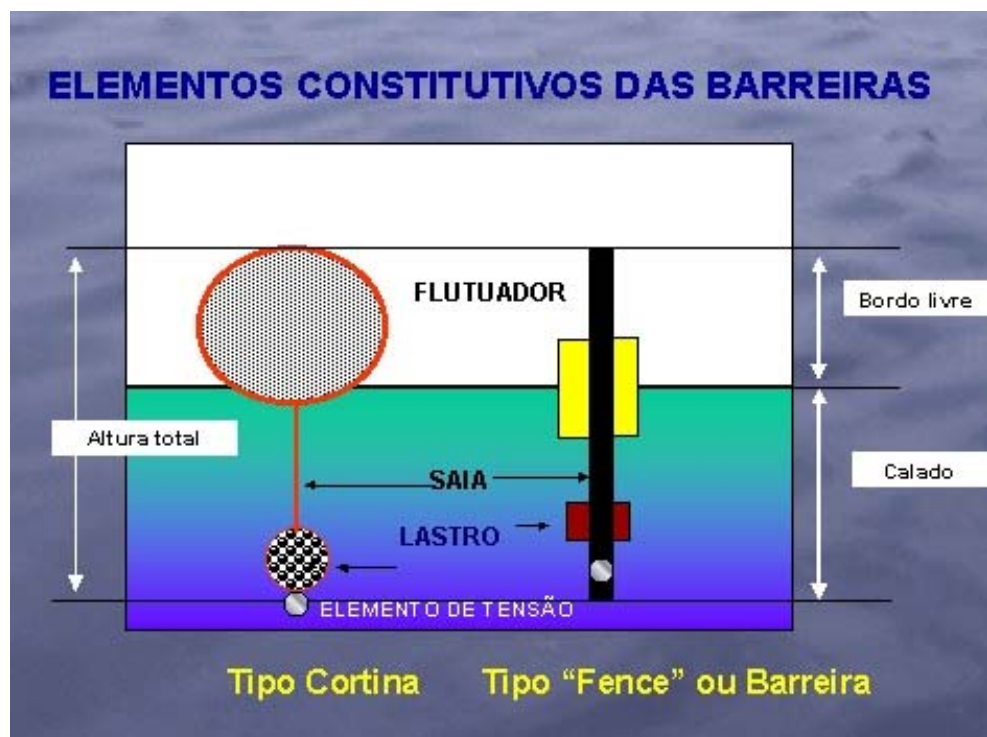


Fig. 1 – Elementos Constitutivos das Barreiras

2.1. ELEMENTO DE FLUTUAÇÃO (FLUTUADOR)

Assegura a flutuabilidade da barreira;

Evita/reduz a passagem dos hidrocarbonetos por cima da barreira;

Para promover a flutuabilidade utiliza:

- ar
- espumas plásticas
- cortiça
- etc.

Denomina-se BORDA LIVRE a altura contada desde a linha de flutuação até ao topo da barreira.

2.2. ELEMENTO DE RETENÇÃO (SAIA)

Evita a passagem dos hidrocarbonetos por baixo da barreira.

Denomina-se CALADO a altura contada da linha de flutuação até o limite inferior da saia.

As vezes a saia é prolongada com redes ou placas metálicas destinadas à contenção de detritos contaminados ou bolas de alcatrão.

2.3. LASTRO

Assegura o posicionamento da barreira em relação à água.

É normalmente constituído por:

- correntes de aço;
- cabos de aço;
- pesos metálicos ligados à saia;
- água em câmara inferior.

2.4. ELEMENTOS DE TENSÃO

Nos casos em que o tecido da barreira não é suficiente para suportar a tensão solicitada à barreira, são utilizadas correntes, cabos de aço ou de nylon. Em alguns casos são ligados separadamente à barreira e em outros nela incorporados.

2.5. PONTOS DE ANCORAGEM

Estes pontos permitem o funcionamento das barreiras de um modo estático.

2.6. ÂNCORAS

A utilização das âncoras tem por finalidade manter as barreiras nas posições desejadas.

2.7. ELEMENTOS DE UNIÃO

Estes elementos destinam-se a ligar entre si os vários segmentos da barreira. Existem sistemas de encaixe, de união com parafusos ou de aderência magnética.

3. TIPOS DE BARREIRAS

3.1. TIPO "BARREIRA" (FENCE) (FIG. 2A E 2B)

Este tipo de barreira consiste em uma placa ou parede única, constituindo a borda livre e saia. A barreira é mantida flutuando na posição vertical por meio de flutuadores em ambas as faces e pesos colocados na parte inferior, regularmente distanciados entre si.

Vantagens:

- Elevada confiabilidade;
- Robustas;
- Ocupam reduzido volume de armazenagem;
- Lançamento rápido e fácil;
- Custos reduzidos.

Inconvenientes:

- Reduzida eficácia com ventos e correntes médios e fortes;
- Afetadas pela ondulação e pouco flexíveis verticalmente;
- Reduzida contenção quando rebocadas.



Fig 2 a – Barreira Tipo "Fence"



Fig 2 b – Barreira Tipo "Fence"

3.2. TIPO "CORTINA" (CURTAIN)

São barreiras em que o flutuador é cilíndrico, formando uma ou mais câmaras cheias de ar ou de um material sólido flutuante.

- Podem ser considerados 2 tipos, de acordo com o elemento de flutuação:
- flutuação sólida;
- flutuação por ar (infláveis).

3.2.1 TIPO "CORTINA COM FLUTUAÇÃO SÓLIDA" (FIG. 3)

É constituída por câmaras cheias com poliuretano expandido, poliestireno, cortiça, etc.

Vantagens:

- Elevada confiabilidade mesmo com danos estruturais
- Lançamento rápido e fácil;
- Bom comportamento com ventos e correntes médios e fortes;
- Boa contenção quando rebocadas.

Inconvenientes:

- Volume elevado;
- Pouco flexíveis verticalmente para ondulação elevada.



Fig. 3 a – barreira Tipo Cortina de Flutuação Sólida

3.2.2 TIPO "CORTINA COM FLUTUAÇÃO POR AR" (INFLÁVEIS) – FIG 3B

O elemento de flutuação é constituído por câmaras infladas com ar. (Em alguns modelos, denominados auto-infláveis, existem molas na parte interna da câmara de flutuação e através de válvulas de não retorno o ar exterior entra sem pressão para a câmara).

Vantagens

- Reduzido espaço de armazenagem;
- Facilidade de manuseamento;
- Bom comportamento com correntes e ventos médios e fortes;
- Bom comportamento com ondulação;
- Boa contenção quando rebocadas.

Inconvenientes

- Confiabilidade reduzida por perderem fluviabilidade caso sejam perfuradas. (ver Nota)

NOTA: Este inconveniente é minimizado pela utilização de múltiplas câmaras de ar com reduzidas dimensões, o que tem por inconveniente o aumento do tempo de lançamento.



Fig. 3 b – Barreira de Flutuação por Ar com Lastro de Água

3.3. BARREIRAS ESPECIAIS (FIG. 3 C)

Dentre as várias barreiras especiais, devemos fazer referência às barreiras de praias.

São barreiras constituídas por um elemento de flutuação inflável e por 2 câmaras inferiores que são cheias de água e que constituem a saia da barreira e o seu lastro.



Fig. 3 c - Barreiras de Praias

São normalmente aplicadas nos extremos das barreiras normais (fence ou cortina) quando uma das extremidades de uma barreira é colocada próximo da praia ou de outras zonas espreiadas.

Quando a maré baixa a barreira assenta na praia. As duas câmaras de água permitem que a barreira se apoie na areia, mantendo a sua forma, e impedem a passagem do produto na zona da linha de água. Quando a maré sobe a barreira fica flutuando pela impulsão da câmara de ar e as 2 câmaras de água servem de saia e de lastro.

Nos casos em que existe o perigo do produto flutuante se incendiar podem ser utilizadas barreiras "antifogo". As mais antigas são barreiras com flutuadores metálicos ou de materiais resistentes ao fogo, destinadas à contenção de um produto inflamado, evitando deste modo a propagação do incêndio no produto derramado por intermédio da sua deriva. Atualmente existem barreiras com revestimento saturado de água que permite a resistência ao fogo.

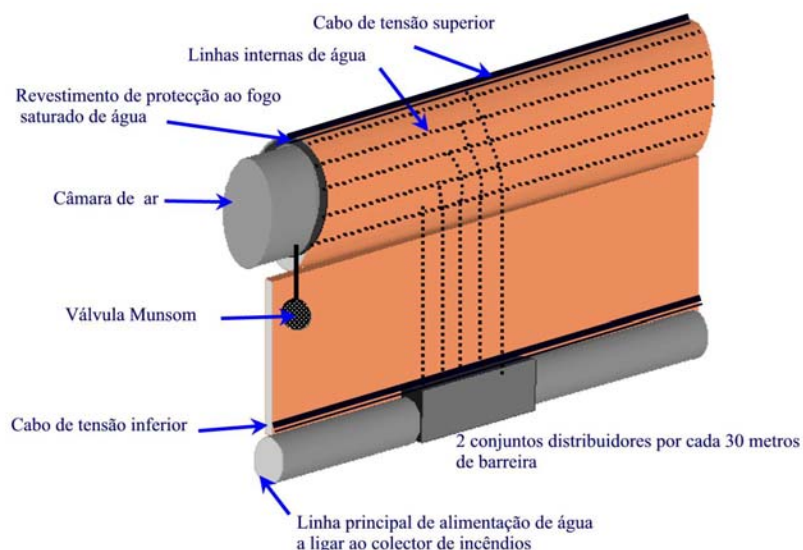


Fig 3 d – Barreira Tipo Cortina Resistente ao Fogo



Fig 3 e – Barreira Resistente ao Fogo

4. DIMENSIONAMENTO DAS BARREIRAS

De um modo geral as barreiras têm uma altura total (borda livre + calado) variável, de acordo com o local de utilização.

A borda livre é de um modo geral inferior ao calado.

No geral as dimensões das barreiras para as várias aplicações são:

LOCAL DE APLICAÇÃO	ALTURA TOTAL
Águas interiores, rios, lagos, etc.	400 - 700 mm
Portos pequenos e abrigados (utilização interior)	700 - 900 mm
Portos grandes e desabrigados	900 - 1200 mm
Águas costeiras	1200 - 1800 mm
Mar alto	1400 - 2300 mm

5. MATERIAIS PARA MANUFATURA DE BARREIRAS

As barreiras são normalmente construídas num dos seguintes materiais:

- neoprene
- tecido revestido com produto impermeável

Neste último caso o tecido é normalmente um tecido tipo TREVIRA.

Os revestimentos mais usuais são:

- borracha (neoprene)
- poliuretano
- PVC

Uma das características importantes do material das barreiras é a sua resistência à tração e ao rasgo, o que é conferido pela resistência do tecido.

Como em qualquer tecido estas propriedades são em função de parâmetros chamados:

- resistência da trama
- resistência da urdidura

ou seja, a resistência do tecido em 2 direções perpendiculares. São normalmente apresentadas nas seguintes unidades:

- kgf/50 mm
- dN/50 mm

Os valores habituais para um tecido de boa qualidade são:
350 - 500 kgf/50 mm

Outra característica importante do material das barreiras é o revestimento que é utilizado no tecido, o que é muito importante nas barreiras do tipo inflável, já que a impermeabilização é fundamental para aguentar a pressão do ar da inflação e o desgaste provocado pelo atrito na manipulação das barreiras.

Dois fatores são importantes:

- qualidade do revestimento;
- espessura do revestimento.

Os revestimentos do tipo neoprene e poliuretano são bastante resistentes, sendo, no entanto, normalmente mais caros. O revestimento de PVC, sendo mais barato, tem o inconveniente de envelhecer com o tempo, provocado pelos raios solares, que o torna quebradiço.

A espessura do revestimento é importante uma vez que a duração da barreira aumenta com a espessura do revestimento.

A avaliação das barreiras quanto a este fator é efetuada pelo peso/m² do tecido, o qual é afetado pela espessura do revestimento já que o tecido base pouco afeta o peso total.

Para barreiras de revestimento de neoprene são usuais valores de 0,8 kg/m² de material.

Para barreiras de tecido revestido em poliuretano, são normais valores entre os 0,700 e 0,900 kg/m².

Para barreiras de tecido revestido em PVC são normais valores entre os 0,900 e 1,200 kg/m² de tecido.

Para barreiras de águas interiores e lagos poderão ser utilizados tecidos com valores inferiores aos mencionados.

Existem ainda barreiras fabricadas em materiais absorventes que se destinam a uma contenção mecânica, ao mesmo tempo em que vão absorvendo o produto contido. (Figura 5 a)



Fig 5 a – Barreira Absorvente

6. COMPORTAMENTO DAS BARREIRAS

A eficácia de uma barreira é altamente afetada por ventos, ondas e correntes, podendo em certas circunstâncias, deixar escapar os hidrocarbonetos por cima (borda livre) ou por baixo (saia) (Fig. 6).

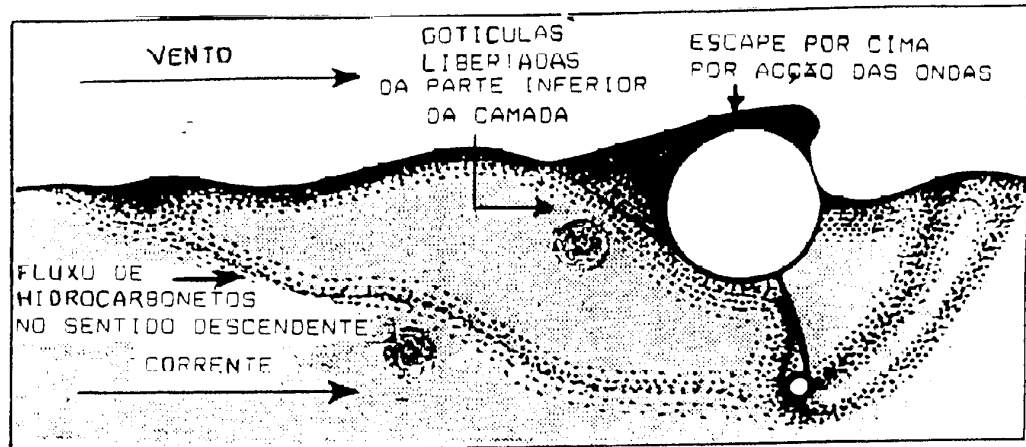


Fig. 6 Comportamento das Barreiras

Os ventos e a ondulação são responsáveis pela primeira situação, enquanto que pela segunda são as correntes. Na prática têm-se verificado que as barreiras perdem a sua eficácia em presença de ventos de intensidade superior a 20 nós, podendo mesmo ocorrer avarias na sua estrutura com ventos entre 20 e 40 nós. Estes fenômenos tanto acontecem com barreiras fundeadas como ao serem rebocadas.

Os principais parâmetros que determinam a eficácia de uma barreira são o seu comprimento, a sua resistência e rigidez longitudinal, o calado e a borda livre. Os materiais de construção da barreira e o seu comportamento na água, também são importantes.

As correntes, devido à sua velocidade e direção, são uma das causas principais que contribuem para a ineficácia das barreiras. À medida que a corrente diminui, o volume de hidrocarbonetos contidos, mantém uma certa estabilidade. Quando ela aumenta, a película concentra-se atingindo a "velocidade crítica" e em consequência, os hidrocarbonetos passam sob a barreira.

Esta "velocidade crítica", que varia com a viscosidade e a densidade dos produtos, situa-se normalmente em torno de 0,7 nós (0.35 m/s), com a corrente perpendicular à barreira, em locais de pouca altura de água (inferior a 5 vezes o calado da barreira). Ocorre uma aceleração da corrente que levará à esse fenômeno. De um modo geral as barreiras apenas são eficazes para valores de correntes situados entre 0,5 e 1,5 nós.

Dado que o aumento da saia não resolve o problema, a única maneira será posicionar a barreira para formar um ângulo agudo com a direção da corrente. Poderá ser utilizada, a título de orientação, a seguinte tabela:

PARA CORRENTES DE:		ÂNGULO DA BARREIRA (GRAUS)
NÓS	M/S	
0,7	0,35	90
1,0	0,5	45
1,5	0,75	28
2,0	1,0	20
2,5	1,25	16
3,0	1,5	13

Por outro lado, devido à ação de correntes fortes a saia será inclinada, diminuindo, por conseguinte, a sua capacidade de retenção. O ângulo de inclinação numa dada corrente dependerá de parâmetros construtivos da barreira, tais como a altura da saia e o peso do lastro. A título de exemplo, tem sido constatado que uma inclinação da ordem dos 15° pode ocasionar perda de 50% da capacidade de retenção. Velocidades de correntes entre 4 e 6 nós poderão causar danos na estrutura das barreiras.

Se a barreira não acompanhar suavemente a ondulação, poderá ter tendência para submergir, possibilitando assim a fuga dos hidrocarbonetos por cima dela.

Por esse fato, as ondas desempenham um papel importante no comportamento das barreiras. Devido à sua altura e à sua frequência, face à construção e flexibilidade das barreiras, diversas situações poderão se apresentar, sem que para elas exista uma regra única.

No entanto poderá ser previsto, como base de orientação:

- Ondulação larga: desde que a barreira seja flexível não causará qualquer problema, a menos que a ondulação seja excessivamente alta.
- Ondulação média: a menos que a barreira seja muito flexível. Existe forte probabilidade dos hidrocarbonetos passarem por cima da barreira com ondas de altura superior a 3 metros.
- Ondas de período curto: são produzidas em águas restritivas causando excessiva turbulência no topo da barreira, o que, com a ajuda do vento, pode provocar a passagem dos hidrocarbonetos por cima.

Embora as ondas de longo período (relação comprimento/altura superior a 8:1) não influenciem o comportamento das barreiras, no caso destas possuírem suficiente flexibilidade, as ondas de período curto (relação comprimento/altura de 4:1 ou menor), podem causar a passagem dos hidrocarbonetos por cima da barreira. Esta ondulação é típica de áreas restritas.

O único modo para ultrapassar esta contrariedade é aumentar a borda livre da barreira, o que significa mais tempo e dificuldades para o seu manuseamento.

De um modo geral, dependendo do comprimento da onda, as barreiras apenas se revelam eficazes para alturas de ondas compreendidas entre 0,5 e 1,5 metros. Por outro lado, ondas com alturas entre 2 e 3 metros poderão provocar avarias nas barreiras.

7. OPERAÇÃO DAS BARREIRAS

7.1. MODOS DE UTILIZAÇÃO

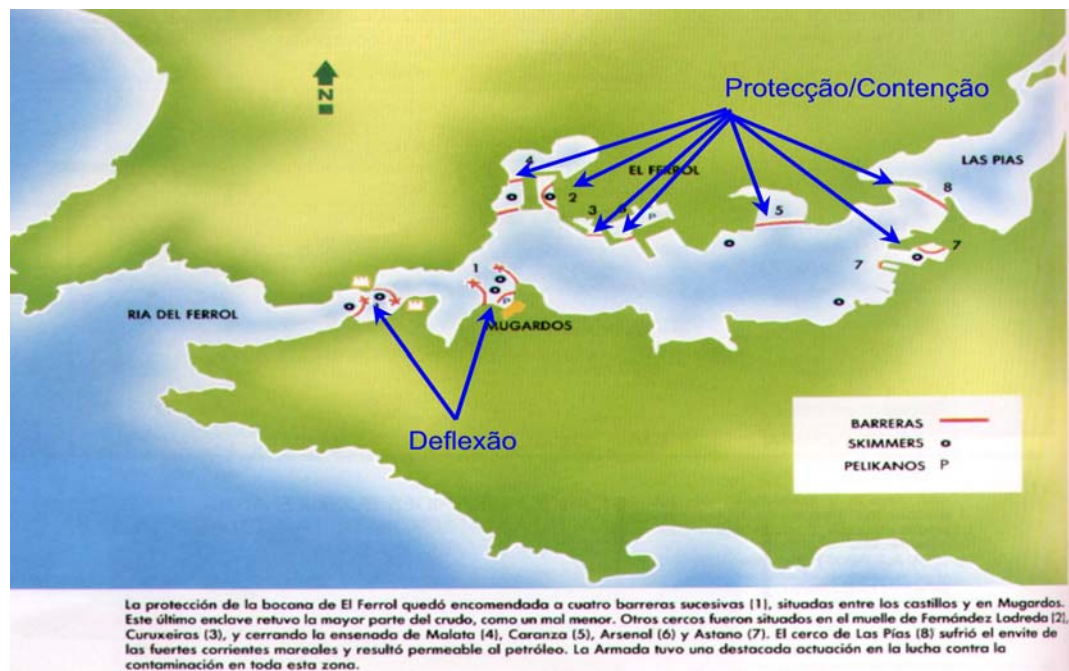
O modo como se utiliza uma barreira ou como é seleccionada depende de múltiplos fatores, tais como:

- Localização e dimensão do derrame;
- O seu movimento;
- Condições meteorológicas;
- Condições hidrológicas;
- Geometria do terreno e configuração do plano de água;
- Prioridades de proteção.

De acordo com estes fatores as barreiras podem ser usadas para:

- Contenção;
- Deflexão;
- Proteção;
- Recolha.

Para a escolha da barreira adequada, deverá se levar em conta a análise ponderada dos fatores enumerados, pelo que se passam a definir cada uma das funções, que as barreiras podem desempenhar:



7.1.1 CONTENÇÃO (FIG. 7A, 7B E 7C)

As barreiras são lançadas de modo a que se impeça o espalhamento dos hidrocarbonetos na superfície da água, isto é, localizar o derrame próximo da sua origem. É importante dar início à recolha imediata dos hidrocarbonetos

confinados, uma vez que a barreira apenas é capaz de impedir o seu movimento e fuga da área restrita durante um período limitado.

Este método poder ser usado com as seguintes finalidades:

- Conter os hidrocarbonetos derramados junto à sua origem (Fig 7 a e 7b)
- Impedir a recontaminação da costa por hidrocarbonetos, retidos em pequenas baías e enseadas, ou arrastados para fora durante operações de limpeza (Fig. 7c e 7d).

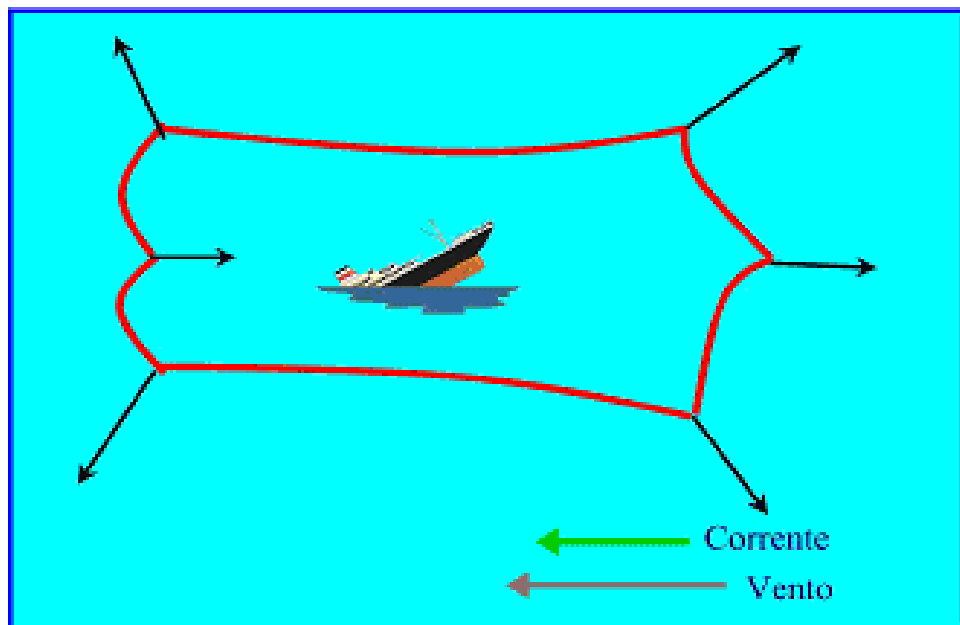


Fig. 7 a – Barreira Disposta para Contenção

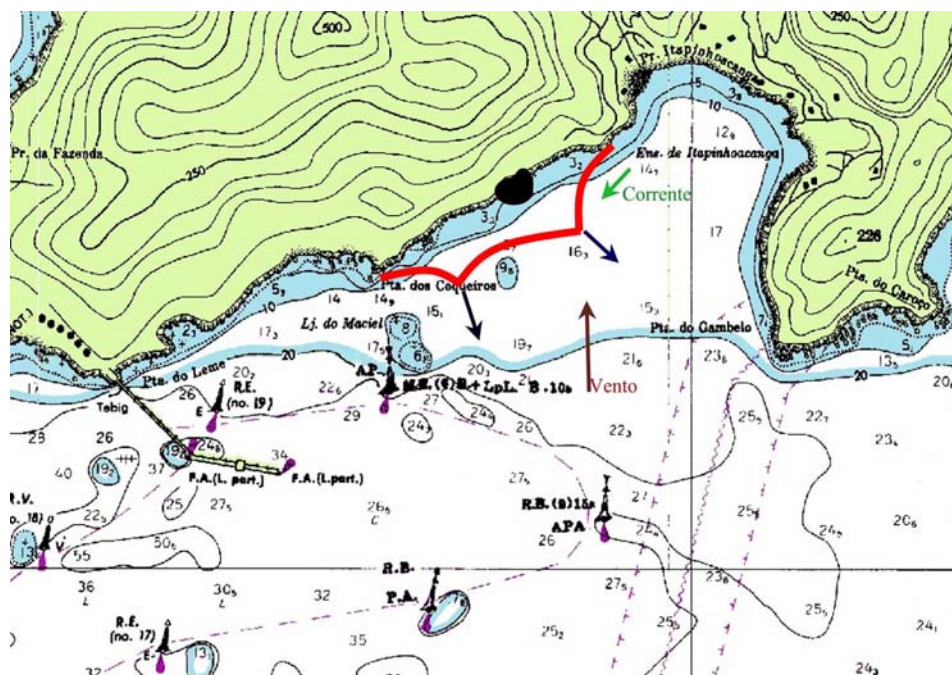


Fig. 7 b – Barreira Disposta para Contenção



Fig. 7 c – Barreira Disposta para Contenção

7.1.2 DEFLEXÃO (FIG. 7D, 7E, 7F E 7G)

Este modo de utilização aplica-se quando se pretende desviar os hidrocarbonetos espalhados de uma área sensível (baía, enseada, entrada de porto, marina, praia, etc.), para um local de menor sensibilidade e mais adequado (correntes e configuração de terra) para recolha dos hidrocarbonetos. A barreira deve ser colocada de modo a fazer um determinado ângulo com a direção do deslocamento dos hidrocarbonetos.

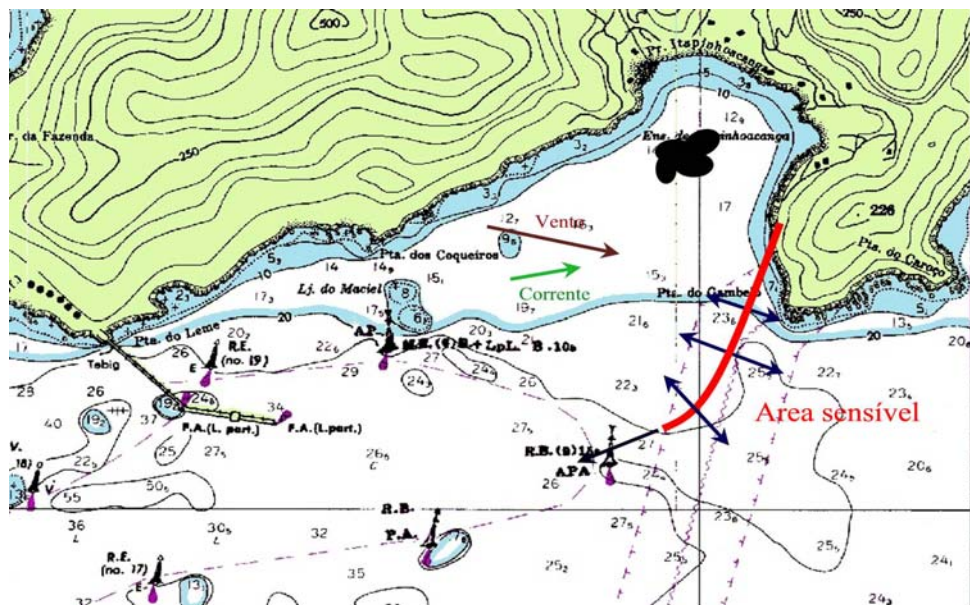


Fig. 7d – Barreira em Deflexão

7.1.3 PROTEÇÃO (FIG. 7H, 7I, 7J E 7K)

Quando uma área especialmente sensível (ambiental, econômica e tecnológica) tem de ser protegida da contaminação por hidrocarbonetos derramados na superfície das águas, são aplicadas barreiras de proteção. Neste caso torna-se necessário combinar a ação das barreiras com as operações de recolha.

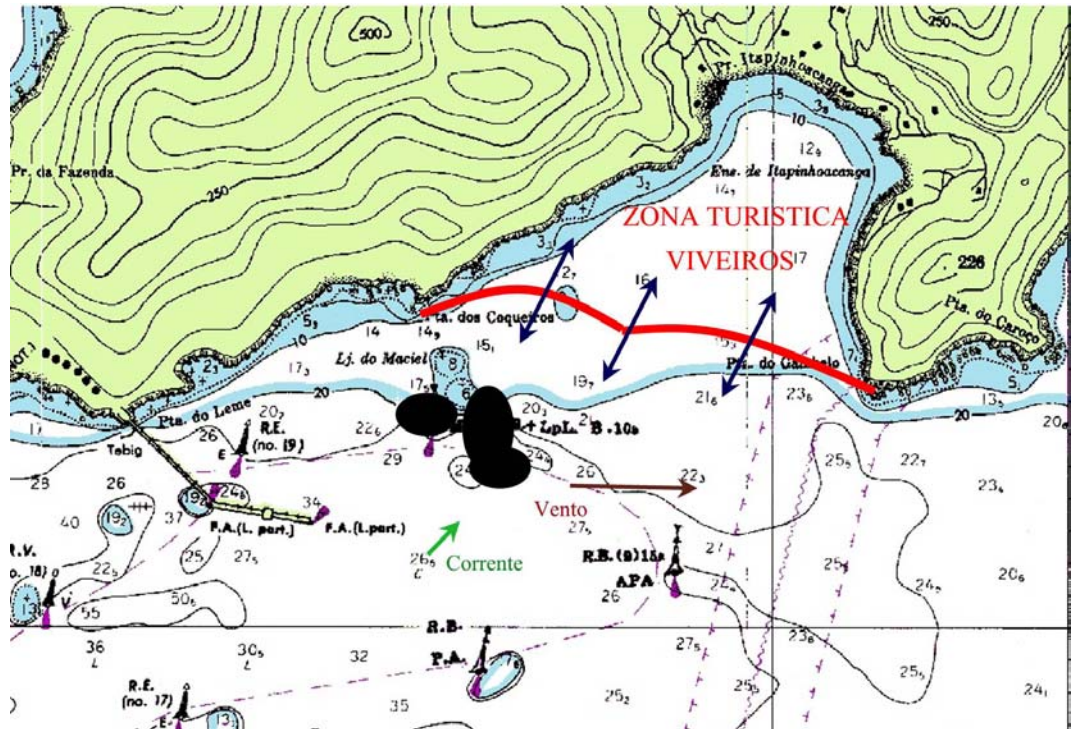


Fig. 7h – Barreira em Proteção



Fig. 7i – Barreira em Proteção



Fig. 7j – Barreira em Proteção



Fig. 7 k – Barreira em Proteção

7.1.4 RECOLHA (FIG. 7L E 7M)

Este modo de utilização destina-se a concentrar os hidrocarbonetos flutuantes na superfície da água, tendo em vista facilitar a sua recolha e minimizar o seu espalhamento.

Para coloca-lo em prática, terão de ser utilizadas embarcações para operar as barreiras.

A escolha das embarcações é muito importante, dada à exigência para este fim, de qualidades náuticas específicas e de velocidades muito reduzidas. Este método torna-se ineficaz se a capacidade de recolha dos hidrocarbonetos não corresponder ao seu grau de concentração.

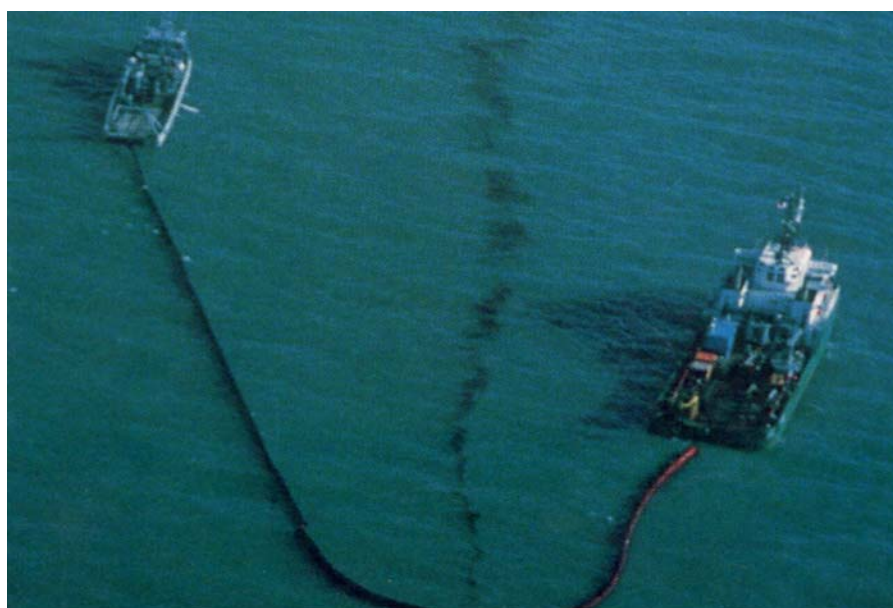


Fig. 7l – Barreira em Recolha Dinâmica por Dois Navios



Fig. 7m– Barreira em Recolha Dinâmica por um Navio

7.2. CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO

7.2.1 UTILIZAÇÃO ESTÁTICA EM ZONAS COSTEIRAS

A utilização de barreiras de modo estático, em zonas costeiras, próximo da fonte de derrame (navio ou plataforma "off-shore"), só em condições excepcionais poderá ser posta em prática com eficácia, ante à agitação marítima e correntes.

A sua utilização é mais freqüente próximo da terra, com a finalidade de proteger áreas sensíveis, tais como estuários, locais de reprodução de espécies, marismas, áreas de lazer e tomadas de água.

Diante de um derrame de grandes proporções, não sendo possível na maior parte dos casos, proteger todas as áreas sensíveis, é necessário avaliar corretamente aquelas que são susceptíveis de proteção e atribuir prioridades para tal. Por outro lado, deverá ser feita uma seleção do tipo de barreiras adequadas a cada situação e uma identificação dos pontos de ancoragem ou de fixação e dos locais de recolha dos hidrocarbonetos.

Em muitos casos é preferível usar as barreiras para defletir o produto para áreas onde as águas se apresentam calmas, de forma a facilitar a sua recolha, do que utilizá-las para contenção.

Contando com as forças que podem vir a ser exercidas sobre as barreiras, deverá se prever e definir o número, tipo e peso dos ferros ou poitas para fundeá-las, bem como o segmento e comprimento dos cabos de amarração, de modo a mantê-las nas posições corretas.

No caso das barreiras serem lançadas a partir de terra, deverão ser utilizados dispositivos adequados para a sua fixação, e depois de instaladas, fazer os ajustes necessários nos cabos de amarração, de forma a que a barreira possa acompanhar a amplitude das marés.

7.2.2 UTILIZAÇÃO DINÂMICA NO ALTO MAR

Para evitar o espalhamento da camada de hidrocarbonetos derramados na superfície do mar e aumentar a capacidade de encontro da barreira em relação à camada, poderão ser usadas barreiras oceânicas de grande comprimento, na ordem dos 300 m ou mais, em forma de 'U', 'V' ou 'J', rebocadas por navios.

7.3. TÉCNICAS DE LANÇAMENTO

As técnicas de lançamento típicas e de maior utilização são as seguintes:

7.3.1 EM FORMA DE CÍRCULO (FIG. 7N, 7O E 7 P)

Esta técnica, normalmente limitada a águas calmas ou áreas abrigadas, deverá ser utilizada imediatamente após o derrame de hidrocarbonetos, quando a vazão

de descarga é ainda reduzida e quando não se façam sentir correntes e ventos significativos.

A barreira é lançada em redor da fonte do derrame, deixando, se necessário, uma passagem suficiente para permitir o acesso às embarcações, que eventualmente possam ser utilizadas na operação de recuperação (Fig. 7n).

O comprimento da barreira utilizada deverá ser, pelo menos, três vezes o comprimento da plataforma flutuante originária do derrame.

Quando se trata de uma fonte de poluição terrestre, ou mesmo no caso de um navio de um certo porte, a linha de terra, ou o casco do navio, poderão ser consideradas como partes constituintes da barreira (Fig. 7o e 7p, respectivamente).



Fig. 7n – Barreira em Forma de Circulo com Abertura para Embarcações

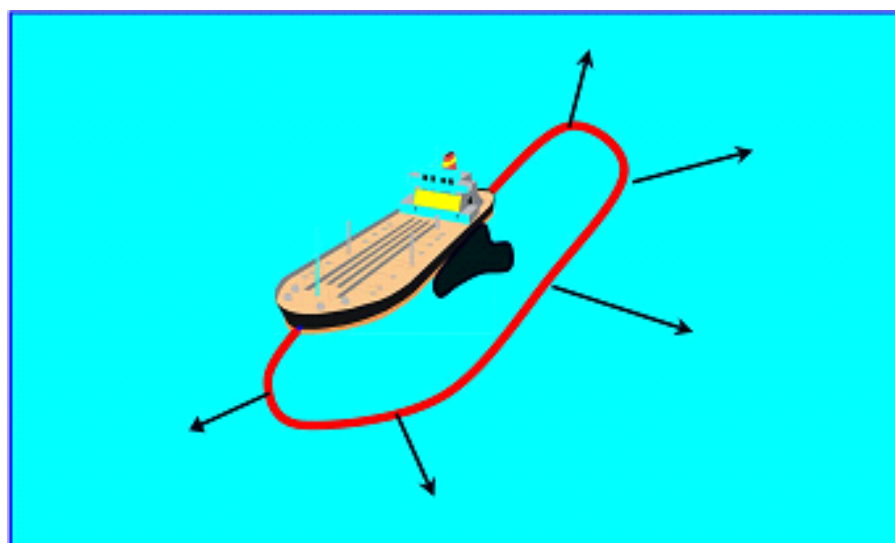


Fig. 7o – Barreira em Forma de Circulo Aproveitando o Navio

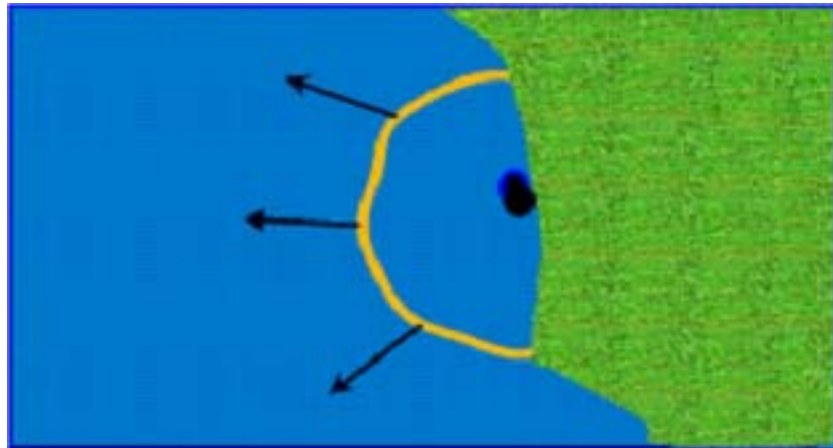


Fig. 7p – Barreira em Forma de Circulo para Derrame em Terra

7.3.2 EM SETOR CIRCULAR (FIG. 7Q)

Técnica geralmente usada em derrames de grandes proporções, sempre que não se disponha de número suficiente de segmentos de barreira, ou quando se torna difícil formar um círculo devido ao vento e corrente.

As barreiras são dispostas a uma certa distância da fonte do derrame de forma a interceptar os hidrocarbonetos que delas se aproximam.

Em locais onde existe corrente de maré é aconselhável lançar uma segunda barreira, antes da inversão do sentido da corrente, paralelamente à primeira e situada no lado oposto ao da fonte do derrame.

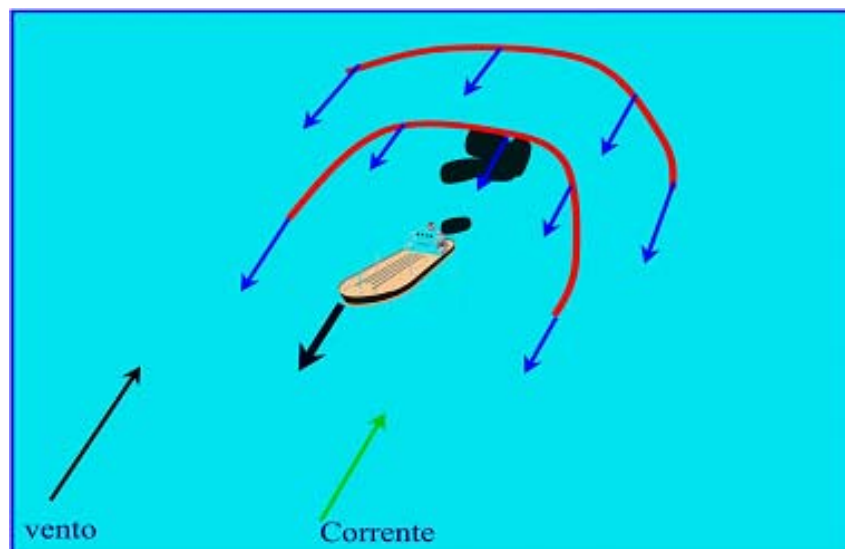


Fig. 7q – Barreiras em setor circular

7.3.3 EM CANAIS E RIOS (FIG. 7R)

Em canais ou rios estreitos o espalhamento dos hidrocarbonetos, poderá ser evitado, com o lançamento de barreiras em ângulo apropriado, à partir das margens, cuja abertura será em função da velocidade da corrente.

Esta técnica deverá prever uma abertura entre as extremidades das barreiras situadas no eixo do canal ou rio, de forma a permitir a passagem do tráfego marítimo.

Deverão ser tomadas medidas cautelares para evitar que os hidrocarbonetos escapem através das extremidades, ligadas aos pontos de fixação das barreiras em terra, tendo em conta a amplitude das marés.

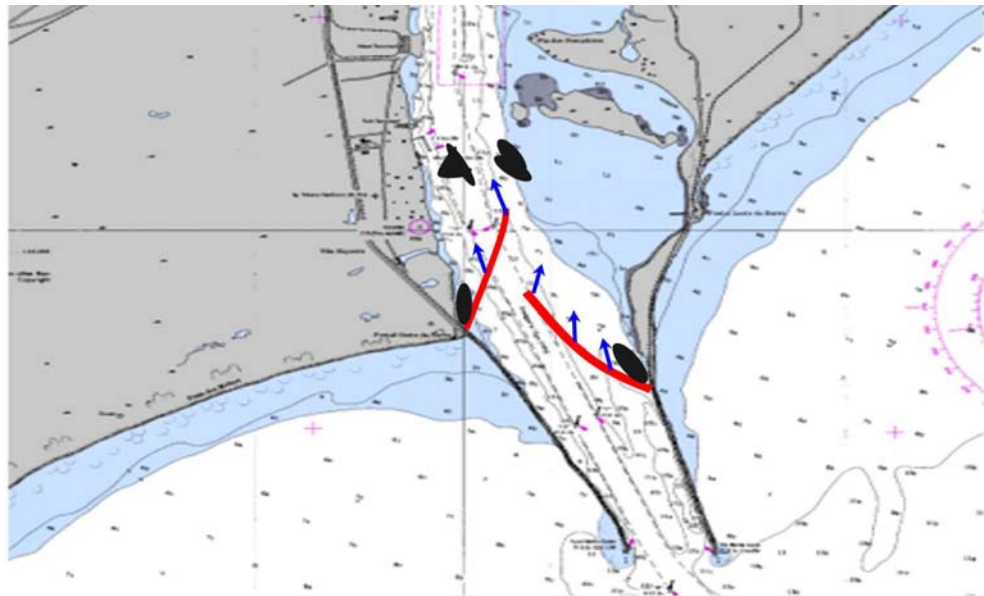


Fig. 7r – Barreiras num Canal

7.3.4 EM DEFLEXÃO (FIG. 7S)

Caso as condições não permitam que o derrame possa ser contido no local do incidente, os hidrocarbonetos deverão ser desviados de áreas sensíveis ou conduzidos para zonas adequadas à sua recolha. Para tal as barreiras deverão ser dispostas, para formar um ângulo apropriado com o sentido do fluxo da corrente.



7s– Barreira em Deflexão

7.3.5 REBOCADAS (FIG. 7T)

Sempre que a intensidade do vento, ou a velocidade da corrente seja muito elevada, ou no caso dos hidrocarbonetos já se encontrarem muito dispersos, não permitindo que a contenção se faça de modo estático, as barreiras poderão ser rebocadas em baixa velocidade, normalmente inferior a 1 nó. Esta técnica é preferencialmente utilizada no alto mar e correspondente ao modo de utilização dinâmica acima citado.



Fig. 7t – Barreira Rebocada em Utilização Dinâmica por Dois Navios e um Terceiro em Operação de Recolha

7.3.6 EM DERIVA LIVRE

No caso da velocidade da corrente ser muito elevada, ou em locais de águas de tal modo profundas que não permitam que as barreiras sejam fundeadas, poderá se tentar circundar os hidrocarbonetos por meio de barreiras flutuando livremente, enquanto se processa a recolha do produto.

A velocidade da deriva das barreiras poderá ser reduzida através da utilização de âncoras de alto mar, segmentos de corrente ou outros materiais conforme a profundidade das águas.

7.3.7 EM FILEIRAS MÚLTIPLAS

Se os hidrocarbonetos tiverem tendência para escapar através de uma barreira, poderá ser necessário lançar duas ou mais fileiras de barreiras em reforço da primeira, separadas entre si por distâncias adequadas. (ver fig 7q)

No caso da velocidade da corrente ser de tal modo elevada que provoque a inclinação das barreiras, a distância entre elas deverá se situar entre 1 e 5 metros, de forma a que os hidrocarbonetos sejam retidos pelas barreiras secundárias.

7.3.8 FORMA DE MALHA (FIG. 7U)

Esta técnica de lançamento inclui a utilização de uma barreira, na qual são ligadas redes, colocadas em relação à barreira no sentido da corrente, suportadas por bóias com âncoras e pesos. Esta técnica faz com que a tensão sobre a barreira seja aliviada e a sua capacidade de retenção melhorada.

No caso da presença de bolas de alcatrão ou de materiais que flutuam na coluna de água, nas proximidades de tomadas de água ou áreas sensíveis, a sua proteção poderá ser assegurada por esta técnica, ligando redes à saia da barreira, prolongadas até o leito do mar. Também poderá ser utilizada nas proximidades de praias onde, depois de limpas, se tenha verificado o aparecimento de detritos.

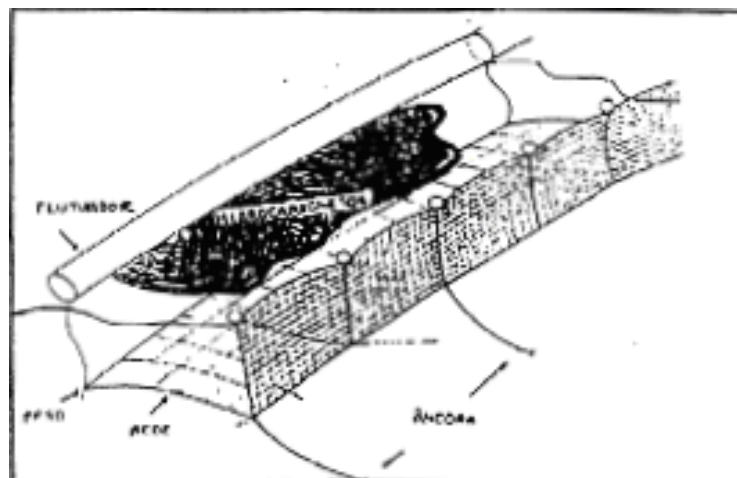


Fig. 7u – Barreira em Forma de Malha

7.3.9 EM ZONAS PORTUÁRIAS

Os locais com maiores riscos de derrames de hidrocarbonetos numa zona portuária são normalmente bem conhecidos. Nestas condições, qualquer porto deverá estar preparado para esta eventualidade, colocando na água barreiras permanentes ou mantendo-as prontas para lançamento, tanto nos próprios locais como nas suas proximidades, desde que possam ser fácil e rapidamente transportadas.

Ainda que alguns portos nacionais apresentem correntes de intensidade assinalável, regra geral os portos são zonas de correntes não muito intensas.

As barreiras de dimensões médias são adequadas para estes locais, podendo haver necessidade da utilização de pequenas embarcações para a sua operação.

Junto de terminais ou refinarias, perante aos riscos de incêndio dos produtos derramados, poderá ser prevista a utilização de barreiras metálicas antifogo.

No caso das barreiras terem de ser fundeadas ou amarradas em terra, o comprimento a ser utilizado deve permitir o desenvolvimento de curvaturas suaves.

Normalmente, quando utilizadas para deflexão e proteção, as barreiras deverão ser colocadas formando ângulos agudos com a direção da corrente, para evitar os inconvenientes da "velocidade crítica".

8. LINHAS DE ORIENTAÇÃO PARA LANÇAMENTO DAS BARREIRAS

O lançamento de barreiras não constitui uma operação tão simples quanto à primeira vista possa parecer.

É necessário que o lançamento decorra de uma maneira lógica e bem ordenada, principalmente para evitar avarias na barreira durante a fase de lançamento.

Enumeram-se a seguir algumas linhas de orientação que devem ser observadas no lançamento, para que este decorra com o mínimo de esforço e sem avarias:

- Antes do lançamento, tanto de terra como a partir do convés de uma embarcação, deve ser estimado o comprimento aproximado de barreira necessário e executadas as uniões adequadas de um modo tão completo quanto possível.
- Logo que a barreira esteja pronta deve ser lançada para o mar e rebocada por uma embarcação para o local. A posição final será garantida usando âncoras ou poitas adequadas.
- Para evitar o arrastamento dos cabos de fundear, devido ao movimento das ondas, eles deverão ter o comprimento de pelo menos cinco vezes a profundidade da água.
- Quando se utiliza uma barreira para contenção dos hidrocarbonetos ou para proteção de uma área sensível, deve-se prestar toda a atenção à extremidade junto à margem para evitar a passagem dos hidrocarbonetos.
- Pode ser poupado muito tempo, se for possível colocar previamente pontos fixos para fundear, em áreas para as quais esteja prevista proteção por barreiras.
- Deverá existir um plano prévio para o lançamento das barreiras, que leve em consideração o tipo de hidrocarbonetos derramados, a origem do derrame, quantidades envolvidas, extensão do espalhamento, sensibilidade ambiental, etc. Na elaboração do plano deverão também ser considerados outros fatores, tais como o local de lançamento, os tipos de barreiras e comprimentos disponíveis, as técnicas de lançamento, a disponibilidade, a prontidão das embarcações auxiliares, etc.
- Evitar que as barreiras sejam lançadas a granel após a sua chegada ao local do derrame de forma a não provocar torções.
- O lançamento das barreiras a partir de pequenas embarcações deve ser feito com ajuda manual e cuidadosamente executado.



Fig. 7v – Barreira de Colocação Rápida em Sacos



Fig. 7w – Barreira em Enrolador Hidráulico

Para o enchimento das barreiras de flutuação por ar são utilizados infladores de ar normalmente portáteis como o da figura 7z.



Fig. 7z– Inflador de Ar

9. MANUTENÇÃO DAS BARREIRAS

O movimento contínuo de uma barreira, devido à agitação da água e à ação do vento, provoca desgaste e eventualmente ruptura nos materiais de construção. Os cabos de fundear, em presença de correntes muito fortes que provoquem o arrastamento dos ferros ou poitas, também estão sujeitos à desgastes. Estes desgastes e rupturas podem significar, pelo menos, que a barreira se moveu da sua posição inicial. Na pior das hipóteses tais danos podem resultar numa destruição total da barreira.

Os componentes mais importantes das barreiras, que devem regularmente ser examinados de forma a mantê-las intactas e a operá-las de maneira eficiente, são os seguintes:

BARREIRAS (DESGASTE E RUPTURA)

Inspecionar com regularidade tendo em vista a detecção de possíveis danos:

- Compartimentos de flutuação;
- Uniões de ligação;
- Ligações de lastro;
- Pontos de amarração;
- Estado da barreira, que pode ser afetada por detritos flutuantes e cargas lançadas ao mar;
- Segmentos sujeitos a cargas elevadas por ação de fortes correntes.

SISTEMAS DE FUNDEAR

- Quando possível, inspecionar todos os cabos de fundear para assegurar a não existência de desgastes ou danos excessivos.
- No caso da existência de uma deformação excessiva da configuração da barreira, inspecionar a fixação dos ferros, ou a posição das poitas, e voltar a colocá-los.

Para prolongar a duração útil das barreiras e para assegurar que se encontrem sempre prontas para utilização imediata, é importante que elas sejam recolhidas, mantidas e armazenadas de modo adequado.

As barreiras requerem normalmente ações de limpeza após a sua utilização, o que poderá ser relativamente difícil em relação a alguns modelos. Os produtos mais utilizados na limpeza são normalmente os dispersantes ou o vapor. Caso seja utilizado o primeiro, deve ser assegurado que o seu uso é compatível com os materiais de construção da barreira.

Numa inspeção global deve ser verificado o estado geral da barreira, as condições do flutuador, uniões e dispositivos de lastro, bem como todos os acessórios relacionados com a sua fixação (amarrações e equipamentos de fundear).

Devem existir conjuntos de reparação para resolver pequenas avarias.

10. FATORES RELEVANTES PARA UTILIZAÇÃO DAS BARREIRAS

Ante a necessidade de utilização das barreiras, os principais fatores levados em consideração são os seguintes:

- Determinação de prioridades na proteção;
- Decisão sobre a(s) área(s) a serem protegidas, tanto por barreiras rebocadas como por barreiras fundeadas;
- Obtenção da máxima informação possível sobre correntes, ventos e marés;
- Cálculo das forças que se exercem nas barreiras (ver [ANEXO 16 - PROTEÇÃO DE TOMADAS DE ÁGUA E DE OUTRAS ÁREAS SENSÍVEIS](#));
- Seleção de pontos adequados para fundear ou meios de reboque;
- Avaliação da resistência, facilidade e velocidade de lançamento;
- Facilidades de manutenção e reparação
- Disponibilidade de meios de armazenagem adequados;
- Seleção dos tipos de barreiras disponíveis mais adequados para os fins em vista;
- Treino intenso do pessoal e manutenção do seu grau de preparação através de exercícios práticos;
- Cálculo das limitações das barreiras disponíveis na contenção dos hidrocarbonetos e preparação de meios de improvisação sempre que se torne necessário.

MAPA COMPARATIVO DAS BARREIRAS						
TIPO DA BARREIRA	1 – Bom 2 – Regular 3 – Fraco	CORTINA FLUTUAÇÃO SÓLIDA		CORTINA – INFLÁVEIS		BARREIRA (FENCE)
		Espuma interior	Flutuadores acoplados	Auto infláveis	Pressão de ar	
CONDIÇÕES AMBIENTAIS	Mar Alto Onda > 1 m Corrente < 1 nó	3	3	2	1	3
	Baias e Portos Onda < 1 m Corrente < 1 nó	1	2	1	1	1
	Águas Interiores Protegidas Onda < 1 m Corrente < 1 nó	1	1	1	2	1
	Correntes Fortes > 2 nós	2	3	1	1	3
	Águas Baixas Profundidade < 0,3 m	1	2	1	1	3
PERFORMANCE	Com Detritos	1	3	3	2	2
	Excesso de Flutuabilidade	2	3	1	1	3
	Comportamento na Onda	2	3	1	2	3
	Resistência	2	2	3	1	1
DIVERSOS	Facilidade Manuseamento	2	2	1	1	2
	Facilidade Lavagem	1	3	2	1	2
	Compartimentação	3	3	1	1	3

11. CÁLCULO DAS FORÇAS EXERCIDAS SOBRE AS BARREIRAS

As forças exercidas sobre as barreiras são calculadas utilizando as seguintes fórmulas:

$$F_{(\text{total})} = F_{(\text{devida ao deslocamento})} + F_{(\text{devida ao vento})}$$

$$F_{(\text{devida ao deslocamento})} = F_d = K \times A_i \times V_d^2, \text{ em Kg}$$

K	=	26
A _i	=	Área imersa = l x c (m ²)
l	=	comprimento da barreira em metros
c	=	calado da barreira em metros (altura entre a linha de flutuação e a parte inferior da barreira)
V _d	=	Velocidade do deslocamento em relação à água

NOTA: Em princípio esta velocidade deve se situar na ordem de 0,5 a 1 nó com um máximo de 1,5 nós.

No caso de se verificar uma corrente forte é aconselhável fazer a operação contra a corrente, em especial quando as embarcações têm velocidades mínimas de governo superiores às velocidades aconselháveis.

$$F_{(\text{devida ao vento})} = F_v = K \times A_e \times (V_v/40)^2, \text{ em Kg}$$

K	=	26
A _e	=	Área emersa = l x b (m ²)
l	=	comprimento em metros
b	=	bordo livre em metros (altura desde a linha de flutuação e a parte superior da barreira)
V _v	=	Velocidade do vento em nós

Normalmente a força devida ao deslocamento é mais importante do que a força devida ao vento. O vento fraco é apenas considerado quando atua nos quadrantes que se opõem à movimentação das barreiras.

Exemplo:

São rebocados 200 metros de barreira flutuante com uma altura total de 1 metro, sendo 0,6 de calado e 0,4 de borda livre, a uma velocidade de 1,5 nós. O vento sopra no sentido contrário ao do deslocamento da barreira com 15 Km/hora.

A força total exercida pela barreira é calculada por:

$$F = F_d + F_v$$

$$F_d = 26 \times 200 \times 0,6 \times 1,5^2 = 7020 \text{ Kg}$$

$$F_v = 26 \times 200 \times 0,4 \times (15/40)^2 = 292,5 \text{ Kg}$$

$$F = 7020 + 292,5 = 7312 \text{ Kg}$$

12. BIBLIOGRAFIA

ORGANIZAÇÃO MARÍTIMA INTERNACIONAL (IMO) - Manual on Oil Pollution, Section IV, Combating Oil Spills.

ROCC - Guide de Lutte Contre Pollutions par Hydrocarbures en Mediterranée.

THE INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION Ltd (ITOPF) - Use of Booms in Combating Oil Pollutions.

LE ROUX - Floating Anti-Pollution Booms, Direction des Ports et la Navegation Maritimes – Stage INFOPOL 1982.

FINGAS, Mervin; DUVAL, Wayne; STEVENSON, Gail – The Basics of Spill Clean-Up – Environmental Protection Services.

LASSERRE, J. - Contribution des Barrages a la Lutte Contre la Pollution par les Hydrocarbures – Stage IFOPOL 1982.

LASSERRE, J. - Étude du Comportement Dynamique des Barriérs Flottants - Stage INFOPOL 1982.

Folhetos de Técnicos de Fabricantes de Equipamento.