

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

**ANEXO 07
DETERMINAÇÃO DAS QUANTIDADES
DERRAMADAS DE
HIDROCARBONETOS**

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO	3
2.	CONDIÇÕES E ORIGENS DO DERRAME	4
3.	CÁLCULO DAS QUANTIDADES DERRAMADAS DE HIDROCARBONETOS	5
3.1.	MODELAÇÕES MATEMÁTICAS	5
3.2.	DETERMINAÇÃO DA ÁREA MÁXIMA DE ESPALHAMENTO	5
3.3.	MÉTODO ANALÍTICO	6
3.4.	INFORMAÇÕES DIVERSAS	9
3.5.	CONCLUSÃO	11
	APÊNDICE I - EVOLUÇÃO COM O TEMPO DOS HIDROCARBONETOS DERRAMADOS DE ACORDO COM O PROGRAMA TRANSSPILL	12
	APÊNDICE II - ÁREA MÁXIMA DE ESPALHAMENTO	12
	APÊNDICE III - TABELAS EFETUADAS A PARTIR DA FÓRMULA DO 1.º MÉTODO	12
4.	BIBLIOGRAFIA	12

1. INTRODUÇÃO

Imediatamente após o derrame os produtos têm comportamentos físicos diferentes, o que é importante considerar. (ver [ANEXO 8](#))

Dos fenômenos físicos a que estão sujeitos os hidrocarbonetos descritos no mencionado Anexo consideramos os de curto prazo, que são:

- espalhamento
- evaporação
- dissolução
- afundamento
- dispersão
- emulsificação

Outros processos (biodegradação, foto-oxidação, etc.) são de longo prazo e, portanto, fora do âmbito da intervenção.

Existem modelos matemáticos mais ou menos complexos que, em função das características dos produtos e de variáveis externas ambientais, permitem calcular a percentagem do produto que se evapora, fica na água à superfície, na coluna de água ou no fundo.

Neste Anexo se analisa detalhadamente a parte do produto que flutua, uma vez que é sobre essa parte que é possível atuar, no âmbito do Plano de Contingência.

As quantidades evaporadas ou dissolvidas estão mais ligadas a aspectos de segurança pessoal e do meio ambiente, as quais exigem ações de vigilância e controle até atingirem concentrações aceitáveis, na impossibilidade de serem tomadas ações concretas de combate.

As quantidades afundadas podem exigir ações de longo prazo que, por razões técnicas e econômicas, estão normalmente fora do âmbito dos Planos de Contingência.

Assim, neste Anexo trataremos em profundidade, da determinação da quantidade de produto derramado que flutua, o que é importante para:

- a tomada de decisões sobre a estratégia a ser adotada;
- a escolha de equipamentos a serem utilizados na intervenção;
- a escolha de meios e métodos de armazenagem e tratamento/eliminação dos produtos recolhidos.

2. CONDIÇÕES E ORIGENS DO DERRAME

Existem 2 casos que são considerados:

DERRAME COM ORIGEM DESCONHECIDA

É o caso do aparecimento de um derrame no mar sem que seja possível determinar a sua origem, tipo de produto e quantidade derramada.

Normalmente a mancha avistada indica a parte que permanece flutuando, enquanto a parte volátil deve ter evaporado.

Para este caso e quando se trata de hidrocarbonetos, a determinação da quantidade que se encontra no mar é efetuada através do método da observação visual da película e estimativa da área coberta.

A determinação do produto é efetuada por meio de análise, havendo necessidade de efetuar recolha de amostras (ver [ANEXO 10](#)).

DERRAME COM ORIGEM CONHECIDA

Neste caso é provável que o próprio navio, que originou o derrame, informe sobre a quantidade derramada, ainda que tal informação em muitos casos seja no sentido de minimizar essa quantidade.

No caso de um acidente envolvendo um petroleiro pode ser útil a seguinte informação:

DERRAME MÁXIMO EM TONELADAS MÉTRICAS				
TONELAGEM TÍPICA DWT	COLISÃO LEVE (1 TANQUE LATERAL)	ENCALHE 3 TANQUES (2 LATERAIS E 1 CENTRAL)	DESTRUIÇÃO COMPLETA	
			CARGA	FUEL
30.000	700	3.000	30.000	1.350
50.000	1.100	5.000	50.000	2.300
70.000	3.000	12.500	70.000	5.200
100.000	5.500	21.000	100.000	7.000
200.000	10.500	45.000	200.000	8.300
240.000	15.000	60.000	240.000	12.000

3. CÁLCULO DAS QUANTIDADES DERRAMADAS DE HIDROCARBONETOS

1.1. MODELAÇÕES MATEMÁTICAS

Existem programas que simulam o comportamento dos hidrocarbonetos fluando no mar. Entre eles, citamos o programa TRANSSPILL.

Através dele, conhecido o volume inicial derramado do produto, é possível avaliar com o tempo as quantidades que foram dissolvidas, que evaporaram e que flutuam.

As variáveis consideradas são:

- velocidade do vento;
- tempo;
- densidade do produto;
- quantidade derramada.

No [APÊNDICE I](#) deste Anexo são dadas várias tabelas construídas a partir deste programa para vários tipos de hidrocarbonetos.

Nota-se que:

- o aumento da velocidade do vento e do tempo aumentam a evaporação e a dissolução;
- o aumento da densidade e da quantidade derramada reduzem a evaporação e a dispersão natural.

1.2. DETERMINAÇÃO DA ÁREA MÁXIMA DE ESPALHAMENTO

É possível avaliar a área máxima de espalhamento de um hidrocarboneto derramado. Esta determinação é teórica, pressupondo que o produto não seria afetado por ventos ou correntes.

É fornecida apenas para dar uma idéia da extensão da área que pode estar envolvida num derrame.

$$A_{\text{máx}} = 10^5 \times V^{0,75}$$

$$A_{\text{máx}} = \text{em m}^2$$

$$V = \text{Volume derramado em m}^3$$

No [APÊNDICE II](#) deste Anexo é apresentada uma tabela construída com base nesta fórmula.

1.3. MÉTODO ANALÍTICO

Teoricamente seria possível obter a quantidade do produto que flutua, desde que seja conhecida a área atingida, que poderá ser estimada por observação visual, e pela espessura da camada do produto.

Na prática é extremamente difícil a utilização deste método dado que:

- a determinação da área é muito difícil, em especial quando a mancha não se encontra concentrada. Mesmo a observação aérea é de difícil quantificação e sujeita a erros, devido a sombras de nuvens, coloração devido a algas, etc.
- a determinação da espessura é muito difícil.

No entanto, há a necessidade de estimar, mesmo com grandes erros, a quantidade de produto derramado pelo que são apresentados três métodos que estimam a espessura da camada e um para a estimativa da área.

CÁLCULO DA ESPESSURA DA PELÍCULA

1.º MÉTODO

Neste método, normalmente aplicado a «crus», é necessário se conhecer:

- a quantidade derramada inicialmente;
- o produto derramado:
 - constante para o cálculo
 - peso específico
 - tempo decorrido

A aplicação é possível nas primeiras horas após um derrame, enquanto a velocidade de espalhamento se mantém elevada e não se verificam grandes alterações nas características de fluidez dos hidrocarbonetos, pela cristalização das parafinas, perdas das frações leves e formação de emulsões inversas.

FÓRMULA

$$et = \left(\frac{V}{3,1416} \right)^{1/3} \times \left(\frac{da}{3 \times do \times K \times t} \right)^{2/3}$$

et = espessura da película no instante t, em cm

t = tempo de espalhamento, em segundos

V = volume do hidrocarboneto derramado, em cm³

da = densidade da água, em g/cm³

para o oceano Atlântico é 15° de temperatura:

$$da = 1,026 \text{ g/cm}^3$$

do = densidade dos hidrocarbonetos, em g/cm³

K = constante específica dos hidrocarbonetos (ver tabela)

PETRÓLEO BRUTO (ORIGEM)	K	PESO ESPECÍFICO
BREGA	1085	0,823
IRANIAN HEAVY	750	0,87
KUWAIT	1480	0,87
NORTHERN IRAQ	975	
TIAJUANA MED	1340	0,894

São apresentadas no [APÊNDICE III](#) deste Anexo algumas tabelas obtidas a partir desta fórmula com o intuito de dar uma idéia dos valores da espessura. Deve-se considerar que com o aumento do tempo os valores vão sendo menos corretos.

2.º MÉTODO - MÉTODO DE OBSERVAÇÃO VISUAL DA PELÍCULA

APARÊNCIA DA PELÍCULA	ESPESSURA EM MM
Difícilmente visível, mesmo nas condições de luz mais favoráveis.	0,00005
Visível, com aparência prateada.	0,00010
Traços de coloração observáveis	0,00015
Bandas coloridas brilhantes	0,0003
Cores escurecendo	0,001
Cores mais escuras	0,002
Preto/Castanho escuro	0,1
Castanho/Laranja	> 1

Acima destes valores as colorações são castanhas à pretas e não permitem a determinação da espessura, devendo se estimar um valor.

3.º MÉTODO - TABELAS

Existem tabelas como a que adiante se apresenta, que permitem obter a espessura da película:

PETRÓLEO BRUTO	ESPESSURA DA PELÍCULA		
	2 MINUTOS	20 MINUTOS	2 HORAS
BREGA	2,04	0,44	0,14
IRANIAN HEAVY	2,99	0,64	0,20
KUWEIT	1,90	0,41	0,12
N. IRAQ	2,38	0,51	0,16
TIA JUANA (MED)	2,33	0,50	0,15

A seguinte tabela permite obter a espessura da camada, bem como a área do espalhamento:

	TEMPO DE ESPALHAMENTO	QUANTIDADES EM TONELADAS MÉTRICAS				
		5 t	50 t	500 t	5 000 t	50 000 t
ÁREA DE ESPALHAMENTO Km ²	1 h	0,006	0,016	0,076	0,360	1,14
	2 h	0,016	0,023	0,107	0,496	2,28
	5 h	0,065	0,065	0,169	0,784	3,64
	10 h	0,183	0,183	0,24	1,11	5,15
	24 h		0,518	0,68	1,72	7,98
	48 h			1,93	2,43	11,3
	72 h			3,54	3,54	13,8
	96 h			5,45	5,45	15,6
	500 h			64,8	64,8	64,8
ESPESSURA DA CAMADA Mm	1 h	0,980	3,6	7,5	15,8	50,1
	2 h	0,348	2,5	5,3	11,5	25,1
	5 h	0,088	0,9	3,4	7,0	15,7
	10 h	0,031	0,3	2,4	5,1	11,1
	24 h		0,1	0,84	3,3	7,2
	48 h			0,30	2,4	5,1
	72 h			0,16	1,6	4,1
	96 h			0,105	1,05	3,6
	500 h			0,009	0,09	0,9
Cru = Densidade		0,875				
		Viscosidade 10 cSt.				

DETERMINAÇÃO DA ÁREA

Se o hidrocarboneto se espalhasse uniformemente numa área sem descontinuidades as dificuldades de avaliação da área resultam do modo como se efetuam as medições da envolvente da zona atingida.

Devido à existência de descontinuidades na mancha a determinação da área complica-se ainda mais.

No entanto, é possível obter alguns resultados utilizando os seguintes procedimentos:

- Estimar uma envolvente com a forma aproximada de um quadrado e determinar o comprimento dos lados sabendo que:

$$\text{espaço} = \text{velocidade} \times \text{tempo}$$

Assim o comprimento dos lados, em milhas, pode ser avaliado iniciando uma contagem de tempo no início da zona com derrame que finalizará quando ele cessar.

Conhecida a velocidade do navio ou avião, bastará aplicar a seguinte fórmula:

$$\text{extensão}_{(\text{milhas})} = \text{velocidade}_{(\text{nós})} \times (t_{(\text{segundos})}/3600)$$

Efetuada nova determinação em direção perpendicular obtêm-se os elementos necessários para determinar uma área envolvente.

A área do derrame é então calculada aplicando a seguinte fórmula:

$$\text{Área do Derrame} = \text{Área Envolvente} \times \frac{\text{Porcentagem}}{\text{da Cobertura}}$$

A porcentagem da cobertura é obtida por observação visual com ajuda do quadro anexo.

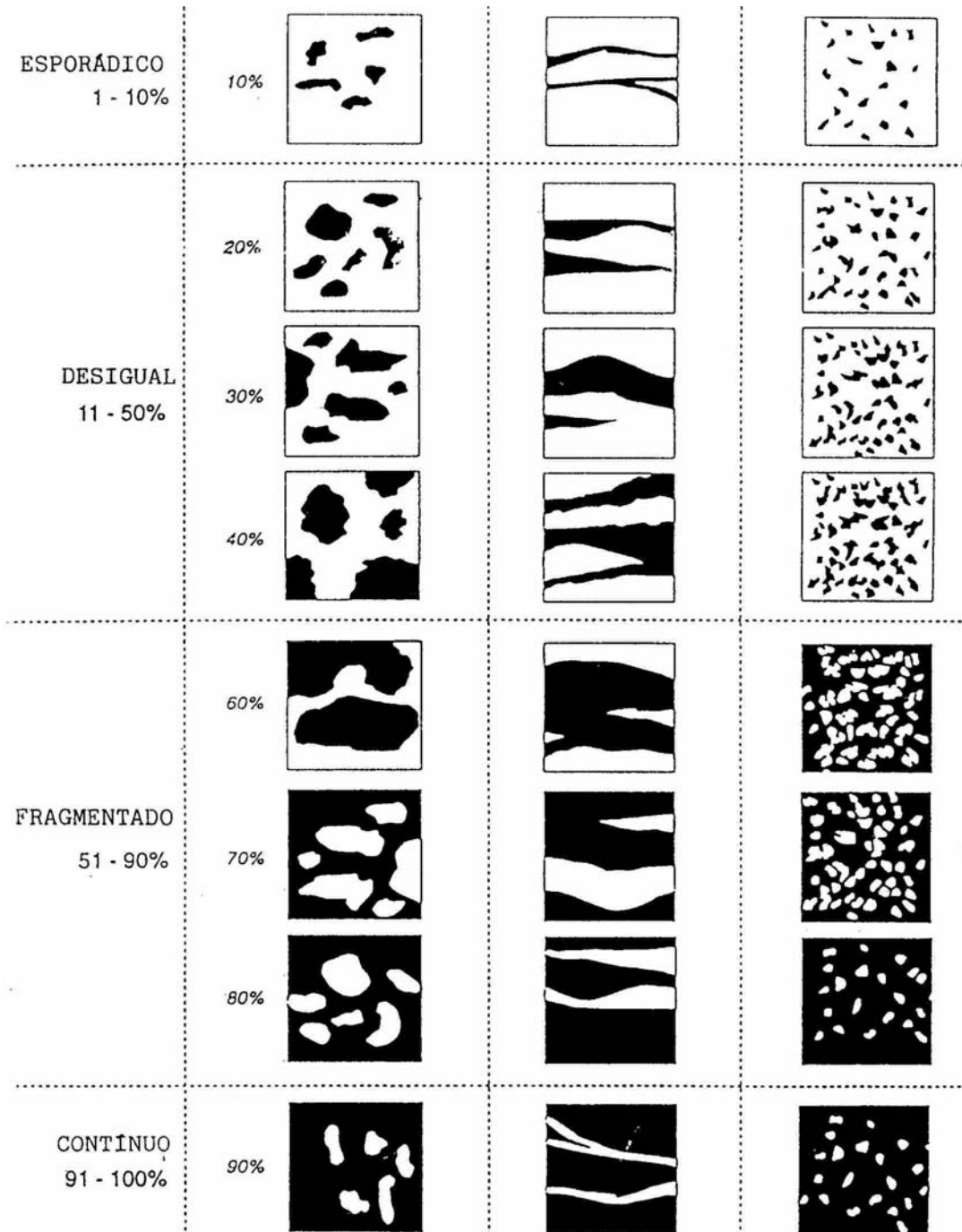
1.4. INFORMAÇÕES DIVERSAS

As informações dadas a seguir poderão ajudar a calcular tanto a porcentagem que flutua após um derrame como o espalhamento.

ESPALHAMENTO

- Na maioria dos «crus» a espessura após a descarga é de 1 mm e não superior a 0,3 mm depois de 10/12 horas em mar aberto.
- O espalhamento se processa entre o momento da descarga e pára entre 1 a 10 dias.
- Um derrame instantâneo espalha-se mais rapidamente do que uma descarga lenta.
- Hidrocarbonetos mais viscosos espalham-se mais devagar do que hidrocarbonetos menos viscosos.
- Hidrocarbonetos à temperaturas inferiores ao ponto de escoamento dificilmente se espalham no mar.

PERCENTAGEM DE COBERTURA



EVAPORAÇÃO

- Em condições atmosféricas médias, películas de hidrocarbonetos derramados com Ponto de Ebulição inferior a 200°C evaporam-se entre 24 e 48 horas.
- Em condições atmosféricas médias, películas de hidrocarbonetos derramados com Ponto de Ebulição de 250°C evaporam-se num prazo de 10 dias.
- A maioria dos «crus» leves perdem por evaporação até 50% do seu volume nas primeiras 24 horas.
- A maioria dos «crus» pesados perdem por evaporação 5% a 20% do seu volume.
- Produtos leves (gasolinas) se evaporam completamente após algumas horas.
- Querosene e gasóleo em mar aberto podem evaporar 50% em 24 horas. Quando em áreas de estuários e zonas de lodo levam mais tempo para evaporar.

DISPERSÃO

- A dispersão na coluna de água para hidrocarbonetos com viscosidade inferior a 100 cSt é total e muito rápida.
- A dispersão na coluna de água de «óleo-diesel» é de 50% do volume em 30 a 60 minutos e total ao cabo de 5 a 6 horas.

1.5. CONCLUSÃO

Deve-se estimar a quantidade de produto que flutua utilizando um ou mais dos métodos acima descritos.

Mais importante que um valor correto da quantidade de produto é a obtenção de uma ordem de grandeza das quantidades envolvidas.

**APÊNDICE I - EVOLUÇÃO COM O TEMPO DOS
HIDROCARBONETOS DERRAMADOS DE ACORDO COM O
PROGRAMA TRANSSPILL**

HIDROCARBONETO DERRAMADO FUNÇÃO DO TEMPO PROGRAMA TRANSSPILL				
Hidrocarbonetos com densidade inferior a 800 kg/m³				
Quantidades (m³)	Tempo de permanência (Horas)	Flutuante (%)	Evaporado (%)	Disperso (%)
1	1.6	0.0	59.0	41.0
5	15	0.0	58.5	41.5
10	39	0.0	58.7	41.3
15	> 48	0.0	58.7	41.3
20	> 48	0.5	58.4	41.1
25	> 48	0.7	58.6	40.7
30	> 48	1.0	59.0	40.0
150	> 48	8.6	58.4	33.0
1000	> 48	26.7	58.9	14.4
10000	> 48	40.1	55.3	4.6
100000	> 48	52.8	45.9	1.3
500000	> 48	58.2	41.3	0.5
Hidrocarbonetos com densidade entre 800 e 900 kg/m³				
Quantidades (m³)	Tempo de permanência (Horas)	Flutuante (%)	Evaporado (%)	Disperso (%)
1	2.3	0.0	44.4	55.6
5	2.7	0.0	44.0	56.0
10	45	0.0	43.8	56.2
15	> 48	0.0	43.9	56.1
20	> 48	0.5	43.8	55.7
25	> 48	0.8	43.7	55.5
30	> 48	1.7	44.0	54.3
150	> 48	15.5	44.9	39.6
1000	> 48	37.4	44.2	18.4
10000	> 48	53.0	41.7	5.3
100000	> 48	64.1	34.4	1.5
500000	> 48	68.6	30.9	0.5
Hidrocarbonetos com densidade superior a 900 kg/m³				
Quantidades (m³)	Tempo de permanência (Horas)	Flutuante (%)	Evaporado (%)	Disperso (%)
1	6.3	0.0	25.0	75.0
5	41	0.0	25.1	74.9
10	> 48	0.0	25.0	75.0
15	> 48	0.7	25.1	74.2
20	> 48	1.0	25.0	74.0
25	> 48	2.0	25.0	73.0
30	> 48	2.3	25.4	72.3
150	> 48	21.7	25.1	53.3
1000	> 48	50.9	25.4	23.7
10000	> 48	69.8	23.4	6.8
100000	> 48	79.5	18.7	1.8

APÊNDICE II - ÁREA MÁXIMA DE ESPALHAMENTO

ÁREA MÁXIMA DE ESPALHAMENTO				
Volume	Area max	Area max	Raio max	Raio máx
derramado	do derrame	do derrame	do derram	do derram
em m3	em Km2	em milhas2	em metros	em milhas
1	0.100	0.039	178	0.096
2	0.168	0.065	231	0.125
3	0.228	0.088	269	0.145
4	0.283	0.109	300	0.162
5	0.334	0.129	326	0.176
10	0.562	0.217	423	0.228
15	0.762	0.294	493	0.266
20	0.946	0.365	549	0.296
25	1.118	0.432	597	0.322
30	1.282	0.495	639	0.345
35	1.439	0.556	677	0.365
40	1.591	0.614	712	0.384
45	1.737	0.671	744	0.401
50	1.880	0.726	774	0.418
60	2.156	0.832	828	0.447
70	2.420	0.934	878	0.474
80	2.675	1.033	923	0.498
90	2.922	1.128	964	0.520
100	3.162	1.221	1003	0.541
200	5.318	2.053	1301	0.702
300	7.208	2.783	1515	0.817
400	8.944	3.453	1687	0.911
500	10.574	4.083	1835	0.990
600	12.123	4.681	1964	1.060
700	13.609	5.254	2081	1.123
800	15.042	5.808	2188	1.181
900	16.432	6.344	2287	1.234
1000	17.783	6.866	2379	1.284
2000	29.907	11.547	3085	1.665
3000	40.536	15.651	3592	1.939
4000	50.297	19.420	4001	2.159
5000	59.460	22.958	4350	2.348
6000	68.173	26.322	4658	2.514
7000	76.529	29.548	4936	2.664
8000	84.590	32.660	5189	2.800
9000	92.402	35.676	5423	2.927
10000	100.000	38.610	5642	3.045
20000	168.179	64.934	7317	3.949
30000	227.951	88.012	8518	4.597
40000	282.843	109.206	9488	5.121
50000	334.370	129.100	10317	5.568
60000	383.366	148.018	11047	5.962
70000	430.352	166.159	11704	6.316
80000	475.683	183.661	12305	6.641
90000	519.615	200.623	12861	6.940
100000	562.341	217.120	13379	7.220

**APÊNDICE III - TABELAS EFETUADAS A PARTIR DA FÓRMULA DO
1.º MÉTODO**

ESPESSURA DE UMA PELÍCULA DE HIDROCARBONETO								
(em milímetros)								
Valores de calculo								
		densidade da água						1.025
		densidade do hidrocarboneto						0.85
		constante do hidrocarboneto						1000
Volume derramad em m³	Tempo desde o derrame em min.							
	5	10	20	30	40	50	60	
1		0.17	0.11	0.08	0.07	0.06	0.05	
2		0.21	0.13	0.10	0.08	0.07	0.06	
3		0.24	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07	
4		0.27	0.17	0.13	0.11	0.09	0.08	
5		0.29	0.18	0.14	0.11	0.10	0.09	
6		0.30	0.19	0.15	0.12	0.10	0.09	
7		0.32	0.20	0.15	0.13	0.11	0.10	
8		0.33	0.21	0.16	0.13	0.11	0.10	
9		0.35	0.22	0.17	0.14	0.12	0.11	
10		0.36	0.23	0.17	0.14	0.12	0.11	
20		0.45	0.29	0.22	0.18	0.16	0.14	
30		0.52	0.33	0.25	0.21	0.18	0.16	
40		0.57	0.36	0.27	0.23	0.20	0.17	
50		0.62	0.39	0.30	0.24	0.21	0.19	
60		0.65	0.41	0.31	0.26	0.22	0.20	
70		0.69	0.43	0.33	0.27	0.24	0.21	
80		0.72	0.45	0.35	0.29	0.25	0.22	
90		0.75	0.47	0.36	0.30	0.26	0.23	
100		0.78	0.49	0.37	0.31	0.27	0.23	
200		0.98	0.62	0.47	0.39	0.33	0.30	
300		1.12	0.70	0.54	0.44	0.38	0.34	
400		1.23	0.78	0.59	0.49	0.42	0.37	
500		1.33	0.84	0.64	0.53	0.45	0.40	
600		1.41	0.89	0.68	0.56	0.48	0.43	
700		1.48	0.93	0.71	0.59	0.51	0.45	
800		1.55	0.98	0.75	0.62	0.53	0.47	
900		1.61	1.02	0.78	0.64	0.55	0.49	
1000		1.67	1.05	0.80	0.66	0.57	0.51	
2000		2.11	1.33	1.01	0.84	0.72	0.64	
4000		2.65	1.67	1.28	1.05	0.91	0.80	
6000		3.04	1.91	1.46	1.20	1.04	0.92	
8000		3.34	2.11	1.61	1.33	1.14	1.01	
10000		3.60	2.27	1.73	1.43	1.23	1.09	
20000		4.54	2.86	2.18	1.80	1.55	1.37	
40000		5.71	3.60	2.75	2.27	1.95	1.73	
60000		6.54	4.12	3.14	2.60	2.24	1.98	
80000		7.20	4.54	3.46	2.86	2.46	2.18	
100000		7.76	4.89	3.73	3.08	2.65	2.35	

ESPESSURA DE UMA PELICULA DE HIDROCARBONETO										
(em milímetros)										
Valores de calculo										
		densidade da água								1.025
		densidade do hidrocarboneto								0.85
		constante do hidrocarboneto								1000
Volume derramad em m3	Tempo desde o derrame em horas									
	1	2	4	6	8	12	16	20	24	
1	0.05	0.03	0.020	0.015	0.013	0.010	0.008	0.007	0.006	
2	0.06	0.04	0.025	0.019	0.016	0.012	0.010	0.009	0.008	
3	0.07	0.05	0.029	0.022	0.018	0.014	0.011	0.010	0.009	
4	0.08	0.05	0.032	0.024	0.020	0.015	0.013	0.011	0.010	
5	0.09	0.05	0.034	0.026	0.022	0.017	0.014	0.012	0.010	
6	0.09	0.06	0.036	0.028	0.023	0.018	0.014	0.012	0.011	
7	0.10	0.06	0.038	0.029	0.024	0.018	0.015	0.013	0.012	
8	0.10	0.06	0.040	0.031	0.025	0.019	0.016	0.014	0.012	
9	0.11	0.07	0.042	0.032	0.026	0.020	0.017	0.014	0.013	
10	0.11	0.07	0.043	0.033	0.027	0.021	0.017	0.015	0.013	
20	0.14	0.09	0.055	0.042	0.034	0.026	0.022	0.019	0.017	
30	0.16	0.10	0.062	0.048	0.039	0.030	0.025	0.021	0.019	
40	0.17	0.11	0.069	0.052	0.043	0.033	0.027	0.023	0.021	
50	0.19	0.12	0.074	0.056	0.047	0.036	0.029	0.025	0.022	
60	0.20	0.12	0.079	0.060	0.050	0.038	0.031	0.027	0.024	
70	0.21	0.13	0.083	0.063	0.052	0.040	0.033	0.028	0.025	
80	0.22	0.14	0.087	0.066	0.055	0.042	0.034	0.030	0.026	
90	0.23	0.14	0.090	0.069	0.057	0.043	0.036	0.031	0.027	
100	0.23	0.15	0.093	0.071	0.059	0.045	0.037	0.032	0.028	
200	0.30	0.19	0.117	0.090	0.074	0.056	0.047	0.040	0.036	
300	0.34	0.21	0.134	0.103	0.085	0.065	0.053	0.046	0.041	
400	0.37	0.23	0.148	0.113	0.093	0.071	0.059	0.051	0.045	
500	0.40	0.25	0.159	0.122	0.100	0.077	0.063	0.055	0.048	
600	0.43	0.27	0.169	0.129	0.107	0.081	0.067	0.058	0.051	
700	0.45	0.28	0.178	0.136	0.112	0.086	0.071	0.061	0.054	
800	0.47	0.30	0.186	0.142	0.117	0.090	0.074	0.064	0.056	
900	0.49	0.31	0.194	0.148	0.122	0.093	0.077	0.066	0.059	
1000	0.51	0.32	0.201	0.153	0.127	0.097	0.080	0.069	0.061	
2000	0.64	0.40	0.253	0.193	0.159	0.122	0.100	0.087	0.077	
4000	0.80	0.51	0.319	0.243	0.201	0.153	0.127	0.109	0.097	
6000	0.92	0.58	0.365	0.278	0.230	0.175	0.145	0.125	0.111	
8000	1.01	0.64	0.402	0.307	0.253	0.193	0.159	0.137	0.122	
10000	1.09	0.69	0.433	0.330	0.273	0.208	0.172	0.148	0.131	
20000	1.37	0.87	0.545	0.416	0.343	0.262	0.216	0.186	0.165	
40000	1.73	1.09	0.687	0.524	0.433	0.330	0.273	0.235	0.208	
60000	1.98	1.25	0.786	0.600	0.495	0.378	0.312	0.269	0.238	
80000	2.18	1.37	0.865	0.660	0.545	0.416	0.343	0.296	0.262	
100000	2.35	1.48	0.932	0.711	0.587	0.448	0.370	0.319	0.282	

ESPESSURA DE UMA PELICULA DE HIDROCARBONETO								
(em milímetros)								
Valores de calculo								
		densidade da água						1.025
		densidade do hidrocarboneto						0.85
		constante do hidrocarboneto						1000
Volume derramad em m3	Tempo desde o derrame em dias							
	1	2	3	4	5	6	8	10
1	0.006	0.004	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001
2	0.008	0.005	0.004	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002
3	0.009	0.006	0.004	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002
4	0.010	0.006	0.005	0.004	0.003	0.003	0.002	0.002
5	0.010	0.007	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003	0.002
6	0.011	0.007	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003	0.002
7	0.012	0.007	0.006	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003
8	0.012	0.008	0.006	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003
9	0.013	0.008	0.006	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003
10	0.013	0.008	0.006	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003
20	0.017	0.010	0.008	0.007	0.006	0.005	0.004	0.004
30	0.019	0.012	0.009	0.007	0.006	0.006	0.005	0.004
40	0.021	0.013	0.010	0.008	0.007	0.006	0.005	0.004
50	0.022	0.014	0.011	0.009	0.008	0.007	0.006	0.005
60	0.024	0.015	0.011	0.009	0.008	0.007	0.006	0.005
70	0.025	0.016	0.012	0.010	0.009	0.008	0.006	0.005
80	0.026	0.017	0.013	0.010	0.009	0.008	0.007	0.006
90	0.027	0.017	0.013	0.011	0.009	0.008	0.007	0.006
100	0.028	0.018	0.014	0.011	0.010	0.009	0.007	0.006
200	0.036	0.022	0.017	0.014	0.012	0.011	0.009	0.008
300	0.041	0.026	0.020	0.016	0.014	0.012	0.010	0.009
400	0.045	0.028	0.022	0.018	0.015	0.014	0.011	0.010
500	0.048	0.030	0.023	0.019	0.017	0.015	0.012	0.010
600	0.051	0.032	0.025	0.020	0.018	0.016	0.013	0.011
700	0.054	0.034	0.026	0.021	0.018	0.016	0.014	0.012
800	0.056	0.036	0.027	0.022	0.019	0.017	0.014	0.012
900	0.059	0.037	0.028	0.023	0.020	0.018	0.015	0.013
1000	0.061	0.038	0.029	0.024	0.021	0.018	0.015	0.013
2000	0.077	0.048	0.037	0.030	0.026	0.023	0.019	0.017
4000	0.097	0.061	0.046	0.038	0.033	0.029	0.024	0.021
6000	0.111	0.070	0.053	0.044	0.038	0.033	0.028	0.024
8000	0.122	0.077	0.058	0.048	0.042	0.037	0.030	0.026
10000	0.131	0.083	0.063	0.052	0.045	0.040	0.033	0.028
20000	0.165	0.104	0.079	0.066	0.056	0.050	0.041	0.036
40000	0.208	0.131	0.100	0.083	0.071	0.063	0.052	0.045
60000	0.238	0.150	0.114	0.094	0.081	0.072	0.060	0.051
80000	0.262	0.165	0.126	0.104	0.090	0.079	0.066	0.056
100000	0.282	0.178	0.136	0.112	0.097	0.085	0.071	0.061

ESPESSURA DE UMA PELICULA DE HIDROCARBONETO								
(em milímetros)								
Valores de calculo							densidade da água	1.025
							densidade do hidrocarboneto	0.85
							constante do hidrocarboneto	1250
Volume derramad em m3	Tempo desde o derrame em min.							
	5	10	20	30	40	50	60	
1		0.14	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	
2		0.18	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	
3		0.21	0.13	0.10	0.08	0.07	0.06	
4		0.23	0.14	0.11	0.09	0.08	0.07	
5		0.25	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	
6		0.26	0.16	0.13	0.10	0.09	0.08	
7		0.28	0.17	0.13	0.11	0.09	0.08	
8		0.29	0.18	0.14	0.11	0.10	0.09	
9		0.30	0.19	0.14	0.12	0.10	0.09	
10		0.31	0.20	0.15	0.12	0.11	0.09	
20		0.39	0.25	0.19	0.16	0.13	0.12	
30		0.45	0.28	0.22	0.18	0.15	0.14	
40		0.49	0.31	0.24	0.20	0.17	0.15	
50		0.53	0.33	0.26	0.21	0.18	0.16	
60		0.56	0.36	0.27	0.22	0.19	0.17	
70		0.59	0.37	0.29	0.24	0.20	0.18	
80		0.62	0.39	0.30	0.25	0.21	0.19	
90		0.65	0.41	0.31	0.26	0.22	0.20	
100		0.67	0.42	0.32	0.27	0.23	0.20	
200		0.84	0.53	0.40	0.33	0.29	0.26	
300		0.96	0.61	0.46	0.38	0.33	0.29	
400		1.06	0.67	0.51	0.42	0.36	0.32	
500		1.14	0.72	0.55	0.45	0.39	0.35	
600		1.21	0.77	0.58	0.48	0.42	0.37	
700		1.28	0.81	0.61	0.51	0.44	0.39	
800		1.34	0.84	0.64	0.53	0.46	0.40	
900		1.39	0.88	0.67	0.55	0.48	0.42	
1000		1.44	0.91	0.69	0.57	0.49	0.44	
2000		1.81	1.14	0.87	0.72	0.62	0.55	
4000		2.29	1.44	1.10	0.91	0.78	0.69	
6000		2.62	1.65	1.26	1.04	0.89	0.79	
8000		2.88	1.81	1.38	1.14	0.98	0.87	
10000		3.10	1.95	1.49	1.23	1.06	0.94	
20000		3.91	2.46	1.88	1.55	1.34	1.18	
40000		4.92	3.10	2.37	1.95	1.68	1.49	
60000		5.64	3.55	2.71	2.24	1.93	1.71	
80000		6.20	3.91	2.98	2.46	2.12	1.88	
100000		6.68	4.21	3.21	2.65	2.29	2.02	

ESPESSURA DE UMA PELICULA DE HIDROCARBONETO									
(em milímetros)									
Valores de calculo		densidade da água						1.025	
		densidade do hidrocarboneto						0.85	
		constante do hidrocarboneto						1250	
Volume derramad em m3	Tempo desde o derrame em horas								
	1	2	4	6	8	12	16	20	24
1	0.04	0.03	0.017	0.013	0.011	0.008	0.007	0.006	0.005
2	0.05	0.03	0.022	0.017	0.014	0.010	0.009	0.007	0.007
3	0.06	0.04	0.025	0.019	0.016	0.012	0.010	0.009	0.008
4	0.07	0.04	0.027	0.021	0.017	0.013	0.011	0.009	0.008
5	0.07	0.05	0.030	0.023	0.019	0.014	0.012	0.010	0.009
6	0.08	0.05	0.031	0.024	0.020	0.015	0.012	0.011	0.010
7	0.08	0.05	0.033	0.025	0.021	0.016	0.013	0.011	0.010
8	0.09	0.05	0.035	0.026	0.022	0.017	0.014	0.012	0.010
9	0.09	0.06	0.036	0.027	0.023	0.017	0.014	0.012	0.011
10	0.09	0.06	0.037	0.028	0.023	0.018	0.015	0.013	0.011
20	0.12	0.07	0.047	0.036	0.030	0.023	0.019	0.016	0.014
30	0.14	0.09	0.054	0.041	0.034	0.026	0.021	0.018	0.016
40	0.15	0.09	0.059	0.045	0.037	0.028	0.023	0.020	0.018
50	0.16	0.10	0.064	0.049	0.040	0.031	0.025	0.022	0.019
60	0.17	0.11	0.068	0.052	0.043	0.033	0.027	0.023	0.021
70	0.18	0.11	0.071	0.054	0.045	0.034	0.028	0.024	0.022
80	0.19	0.12	0.075	0.057	0.047	0.036	0.030	0.026	0.023
90	0.20	0.12	0.078	0.059	0.049	0.037	0.031	0.027	0.023
100	0.20	0.13	0.080	0.061	0.051	0.039	0.032	0.027	0.024
200	0.26	0.16	0.101	0.077	0.064	0.049	0.040	0.035	0.031
300	0.29	0.18	0.116	0.088	0.073	0.056	0.046	0.040	0.035
400	0.32	0.20	0.128	0.097	0.080	0.061	0.051	0.044	0.039
500	0.35	0.22	0.137	0.105	0.087	0.066	0.055	0.047	0.042
600	0.37	0.23	0.146	0.111	0.092	0.070	0.058	0.050	0.044
700	0.39	0.24	0.154	0.117	0.097	0.074	0.061	0.053	0.047
800	0.40	0.26	0.161	0.123	0.101	0.077	0.064	0.055	0.049
900	0.42	0.27	0.167	0.128	0.105	0.080	0.066	0.057	0.051
1000	0.44	0.27	0.173	0.132	0.109	0.083	0.069	0.059	0.052
2000	0.55	0.35	0.218	0.166	0.137	0.105	0.087	0.075	0.066
4000	0.69	0.44	0.275	0.210	0.173	0.132	0.109	0.094	0.083
6000	0.79	0.50	0.314	0.240	0.198	0.151	0.125	0.108	0.095
8000	0.87	0.55	0.346	0.264	0.218	0.166	0.137	0.118	0.105
10000	0.94	0.59	0.373	0.285	0.235	0.179	0.148	0.128	0.113
20000	1.18	0.75	0.470	0.358	0.296	0.226	0.186	0.161	0.142
40000	1.49	0.94	0.592	0.452	0.373	0.285	0.235	0.202	0.179
60000	1.71	1.08	0.678	0.517	0.427	0.326	0.269	0.232	0.205
80000	1.88	1.18	0.746	0.569	0.470	0.358	0.296	0.255	0.226
100000	2.02	1.28	0.803	0.613	0.506	0.386	0.319	0.275	0.243

ESPESSURA DE UMA PELICULA DE HIDROCARBONETO								
(em milímetros)								
Valores de calculo							densidade da água	1.025
							densidade do hidrocarboneto	0.9
							constante do hidrocarboneto	1250
Volume derramad em m3	Tempo desde o derrame em min.							
	5	10	20	30	40	50	60	
1		0.17	0.11	0.08	0.07	0.06	0.05	
2		0.22	0.14	0.11	0.09	0.07	0.07	
3		0.25	0.16	0.12	0.10	0.09	0.08	
4		0.28	0.17	0.13	0.11	0.09	0.08	
5		0.30	0.19	0.14	0.12	0.10	0.09	
6		0.32	0.20	0.15	0.13	0.11	0.10	
7		0.33	0.21	0.16	0.13	0.11	0.10	
8		0.35	0.22	0.17	0.14	0.12	0.11	
9		0.36	0.23	0.17	0.14	0.12	0.11	
10		0.37	0.24	0.18	0.15	0.13	0.11	
20		0.47	0.30	0.23	0.19	0.16	0.14	
30		0.54	0.34	0.26	0.21	0.18	0.16	
40		0.59	0.37	0.29	0.24	0.20	0.18	
50		0.64	0.40	0.31	0.25	0.22	0.19	
60		0.68	0.43	0.33	0.27	0.23	0.21	
70		0.71	0.45	0.34	0.28	0.24	0.22	
80		0.75	0.47	0.36	0.30	0.26	0.23	
90		0.78	0.49	0.37	0.31	0.27	0.24	
100		0.81	0.51	0.39	0.32	0.28	0.24	
200		1.01	0.64	0.49	0.40	0.35	0.31	
300		1.16	0.73	0.56	0.46	0.40	0.35	
400		1.28	0.81	0.61	0.51	0.44	0.39	
500		1.38	0.87	0.66	0.55	0.47	0.42	
600		1.46	0.92	0.70	0.58	0.50	0.44	
700		1.54	0.97	0.74	0.61	0.53	0.47	
800		1.61	1.01	0.77	0.64	0.55	0.49	
900		1.67	1.06	0.81	0.66	0.57	0.51	
1000		1.73	1.09	0.83	0.69	0.59	0.53	
2000		2.19	1.38	1.05	0.87	0.75	0.66	
4000		2.75	1.73	1.32	1.09	0.94	0.83	
6000		3.15	1.99	1.52	1.25	1.08	0.95	
8000		3.47	2.19	1.67	1.38	1.19	1.05	
10000		3.74	2.35	1.80	1.48	1.28	1.13	
20000		4.71	2.97	2.26	1.87	1.61	1.43	
40000		5.93	3.74	2.85	2.35	2.03	1.80	
60000		6.79	4.28	3.26	2.69	2.32	2.06	
80000		7.47	4.71	3.59	2.97	2.56	2.26	
100000		8.05	5.07	3.87	3.20	2.75	2.44	

ESPESSURA DE UMA PELICULA DE HIDROCARBONETO									
(em milímetros)									
Valores de calculo		densidade da água						1.025	
		densidade do hidrocarboneto						0.9	
		constante do hidrocarboneto						1250	
Volume derramad em m3	Tempo desde o derrame em horas								
	1	2	4	6	8	12	16	20	24
1	0.05	0.03	0.021	0.016	0.013	0.010	0.008	0.007	0.006
2	0.07	0.04	0.026	0.020	0.017	0.013	0.010	0.009	0.008
3	0.08	0.05	0.030	0.023	0.019	0.014	0.012	0.010	0.009
4	0.08	0.05	0.033	0.025	0.021	0.016	0.013	0.011	0.010
5	0.09	0.06	0.036	0.027	0.022	0.017	0.014	0.012	0.011
6	0.10	0.06	0.038	0.029	0.024	0.018	0.015	0.013	0.011
7	0.10	0.06	0.040	0.030	0.025	0.019	0.016	0.014	0.012
8	0.11	0.07	0.042	0.032	0.026	0.020	0.017	0.014	0.013
9	0.11	0.07	0.043	0.033	0.027	0.021	0.017	0.015	0.013
10	0.11	0.07	0.045	0.034	0.028	0.022	0.018	0.015	0.014
20	0.14	0.09	0.057	0.043	0.036	0.027	0.022	0.019	0.017
30	0.16	0.10	0.065	0.049	0.041	0.031	0.026	0.022	0.020
40	0.18	0.11	0.071	0.054	0.045	0.034	0.028	0.024	0.022
50	0.19	0.12	0.077	0.059	0.048	0.037	0.030	0.026	0.023
60	0.21	0.13	0.082	0.062	0.051	0.039	0.032	0.028	0.025
70	0.22	0.14	0.086	0.066	0.054	0.041	0.034	0.029	0.026
80	0.23	0.14	0.090	0.069	0.057	0.043	0.036	0.031	0.027
90	0.24	0.15	0.093	0.071	0.059	0.045	0.037	0.032	0.028
100	0.24	0.15	0.097	0.074	0.061	0.047	0.038	0.033	0.029
200	0.31	0.19	0.122	0.093	0.077	0.059	0.048	0.042	0.037
300	0.35	0.22	0.140	0.107	0.088	0.067	0.055	0.048	0.042
400	0.39	0.24	0.154	0.117	0.097	0.074	0.061	0.053	0.047
500	0.42	0.26	0.165	0.126	0.104	0.080	0.066	0.057	0.050
600	0.44	0.28	0.176	0.134	0.111	0.085	0.070	0.060	0.053
700	0.47	0.29	0.185	0.141	0.117	0.089	0.073	0.063	0.056
800	0.49	0.31	0.194	0.148	0.122	0.093	0.077	0.066	0.059
900	0.51	0.32	0.201	0.154	0.127	0.097	0.080	0.069	0.061
1000	0.53	0.33	0.208	0.159	0.131	0.100	0.083	0.071	0.063
2000	0.66	0.42	0.263	0.200	0.165	0.126	0.104	0.090	0.080
4000	0.83	0.53	0.331	0.253	0.208	0.159	0.131	0.113	0.100
6000	0.95	0.60	0.379	0.289	0.239	0.182	0.150	0.130	0.115
8000	1.05	0.66	0.417	0.318	0.263	0.200	0.165	0.143	0.126
10000	1.13	0.71	0.449	0.343	0.283	0.216	0.178	0.154	0.136
20000	1.43	0.90	0.566	0.432	0.356	0.272	0.225	0.194	0.171
40000	1.80	1.13	0.713	0.544	0.449	0.343	0.283	0.244	0.216
60000	2.06	1.30	0.816	0.623	0.514	0.392	0.324	0.279	0.247
80000	2.26	1.43	0.898	0.686	0.566	0.432	0.356	0.307	0.272
100000	2.44	1.54	0.968	0.738	0.610	0.465	0.384	0.331	0.293

ESPESSURA DE UMA PELICULA DE HIDROCARBONETO								
(em milímetros)								
Valores de calculo								1.025
		densidade da água						0.9
		densidade do hidrocarboneto						1250
		constante do hidrocarboneto						
Volume derramado em m3	Tempo desde o derrame em dias							
	1	2	3	4	5	6	8	10
1	0.006	0.004	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.001
2	0.008	0.005	0.004	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002
3	0.009	0.006	0.004	0.004	0.003	0.003	0.002	0.002
4	0.010	0.006	0.005	0.004	0.003	0.003	0.003	0.002
5	0.011	0.007	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003	0.002
6	0.011	0.007	0.006	0.005	0.004	0.003	0.003	0.002
7	0.012	0.008	0.006	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003
8	0.013	0.008	0.006	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003
9	0.013	0.008	0.006	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003
10	0.014	0.009	0.007	0.005	0.005	0.004	0.003	0.003
20	0.017	0.011	0.008	0.007	0.006	0.005	0.004	0.004
30	0.020	0.012	0.009	0.008	0.007	0.006	0.005	0.004
40	0.022	0.014	0.010	0.009	0.007	0.007	0.005	0.005
50	0.023	0.015	0.011	0.009	0.008	0.007	0.006	0.005
60	0.025	0.016	0.012	0.010	0.008	0.007	0.006	0.005
70	0.026	0.016	0.013	0.010	0.009	0.008	0.007	0.006
80	0.027	0.017	0.013	0.011	0.009	0.008	0.007	0.006
90	0.028	0.018	0.014	0.011	0.010	0.009	0.007	0.006
100	0.029	0.018	0.014	0.012	0.010	0.009	0.007	0.006
200	0.037	0.023	0.018	0.015	0.013	0.011	0.009	0.008
300	0.042	0.027	0.020	0.017	0.014	0.013	0.011	0.009
400	0.047	0.029	0.022	0.018	0.016	0.014	0.012	0.010
500	0.050	0.032	0.024	0.020	0.017	0.015	0.013	0.011
600	0.053	0.034	0.026	0.021	0.018	0.016	0.013	0.011
700	0.056	0.035	0.027	0.022	0.019	0.017	0.014	0.012
800	0.059	0.037	0.028	0.023	0.020	0.018	0.015	0.013
900	0.061	0.038	0.029	0.024	0.021	0.018	0.015	0.013
1000	0.063	0.040	0.030	0.025	0.022	0.019	0.016	0.014
2000	0.080	0.050	0.038	0.032	0.027	0.024	0.020	0.017
4000	0.100	0.063	0.048	0.040	0.034	0.030	0.025	0.022
6000	0.115	0.072	0.055	0.046	0.039	0.035	0.029	0.025
8000	0.126	0.080	0.061	0.050	0.043	0.038	0.032	0.027
10000	0.136	0.086	0.065	0.054	0.047	0.041	0.034	0.029
20000	0.171	0.108	0.082	0.068	0.059	0.052	0.043	0.037
40000	0.216	0.136	0.104	0.086	0.074	0.065	0.054	0.047
60000	0.247	0.156	0.119	0.098	0.085	0.075	0.062	0.053
80000	0.272	0.171	0.131	0.108	0.093	0.082	0.068	0.059
100000	0.293	0.185	0.141	0.116	0.100	0.089	0.073	0.063

4. BIBLIOGRAFIA

POLSCALE – A Guide, Reference System and Scale for Quantifying and Assessory Coastal Pollution and Clean-Up Operations in Oil-Polluted Coastal Zones.

A Field Guide to Coastal Oil Spill Control and Clean-Up Techniques – CONCAWE Report 9/81.

Two New Tools and a Working Method for Crisis Management of Accidental Spills at Sea – WIERD KOOPS.

Guide à l'Usage des Autorités Responsables de Lutte Contre la Pollution par les Hydrocarbures en Méditerranée – R.O.C.C.