

APÊNDICE G – DIMENSIONAMENTO DA CAPACIDADE DE RESPOSTA

1. DIMENSIONAMENTO DA CAPACIDADE DE RESPOSTA

O dimensionamento da capacidade de resposta a incidentes envolvendo o derramamento de óleo no mar durante as atividades de perfuração marítima da TEPBR no Campo de Lapa, na Bacia de Santos foi elaborado com base no Anexo III da Resolução CONAMA nº 398 de 2008 e na Nota Técnica CGEPG/DILIC/IBAMA nº 03 de 2013 (NT 03/13).

Neste contexto, ressalta-se que as estratégias de resposta foram definidas para atender a eventuais descargas de óleo, considerando os cenários acidentais identificados pela Análise Preliminar de Perigos da atividade e requerimentos legais.

Para o dimensionamento da capacidade de resposta considerou-se como volume da descarga de pior caso (V_{dpc}), aquele decorrente do descontrole do poço durante 30 dias. Assim, o volume de pior caso estimado é de:

$$V_{dpc} = 8.617 \text{ m}^3 / \text{dia} * 30 \text{ dias} = 258.510 \text{ m}^3$$

O dimensionamento destes recursos está apresentado a seguir, considerando os cálculos requeridos pela legislação para cada tipo de equipamento e as boas práticas da indústria.

Os equipamentos necessários para a operacionalização dos procedimentos previstos neste Plano estarão disponíveis na Base de Apoio Logístico e nas embarcações de apoio PSV 01 e PSV 02.

1.1. BARREIRAS DE CONTENÇÃO E ABSORVENTES

Na ocorrência de um incidente de poluição por óleo no mar durante as atividades de perfuração marítima da TEPBR na Bacia de Santos, os procedimentos para o combate do óleo derramado através da estratégia de contenção e recolhimento, deverão ser priorizados. Tal estratégia será implementada através do uso de Sistema de Tecnologia Inovadora – STI (tal como do tipo *Current Buster 6* com bomba acoplada, ou similar, e *BoomVane*), o qual dentre outras vantagens, permite a operação em ambientes com Beaufort na faixa de 5-7, e velocidade de arrasto de até 5,0 nós.

Para respostas de volume grande ($> 200 \text{ m}^3$) que durarem até 60 horas após o incidente, também está prevista a utilização de Configuração Convencional de contenção e recolhimento (com barreira de contenção e recolhedor), a qual possui limitações de eficiência em ambientes com Beaufort 4, ondas de até 1,5 m e velocidade de arrasto de até 1,2 nós.

No caso da configuração com STI, serão disponibilizados dois sistemas de contenção e recolhimento, como, por exemplo, do tipo *Current Buster 6* com bomba acoplada, além de dois

componentes flutuantes de contenção como redundância, distribuídos nas duas embarcações PSVs.

Para a Configuração Convencional, foram dimensionados quatro carretéis de 200 m de barreira de contenção oceânica cada, sendo duas barreiras para cada um dos dois *skimmers* previstos para operacionalização da estratégia.

A fim de acelerar o processo de lançamento de barreira e também para garantir uma contingência à operação, dois sopradores também serão mantidos nas embarcações PSVs e na base de apoio logístico.

1.2. RECOLHEDORES

De acordo com as alternativas definidas no PEI, o recolhimento do óleo será realizado com o auxílio de uma bomba acoplada ao reservatório temporário dos *Current Busters 6* (ou similar), na Configuração com Sistema de Tecnologia Inovadora, e através de recolhedores (*skimmers*) do tipo vertedouro na Configuração Convencional.

A **Tabela 1** apresenta os valores de Capacidade Efetiva Diária de Recolhimento do Óleo (CEDRO) requeridos pela Resolução CONAMA n° 398 de 2008 para atividades em águas marítimas além da zona costeira com descarga de pior caso superior a 11.200 m³.

Tabela 1: Valores de CEDRO e tempo mínimo para disponibilidade de recursos, requeridos pela Resolução CONAMA n° 398/08 para V_{pc} > 11.200 m³ em águas marítimas além da zona costeira.

Nível de Descarga	Capacidade Efetiva Diária de Recolhimento do Óleo - CEDRO (m ³)	Tempo para Disponibilidade (horas)
Pequena (V _p = 8 m ³)	8	2
Média (V _m = 200 m ³)	100	6
Pior caso (V _{pc} = 258.510 m ³)	Nível 1	1.600
	Nível 2	3.200
	Nível 3	6.400

Em função de cada um dos níveis de descarga e tempo de resposta correspondente, a Resolução CONAMA n° 398/08 descreve que deverão ser obtidos valores de capacidade de recolhimento de óleo dada pelo produto entre a Capacidade Nominal (CN) e o fator de eficácia (μ), associada à quantidade de óleo que é recolhida pelo equipamento. Segundo a Resolução, a capacidade nominal do recolhedor requerida deve ser calculada através da CEDRO, pela seguinte equação:

$$CEDRO_i = 24 \times CN_i \times \mu$$

Logo:

$$CN_i = \frac{CEDRO_i}{24\mu}$$

Sendo:

- **CEDRO** = Capacidade Efetiva Diária de Recolhimento de Óleo, cujo valor é obtido seguindo critério estabelecido no Anexo III da Resolução CONAMA n° 398 de 2008;
- **μ** = fator de eficácia, estabelecido como 0,2 (ou 20%) na referida Resolução CONAMA;
- **i** = descarga pequena (dp), média (dm), ou de pior caso (dpc1, dpc2, dpc3), calculado conforme estabelecido no Anexo III da Resolução CONAMA n° 398 de 2008.

Além da equação acima, a Resolução Conama n° 398/08 também prevê que a CEDRO poderá ser calculada através de outra formulação, a partir de justificativa técnica. Considerando que, durante a atividade de perfuração na Bacia de Santos, a TEPBR prevê a utilização de um Sistema de Tecnologia Inovadora (tal como *Current Buster 6*, ou similar), cujo fator de eficácia difere dos sistemas convencionais, o dimensionamento da capacidade nominal requerida para esta tecnologia foi calculado a partir de dados de referência aplicáveis a ela.

A eficiência desta tecnologia se difere dos sistemas convencionais de contenção e recolhimento, entre outros fatores, pela existência da bolsa/saco coletor localizado na extremidade final da barreira, o que permite um processo de separação da mistura água-óleo recolhida pela barreira por decantação, permitindo uma maior espessura na superfície d'água, o que aumenta significativamente a eficiência deste sistema.

Testes realizados com o equipamento na *Wendy Schmidt Oil Cleanup X Challenge* (OHMSETT) indicaram eficácias entre 71,1% (mínima) até 94,7% (máxima) de eficiência do sistema no recolhimento de óleo na mistura com água, conforme pode ser visto no **ANEXO B**. Para fins do cálculo da CN requerida para o STI em cada tempo de resposta estipulado na Resolução CONAMA n° 398/08, adotou-se o valor mínimo de eficiência do sistema, arredondado para baixo, ou seja, 70%. Assim, a partir da fórmula apresentada anteriormente, a CN para o Sistema de Tecnologia Inovadora foi obtida da seguinte forma:

$$CN_i = \frac{CEDRO_i}{24\mu} = \frac{CEDRO_i}{24 \times 0,70} = \frac{CEDRO_i}{16,8}$$

Para a Configuração Convencional foi adotada a mesma fórmula de CEDRO, mas com 20% como fator de eficácia, conforme apresentado:

$$CN_i = \frac{CEDRO_i}{24\mu} = \frac{CEDRO_i}{24 \times 0,20} = \frac{CEDRO_i}{4,8}$$

Os resultados para as configurações com STI e convencional de contenção e recolhimento são apresentados na **Tabela 2**.

Tabela 2: Resultados de Capacidade Nominal de Recolhedor para as configurações com STI e Convencional.

Nível de Descarga	CEDRO (m ³)	Tempo para Disponibilidade (horas)	CN requerida para STI (m ³ /h)	CN requerida para Configuração Convencional (m ³ /h)
Pequena (V _{dp} = 8 m ³)	8	2	0,48	1,66
Média (V _{dm} = 200 m ³)	100	6	5,95	20,83
Pior caso (V _{dpc} = 258.510 m ³)	Nível 1	1.600	12	95,24
	Nível 2	3.200	36	190,48
	Nível 3	6.400	60	380,95

A capacidade de recolhimento de óleo pode ser obtida através da multiplicação entre a vazão de recolhimento do sistema (CN) e o fator de eficácia associado. Deste modo, comparando as tecnologias para atendimento ao dpc3, ou seja, o STI (tal como *Current Buster 6* com bomba acoplada de 100 m³/h) com os *skimmers* com capacidade de 350 m³/h no caso da Configuração Convencional, obtêm-se os valores apresentados na **Tabela 3**.

Tabela 3: Capacidade de Recolhimento de Óleo – Configuração Convencional e com Tecnologia Inovadora.

Tipo de Configuração de Contenção e Recolhimento	Vazão do sistema bombeamento (m ³ /h)	Fator de Eficácia – μ (%)	Capacidade de Recolhimento de Óleo (m ³ /h)
Convencional	2 x 350 = 700	20 ¹	140
Tecnologia Inovadora	2 x 100 = 200	70 ²	140

¹ Com base no valor máximo previsto na Resolução CONAMA n° 398.

² Valor arredondado para baixo da mínima eficiência do sistema obtida nos testes em OHMSETT para o *Current Buster 6* (ANEXO B).

Desse modo, embora a configuração com Tecnologia Inovadora considere o uso de uma bomba de capacidade inferior àquela prevista na Configuração Convencional, devido à alta eficiência associada, apresenta equivalente capacidade de recolhimento de óleo.

Além da análise da diferença de capacidade de recolhimento de óleo entre as duas diferentes técnicas, foi feita uma avaliação numérica comparativa dos valores de **Taxa de Área de Cobertura** e de **Taxa de Encontro**, apresentada a seguir.

Taxa de Área de Cobertura (Areal Coverage Rate – AcR): consiste na taxa em que um sistema de resposta consegue abranger uma área (que no caso de um incidente estaria coberta de óleo). AcR é calculada pela fórmula:

$$\text{Taxa de Área de Cobertura (AcR)} = \text{Abertura do Sistema} \times \text{Velocidade}$$

A medida de abertura do sistema do *Current Buster 6* é informada pelo fabricante como sendo de 34 m. No caso da Configuração Convencional, essa medida é calculada a partir da extensão da barreira. Sendo assim, considerando a formação em “U” como um semicírculo, e o seu perímetro como a extensão total da barreira (200 m), o diâmetro (que corresponde à medida de abertura do sistema) seria equivalente a 127 m. Como a formação é assimétrica, foi descontado 5% deste valor, resultando em 120 m de abertura.

A fim de permitir o cálculo do valor de AcR (necessário à análise da capacidade de enclausuramento do óleo), são apresentados na **Tabela 4** os valores de abertura e velocidade relativos a cada sistema de contenção e recolhimento.

Tabela 4: Dados dos sistemas de contenção e recolhimento a serem utilizados

Sistema	Abertura	Velocidade Máxima
Configuração Convencional	120 m	1 nó = 0,514 m/s
Configuração com Sistema de Tecnologia Inovadora (<i>Current Buster 6</i>)	34 m	5 nós = 2,572 m/s

Taxa de Encontro (*Encounter Rate - EnR*): corresponde ao volume de óleo vazado, por unidade de tempo, que é ativamente “encontrado” pelo sistema de resposta e que fica disponível para contenção e recolhimento (OGP; IPIECA, 2013). É obtida pela fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Taxa de Encontro (EnR)} &= \text{Taxa de Área de Cobertura} \times \text{Concentração de Óleo} \\ &= \text{Abertura do Sistema} \times \text{Velocidade} \times \text{Concentração de Óleo} \end{aligned}$$

Sendo assim, obtêm-se os seguintes valores máximos de EnR:

Configuração Convencional

$$\begin{aligned} \text{EnR}_{\text{Configuração Convencional}} &= 120 \times 0,514 \times \text{Concentração de Óleo} \\ \text{EnR}_{\text{Configuração Convencional}} &= \mathbf{61,68 \times \text{Concentração de Óleo}} \end{aligned}$$

Configuração com Sistema de Tecnologia Inovadora (*Current Buster 6*)

$$\begin{aligned} \text{EnR}_{\text{Current Buster 6}} &= 34 \times 2,572 \times \text{Concentração de Óleo} \\ \text{EnR}_{\text{Current Buster 6}} &= \mathbf{87,45 \times \text{Concentração de Óleo}} \end{aligned}$$

Para exemplificar esta comparação, obtendo um valor específico da Taxa de Encontro de cada sistema, foi adotada a concentração de óleo de $50 \mu\text{m}^1$ ($50 \times 10^{-6} \text{ m}$), que se enquadra no limite superior da categoria da “coloração metálica” na metodologia sugerida pelo *Bonn Agreement Oil Appearance Code* (BAOAC) adaptado de A. Allen (OSRL, 2011; NOAA, 2012). Com isso, obtêm-se para a referida concentração de óleo, os seguintes valores máximos de EnR:

Configuração Convencional

$$\begin{aligned} \text{EnR}_{\text{Configuração Convencional}} &= 120 \times 0,514 \times 50 \times 10^{-6} \\ \text{EnR}_{\text{Configuração Convencional}} &= 11,10 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

Configuração com Sistema de Tecnologia Inovadora (*Current Buster 6*)

$$\begin{aligned} \text{EnR}_{\text{Current Buster 6}} &= 34 \times 2,572 \times 50 \times 10^{-6} \\ \text{EnR}_{\text{Current Buster 6}} &= 15,74 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

Com base nos valores acima, os resultados de Taxa de Encontro (EnR) demonstraram que a Configuração com *Current Buster 6* apresenta capacidade de enclausuramento de óleo cerca de 42% superior à Configuração Convencional, utilizando 200 m de barreira de contenção e as velocidades máximas de varredura.

1 Embora a presente análise tenha sido feita utilizando o valor de $50 \mu\text{m}$, é de suma importância que o valor da espessura de óleo seja continuamente avaliado ao longo da resposta a fim de permitir obter uma melhor compreensão da quantidade de óleo “encontrada” pela formação e, conseqüentemente, um melhor acompanhamento das atividades de recolhimento.

A **Tabela 5** apresenta os resultados de capacidade nominal de recolhedor, conforme a Resolução CONAMA n° 398/2008, com o uso de Sistema de Tecnologia Inovadora do tipo *Current Buster 6*.

Tabela 5: Resultados de Capacidade Nominal de Recolhedor com a utilização do sistema STI

Nível de Descarga	CEDRO (m ³)		Tempo para Disponibilidade (horas)	Atendimento a CONAMA n° 398/2008	Localização
Pequena (V _{dp} = 8 m ³)	8		2	STI com bomba acoplada de 100 m ³ /h	PSV 01
Média (V _{dm} = 200 m ³)	100		6	STI com bomba acoplada de 100 m ³ /h	PSV 01
Pior caso (V _{dpc} = 258.510 m ³)	Nível 1	1.600	12	STI com bomba acoplada de 100 m ³ /h	PSV 01
	Nível 2	3.200	36	2 x STI com bomba acoplada de 100 m ³ /h	PSV 01 + PSV 02
	Nível 3	6.400	60	2 x STI com bomba acoplada de 100 m ³ /h	PSV 01 + PSV 02
2 x recolhedor de 350 m ³ /h				Base de apoio logístico	

1.3. DISPERSÃO QUÍMICA

A estratégia de dispersão química em derramamentos de óleo em águas brasileiras poderá ser considerada pela TEPBR, desde que respeitadas as determinações previstas pela Resolução CONAMA n° 472 de 2015. Em áreas e situações específicas não previstas na referida Resolução, a TEPBR deverá solicitar e obter a devida autorização do órgão ambiental competente anterior à aplicação da estratégia.

Para esta estratégia, as duas embarcações PSV terão braços de aplicação de dispersante a bordo, com quatro IBCs de 1000 L de dispersante químico aprovado pelo IBAMA em cada barco.

Adicionalmente, para incidentes classificados como Tier 3, a empresa OSRL poderá ser mobilizada para fornecimento de sistema de aplicação de dispersantes, assim como de produto químico.

1.4. DISPERSÃO MECÂNICA

A dispersão mecânica poderá ser realizada através da navegação sobre a mancha de óleo repetidas vezes (através do uso dos próprios propulsores das embarcações) e/ou pelo direcionamento de jatos d'água de alta pressão sobre a mancha, a partir de canhões do sistema de combate a incêndio das embarcações (em inglês, *fire fighting system* - fi-fi).

Como a implementação da estratégia não é dependente do uso de equipamentos específicos, qualquer embarcação a ser envolvida nas ações de resposta poderá ser utilizada nas operações de dispersão mecânica.

1.5. ARMAZENAMENTO TEMPORÁRIO

Conforme requerido pela Resolução CONAMA nº 398/08, as embarcações equipadas com recolhedores deverão ter disponível a bordo tancagem para armazenamento temporário com capacidade mínima equivalente a 3 horas de operação do recolhedor.

No caso da atividade de perfuração marítima da TEPBR na Bacia de Santos, na qual as embarcações PSVs estarão equipadas com STI com recolhedores com 100 m³/h de vazão, o mínimo de armazenamento requerido é 300 m³ para cada unidade. Para a estratégia de contenção e recolhimento utilizando a Configuração Convencional, as embarcações que serão contratadas no mercado *spot*, deverão apresentar capacidade de armazenamento de água oleosa de 1.050 m³ cada, em função de estarem equipadas com *skimmer* de 350 m³/h.

A **Tabela 6** apresenta o dimensionamento da capacidade de armazenamento temporário para incidentes durante as operações da TEPBR, envolvendo descarga pequena, média e de pior caso no mar, considerando a vazão nominal da bomba acoplada do sistema *Current Buster 6* (100 m³/h) e do *skimmer* vertedouro (do mercado *spot* para descargas de pior caso) de 350 m³/h.

Tabela 6: Dimensionamento da capacidade de armazenamento temporário.

Descarga	Tempo para disponibilidade (horas)		Volume para armazenamento temporário (m ³)	
			Requerida (3h de operação do recolhedor)	Disponível
Pequena (V _{dp} = 8 m ³)	2		3 x 100 = 300 m ³	1.050 m ³ PSV 01
Média (V _{dm} = 200 m ³)	6		3 x 100 = 300 m ³	1.050 m ³ PSV 01
Pior caso (V _{dpc} = 258.510 m ³)	Nível 1	12	3 x 100 = 300 m ³	1.050 m ³ PSV 01
		36	3 x 100 = 300 m ³	1.050 m ³ PSV 01
	Nível 3		60	3 x 100 = 300 m ³
		3 x 100 = 300 m ³		1.050 m ³ PSV 01
		3 x 350 = 1.050 m ³		1.050 m ³ OSRV 01
		3 x 350 = 1.050 m ³		1.050 m ³ OSRV 02

É válido informar que para o cálculo da capacidade de armazenamento temporário da mistura água/óleo recolhida foram considerados apenas os tanques que serão utilizados com essa finalidade. Desta forma, conforme preconizado pela NT 03/13, não foram considerados tanques de água potável, água industrial, fluido de base aquosa e salmoura.

1.6. RECURSOS MATERIAIS PARA O NAVIO-SONDA

As ações de resposta a vazamentos contidos a bordo da unidade *offshore* deverão ser realizadas a partir da utilização de kits de atendimento a emergências, dimensionados e distribuídos na unidade em consonância com seu Plano de Emergência de Navios para Poluição por Óleo (em inglês, *Shipboard Oil Pollution Emergency Plan – SOPEP*) – kits SOPEP.