

# ANÁLISE DE RISCOS DO EMISSÁRIO SUBMARINO PARA O DESCARTE DE ÁGUA PRODUZIDA

Emerson Tomasoni<sup>1</sup>; Douglas Batista dos Santos<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Potiguar, Unidade Acadêmica de Engenharia de Petróleo e Gás – e.tomasoni@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade Potiguar, Unidade Acadêmica de Engenharia de Petróleo e Gás – douglas.santos@unp.br

## RESUMO

O destino das águas produzidas, que são oriundas de reservatórios de hidrocarbonetos, é uma questão a ser tratada pelas empresas de E&P, pois são enquadradas como efluentes industriais. Dentre as alternativas utilizadas para o seu destino está o descarte por emissários submarinos. Neste trabalho foi realizado um estudo para mapear os riscos e qualificá-los, de forma a direcionar para as medidas mitigadoras que devam ser condicionadas a tais elementos. A metodologia consistiu em um método investigativo e revisão da literatura, para avaliar as condições padrões dos projetos e características das águas produzidas. Os resultados demonstraram que a alternativa de descarte da água produzida por meios de emissário submarino pode ser uma alternativa eficaz, se assim a mesma atender aos padrões de lançamentos de efluentes dentro da Resolução CONAMA430/2011, pois a maior parte dos riscos ambientais foi identificada no processo de tratamento de efluentes (ETE).

**Palavras Chaves:** Água produzida para descarte. Emissário submarino. APR.

## 1. INTRODUÇÃO

O acelerado avanço tecnológico e as pesquisas realizadas nas últimas décadas fizeram os hidrocarbonetos ser a principal fonte de matriz energética brasileira e mundial (BRETAS, 2011). Para atender a demanda contínua e crescente de suprimento desta fonte energética para a sociedade, as empresas se dedicam cada vez mais à descoberta e exploração de novas jazidas. Ou seja, junto a estas explorações surgem os problemas ambientais de despejo de resíduos associados à produção de óleo e gás. Isto porque o setor petrolífero, assim como os outros setores

industriais, descarta seus efluentes nos corpos aquáticos (SADIQ et al., 2003).

Um dos principais efluentes da indústria petrolífera é a Água de Produção ou Água Produzida, que é a água carregada do interior das rochas para a superfície. Em média, para cada barril de petróleo produzido são gerados de três a sete barris de água produzida e, conforme os campos vão ficando maduros, e o aumento da produção de óleos pesados, maior é a tendência de aumento dessa quantidade de água produzida. Nas atividades do E&P, a água produzida responde a 98% dos efluentes gerados (UNIVERSIDADE PETROBRAS, 2007).



## II CONEPETRO

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE  
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS  
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

As Águas Produzidas são efluentes de composições variáveis, devido as diferentes características do reservatório produtor. São destinadas ao reuso (reinjeção, geração de vapor ou até mesmo para irrigação) ou descarte (via emissários submarinos). Antes que seja destinada tanto para o descarte quanto para o reuso, a água produzida é enviada para uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) para que assim possa ser tratada. Pois sua estrutura pode conter concentrações de óleo-livre, micro emulsionado e dissolvido (Teor de óleo e graxas – TOG), elevada salinidade, teor de sólidos suspensos (TSS), microrganismos e gases dissolvidos, carbônico e sulfídrico (UNIVERSIDADE PETROBRAS, 2007).

Estudos sobre o tratamento adequado e a disposição final dessas águas produzidas vêm sendo realizadas, na intenção de melhor resolver o problema da enorme quantidade gerada desse efluente. Entretanto, com o bombeamento contínuo, a proporção de água produzida tem um aumento significativo, sendo assim necessário o descarte de parte desta água em mares, rios e conseqüentemente nos solos circundantes (RIBEIRO, 2013).

Emissário submarino é uma estrutura física hidráulica linear que conecta a superfície terrestre ao corpo d'água receptor, constituindo-se basicamente de três

componentes principais: a estação de lançamento localizada na parte terrestre, e que pode conter uma ETE; o emissário cuja função é transportar o efluente (por gravidade ou bombeamento) para o local exato de disposição; e o sistema difusor, onde um orifício ou bocal, ou um conjunto deles, lançam e dispersam o efluente (FORTIS, 2005).

Para o descarte marítimo, a Água Produzida deverá inevitavelmente ser tratada para atender as normas brasileiras. A legislação ambiental vigente estabelece padrões de lançamentos de efluentes em corpos hídricos receptores e desde 2011, vigora a Resolução CONAMA 430/2011 (BRASIL, 2011).

Quando tal cenário é observado nas bacias de campos maduros, e com os significativos aumentos do volume de água produzidas, o descarte da maior parte dela pode ser considerado como um impacto ambiental, real ou potencial.

Diante deste cenário, neste trabalho busca-se a apresentação de riscos ambientais que possam vir a ocorrer durante o processo de operação de um emissário submarino quando descartado um efluente em meios marítimos. Para tal, foi realizado um levantamento preliminar dos riscos, de modo que os mesmos possam ser observados e

compreendidos, para que de tal forma possam ser evitados ou mitigados.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Área de Estudo

O estudo foi realizado através de levantamentos de dados do Terminal da Bahia de Ilha Grande (TEBIG), localizado no município de Angra dos Reis (RJ), sendo que o relatório de impacto ambiental para o mesmo terminal já foi realizado pela PETROBRAS (PETROBRAS, 2009).

### 2.2. Levantamento de Dados

O estudo constitui-se de uma pesquisa básica, pois objetiva produzir conhecimentos em segurança e as possíveis causas de impactos ambientais no ramo petrolífero. Do ponto de vista dos objetivos, trata-se de um estudo exploratório-descritivo, o qual visa descrever a problemática em discussão, buscando caracterizar o objeto de estudo. Bem como, fazendo um estudo comparativo com as pesquisas desenvolvidas para o tratamento de esgotos sanitários e composições de água produzida, e a disposição final desse tipo de efluente.

O trabalho consiste em avaliar os riscos na operação de um emissário submarino ao

descartar efluente industrial, sendo ele a água produzida, bem como, propor medidas adequadas que contribuam para a melhoria da segurança ambiental.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, o estudo caracteriza-se como pesquisa bibliográfica, por sua elaboração a partir do levantamento e análise de materiais já publicados em artigos científicos, livros, relatórios técnicos, e etc. (SILVA; MENEZES, 2001).

A estrutura da pesquisa consiste em:

- Formulação do problema, englobando a justificativa do estudo, a determinação dos objetivos, a contextualização da problemática e definição da metodologia;
- Realização do levantamento teórico, que orienta a caracterização do objeto de estudo, as definições e conceitos a serem utilizados em análise e correntes de pensamentos que norteiam a hipótese da pesquisa;
- Estudo criterioso sobre o cumprimento dos requisitos atribuídos pela resolução CONAMA 430/2011;
- Realização de uma análise estatística dos dados obtidos e desdobramento numa análise preliminar de riscos (APR).

Por fim, foram coletadas informações quanto ao tratamento e destinação final, em termos de: Existência de técnicas de tratamento; aplicações existentes, utilizações possíveis e riscos associados.



**II CONEPETRO**

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE  
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS  
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

Os dados coletados em campo foram organizados e utilizados para elaboração da Planilha de Análise Preliminar de Riscos (APR). Esse estudo foi realizado com base em um levantamento exploratório qualitativo, que possibilitou descrever e analisar os riscos físicos e ergonômicos. Os dados foram coletados e analisados, utilizando-se como técnicas de trabalho em campo e de interpretação das informações coletadas, respectivamente, a observação e a análise preliminar de riscos.

### 2.3. Análise de Risco

A metodologia da APR compreende a execução das seguintes etapas: definição dos objetivos e do propósito da análise; definição das fronteiras do processo analisado; levantamento de campo para a coleta de informações sobre a instalação e os perigos envolvidos; subdivisão do processo em etapas; realização da APR propriamente dita (preenchimento da planilha); caracterização dos cenários identificados através de uma matriz de classificação de risco (frequência e severidade); e análise dos resultados (AGUIAR, 2011).

Os resultados da APR são registrados convenientemente numa planilha, conforme ilustrado na Tabela 01, que, para cada etapa do processo, mostra os perigos identificados, as causas, o modo de detecção, efeitos

potenciais, categorias de frequência, severidade e risco, as medidas corretivas e/ou preventivas, e o número do cenário (AMORIM, 2010).

Segundo Camacho (2004), pode-se descrever resumidamente os conteúdos de cada uma das colunas do quadro, ou seja, os conceitos de cada um dos itens que os definem.

**PERIGOS:** Perigos identificados para o módulo/trecho de análise em estudo. Perigos são todos os possíveis eventos iniciadores com potencial para causar danos às instalações, operadores, público ou meio ambiente.

**CAUSAS:** As causas podem envolver tanto as falhas intrínsecas dos equipamentos como erros humanos durante testes, operação e manutenção.

**MODOS DE DETECÇÃO:** A detecção da ocorrência do evento iniciador pode ser através de instrumentação ou percepção humana.

**CONSEQUÊNCIAS:** Principais efeitos dos acidentes envolvendo substâncias tóxicas, explosivas ou inflamáveis.

**CATEGORIA DE FREQUÊNCIA:** Fornece uma indicação qualitativa da frequência esperada de ocorrência para cada um dos cenários identificados, conforme A Tabela 02.

**[www.conepetro.com](http://www.conepetro.com.br)**  
**.br**

(83) 3322.3222

[contato@conepetro.com.br](mailto:contato@conepetro.com.br)

Também de acordo com a metodologia APR adotada neste trabalho, os cenários de acidentes foram classificados em categorias de severidade, às quais fornecem uma indicação qualitativa do grau de severidade das consequências de cada um dos cenários identificados. As categorias de severidade utilizadas no presente trabalho estão discriminadas na Tabela 03.

**RISCO:** Combinando-se as categorias de frequência com as de severidade, obtém-se uma indicação qualitativa do nível de risco de

cada um dos cenários identificados, isto é, a Matriz de Riscos conforme ilustrada na Figura 01.

**MEDIDAS:** Medidas tomadas para prevenir ou mitigar dos acidentes.

**NÚMERO DO CENÁRIO:** Número de identificação do cenário de acidente, para facilitar a consulta a qualquer cenário de acidente.

**Tabela 1: Planilha de Análise Preliminar de Riscos (APR).**

Análise Preliminar de Riscos (APR)									
Etapa do processo	Perigo	Causa(s)	Modos de Detecção	Efeitos	Categorias			Medidas	Nº do cen.
					Freq.	Sev.	Risco		

Fonte: Autores.

**Tabela 2: Categorias de Frequências dos cenários da APR.**

Cat.	Denominação	Descrição
A	Extremamente Remota	Extremamente improvável de ocorrer durante a vida útil da instalação.
B	Remota	Não deve ocorrer durante a vida útil da instalação.
C	Improvável	Pouco provável que ocorra durante a vida útil da instalação.
D	Provável	Esperado ocorrer pelo menos uma vez durante a vida útil da instalação.
E	Frequente	Esperado ocorrer várias vezes durante a vida útil da instalação.

Fonte: Adaptado de Amorim, 2010.



**Tabela 3: Categorias de Severidade dos cenários da APR.**

Cat.	Denominação	Descrição
I	Desprezível	<ul style="list-style-type: none"><li>Sem danos, ou danos não significativos as instalações e equipamentos;</li><li><b>Não comprometimento significativo do meio ambiente.</b></li></ul>
II	Marginal	<ul style="list-style-type: none"><li>Danos moderados às instalações e equipamentos.</li><li><b>Degradação moderada do meio ambiente, porém passível de controle através de equipamentos e medidas operacionais adequadas.</b></li></ul>
III	Crítica	<ul style="list-style-type: none"><li>Danos severos às instalações e equipamentos;</li><li><b>Danos relevantes ao meio necessitam medidas emergenciais</b></li></ul>
IV	Catastrófica	<ul style="list-style-type: none"><li>Perda de instalações e equipamentos;</li><li><b>Severa degradação ambiental, com alterações populacionais e/ou estruturais ou danos irreparáveis ao meio ambiente.</b></li></ul>

Fonte: Adaptado de Chaves, 2012.

FREQUÊNCIA						SEVERIDADE	Legenda	
A	B	C	D	E			RISCO	
2	3	4	5	5	IV	1.	DESPREZÍVEL	
1	2	3	4	5	III	2.	MENOR	
1	1	2	3	4	II	3.	MODERADO	
1	1	1	2	3	I	4.	SÉRIO	
						5.	CATASTRÓFICO	

**Figura 1: Matriz de Classificação de Riscos usadas na APR**

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fim de qualificar o espaço amostral utilizado para levantamento da matriz de riscos, foram descritas cada uma das etapas que compõem o descarte do efluente.

#### 3.1. Etapas do Descarte de Efluente

Com base no Relatório de Impacto Ambiental realizado pela PETROBRAS (2009), a área de estudo trata-se do emissário submarino a ser construído, localizado no Terminal de Bahia de Ilha Grande – TEBIG, considerando apenas a fase de operação do emissário.

A água produzida, que será drenada nos fundos dos tanques de armazenamento de petróleo na Área Principal (AP), será armazenada em um tanque de acúmulo e equalização. O efluente acumulado no tanque será bombeado da AP para a Área de Serviços Auxiliares (ASA) através de um duto. O efluente, ao chegar à ASA, será estocado em um tanque de recebimento.

O tratamento da água produzida será realizado em Estações de Tratamento de Efluentes (ETE), localizado na ASA, que consistirá em etapas como: Processo de flotação; Equalização e oxidação de sulfetos; Sistema de lodos ativados em batelada sequencial; Remoção de bário por precipitação química; Filtração em leito de

areia; Sistema de tratamento de lodo biológico e inorgânico; Armazenamento e disposição final do efluente. Após o tratamento na ETE, o efluente será enviado por gravidade para um tanque de armazenamento. Desse tanque, o efluente tratado será bombeado para descarte final via emissário submarino.

#### 3.2. Análise Preliminar de Risco

Segundo Gonçalves e Souza (1997), os impactos ambientais podem ser de qualquer inserção no ambiente de uma obra de engenharia, e pode ser classificada como uma intervenção ambiental. Ela poderá gerar uma ou várias alterações ambientais. Uma ou várias alterações ambientais, por sua vez, poderá(ão) induzir à manifestação de um ou mais impactos ambientais.

De acordo com Wessberg et al. (2008 *apud* SOUZA et al, 2012), o risco ambiental é aquele cujas consequências têm efeitos para a saúde humana, o solo, as águas superficiais e subterrâneas, bem como a biodiversidade, a estrutura das comunidades, paisagem, interação entre esses elementos.

Este trabalho buscou identificar os riscos ambientais da atividade em especial na fase de operação do emissário submarino em base de tratamentos dos efluentes. Os riscos encontrados estão descritos a seguir, na Tabela 04:

Tabela 04: Matriz de classificação de riscos obtida pela aplicação da APR.

SET.	Nº	RISCO	CAUSAS	CONSEQUÊNCIAS	CATEG.			OBSERVAÇÕES/RECOMENDAÇÕES
					F	S	R	
Estação de Tratamento de Efluentes (ETE)	1	Descarte de Óleo e Graxas (TOG) indevido	Falha no sistema de separação e/ou flotação; Descontrole do descarte.	Perigo em potencial; interfere na atividade biológica superficial; Danos a todas as formas de vidas aquáticas; Envolve Todo o Ecossistema.	E	III	CATAST	Controle do processo de tratamento na ETE; Constante monitoramento do efluente atendendo a legislação; Monitoramento da zona de influência do emissário.
	2	Alterações na qualidade da água	Descontrole do pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), Íons, condutividade.	Alteração do ambiente químico e biológico.	D	III	SÉRIO	Controle do processo de tratamento na ETE; Constantes monitoramentos do efluente atendendo a legislação; Monitoramento da zona de influência do emissário.
	3	Elevada Salinidade da água descartada	Falhas no sistema de osmose reversa com a especificação da água de forma inadequada	Alterações nas propriedades físico-químicas com aumento de concentrações de sais	C	II	MENOR	Controle do processo de tratamento na ETE; Constantes monitoramentos do efluente atendendo a legislação; Projeto de controle ambiental.
	4	Descarte de Sólidos Suspensos (TSS) indevido	Falha no sistema de separação e/ou flotação; Descontrole do descarte.	Acúmulo de sólidos flutuantes ou em decantação que alterem a biota	D	II	MODERADO	Controle do processo de tratamento na ETE; Constantes monitoramentos do efluente atendendo a legislação; Projeto de controle ambiental.
	5	Descarte de efluentes Tóxicos	Falhas no sistema de flotação e/ou separação	Doenças associadas ao benzeno e outros hidrocarbonetos;	B	IV	MODERADO	Controle do processo de tratamento na ETE; Constantes monitoramentos do efluente atendendo a legislação; Projeto de controle ambiental.



Após realizar à Análise Preliminar de Riscos, foram identificados os seguintes riscos dentro dos ambientes marítimos (água e

ecossistema) e no meio socioeconômico, classificando eles por ordem de prioridade como é apresentado a seguir pela Tabela 05.

Tabela 05: Matriz de Risco.

Fator Ambiental	Riscos	Fator Ambiental	Riscos	Fator Ambiental	Riscos
	Nº Risco		Nº Risco		Nº Risco
Águas do mar	1	Ecossistema marinho	1	Socioeconômico	5
	2		6		10
	6		4		12
	4		7		3 RISCOS
	5		8		
	3		9		
	10		6 RISCOS		
	11				
8 RISCOS					

Dentro de cenário, é possível verificar que a quantidade maior de riscos ambientais identificados foi nas águas do mar, sendo os seguintes riscos: 1 catastrófico; 2 sério; 2 moderado; 3 menores. As maiorias desses riscos encontram-se dentro do setor de tratamento do efluente (ETE).

Logo, os riscos ambientais no meio do ecossistema marinho foram identificados os seguintes riscos: 1 catastrófico; 1 sério; 3 moderados; 1 desprezível. Como o risco desprezível foi encontrado no setor de operação do emissário, podemos assim considerar que a maior parte desses riscos

encontra-se dentro do setor de tratamento do efluente (ETE).

Dentro do ambiente socioeconômico, foram identificados os seguintes riscos: 1 moderado, 1 menor e 1 desprezível. Sendo esses riscos encontrados dentro do setor de operação do emissário submarino e da estação de tratamento.

Os riscos ambientais que foram enquadrados na categoria 3 (moderado), apesar de terem sido classificados numa categoria menor em relação aos demais presentes no trabalho, deverão ser observados e neutralizados com a implementação das

medidas corretivas e/ou preventivas sugeridas.

Os riscos ambientais que foram enquadrados na categoria 4 e 5 (respectivamente sério e catastrófico) ensejam maiores cuidados; para eles existem eficientes medidas preventivas que minimizam e/ou neutralizam os riscos identificados, por exemplo, o controle e monitoramento das ETE atendendo o padrão de lançamento de efluentes em águas marítimas, conforme a Resolução CONAMA 430/2011.

#### 4. CONCLUSÕES

Como se pode observar na fase de tratamento de águas produzidas para o descarte via emissários submarinos, os riscos ambientais encontrados foram os enquadrados nos setores das águas marítimas, ecossistema e socioeconômicos, sendo esses impactos ambientais afetados por parâmetros físico-químicos e biológicos da água produzida.

A técnica de análise preliminar de risco mostrou-se eficaz, pois o resultado da APR permitiu visualizar os eventos de maior impacto para o meio ambiente, onde os processos de tratamento de água produzida devem ser monitorados constantemente, e medidas mitigadoras através de decisões fundamentadas baseadas no risco. A partir dos dados levantados da APR, podemos qualificar

o emissário submarino como um método de finalidade para o descarte da água produzida em águas marítimas, pois seus impactos para o meio ambiente são baixos. Contudo, será tomado em conta que os processos de tratamentos nas ETEs sejam controlados e monitorados, pois os principais riscos ambientais foram observados durante esses processos.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, L. A. **Metodologias de Análise de Riscos: APP & Hazop**. Rio de Janeiro, 2011.

AMORIM, E. L. C. de. **Ferramentas de Análise de Risco**. Apostila do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Alagoas, CTEC, Alagoas: 2010.

AYRES, D. de O.; CORRÊA, J. A. P. **Manual de Prevenção de Acidentes do Trabalho**. São Paulo, Editora ATLAS, 2001.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011**. Regulamentam as condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão de lançamento de efluentes em corpos de água receptoras. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. 2011.

BRETAS, E. **Avaliação toxicológica da água produzida de uma plataforma offshore de gás natural**. Revista Ceciliana, v. 3, p.50-53, 2011.

CAMACHO, E. N. **Uma Proposta de Metodologia para Análise Quantitativa de Riscos Ambientais**. (2004). Tese - Programa de Pós-graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.

CHAVES, F.J.M. **Análise Preliminar de Risco (APR)**. 2012. Escola de Engenharia de Lorena – EEL-USP. 2012. Disponível em: <<http://www.gescoambiental.com.br/artigos/engenharia>>. Acesso em: 14 maio. 2015.

FERRARO, Adriano Antunes: **Análise de Riscos Ambientais**. Aula 5. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, 2012.

FORTIS, Ricardo de Mattos. **Modelagem computacional da dispersão da pluma de efluente dos emissários submarinos do TEBAR - PETROBRAS**. 2005. 201 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2005.

GONÇALVES, Fernando Botafogo; SOUZA, Amarílio Pereira. **Disposição Oceânica de Esgotos Sanitários**. São Paulo, 1997.

JAQUETTI, Dinaelin Ketlyn Souza. **Proposta de avaliação de impacto ambiental de emissários submarinos**. 2012. 68 p. Trabalho de conclusão de curso (TCC Engenharia de Produção Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Curitiba, 2012.

RIBEIRO, Vaniele Souza. **Caracterização de águas produzidas provenientes de campos petrolíferos onshore do estado de Sergipe**. 2013. 89 p. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Sergipe – UFS, São Cristóvão, 2013.

SADIQ, R. et al. **Distribution of heavy metals in sediment pore water due to offshore discharges: an ecological risk assessment**. *Environmental Modelling & Software*, v,18, p. 451-461, 2003.

SOUZA, F. M. N. et al.; **Análise de Riscos como Instrumento para Sistemas de Gestão Ambiental**. *Rica: Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, Aquidabã, v. 3, n. 1, p.17-41, fev. 2012

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3 ed. *Rev. Atual*. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

PETROBRAS. **Licenciamento Ambiental**. 2009. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/sociedade-e-meio-ambiente/meio-ambiente/licenciamento-ambiental/>>.

UNIVERSIDADE PETROBRAS Escola de Ciências e Tecnologias E&P. **Processamento Primário de Petróleo**. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em <<https://engenhariaquimica.files.wordpress.com>>. Acesso em: 15 maio. 2015.