

II.8.5 - Metodologia de Análise

Para identificação dos eventos perigosos foi utilizada a técnica denominada Análise Preliminar de Perigos – APP (*Preliminary Hazard Analysis - PHA*). A metodologia adotada segue o apresentado pelo *American Institute of Chemical Engineers (AIChE)* e o *Norwegian Petroleum Directorate (NPD)*, da Noruega.

Genericamente, o objetivo principal desse método é identificar os possíveis perigos que possam ocorrer em uma instalação, numa fase preliminar do projeto e, com isso, economizar tempo e gastos no eventual replanejamento destas plantas. Porém é também possível aplicar este método em instalações já em operação, para se fazer análises rápidas dos perigos existentes e as salvaguardas disponíveis como nesta avaliação.

A APP é realizada listando-se os perigos associados aos elementos do sistema. Por exemplo:

- ★ Substâncias e equipamentos perigosos da planta (combustíveis, produtos químicos altamente reativos, substâncias tóxicas, sistemas de alta pressão e outros sistemas armazenadores de energia);
- ★ Interface entre equipamentos do sistema e as substâncias (início e propagação de incêndio/explosão, sistemas de controle/paralisação).
- ★ Fatores do meio ambiente que possam interferir nos equipamentos e materiais da planta (vibração, descarga atmosférica, umidade ou temperaturas muito altas, condições extremas de mar).
- ★ Operação, teste, manutenção e procedimentos emergenciais (dependência do erro humano, *lay-out* / acessibilidade dos equipamentos, disponibilidade de equipamentos de proteção pessoal entre outros).
- ★ Recursos de apoio (armazenamento, equipamentos de teste e disponibilidade de utilidades).
- ★ Equipamentos relativos à segurança (sistema de alívio, redundância, recursos para extinção de incêndios e Equipamentos de Proteção Individual).

A identificação dos eventos iniciadores de acidentes de forma organizada e sistemática foi efetuada através de planilhas usualmente empregadas na Análise de Perigos.

A partir destas planilhas, foram identificados, para cada subsistema, as Hipóteses Acidentais (HA), suas causas e efeitos. Neste trabalho, cada Hipótese Acidental (conforme numerado nas planilhas) é definida como um conjunto formado pelo perigo identificado, por suas causas, e todos os efeitos físicos possíveis respectivamente decorrentes. Os efeitos físicos foram listados de maneira aglutinada, sem atribuição de probabilidades específicas de ocorrência a cada um deles.

Nesta análise não foram consideradas apenas aquelas HA's que causassem uma emissão direta para o meio-ambiente, dado que a maioria dos acidentes resultam de uma seqüência de eventos, cuja causa inicial pode ser insignificante para o meio ambiente, porém seu processo de desdobramento pode levar a outros danos mais sérios.

Foram então considerados os pequenos e grandes vazamentos, que possam resultar em evolução do acidente, num escalonamento, estando os efeitos resumidos no Quadro II.8.5 -1. Os efeitos foram estimados em função das dimensões do acidente e do ambiente onde ocorrem, com base em análise de instalações similares e na experiência dos componentes do grupo de trabalho.

Quadro II.8.5-1 - Avaliação da Possibilidade de Evolução de Acidentes.

INTENSIDADE DO VAZAMENTO	ÁREA	POSSÍVEIS EFEITOS
Pequeno	Aberta	Nenhum
Pequeno	Fechada	Efeitos físicos (ex. incêndios, explosões, etc.) com possibilidade de propagação.
Grande	Aberta ou fechada	Efeitos físicos com possibilidade de propagação.

Para a avaliação dos efeitos físicos foi considerada a existência de possíveis fontes de ignição e, para uma possível propagação dos efeitos para outros locais da unidade / embarcação, foi considerada a existência ou não de um inventário significativo de material inflamável nas proximidades dos pontos de vazamento.

Ou seja, existindo possíveis fontes de ignição, supõe-se que haverá ignição do material liberado, que dependendo do ambiente ser fechado ou não e de haver

uma quantidade significativa de material inflamável ou não, implicará em determinada severidade de conseqüências.

Foi considerado neste estudo que todos os grandes vazamentos poderão sofrer ignição, dada a presença de diversas fontes de ignição em unidades deste tipo, podendo levar à máxima severidade de efeitos físicos. Porém, para os pequenos vazamentos, apenas aqueles que ocorram em áreas fechadas estarão sujeitos a propagarem-se para outros focos.

Para fins de avaliação das freqüências de ocorrências dos eventos iniciadores identificados, foram utilizadas diversas fontes de dados, como por exemplo: OREDA, AIChE, Technica, WOAD, conforme mostrado no Quadro II.8.5-2 abaixo. Outras freqüências de ocorrências foram estimadas qualitativamente.

Quadro II.8.5-2 - Freqüências anuais de falhas.

COMPONENTE	PEQUENO VAZAMENTO	GRANDE VAZAMENTO
Estrutura/embarcação		3,2E-03 (ruptura devido à colisão)
Estrutura/tubulações/equipamentos		5,0E-03 (ruptura devido à queda de carga)
Riser	9,0E-06/m	6,0E-07/m
Tubulação	2,8E-07 L/C	2,2E-08 L/C
Juntas de expansão	3,0E-02	5,0E-04
Filtro	1,0E-02	-
Flange/Conexões	8,80E-05	-
Válvula esfera	1,0E-02	3,0E-05
Válvula globo/agulha	3,0E-03	3,0E-05
Válvula de retenção	5,0E-04	2,0E-05
Válvula de alívio	3,0E-02	2,0E-04
Tomada de instrumento	5,0E-04	2,0E-05
Trocador de calor	3,0E-03	2,0E-05
Vasos	1,0E-04	1,0E-05
Bombas (selo)	5,0E-03	2,0E-05

Para fins de avaliação das freqüências de ocorrência de determinados cenários e de classificação e ordenação quanto à criticidade destes, onde foram considerados possíveis desdobramentos e propagação dos efeitos iniciais,

adotou-se as probabilidades de ignição e desdobramentos relacionadas no Quadro II.8.5-3.

Quadro II.8.5-3 - Possibilidade de desdobramento de vazamentos.

VAZAMENTO	POSSIBILIDADE DE DESDOBRAMENTO
Pequeno	0,01
Grande	0,1

Ou seja, dada a ocorrência de pequenos (em áreas confinadas ou semi-confinadas) ou grandes vazamentos, na presença de fontes de ignição, e de um inventário significativo de substância inflamável nas proximidades, considerou-se que, para os grandes vazamentos, a probabilidade de ignição e de escalonamento, resultando em determinados efeitos físicos seria de 10%. Para pequenos vazamentos esta seria de 1%.

Tais fatores foram baseados em alguns valores retirados da literatura concernente à área, tais como *HSE* e *E&P Forum*, e, embora imprecisos, visam a hierarquização ao nível qualitativo, dos vários cenários identificados no estudo.

II.8.5.1 - Categorias de Frequência e de Severidade

A classificação de uma dada Hipótese Acidental é função de dois parâmetros básicos: *freqüência* e *severidade*. Estes dois parâmetros são combinados através da Matriz de Risco, seguindo os critérios apresentados a seguir.

Categorias de Frequência

As Hipóteses Acidentais são classificadas em categorias de freqüência, as quais fornecem uma indicação qualitativa, da freqüência esperada de ocorrência, para cada uma das HA's identificadas, conforme mostrado no Quadro II.8.5.1-1 abaixo:

Quadro II.8.5.1-1 - Categoria de Freqüências.

CATEGORIA	DENOMINAÇÃO	FAIXA (OC./ANO)	DESCRIÇÃO
A	Extremamente Remota	$F < 10^{-5}$	Não deverá ocorrer durante a vida útil da instalação. Não há registro anterior de ocorrência
B	Remota	$10^{-5} \leq F < 10^{-3}$	Não esperado ocorrer durante a vida útil da instalação
C	Improvável	$10^{-3} \leq F < 10^{-2}$	Improvável de ocorrer durante a vida útil
D	Provável	$10^{-2} \leq F \leq 10^{-1}$	Provável de ocorrer durante a vida útil da instalação
E	Freqüente	$F > 10^{-1}$	Esperado ocorrer pelo menos uma vez durante a vida útil da instalação

Categorias de Severidade

A *severidade* representa uma mensuração do dano esperado associado a um determinado cenário. É o resultado da combinação de diversos elementos, tais como o produto envolvido, o inventário (ou capacidade da fonte) disponível para liberação, a possibilidade de propagação, confinamento, e outros. São consideradas 05 (cinco) categorias de severidade, conforme representadas no Quadro II.8.5.1-5.

Com o objetivo de melhor avaliar a severidade de uma determinada hipótese acidental foi adicionado um critério que considere o potencial de dano, associado ao volume liberado de fluido, com a sensibilidade do ambiente.

O critério consiste em atribuir pesos a cada uma das grandezas envolvidas (sensibilidade da área, volume de condensado derramado para o meio ambiente e volume de gás liberado para o meio ambiente), multiplicar estes pesos e definir a classe de severidade com base no valor obtido com o produto. Os Quadros II.8.5.1-2, II.8.5.1-3, II.8.5.1-4 e II.8.5.1-5 apresentam os valores adotados para as grandezas envolvidas.

Quadro II.8.5.1-2 - Peso Atribuído para Sensibilidade da Área.

SENSIBILIDADE DE ÁREA	PESO (A)
Alta	3
Média	2
Baixa	1

Quadro II.8.5.1-3 - Peso Atribuído para Volume ou Inventário de Condensado derramado para o ambiente.

INVENTÁRIO DE CONDENSADO DERRAMADO PARA O AMBIENTE	PESO (i)
Maior que 200 m ³	3
Entre 8 e 200 m ³	2
Menor que 8 m ³	1
Nenhum, com vazamento contido na instalação	0

Quadro II.8.5.1-4 - Peso Atribuído para Volume ou Inventário de Gás liberado para o ambiente.

INVENTÁRIO DE GÁS LIBERADO PARA O AMBIENTE	PESO (I)
Capaz de resultar em escalonamento* que gere derrame de óleo para o ambiente com volume superior a 200 m ³	3
Capaz de resultar em escalonamento* que gere derrame de óleo para o ambiente com volume entre 8 e 200 m ³	2
Capaz de resultar em escalonamento* que gere derrame de óleo para o ambiente com volume menor que 8 m ³	1
Incapaz de resultar em escalonamento* que gere liberação de óleo para o ambiente	0

* Escalonamento pode estar associado a incêndio ou explosão, que danifique linhas ou reservatórios de óleo.

Foi atribuído Peso 1 para possibilidade de quedas de equipamentos e objetos, uma vez que este risco tem potencial de afetar o compartimento bentônico (sedimento e biota associada), correspondendo desta forma a um item de consequência ambiental.

Quadro II.8.5.1-5 - Classificação da Severidade.

VALOR DO PRODUTO (A X I)	CLASSE DE SEVERIDADE	DESCRIÇÃO
0	I	Sem Impactos para o ambiente
1 a 2	II	Impactos Menores
2 a 3	III	Impactos Moderados
4 a 5	IV	Impactos Severos
6 a 9	V	Impactos Críticos

A atribuição de pesos para a classificação da sensibilidade da área (Peso A) baseou-se nas informações apresentadas e consubstanciadas no item II.5-4, as quais são novamente apresentadas abaixo.

Quadro II.8.5.1-6 - Sensibilidade ambiental de cada trecho da área de influência da Atividade de Produção de Gás e Condensado do Campo de Mexilhão.

TRECHOS		COMPARTIMENTOS MARINHOS	SENSIBILIDADE		
			BAIXA	MÉDIA	ALTA
1	Campo de Mexilhão – PMXL-1	Água		X	
		Sedimento			X
2	PMXL-1 – Isóbata de 70 m	Água		X	
		Sedimento			X
3	Isóbata de 70 m – Costa	Água e Sedimento			X
4	Trecho Terrestre	-			X

Para o Trecho 1, entre o Campo de Mexilhão e a PMXL-1, e o Trecho 2, entre a PMXL-1 e a isóbata onde será enterrado o gasoduto de exportação (70 m) foi definida sensibilidade ambiental de média a alta. Para o ambiente aquático (coluna d'água) destes trechos, a sensibilidade foi classificada como média em virtude da ocorrência de moderados uso humano e da ausência de: (i) ecossistemas de grande relevância ambiental; (ii) componentes e fatores ambientais considerados de extrema importância biológica; (iii) áreas de reprodução e alimentação. Por outro lado, para o domínio bentônico (sedimento e biota associada), a sensibilidade foi classificada como alta, devido: (i) à ocorrência, nas proximidades do Campo de Mexilhão, de 6 espécies indicadoras de bancos de corais (*Lophelia pertusa*, *Solenosmilia variabilis*, *Desmophyllum dianthus*, *Enallopsamia rostrata*, *Plumarella aculeata*, *Thouarella* sp.); e (ii) ao fato desta região ser apontada como “insuficientemente conhecida” por estimadores de riqueza de octocorais.

O Trecho 3, entre a isóbata de 70 m e a costa, foi classificado como de alta sensibilidade ambiental devido à ocorrência de: (i) ecossistemas de grande relevância ambiental, inclusive protegidos em Unidades de Conservação, como o Parque Estadual de Ilhabela; (ii) intensa atividade socioeconômica, como pesca

artesanal, turismo, desenvolvimento urbano e áreas de manejo; (iii) presença de áreas de reprodução e alimentação (ilhas, estuários e manguezais).

O Trecho 4, referente à área terrestre, foi classificado como de alta sensibilidade ambiental devido à ocorrência de: (i) ecossistemas de grande relevância ambiental, como rios, drenagens e manguezais; (ii) intensa atividade socioeconômica, como pesca artesanal, desenvolvimento urbano, pecuária de corte e projetos de inserção de uma variante da Rodovia Rio-Santos e de implantação de um aeroporto; e (iii) da Área de Proteção Particular do Jardim Britânia.

A sensibilidade ambiental da Bacia de Santos, como um todo, bem como da área de influência do Projeto Mexilhão varia de média a alta. Esta classificação reflete a importância e a diversidade dos componentes e fatores ambientais presentes na região, bem como a variabilidade do uso humano dos recursos naturais.

Categorias de Risco

Combinando-se as categorias de frequências com as de *severidade*, obtém-se uma indicação qualitativa do nível de risco de cada um dos cenários identificados. A matriz de risco (Quadro II.8.5.1-6) apresentada a seguir, classifica os cenários de Risco Crítico (RC), Risco Moderado (RM) e Risco Não-crítico (RNC).

Após as planilhas com os perigos identificados para cada um dos sistemas analisados, são apresentadas matrizes onde os números dos cenários são classificados de acordo com as respectivas categorias de riscos.

Quadro II.8.5.1-7 - Categoria de Risco.

		SEVERIDADE				
		I	II	III	IV	V
Frequência	E	RNC	RM	RC	RC	RC
	D	RNC	RM	RM	RC	RC
	C	RNC	RNC	RM	RM	RC
	B	RNC	RNC	RM	RM	RC
	A	RNC	RNC	RNC	RM	RM
Frequência: A = Extremamente Remota B = Remota C = Improvável D = Provável E = Frequente		Severidade: I = Sem Impactos para o ambiente II = Impactos Menores III = Impactos Moderados IV = Impactos Severos V = Impactos Críticos			Risco: RC = Risco Crítico RM = Risco Moderado RNC = Risco Não-Crítico	

II.8.6 - Sistemas Considerados

Com o objetivo de facilitar o estudo, cada sistema foi dividido em subsistemas/ trechos distintos e estudados separadamente. Foram avaliadas as fases de instalação e produção, considerando as atividades pertinentes aos poços, às linhas de produção, à Plataforma e ao Gasoduto de Exportação.

II.8.6.1 - Fase de Instalação

Trecho I.1 - Instalação dos equipamentos submarinos;

Trecho I.2 - Instalação das linhas de produção, injeção e umbilicais;

Trecho I.3 - Instalação da Jaqueta;

Trecho I.4 - Instalação do Convés;

Trecho I.5 - Instalação do Gasoduto de Exportação – Trecho marítimo lançado;

Trecho I.6 - Instalação do Gasoduto de Exportação – Trecho marítimo enterrado;

Trecho I.7 - Instalação do Gasoduto de Exportação – Trecho terrestre enterrado.

II.8.6.2 - Fase de Produção - Coleta / Escoamento

a) Sistema 01 – Linhas de produção

Trecho P.1.1 – Da ANM até o Manifold;

Trecho P.1.2 – Da Manifold até a SDV submersa na chegada da Plataforma;

Trecho P.1.3 – Da SDV submersa na chegada da Plataforma até a SDV no Convés.

b) Sistema 02 – Gasoduto de 34”

Trecho P.2.1 – Da saída da Plataforma até o ponto de enterramento (70 m);

Trecho P.2.2 – Do ponto de enterramento até a chegada em terra, no ponto de bloqueio;

Trecho P.2.3 – Trecho enterrado, do ponto de chegada em terra até a UTGCA (~7.7 km).

II.8.6.3 - Fase de Produção - PMXL-1

Para facilitar a caracterização das hipóteses acidentais relativas à plataforma, a mesma foi dividida em vários sistemas, que caracterizam as atividades produtivas que apresentam algum potencial risco ao ambiente. O limite de bateria de PMXL-1 inicia-se na SDV submarina de chegada, junto à jaqueta e termina na SDV submarina do gasoduto de exportação.

a) Sistema 01 – Recebimento de gás

Trecho 1.1 - Das SDV submarinas (SDV-1210001 e similares) até o manifold de Produção e Teste;

Trecho 1.2 - Lançamento e Recebimento de FIG.

b) Sistema 02 – Manifold

Trecho 2.1 - Produção e Teste – Do *manifold* até os separadores de produção (SG-1223001 A/B) e teste (SG-1223002).

c) Sistema 03 – Separador de produção

Trecho 3.1 - Da entrada de gás até as saídas do SG-1223001 A/B de gás, condensado e água.

d) Sistema 04 – Separador de teste

Trecho 4.1 - Da entrada de gás até as saídas do SG-1223002 de gás, condensado e água;

Trecho 4.2 - Da saída de condensado do SG de teste até a entrada do SG de produção, passando pela B-1223001 A/B.

e) Sistema 05 – Recuperador de vapor

Trecho 5.1 - Da saída de gás do SG de teste até a entrada do SG-1223001 A/B, operando durante a passagem de PIG no *manifold*.

f) Sistema 06 – Secagem de gás com TEG

Trecho 6.1 - Da SDV-1233001 A/B, a montante das torres de TEG (T-1233001 A/B), até o *header* de exportação;

Trecho 6.2 - Saída de condensado do vaso da torre V-T-1233001 A/B até o *header* do vaso de *slop* V-5336001 A/B.

g) Sistema 07 – Secagem de condensado com stripping gás

Trecho 7.1 - Da saída de condensado do SG-1223001 A/B e SG-1223002 até o *header* de exportação, passando pela torre de secagem de condensado

(T-1237001). Inclui linha de saída de água para o V-5336001 A/B e a estação de medição de condensado.

h) Sistema 08 – Secagem de stripping gás com TEG

Trecho 8.1 - Da saída da torre de secagem de condensado (T-1237001) até o header de exportação, passando pela de torre de secagem de *stripping* gás, com TEG T-1233002;

Trecho 8.2 - Saída de condensado do vaso da torre V-T-1233002 A/B até o vaso de slop V-5336001 A/B.

i) Sistema 09 – Header de exportação de gás e condensado (34”)

Trecho 9.1 - Da entrada do header de exportação até a SDV submarina;

Trecho 9.2 - Lançador de PIG (LP-1231001).

j) Sistema 10 – Sistema de injeção de MEG nos poços (na ANM)

Trecho 10.1 - Do tanque de estocagem de MEG TQ-1227001 até a ANM, passando pelas bombas de injeção (B-1227002 A/B) (P=20000 kPa.a).

l) Sistema 11 – Sistema de injeção de produtos químicos

Trecho 11.1 - Dos tanques de estocagem (etanol, anti-corrosivo, anti-incrustante) até os locais de injeção. Inclui também a área de estocagem de tambores e estação de enchimento.

m) Sistema 12 – Unidade de regeneração de TEG

Trecho 12.1 - Opera em circuito fechado, da Torre de TEG T-1233001 A/B e da Torre de *stripping* T-1233002 até estas duas torres, passando pelo pacote de regeneração;

Trecho 12.2 - Da saída de condensado do V-1227001 até o vaso de *slop* V-5336001 A/B.

n) Sistema 13 – Tratamento de água produzida/ regeneração de MEG

Trecho - 13.1. Da saída de água dos SG-1223001 A/B e SG-1223002 até os hidrociclones CI-5331001 A/B;

Trecho - 13.2 - Da saída dos hidrociclones (CI-5331001 A/B) até a saída de água do sistema de tratamento de MEG (Z-1227002);

Trecho 13.3 - Da saída de água do sistema de tratamento de MEG Z-1227002 até o Sistema de Vent

Trecho 13.4 - Da saída de água do sistema de tratamento de MEG Z-1227002 até o descarte no mar

o) Sistema 14 – Drenagem fechada

Trecho 14.1 - Drenagem para manutenção - dos pontos de drenagem dos vasos e torres até o vaso de *slop* V-5336001 A/B, englobando as saídas para o Vent e de água e condensado;

p) Sistema 15 – Drenagem aberta

Trecho 15.1 - Áreas classificadas – dos drenos de piso e *skids* das áreas classificadas para TD-5336002;

Trecho 15.2 - Áreas não classificadas – dos drenos de piso e *skids* das áreas não- classificadas para TD-5336001;

Trecho 15.3 - Drenagem de hidrocarbonetos de áreas classificadas – dos drenos de hidrocarbonetos (pontos de amostragem e manutenção) de áreas classificadas até o V-533601, passando pelo TQ-5336003;

Trecho 15.4 - Drenagem de hidrocarbonetos de áreas não-classificadas – dos drenos de hidrocarbonetos (diesel e laboratórios) de áreas não classificadas até o V-533601, passando pelo TQ-5336002.

q) Sistema 16 – Vent de alta pressão (Z-5415001)

Trecho 16.1 - Dos pontos de despressurização até o Multi-Vent, passando pelo vaso de Vent (V-5415001);

Trecho 16.2 - Saída de condensado do V-5415001 até o vaso de slop V-5336001 A/B).

r) Sistema 17 – Vent de baixa pressão (Z-5415002)

Trecho 17.1 - Dos pontos de despressurização até a atmosfera

s) Sistema 18 – Gás combustível

Trecho 18.1 - Do header de exportação de gás ou do header na saída do SG-1223001 A/B e SG-1223002 até os consumidores de alta e baixa pressão, passando pelo vaso de gás combustível V-5135001 e os aquecedores elétricos de gás P-5135001 A/B P=70 bar, 22 e 6 bar;

Trecho 18.2 - Da saída de condensado do V-5135001 até o vaso de slop (V-5336001 A/B)

t) Sistema 19 – Diesel

Trecho 19.1 - Recebimento de diesel. Inclui o Tanque de overflow TQ-5133003 e aB-5133005;

Trecho 19.2 - Da estação de recebimento até consumidores, passando pelos tanques de estocagem, centrífuga e os tanques de distribuição e diários.

u) Sistema 20 – Ar comprimido

Trecho 20.1 - Da captação até os consumidores, passando pelos compressores, secagem e vasos acumuladores.

v) *Sistema 21 – Água de resfriamento*

Trecho 21.1 - Áreas classificadas – do tanque de expansão TQ-5124001 A/B até os consumidores, passando pela bomba (B-5124001 A/B/C) e resfriador P-5124001 A/B, operando em circuito fechado;

Trecho 21.2 - Áreas não classificadas – do tanque de expansão TQ-5124002 A/B até os consumidores, passando pela bomba (B-5124003 A/B/C e B-5124002) e resfriador (P-5124002 A/B), operando em circuito fechado.

x) *Sistema 22 – Água Quente*

Trecho 22.1 - Do vaso de água quente V-5125001 até os consumidores, passando pela bomba B-5125001 A/B/C, e pelo WHRU, operando em circuito fechado.

z) *Sistema 23 – Reabastecimento de aeronave (QAV)*

Trecho 23.1 - Dos vasos de QAV até os pontos de reabastecimento.

II.8.6.4 - Agentes Externos

a) *Sistema 24 – Agentes externos*

- ★ Colisão com helicópteros
- ★ Colisão com barcos de apoio