



UNIVERSIDADE CATÓLICA DO SALVADOR
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Doutorado em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Social

ANTONIO CARLOS SOUZA RAMOS

VULNERABILIDADE POPULACIONAL AO RISCO TECNOLÓGICO:
A DUTOVIA IMPLANTADA NO AMBIENTE URBANO DA CIDADE DE
MADRE DE DEUS/BA

Salvador
2020

UNIVERSIDADE CATÓLICA DO SALVADOR
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Doutorado em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Social

ANTONIO CARLOS SOUZA RAMOS

**VULNERABILIDADE POPULACIONAL AO RISCO TECNOLÓGICO:
A DUTOVIA IMPLANTADA NO AMBIENTE URBANO DA CIDADE DE
MADRE DE DEUS/BA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Católica do Salvador (UCSAL), como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Social. Linha de pesquisa: Territorialidade, Desenvolvimento Social e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Amilcar Baiardi

Salvador
2020

Ficha Catalográfica. UCSal. Sistema de Bibliotecas

R175 Ramos, Antonio Carlos Souza
Vulnerabilidade populacional ao risco tecnológico: a dutovia implantada
no ambiente urbano da Cidade de Madre de Deus/BA/ Antonio Carlos Souza
Ramos . – Salvador, 2020.
279 f.

Orientador: Prof. Dr. Amilcar Baiardi.

Tese (Doutorado) – Universidade Católica do Salvador. Pró-Reitoria
de Pesquisa e Pós-Graduação. Doutorado em Planejamento Territorial e
Desenvolvimento Social.

1. Análise de Vulnerabilidade 2. Risco Individual 3. Risco Social 4. Risco
Tecnológico. I. Baiardi, Amilcar – Orientador II. Universidade Católica do
Salvador. Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação III. Título.

CDU 622.276(813.8)

TERMO DE APROVAÇÃO

ANTONIO CARLOS SOUZA RAMOS

VULNERABILIDADE POPULACIONAL AO RISCO TECNOLÓGICO:
A DUTOVIA IMPLANTADA NO AMBIENTE URBANO
DA CIDADE DE MADRE DE DEUS/BA

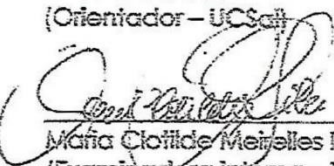
Tese aprovada como requisito para obtenção do grau de Doutor
em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Social.

Salvador, 31 de março de 2020.

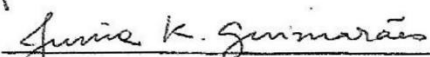
Banca Examinadora:



Amílcar Baiardi
(Orientador – UCSal)


Maria Cláudia Meijelles Ribeiro
(Examinadora interna – UCSal)


Mirian Antunes Leão
(Examinadora externa – UFBA)


Júlia Kacenelembogen Guimarães
(Examinadora externa – UFBA)


George de Oliveira Gurgel
(Examinador externo – UFBA)

Dedico este trabalho à minha mãe, Flora Ramos e a minha irmã em memória Sônia Ramos pelo apoio e incentivo, quando foram necessários.

Em memória ao meu pai, Valdomiro Ramos, por ter me proporcionado tudo que precisei e que além de pai foi um grande amigo.

A minha eterna gratidão.

AGRADECIMENTOS

Primeiro agradeço a Deus por me proporcionar uma vida com saúde e pelas graças alcançadas.

E a todos aqueles que, direta ou indiretamente incentivaram e colaboraram para o desenvolvimento deste estudo e em especial:

A toda minha família compostas por minha esposa Rizia Ramos e meus filhos Rafael Rocha e Rafaela Ramos, ao genro Gustavo Pelegrini e ao neto Rodrigo Rocha, e com registro especial de um eterno agradecimento para os meus filhos Ricardo Ramos e Bruno Rocha pela valiosa ajuda quando foi necessária.

Ao orientador Prof. Dr. Amilcar Baiardi pelos valiosos ensinamentos transmitidos em sala de aula, pela colaboração e empenho para o desenvolvimento desse trabalho de pesquisa.

Aos Professores que participaram das etapas de qualificação e defesa, Prof. George Gurgel, Prof^a. Junia Kacenenbogen Guimarães, Prof^a. Maria Clotilde Meirelles Ribeiro, Prof^a. Mirtânia Antunes Leão pelos comentários e sugestões que foram de grande valia para o desenvolvimento da pesquisa.

Ao amigo Paulo Felipe M. de Souza pela ajuda ao ceder os dados relativos aos parâmetros ambientais e meteorológicos da região em estudo.

Ao colega de doutorado Luís Paixão e aos amigos Yuri Barros Barbosa e Aventino Bisneto pela valiosa colaboração nos desenvolvimentos dos mapas temáticos, através de geoprocessamento da região em estudo.

E a equipe de professores do Doutorado em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Social pelos valiosos ensinamentos transmitidos em sala de aula. E uma homenagem especial ao saudoso Professor Doutor Sylvio Carlos Bandeira de Mello e Silva, por um grande reconhecimento pelos incentivos e ensinamentos acadêmicos.

“Vivemos uma sociedade de riscos, que não são fatalidades de cunho divino, mas podem ser, na maioria dos casos, previstos e evitados (...) cabe a nós tornarmos a sociedade menos vulnerável, mais consciente dos perigos, mais pronta para se proteger.”

Yvette Veyret

RAMOS, Antonio Carlos Souza. **Vulnerabilidade da população ao risco tecnológico: a dutovia implantada no ambiente urbano da cidade de Madre de Deus/BA**. 2020. (279 f.) Tese (Doutorado em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Social) – Universidade Católica do Salvador – UCSAL, Salvador, 2020.

RESUMO

Os riscos de produtos perigosos elevam a perspectiva de ocorrência de um acidente ampliado nos transportes através da dutovia, implantada no ambiente urbano do município de forma a afetar através de fatalidade o agrupamento de pessoas residentes no entorno e ao longo desta. Por conseguinte foram delimitadas as áreas vulneráveis, com o objetivo de determinar a quantidade de pessoas afetadas pelos efeitos danosos de carga térmica e de sobrepressão, decorrentes de acidente na dutovia. Devido às proximidades entre a dutovia e as estruturas urbanas, foi necessário avaliar a quantidade de pessoas expostas aos efeitos danosos de um acidente ampliado. A avaliação foi efetivada através dos padrões de tolerabilidade de risco individual e risco social as quais foram determinadas a partir das curvas de contorno de iso-risco e as curvas F-N, respectivamente. Através da análise de riscos, foi possível avaliar o grau de confiabilidade das instalações da dutovia buscando, dessa forma, estabelecer os parâmetros para reduzir e manter os níveis de riscos em padrões aceitáveis. A determinação das áreas vulneráveis foram indicadas através de 3 níveis de referência 1%, 50% e 99%, percentuais que correspondem às curvas de abrangência das áreas vulneráveis, as quais foram representadas graficamente sobre mapas temáticos para melhor visualização espacial de alcance das curvas. Os cenários acidentais foram efetivados a partir de simulações, correspondentes aos eventos iniciadores com os respectivos cenários acidentais. Para o desenvolvimento das simulações foram adotados diversos parâmetros como dados de entrada para o sistema computacional. A partir dos eventos simulados nas instalações da dutovia, a tolerabilidade do perfil de risco individual indicou a necessidade de implantação de medidas para reduzir os riscos e para o risco social os traçados das curvas F-N, indicaram que deve ser aplicadas medidas para redução dos riscos na dutovia.

Palavras chave: análise de vulnerabilidade; risco individual; risco social; risco tecnológico.

RAMOS, Antonio Carlos Souza. **Vulnerability of the population to technological risk: the pipeline implanted in the urban environment of the city of Madre de Deus/BA**. 2020. (279 f.) Thesis (Doctorate in Territorial Planning and Social Development) – Universidade Católica do Salvador – UCSAL, Salvador, 2020.

ABSTRACT

The risks of dangerous products raise the prospect of an increased accident in transport through the pipeline, implanted in the urban environment of the municipality in order to affect, through fatality, the group of people living in and around the city. As a result, vulnerable areas were defined in order to determine the number of people affected by the damaging effects of thermal load and overpressure resulting from an accident on the pipeline. Due to the proximity between the pipeline and urban structures, it was necessary to assess the number of people exposed to the harmful effects of an extended accident. The evaluation was carried out through the standards of tolerability of individual risk and social risk which were determined from the iso-risk contour curves and the F-N curves, respectively. Through the risk analysis, it was possible to evaluate the degree of reliability of the pipeline facilities, thus seeking to establish the parameters to reduce and maintain the risk levels to acceptable standards. The determination of vulnerable areas was indicated through 3 reference levels 1%, 50% and 99%, percentages that correspond to the coverage curves of the vulnerable areas, which were represented graphically on the thematic maps for better spatial visualization of the curves reach. The accidental scenarios were carried out from simulations, corresponding to the initiating events with the respective accidental scenarios. For the development of the simulations, several parameters were adopted as input data for the computer system. From the simulated events at the pipeline facilities, the tolerability of the individual risk profile indicated the need to implement measures to reduce the risk and for the social risk, the tracings of the F-N curves, indicated that measures must be applied to reduce the risks in the pipeline.

Keywords: vulnerability analysis; individual risk; social risk; technological risk.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1–Localização do município de Madre de Deus/BA	20
Figura 2–Ponte interligando a ilha de Madre de Deus ao continente.....	21
Figura 3–Fluxo logístico operacional no Temadre	33
Figura 4–Localização das instalações petrolíferas no município	34
Figura 5–Parque de tanques do Suape.....	35
Figura 6–Parque Maria Quitéria (Parque de GLP)	36
Figura 7–Fábrica de Asfalto (FASF).....	37
Figura 8–Parque do Mirim.....	38
Figura 9–Dutovia implantada no município de Madre de Deus/BA.....	39
Figura 10–Faixas adjacentes a faixa de dutos	41
Figura 11–Isolamentos laterais da dutovia do Temadre com cercas	42
Figura 12–Estruturas de concreto para apoio dos dutos elevados	42
Figura 13–Proximidade da dutovia da rodovia BA 523 e das residências	43
Figura 14–Causas iniciadoras de vazamento em oleodutos	52
Figura 15–Causas principais e secundárias de vazamentos - todos os oleodutos ...	52
Figura 16–Causas principais e secundárias de vazamentos – oleodutos frios	54
Figura 17–Explosão ao longo do gasoduto da <i>LCY Chemical em Taiwan</i>	59
Figura 18–Vazamentos acidentais causados por terceiros na Europa	65
Figura 19–Escavações com conhecimento da localização do oleoduto	66
Figura 20–Frequência de vazamento acidental de terceiros por diâmetro.....	67
Figura 21–Porcentagem de todos os vazamentos devido a furto	69
Figura 22–Explosão de oleoduto no México.....	71
Figura 23–Perfil de risco (b2) risco na região a ser reduzido.....	75
Figura 24–Critério de tolerabilidade de risco social	79
Figura 26–Áreas vulneráveis para regiões com probabilidade de fatalidade	81
Figura 25–Localidades demarcadas para realização das entrevistas.....	89
Figura 27–Localização da dutovia e demais áreas de ocupação no município	94
Figura 28–Polígonos das ocupações no entorno do Parque do Suape e Parque Maria Quitéria	101
Figura 29–Polígono de ocupação no entorno da FASF I.....	102
Figura 30–Polígono de ocupação no entorno da FASF II.....	103
Figura 31–Polígono de ocupação no entorno do Parque do Mirim	104

Figura 32–Árvore de evento padrão para grandes vazamentos	106
Figura 33–Áreas ocupadas pela população e eventos simulados	113
Figura 34–Nível de satisfação em residir na zona urbana da cidade.....	115
Figura 35–Conhecimento dos entrevistados quanto a problema de segurança	116
Figura 36–A presença da dutovia traz problemas	119
Figura 37–Proximidades da dutovia das estruturas urbana.....	120
Figura 38–Explicações sobre o funcionamento da dutovia e das substâncias	124
Figura 39–Prevenção e contenção dos riscos da dutovia	127
Figura 40–Palestra de riscos de dutovia em área urbana	129
Figura 41–Placa de sinalização da dutovia indicativa de alta pressão	130
Figura 42–Conhecimento dos números de telefones em caso de emergência.....	131
Figura 43–Traçado da dutovia na cidade	135
Figura 44–Concentração populacional por setor censitário	136
Figura 45–Concentração de residências no espaço urbano.....	137
Figura 46–Densidade demográfica da cidade de Madre de Deus/BA	138
Figura 47–Concentração população idosa e infantil.....	139
Figura 48–Distribuição da população por faixa etária.....	140
Figura 49–Curvas de iso-risco do risco individual para evento EI-01	142
Figura 50–Curvas de iso-risco do risco individual para evento EI-02	143
Figura 51–Curvas de risco individual para evento EI-03	143
Figura 52–Curvas de risco individual para evento EI-04	144
Figura 53–Risco social para evento EI-01	146
Figura 54–Risco social para evento EI-02.....	147
Figura 55–Risco social para evento EI-03.....	147
Figura 56–Risco social para evento EI-04.....	148
Figura 57–Curvas de vulnerabilidades populacional para evento EI-01	157
Figura 58–Curvas de vulnerabilidades populacional para evento EI-02	158
Figura 59–Curvas de vulnerabilidades populacional para evento EI-03	159
Figura 60–Curvas de vulnerabilidades populacional para evento EI-04	160

LISTA DE TABELAS

Tabela 1–Razões para falhas mecânicas na Europa	55
Tabela 2–Principais acidentes por falha mecânica no Brasil e na Europa	56
Tabela 3–Razões para falha operacional na Europa.....	57
Tabela 4–Principais acidentes por falha operacional no Brasil e na Europa.....	58
Tabela 5–Razões para falha por corrosão na Europa	61
Tabela 6–Acidentes por corrosão no Brasil e na Europa.....	61
Tabela 7–Razões para falha causada pela natureza na Europa	62
Tabela 8–Falhas por ação da natureza no Brasil e na Europa	63
Tabela 9–Principais acidentes causados por terceiros no Brasil e na Europa.....	73
Tabela 12–Produtos transportados por dutos no Temadre	84
Tabela 13–Características físico–químicas dos produtos manuseados	85
Tabela 14–Substâncias puras compatíveis às substâncias manuseadas.....	85
Tabela 10–Tamanho da amostra da população entrevistada	87
Tabela 11–Eventos com os respectivos cenários acidentais para a dutovia	93
Tabela 15–Temperatura média do ar da região	96
Tabela 16–Umidade média do ar da região	96
Tabela 17–Direções e frequência média do vento da região	97
Tabela 18–Velocidade média do vento	97
Tabela 19–Condições atmosféricas padrão situação dia e noite	99
Tabela 20–Parâmetro de rugosidade da superfície	99
Tabela 21–Dimensões definidas para cálculo na dutovia.....	100
Tabela 22–Situação da população residente abrigada dia e noite	100
Tabela 23–População no entorno do Parque do Suape e Parque Maria Quitéria...	101
Tabela 24–População no entorno da FASF I	103
Tabela 25–População no entorno da FASF II.....	103
Tabela 26–População no entorno do Parque do Mirim.....	104
Tabela 27–Classificação de gases e líquidos inflamáveis quanto à reatividade	108
Tabela 28–Probabilidade de ignição imediata (pii) e de explosão (pce)	108
Tabela 29–Probabilidade de ignição retardada	109
Tabela 30–Probabilidade de ignição retardada de nuvem em movimento.....	110
Tabela 31–Sexo do entrevistado e a respectiva faixa etária	114
Tabela 32–Sexo do entrevistado e o nível de escolaridade	114

Tabela 33–Nível de satisfação das pessoas residirem na cidade	116
Tabela 34–Indicativo dos problemas de segurança da cidade	118
Tabela 35–Problema causado pela dutovia para a população	120
Tabela 36–Reação do entrevistado em caso de acidente na dutovia	123
Tabela 37–Explicação do funcionamento da dutovia	125
Tabela 38–Acesso às medidas tomadas pela empresa para diminuir riscos	128
Tabela 39–Palestra oferecida pela empresa	130
Tabela 40–Descreva a palestra e o quanto foi esclarecedora	131
Tabela 41–Número do telefone de emergência.....	132
Tabela 42–Risco individual médio para os eventos simulados na dutovia	145
Tabela 43–Contribuição do risco social por tipo de dano	150
Tabela 44–Contribuição do risco social por tipo de acidente.....	151
Tabela 45–Eventos iniciadores de maior frequência e risco social médio	152
Tabela 46–Cenários acidentais de maior dano máximo esperado	153
Tabela 47–Cenários acidentais de maior risco social médio	153
Tabela 48–Cenários acidentais de maior frequência esperada	154
Tabela 49–Cenários acidentais de maior dano esperado.....	154
Tabela 50–Estimativas de pessoas afetadas para evento EI-01	157
Tabela 51–Estimativas de pessoas afetadas para evento EI-02	158
Tabela 52–Estimativas de pessoas afetadas para evento EI-03	159
Tabela 53–Estimativas de pessoas afetadas para evento EI-04	160

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALARP - As Low As Reasonably Practicable
ANO⁻¹ – Por Ano
ANP - Agência Nacional do Petróleo
ArcGIS – Geographic Information System
BLEVE - Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion
°C – Grau Celsius
CAS – Chemical Abstracts Service Number
CEPED – Centro Universitário de Estudos e Pesquisas Sobre Desastres
CETESB- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONCAWE – Conservation of Clean Air and Water in Europe
DNV - Det Norske Veritas
EAR – Estudo de Análise de Risco
EI- Evento Iniciador
FAT/ANO – Fatalidade por Ano
FASF- Fábrica de Asfalto
GLP - Gás Liquefeito de Petróleo
HSE - Health and Safety Executive
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
°K – Grau Kelvin
Km – Quilômetro
Km² – Quilômetro Quadrado
Kg/m³ - Quilograma por metro cúbico
Kg/s – Quilograma por segundo
LII- Limite Inferior de Inflamabilidade
LSI- Limite Superior de Inflamabilidade
M – Metro
/M – Por Metro
M² – Metro Quadrado
/M² – Por Metro Quadrado
M³ – Metro Cúbico
MHIDAS - Major Hazards Incident Data Analysis System

OIT- Organização Internacional do Trabalho
ONU - Organização das Nações Unidas
PCE – Probabilidade de Explosão
PETROBRAS - Petróleo Brasileiro S.A.
PGR – Programa de Gerenciamento de Risco
PII – Probabilidade de Ignição Imediata
QAV- Querosene de Aviação
RLAM- Refinaria Landulpho Alves de Mataripe
RTDT- Regulamento Técnico de Dutos Terrestres
SESAU- Secretária de Saúde
SIAB- Sistema de Informação da Atenção Básica
SRD - Safety and Reliability Directorate
TCU – Tribunal de Contas da União
TEMADRE- Terminal de Madre de Deus
TRANSPETRO- Petrobras Transporte S.A.
UTM – Universal Transversa of Mercator
UVCE - Uniconfined Vapor Cloud Explosion
WGS – World Geodetic System

SUMÁRIO

1	CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....	19
1.1	Configuração geopolítica de Madre de Deus/BA	19
1.2	Histórico de ocupação do município	21
1.3	Estrutura industrial implantada no município	22
1.4	Justificativa.....	24
1.5	Objetivo geral.....	24
1.6	Objetivos específicos.....	25
1.7	Organização do trabalho.....	25
2	CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	28
2.1	Conceito de risco e perigo	28
2.2	Diferenciação entre vulnerabilidade e risco	29
2.3	Vulnerabilidade populacional	29
2.4	Risco tecnológico.....	30
2.5	Ambiente urbano	31
2.6	Fluxo logístico operacional do Temadre	32
2.7	Localização das instalações petrolíferas no município.....	33
2.7.1	Parque do Suape	34
2.7.2	Parque Maria Quitéria	35
2.7.3	Fábrica de Asfalto (FASF)	36
2.7.4	Parque do Mirim	37
2.7.5	Dutovia	38
2.8	Ocupação do ambiente urbano pela população.....	44
2.9	Ocupação do município pela indústria petrolífera	45
2.10	Dependência dos <i>royalties</i>	46
2.11	Conformação sócio espacial do município	47
2.12	Reflexos da ocupação desordenada do município.....	48
2.13	Política de Responsabilidade Social da Transpetro	49
2.14	Política de Responsabilidade Social da Prefeitura de Madre de Deus/BA.....	49
2.15	Análise histórica e registros de acidentes	50
2.15.1	Categorias das causas de vazamentos	51
2.15.2	Registros de acidentes por tipo de falha.....	54
2.16	Critério para tolerabilidade dos riscos para a dutovia	73
2.16.1	Risco Individual e Risco Social	74
2.16.2	Risco Individual	74
2.16.3	Padrão e tolerabilidade de risco individual para dutos	74

2.16.4	Risco social	76
2.17	Áreas vulneráveis.....	79
2.18	Frequência do cenário acidental	82
2.18.1	Produtos envolvidos e quantidades movimentadas	83
2.18.2	Características dos produtos transportados	84
2.18.3	Compatibilidade entre as substâncias	85
3	CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA.....	86
3.1	Percepção de risco tecnológico pela população	86
3.1.1	Tamanho da amostra da população para entrevista	87
3.1.2	Realização das entrevistas.....	88
3.1.3	Estrutura do questionário.....	89
3.2	Mapeamento das áreas vulneráveis ao risco tecnológico.....	90
3.3	Análise de vulnerabilidade.....	91
3.4	Parâmetros utilizados nas simulações	93
3.4.1	Localização da dutovia no município	94
3.4.2	Modelo de descarga compatível com a quantidade de substância	94
3.4.3	Parâmetros meteorológicos e ambientais.....	95
3.4.4	Intervalo de cálculo para as simulações na dutovia.....	99
3.4.5	População abrigada.....	100
3.4.6	Configuração da ocupação populacional	100
3.5	Árvore de eventos e parâmetros das hipóteses acidentais	104
3.6	Nuvem não confinada: incêndio ou explosão	106
3.7	Probabilidade de ignição	107
3.8	Explosão multi-energia	111
3.9	Determinação do termo fonte para dispersão	111
3.10	Estudo de análise de riscos	112
3.10.1	Áreas ocupadas pela população e eventos simulados	113
4	CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	114
4.1	Análises das entrevistas	114
4.1.1	Contexto socioambiental	132
4.2	Distribuição do segmento populacional	133
4.3	Trajetos da dutovia no município.....	134
4.4	Concentração populacional.....	135
4.5	Densidade demográfica	137
4.6	Concentração da população idosa e infantil	138
4.7	Distribuição da população por faixa etária	139

4.8	Análise de Riscos: Determinação do Risco Individual e Social....	140
4.8.1	Tolerabilidade de risco individual para os eventos simulados....	141
4.8.2	Tolerabilidade de risco social para os eventos simulados	145
4.9	Determinação das áreas vulneráveis para o risco social	154
4.9.1	Vulnerabilidade populacional a partir dos eventos simulados	155
4.9.2	Alcance das curvas de vulnerabilidade em relação à faixa de dutos	156
5	CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	161
5.1	Sugestão para trabalho futuro.....	164
	REFERÊNCIAS	165
	APÊNDICE A	173
	APÊNDICE B	263
	APÊNDICE C	275
	ANEXO A	277
	ANEXO B	279

APRESENTAÇÃO

Este trabalho foi elaborado a partir dos resultados obtidos na dissertação que teve como título “Perspectiva de Acidente Químico Ampliado: o caso de Madre de Deus/BA”, no Programa de Mestrado Profissional em Planejamento Ambiental da Universidade Católica do Salvador (UCSAL).

A meta principal daquele trabalho de dissertação foi identificar a partir de simulações, os impactos danosos de um acidente químico ampliado sobre os agrupamentos de pessoas das comunidades circunvizinhas das instalações do terminal marítimo de carga e descarga e que desenvolvem atividades de manobras operacionais de transportes através da dutovia, armazenamentos em tanques e esferas de grande quantidade de combustíveis derivados de petróleo, instalados por toda a extensão do ambiente urbano do município de Madre de Deus/BA.

A partir dos resultados obtidos na pesquisa, ficou evidente que entre os conjuntos de equipamentos instalados no terminal marítimo, o que apresentou o pior cenário acidental, em termos de impactos sobre os indivíduos residentes nas comunidades circunvizinhas, foi o sistema de transportes de combustíveis através da dutovia.

O presente trabalho foi elaborado no âmbito do Programa de Doutorado em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Social da UCSAL e está vinculado à Linha de Pesquisa que trata da Territorialidade Desenvolvimento Social e Meio Ambiente. E se caracteriza como uma pesquisa descritiva com abordagem quantitativa e estuda a vulnerabilidade socioambiental da população, residente no entorno e ao longo da dutovia, diante da perspectiva de ocorrência de um acidente químico ampliado no sistema de transportes de grande quantidade de combustíveis através dos dutos, instalados por toda a extensão do ambiente urbano do município caracterizado como de elevada densidade populacional.

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

O presente trabalho visa estabelecer as consequências externas devido a vulnerabilidade ao risco tecnológico para a perspectiva de ocorrência de um acidente químico ampliado na dutovia, implantada no ambiente urbano do município de Madre de Deus/BA, afetando através de fatalidades os agrupamentos de pessoas das comunidades residentes no entorno e ao longo da dutovia.

As avaliações decorrentes dos efeitos acidentais, foram desenvolvidas através do estudo de análise de riscos e suas respectivas modelagens matemáticas, configurando as simulações acidentais resultante de fatalidades entre os membros da população presentes nas áreas vulneráveis ao alcance dos danos causados por explosão e incêndio.

De acordo com o CETESB, entende-se por consequências externas: “[...] os danos causados às pessoas (mortes ou lesões) nas áreas circunvizinhas, situadas além dos limites físicos das instalações”. (CETESB P4.261, 2003, p.17)

E complementando com a afirmativa do CETESB:

[...] Os estudos de análise de riscos têm se mostrados importantes na análise de instalações industriais já em operação, de modo que os riscos possam ser avaliados e gerenciados a contento, mesmo que estes empreendimentos não estejam vinculados ao processo de licenciamento. (CETESB P4.261, 2003, p.8)

1.1 Configuração geopolítica de Madre de Deus/BA

O município de Madre de Deus/BA objeto deste estudo, está localizado na região Norte da Baía de Todos os Santos, a Figura 1 ilustra a localização do município. O território é formado por três ilhas a ilha de Madre de Deus, ilha de Maria Guarda, ilha das Vacas, e o Atol do Capeta.

O município faz parte da região metropolitana de Salvador/BA, com distância via terrestre de 63 km da capital. É considerado o menor município do estado da Bahia e tem a sede localizada na maior ilha, a ilha de Madre de Deus, onde está centralizada todas as atividades administrativas, industriais, comerciais e onde se concentra a grande maioria da população, com uma taxa de urbanização de 97% de acordo com a publicação Atlas de Desenvolvimento (2010).

Figura 2–Ponte interligando a ilha de Madre de Deus ao continente



Fonte: Autor (2016)

1.2 Histórico de ocupação do município

De acordo com os relatos históricos da publicação *Conhecendo Madre de Deus* (2008) a ilha de Madre de Deus era conhecida como Ilha de Cururupeba, em homenagem ao cacique tupinambá Cururupeba, que habitava a ilha e que após anos de resistência foi derrotado pelas investidas dos colonizadores portugueses. A ilha era parte integrante de uma grande Capitania Hereditária de cinquenta léguas, doada por D. João III a Francisco Pereira Coutinho para exploração e colonização.

No ano de 1559 os índios foram expulsos da Ilha de Cururupeba pelo então Governador Geral da Colônia, Mem de Sá, com a justificativa de praticarem canibalismo. A partir desse momento a população que era composta apenas por indígenas, passou a ser formada quase unicamente por brancos e negros e implantou-se nas ilhas próximas um sistema ocidental europeu que iria caracterizar os processos de ocupação vigentes até hoje. Durante esta etapa de ocupação e colonização a ilha passou a ser denominada de Madre de Deus do Boqueirão. A primeira fonte de energia e riqueza a ser produzida no território foi a cana de açúcar plantada em todo o recôncavo baiano, o que fez com que a ilha se tornasse um ponto estratégico na rota marítima trazendo como resultado o crescimento da Vila de Madre de Deus do Boqueirão.

A urbanização do município se intensificou a partir do ano de 1950, quando a Petrobras instalou na localidade de Mataripe, município de São Francisco do Conde/BA, a Refinaria Landulpho Alves de Mataripe (RLAM).

Devido à necessidade de escoar os excedentes produtivos de petróleo e derivados de petróleo para serem processados em refinarias de outras localidades, adotou-se o transporte marítimo e foi necessário implantar uma estrutura de logística que permitisse a recepção, armazenamento e expedição marítima dos produtos processados na RLAM.

No início do ano de 1950 foi iniciada a implantação das instalações do terminal marítimo na ilha de Madre de Deus, que teve o local escolhido devido às características favoráveis apresentadas pela ilha, tais como: localização estratégica em vista das proximidades com a refinaria, o que levou a uma minimização do custo relativo à logística de transporte dos produtos refinados; águas abrigadas, por situar-se no interior da Baía de Todos os Santos (BTS); e a elevada profundidade marítima do local para ancoragem de grandes navios. Fatos que foram determinantes para a instalação na Ilha do terminal marítimo do Temadre, inaugurado em 10 de setembro de 1956 para atender as manobras de carga e descarga de petróleo e produtos derivados de petróleo.

A partir da década de 1960 houve uma grande demanda migratória de mão-de-obra, motivada pela oferta de empregos nas atividades de implantação da indústria petrolífera, acrescida ainda mais na fase operacional, devido a busca por oportunidade de emprego permanente na indústria do petróleo e nas atividades econômicas secundárias relacionadas à indústria do petróleo e as terciárias relacionadas aos diversos tipos de serviços.

1.3 Estrutura industrial implantada no município

A base da atividade econômica do município é eminentemente industrial, atrelado principalmente às atividades do terminal marítimo do Temadre, considerado o primeiro terminal marítimo do sistema Petrobras a entrar em operação no Brasil e desde então, tem a incumbência de escoar a produção gerada na RLAM transferindo óleo, gás e outros derivados petrolíferos através da dutovia¹ para em seguida proceder ao armazenamento em tanques cilíndricos e esferas, logo após, através de embarque

¹Dutovia: é a designação genérica para um conjunto de tubos ligados entre si, incluindo os acessórios, destinados ao transporte ou transferência de fluidos, entre as fronteiras das unidades operacionais geograficamente distintas, ou seja, instalação implantada na área externa da empresa (Agência Nacional de Petróleo – ANP, 2011, p.6).

marítimo, transportar as substâncias refinadas para as regiões norte e nordeste do país. Para isso foi necessário adotar uma base portuária para o transporte marítimo, buscou-se então uma logística que permitisse a transferência, armazenagem e expedição marítima das substâncias refinadas de petróleo.

Conforme a Petrobras Transporte S.A. (Transpetro, 2016), para atender o escoamento produtivo da indústria do petróleo, o terminal do Temadre tanto desenvolve as atividades de recebimento para armazenagem e transporte através de dutos de derivados de petróleo vindo da RLAM como as demandas operacionais de carregamentos, descarregamentos de navios-tanques, caminhões-tanques e abastecimentos de combustíveis para navios. De acordo com os registros de Informações Portuárias (2006, p.31), o terminal marítimo do Temadre tem instalado no município de Madre de Deus/BA um conjunto de tanques e esferas com capacidade de armazenagem na ordem de 656.690 m³ de derivados de petróleo, álcool e gás liquefeito de petróleo (GLP). Pela capacidade de armazenagem é considerado o terceiro maior terminal marítimo operado pela Transpetro no Brasil e o maior da região nordeste.

Ainda conforme os registros de Informações Portuárias (2006), a demanda operacional do terminal está apta a receber 55 navios por mês e movimentar um volume de 1,8 milhões de m³ de petróleo e derivados nas operações de carga e descarga de navios.

E complementando com os registros de Informações Portuárias, pelo terminal marítimo do Temadre passa parte da nafta destinada ao Polo Petroquímico de Camaçari e cerca de 80% do petróleo consumido pela RLAM que depois de transformado em derivados como diesel, gasolina, parafinas, querosene de aviação (QAV), lubrificantes, asfalto, gases petroquímicos (propano, propeno, butano), nafta petroquímica, óleos combustíveis e *bunker*². Para em seguida serem devolvidos ao terminal marítimo através de transportes por oleodutos³ e a partir daí transferidos para navios com a finalidade de abastecer as regiões norte e nordeste e, ocasionalmente, sudeste do país. Sendo que alguns produtos petrolíferos são exportados para Estados Unidos, Argentina e alguns países da Europa.

²*Bunker*: óleo combustível para navios, com alta viscosidade. (D'ALMEIDA, 2015, p.60)

³Oleodutos: dutos que movimentam hidrocarbonetos líquidos e outros combustíveis tais como, petróleo, derivados de petróleo em estado líquido ou gasoso e etanol (ANP, 2011, p.9).

1.4 Justificativa

Em vista da importância do tema, esta pesquisa traz como justificativa uma abordagem abrangente sobre a responsabilidade ambiental devido às situações de risco extremo a que está exposta a população e o meio ambiente do município de Madre de Deus/BA, decorrente das atividades da indústria petrolífera no terminal marítimo do Temadre, através do manuseio de grande quantidade de substâncias derivadas de petróleo com características tóxicas, explosivas e/ou inflamáveis na área urbana densamente povoada, fatos que determinam um desequilíbrio socioambiental no município.

O presente projeto está vinculado à linha de pesquisa da territorialidade de desenvolvimento social e meio ambiente, e desenvolve um estudo exploratório dos riscos de um acidente químico ampliado e as consequências geradas a partir de um incêndio e/ou explosão em dutos pressurizados, transportando combustíveis derivadas de petróleo por toda a extensão do município, com a perspectiva de gerar fatalidades entre as pessoas das comunidades residentes no entorno e ao longo da dutovia, expostas aos efeitos danosos de um acidente ampliado.

Através da técnica de análise de riscos, foi possível avaliar e quantificar os níveis de riscos, e por consequência o grau de confiabilidade das instalações da dutovia, de forma a estabelecer os parâmetros para reduzir e manter os níveis de riscos em padrões aceitáveis, buscando com isso minimizar a ocorrência acidental e fornecendo subsídios para o correto atendimento de socorro da população em caso de um acidente maior na dutovia.

Normalmente um estudo de análise de risco acontece durante a fase de licenciamento ambiental de empreendimento potencialmente gerador de danos físicos à população e ao meio ambiente. No caso específico das instalações da dutovia do Temadre, a implantação do empreendimento ocorreu no início nos anos de 1950, época em que não existiam as preocupações com o controle de risco para o ser humano e o meio ambiente.

1.5 Objetivo geral

O presente trabalho tem por objetivo determinar a vulnerabilidade populacional, através da identificação das áreas vulneráveis e por consequência a quantidade de pessoas afetadas residentes nas comunidades no entorno e ao longo da dutovia,

decorrente do efeito danoso de incêndio gerando carga térmica ou de explosão provocando sobrepressão em ondas de choque, proveniente da ocorrência de um acidente químico ampliado nas instalações da dutovia, implantada no ambiente urbano do município de Madre de Deus/BA.

1.6 Objetivos específicos

Para o desenvolvimento da pesquisa ficam caracterizados como objetivos específicos:

- determinar as áreas vulneráveis, configuradas como áreas com probabilidade de fatalidades;
- definir a frequência do cenário acidental, através da análise de vulnerabilidade atendendo aos critérios estabelecidos em normas e das modelagens matemáticas do sistema computacional;
- definir e aplicar os parâmetros utilizados nas simulações;
- identificar as áreas ocupadas pela população no entorno e ao longo da dutovia, bem como, os eventos a serem simulados;
- aplicar o estudo de análise de riscos, atendendo aos critérios para tolerabilidade do risco individual e social, estabelecidos por normas;
- avaliar a aceitabilidade dos riscos, através das análises de risco individual e social, com as respectivas tolerabilidades por evento simulado;
- determinar as curvas de vulnerabilidade com as respectivas estimativas de pessoas afetadas por evento simulado.

1.7 Organização do trabalho

O presente trabalho é composto por 05 capítulos, os quais foram desenvolvidos a partir de pesquisa bibliográfica em livros, artigos, dissertações, teses, normas, registros documental e fotográfico publicados na imprensa nacional e internacional, com o intuito de conhecer o estado da arte relacionado ao estudo de análise de riscos aplicado à vulnerabilidade populacional ao risco tecnológico, motivado pelos transportes de grande volume de combustíveis derivados de petróleo, através de dutovia instalada em ambiente urbano.

Foram realizadas pesquisas de campo, através de entrevistas com os moradores para avaliar o nível da percepção de risco tecnológico entre os habitantes

bem como, a realização de registros fotográficos e de tomadas de medidas para identificar os distanciamentos entre as residências e demais estruturas urbanas em relação à dutovia.

O Capítulo 2 constitui a fundamentação teórica da pesquisa, inicialmente composta por definições relacionadas ao tema do presente trabalho, emitidas por autores inseridos no desenvolvimento da pesquisa. Os elementos numéricos relacionados às obras correspondem à numeração sequenciada definida nas referências.

Os conceitos emitidos sobre risco e perigo foram diferenciados através da obra [84] e a influência direta dos riscos sobre a população foi estabelecida através do registro conceitual [79]. Para efeito de diferenciação conceitual entre vulnerabilidade e risco foram atendidas as colocações, conforme as obras [52, 99].

O conceito de vulnerabilidade populacional atende as abordagens conceituais estabelecidas em [88, 89]. O risco tecnológico direcionado, para as atividades de manuseios e transportes de produtos perigosos, atende as condições estabelecidas por [13, 31, 83, 98].

Para caracterizar o conceito para ambiente urbano, foram admitidas as definições estabelecidas pelos autores em [30, 57].

Para configurar os atuais afastamentos laterais da dutovia em relação às estruturas urbana e para demonstrar as irregularidades existentes, foi utilizada a Portaria da Agência Nacional do Petróleo definida [2], onde consta a exata configuração das faixas adjacentes a faixa de dutos.

Em se tratando da ocupação dos espaços urbano pela população e a indústria petrolífera e seus aspectos conflitantes, foram utilizados os conceitos estabelecidos em [48, 60, 72, 90].

Quanto ao tratado das compensações, através dos *royalties* para o município, foi adotada as considerações contidas em [71, 85].

Através da conformação sócio espacial do município, foi retratada a forma desigual das ocupações dos espaços urbano pela população em relação à dutovia, refletindo nas ocupações desordenadas e a convivência da população com grande volume de produtos de elevada periculosidade, para essa condição temos as colocações estabelecidas em [72, 90].

Com relação à política de responsabilidade social a Transpetro assume o compromisso pela segurança da sociedade e do meio ambiente. E a prefeitura tem a

incumbência de analisar as condicionantes ambientais, conforme determinação contida em [95].

A análise histórica de acidentes, consistiu na pesquisa de acidentes em instalação similar à dutovia do Temadre, os registros foram obtidos no banco de dados da Concaewe, organização que concentra a maioria das empresas petrolíferas que atuam na Europa, conforme conteúdo registrado em [21].

Foi adotado para a tolerabilidade dos riscos individual e social para dutovia, o critério da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), contida na Norma Técnica P4.261 e demais registros técnicos do órgão, por ser um dos centros de referências da Organização das Nações Unidas (ONU) para questões ambientais, por atuar em colaboração com 184 países e por ser um dos membros da Organização Mundial da Saúde (OMS). Parâmetros adotados, conforme registros contidos em [15, 16, 17, 18, 19, 20].

Foi adotada a forma diferenciada de aceitação do risco pela comunidade, estabelecida pelo Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED), contida em [14].

Para o tamanho da amostra da população a ser entrevistada, foi aplicado o critério estabelecido pela Arkin, H & Colton, por apresentar um rápido entendimento da amostragem populacional, conforme registro contido em [7].

Para a concepção dos mapas temáticos para a determinação das áreas vulneráveis ao risco tecnológico, foi utilizado o *software* de mapas da QGIS/SIG por ser um aplicativo de reconhecimento internacional livre e gratuito, conforme [76].

A determinação dos valores probabilísticos para as ocorrências de ignição imediata, ignição retardada ou de resultar em nenhum efeito, foi adotado os critérios de referências da *Heath and Safety Executive* (HSE), por ser um órgão regulamentador de reconhecimento internacional, conforme registros contidos em [39].

CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No âmbito desse estudo o risco de uma estrutura da indústria petrolífera instalada em ambiente urbano, está diretamente relacionado com a probabilidade de ocorrências acidentais, que configuram os cenários de acidentes provenientes de descargas para a atmosfera de líquidos e gás inflamáveis, vapores tóxicos e/ou inflamáveis, gerando como consequência contaminação do meio ambiente, explosão e incêndio com possibilidade de provocar fatalidade ou dano físico entre os indivíduos das comunidades externas, residentes nas áreas vulneráveis e danos às estruturas urbana, localizadas no entorno e ao longo das instalações da dutovia.

As áreas vulneráveis são consideradas, no caso específico desse estudo, como as áreas sujeitas aos efeitos danosos decorrentes do manuseio de produtos perigosos caracterizados como de elevada toxicidade, inflamabilidade e/ou explosividade de forma que ocasione durante os processos de transportes, através da dutovia, ocorrências acidentais com liberação descontrolada de combustíveis derivados de petróleo.

2.1 Conceito de risco e perigo

Como forma de fixar os conceitos de risco e perigo, registramos os conceitos estabelecidos por SANDERS e MCCORMICK: “[...] risco é a probabilidade ou chance de lesão ou morte [...] o perigo é uma condição ou um conjunto de circunstâncias que têm o potencial de causar ou contribuir para uma lesão ou morte”. (SANDERS e MCCORMICK, 1993, p.675)

Por definição o risco, quando relacionado a danos causados à vida do ser humano e/ou ao meio ambiente, estabelece uma vinculação entre a frequência de ocorrência de um evento acidental e a consequência expressa em termos de perdas ou danos.

De acordo com a colocação do sistema computacional *Riskan*, quando se refere aos riscos para a população, devido a uma instalação industrial: “[...] Todos nós temos uma chance média de fatalidade. O que se espera é que uma determinada instalação não aumente significativamente esta chance”. (*Riskan*, 2016, p.101)

2.2 Diferenciação entre vulnerabilidade e risco

Conforme proposição de YUNES e SZYMANSKI, quanto à existência de um relacionamento entre vulnerabilidade e risco, elas estabelecem a seguinte afirmativa: “[...] a vulnerabilidade opera apenas quando o risco está presente; sem risco, a vulnerabilidade não tem efeito”. (YUNES e SZYMANSKI, 2001, p.28)

E complementando, com as mesmas autoras, quando estabelecem uma diferenciação conceitual entre vulnerabilidade e risco:

[...] o conceito de vulnerabilidade é aplicado erroneamente no lugar de risco, pois tratam de conceitos distintos [...] o termo risco, foi usado pelos epidemiologistas em associação a grupos e populações, a vulnerabilidade refere-se aos indivíduos e às suas suscetibilidades ou predisposições a respostas ou consequências negativas. (YUNES e SZYMANSKI, 2001, p.29)

É oportuno salientar a proposição de risco expressa por MARANDOLA, quando se refere à ocorrência de determinado evento acidental: “[...] risco é um conceito importante porque permite pensar em termos de probabilidade tanto no que se refere à frequência quanto aos lugares de ocorrência”. (MARANDOLA, 2009, p.36)

2.3 Vulnerabilidade populacional

O município de Madre de Deus/BA é resultado de um padrão de ocupação desordenada que refletiu em um crescimento caracterizado como urbano-industrial e que se processou sob os interesses do capital da indústria petrolífera, onde o poder público não foi capaz de promover o adequado ordenamento da ocupação territorial.

Aliado ao crescimento urbano-industrial do município, o presente trabalho aponta a situação de vulnerabilidade ao risco tecnológico a que está exposta o grupo populacional que se estabeleceu no entorno e ao longo das instalações da dutovia do Temadre, desprovido de qualquer controle de ocupação do espaço urbano. Essa exposição traz como consequência uma análise socioeconômica, uma abordagem espacial e uma dimensão ambiental, afinal seus efeitos negativos também afetam ao conjunto do meio ambiente.

A coexistência entre o risco tecnológico e o meio ambiente urbano, de acordo com SEVÁ FILHO, envolve os seguintes fatores:

[...] a abordagem desse tipo deve levar em conta três fatores indissociáveis: o processo de produção (recursos, técnicas, equipamentos, maquinários); o processo de trabalho (relações entre direções empresariais e estatais, e assalariados); e a condição humana (existência individual, coletiva e ambiente). Equivale a dizer de forma abrangente, que, onde pelo menos um

desses fatores for encontrado, haverá risco tecnológico ou a probabilidade de um problema causado por ele. (SEVÁ FILHO, 1988, p.81)

A vulnerabilidade populacional perante a estrutura urbana do município, em decorrência do risco tecnológico, pode ser avaliada através da elevada densidade populacional bem como, outros agravantes que conjugados a fatores socioeconômicos elevam a exposição da população ao risco tecnológico e que surgem das principais causas relacionadas ao contexto urbano presente no município: pobreza; quantidade e qualidade das construções; precariedade da infraestrutura do município; fator cultural, devido à ignorância da população sobre a existência e banalização dos riscos; razões religiosas e financeiras, entre outras. Estabelecendo dessa forma uma estreita correlação entre a condição social e a exposição aos riscos bem como, a saúde da população desprovida de condição econômica e de infraestrutura urbana adequada para o enfrentamento a uma situação de extremo risco proveniente de um acidente químico ampliado nas instalações da dutovia.

De acordo com explanação de SINGER, quando trata da vulnerabilidade populacional em decorrência da ocupação industrial em pleno espaço urbano: “[...] quando a fábrica não surge na cidade, é a cidade que se forma em volta dela.” (SINGER, 1973, p.24)

2.4 Risco tecnológico

Para o presente estudo o risco tecnológico está diretamente relacionado com as atividades da indústria petrolífera, envolvendo os sistemas de transportes de substâncias perigosas de elevada toxicidade e que a partir de falhas estruturais ou humanas possibilitem a ocorrência de vazamento, provocando explosão e/ou incêndio no sistema de transportes através de dutos e em decorrência venham a provocar perdas de vidas humanas, ferimentos nas pessoas, danos ao meio ambiente e nas estruturas urbana do município.

O risco inerente à instalação industrial do terminal do Temadre tanto para a população como para o meio ambiente circunvizinho, localizado na parte externa do empreendimento, está diretamente associado à periculosidade das substâncias químicas manipuladas em termos de toxicidade, inflamabilidade e/ou explosividade, das quantidades transportadas e armazenadas, dentro da estrutura urbana do município. E conforme concebe VEYRET, com relação ao risco tecnológico:

[...] O risco tecnológico compõe a família complexa dos riscos ambientais. Ele circunscreve-se ao âmbito das atividades e processos industriais associando-se às atividades de armazenagem de produtos tóxicos, à produção e ao transporte de materiais perigosos; e se decompõem em três tipos: explosão, vazamento e incêndio. (VEYRET, 2007, p.70)

E complementando com SÁNCHEZ, quando estabelece a subdivisão dos tipos de riscos tecnológicos:

[...] os riscos agudos e os crônicos. Os riscos agudos são decorrentes do mau funcionamento do sistema tecnológico e o seu efeito é imediato e sua identificação é facilitada por se estabelecer rapidamente uma relação entre causa e efeito, a exemplo de explosões e incêndios. Já os riscos crônicos, é a manifestação que ocorre a médio ou longo prazo, a ação perigosa age de modo recorrente e muitas vezes de forma lenta e difusa, dificultando a identificação dos fatores de causa e efeito. Um exemplo é a emissão de efluentes industriais que ao longo do tempo causam poluição e/ou contaminação da fauna e flora e, conseqüentemente à saúde humana. (SÁNCHEZ, 2008, p.316)

Na mesma linha de abordagem, EGLER caracteriza o risco tecnológico expressando a seguinte afirmativa:

[...] o risco tecnológico é caracterizado como o potencial de ocorrência de eventos danosos à vida, a curto, médio e longo prazo, em consequência das decisões de investimento na estrutura produtiva. Envolve uma avaliação tanto da probabilidade de eventos críticos de curta duração com amplas consequências – explosões, vazamentos ou derramamentos de produtos tóxicos - como também a contaminação em longo prazo dos sistemas naturais por lançamento e disposição de resíduos do processo produtivo. (EGLER, 1996, p.34)

E complementando com a afirmação de CASTRO, PEIXOTO, PIRES DO RIO: “[...] o risco tecnológico circunscreve-se ao âmbito dos processos produtivos e da atividade industrial.” (CASTRO, PEIXOTO, PIRES DO RIO, 2005, p.11)

2.5 Ambiente urbano

No que se refere à ambiente urbano, a princípio temos o conceito estabelecido por MOREIRA:

[...] o ambiente urbano é o local onde acontecem as relações entre homem e natureza, em aglomerações humanas e atividades humanas, constituídas pela apropriação e uso do espaço construído e dos recursos naturais. (MOREIRA, 1999, p.111)

E complementando com DOS SANTOS, no Programa Ambiental: A Última Arca de Noé (2015), que nos traz a seguinte colocação, fazendo referência à configuração do meio ambiente urbano:

[...] Quando se fala em meio ambiente pensa-se logo em áreas naturais, normalmente rurais, em preservação de florestas, cerrados etc. Mas a área urbana de um município, ou seja, a área em que há significativas alterações antrópicas com construções de prédios, arruamentos, praças públicas etc., também se pode falar em meio ambiente, podendo-se chamá-lo de 'meio ambiente urbano'. (...) No meio ambiente urbano encontram-se todas as preocupações sócio-ambientais que se encontram no meio ambiente rural natural, acrescido fortemente do fator humano e suas obras como habitação, meios de locomoção, vias públicas etc. Incluem-se também aí as condições relativas ao ambiente de trabalho interno e externo de empresas ou indústrias. (DOS SANTOS, 2015, p.1)

No caso de Madre de Deus/BA a configuração sócio-espacial mantém estreita relação com a dinâmica de urbanização impulsionada, sobretudo por sua economia industrial e a conseqüente exposição desigual da população aos riscos das atividades da indústria petrolífera, que ocupa cerca da metade do ambiente urbano do município, fatos causadores das alterações do meio ambiente e do comprometimento da qualidade de vida da população.

2.6 Fluxo logístico operacional do Temadre

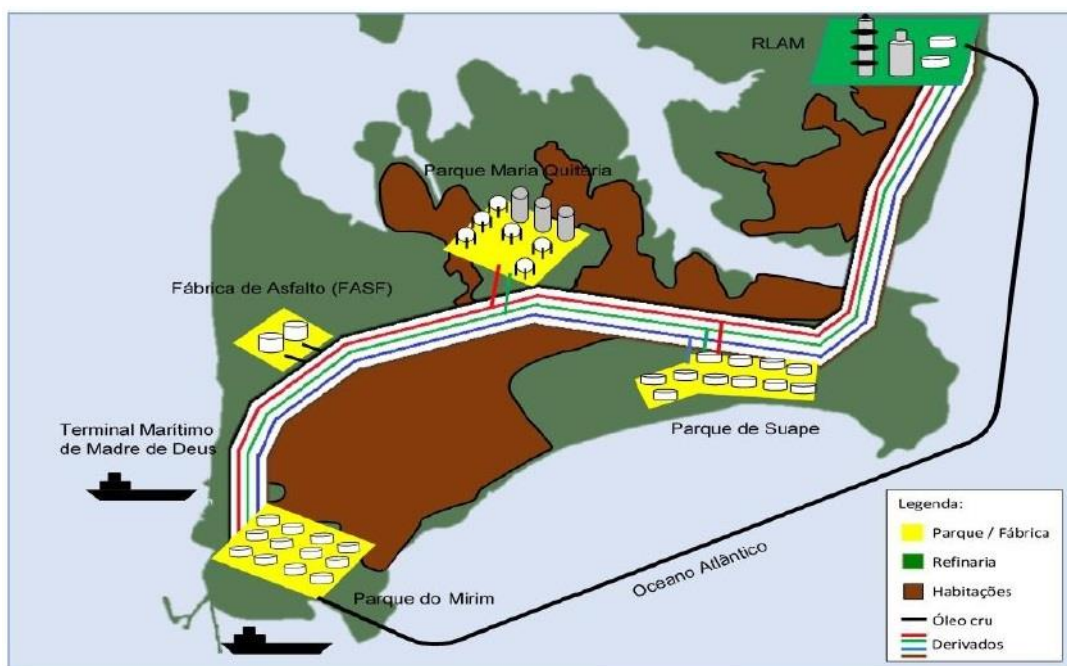
O terminal marítimo do Temadre, assim como os dutos⁴ e os tanques de armazenagens, operados pela Transpetro constitui um importante elo na logística de abastecimento do mercado consumidor pelo sistema Petrobras.

Após o refino do petróleo na RLAM, o combustível gerado é transferido através de dutos para o terminal do Temadre para armazenagens em tanques e esferas, em seguida a companhia distribuidora abastece o mercado consumidor por meio de transporte marítimo e rodoviário.

A Figura 3 mostra de forma esquemática o fluxo logístico operacional do Temadre, composto pelo processo de refino de petróleo na RLAM, como também do sistema de transportes através de dutos e de armazenagens em tanques e esferas de produtos como o óleo cru (petróleo) e os produtos refinados de petróleo.

⁴Dutos: conjunto de tubos ligados entre si, incluindo os componentes, destinado ao transporte ou transferência de fluidos, entre as fronteiras de unidades operacionais geograficamente distintas. (CETESB, 2011, p.5).

Figura 3–Fluxo logístico operacional no Temadre



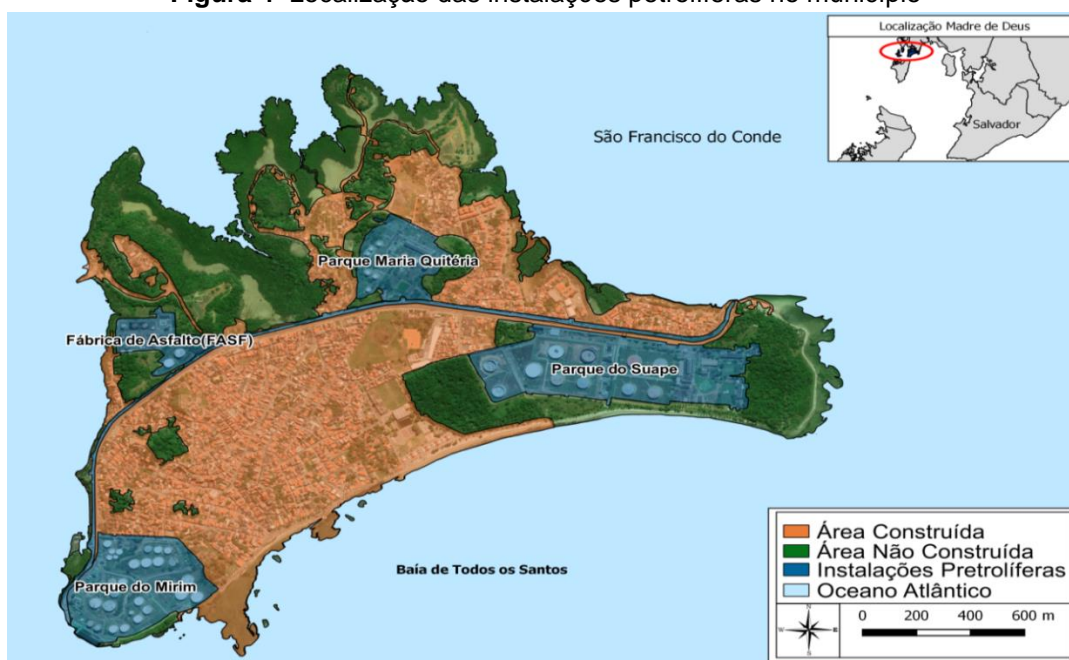
Fonte: Autor (2016)

2.7 Localização das instalações petrolíferas no município

O mapa da Figura 4, conforme destaque das hachuras azul, indica a localização das instalações petrolíferas implantadas no município em relação às ocupações urbana compostas pelo Parque do Suape, Parque Maria Quitéria, Fábrica de Asfalto (FASF), Parque do Mirim e a Dutovia.

Para atender as condições de manobras operacionais de cargas para os tanques e esferas dos produtos refinados vindos da RLAM e de descargas para a dutovia, tanto para os tanques como para as esferas, a parte interna dos parques de armazenagens são interligados por tubulações compostas de tubos, válvulas, instrumentos de controle e de segurança e demais acessórios, que servem como elementos de controle e manobras de transferências dos produtos refinados. Todos os tanques e esferas, por razões de segurança, são instalados no interior de diques de contenção e são dotados de válvulas de segurança e sistema contra fogo no teto dos tanques e no topo das esferas de armazenamento de GLP.

Figura 4—Localização das instalações petrolíferas no município



Fonte: Google Earth. Elaborado por: Yuri B. Barbosa

2.7.1 Parque do Suape

A área de tancagem do Parque do Suape, conforme disposição dos tanques da Figura 5 é composta por 11 tanques cilíndricos verticais, são os tanques de maior dimensão do terminal, destinados a armazenagem de combustível líquido formado por gasolina, óleo combustível, querosene de aviação entre outros e operam com pressão interna um pouco acima da pressão atmosférica. Os tanques são implantados no interior de diques ou bacias de contenção, construídos de terra e revestidos de grama e são interligados à dutovia para estabelecer os processos de cargas e descargas dos combustíveis armazenados.

Figura 5–Parque de tanques do Suape

Fonte: Google Earth

2.7.2 Parque Maria Quitéria

No Parque Maria Quitéria, também conhecido como Parque de GLP, é a unidade do Temadre onde o GLP pressurizado, proveniente da RLAM, é armazenado em 06 esferas e em seguida direcionado para o processo de secagem para ser desidratado, permitindo assim a sua refrigeração, para logo após ser armazenado nos três tanques cilíndricos verticais refrigerados. O GLP refrigerado é a condição pela qual o gás é transferido através da dutovia, com destinação final para os tanques refrigerados de navio gaseiro⁵ nos píeres de atracação do Parque do Mirim. A Figura 6 mostra a disposição das esferas pressurizadas e dos tanques refrigerados no Parque Maria Quitéria.

⁵Navio gaseiro: tipo de embarcação construída para o transporte de gás liquefeito de petróleo (Transpetro, Fatos e Dados, 2016).

Figura 6—Parque Maria Quitéria (Parque de GLP)



Fonte: Google Earth

2.7.3 Fábrica de Asfalto (FASF)

Conforme disposição da Figura 7, a Fábrica de Asfalto (FASF) é a unidade destinada à produção de materiais asfálticos, onde estão instalados os tanques para armazenagem de petróleo e de resíduos oriundos de situações emergenciais. Os tanques têm formato cilíndrico vertical e operam com pressão interna um pouco acima da pressão atmosférica. A FASF embora localizada no município de Madre de Deus, é a Unidade 21 (U-21) da RLAM, com capacidade de produzir Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) e asfalto de Cura Média (CM – 30), matérias primas para a produção de asfaltos.

Figura 7–Fábrica de Asfalto (FASF)

Fonte: Google Earth

2.7.4 Parque do Mirim

A Figura 8 mostra a disposição do conjunto de tanques do Parque do Mirim onde se concentra, para efeito de armazenagem, a maior variedade de derivados de petróleo e álcool, por consequência é a região do município onde está instalada a maior quantidade tanto de tanques cilíndricos como de uma esfera, totalizando 29 tanques. Os tanques assim como a esfera, são instalados em diques ou bacias de contenção, são interligados à dutovia e às tubulações para descargas em navios ancorados nos píeres de atracações marítimas.

Figura 8–Parque do Mirim

Fonte: Google Earth

2.7.5 Dutovia

As instalações da dutovia implantadas no município são terrestres e aéreas, ou seja, são dutos aparentes sobre o solo compostas por tubos de aço carbono interligados aos demais acessórios, com os diâmetros dos dutos variando entre 06 a 34 polegadas, transportando por sistema de compressão por bombeamento a alta pressão em regime operacional de 24 horas por dia, os produtos derivados de petróleo produzidos na RLAM para armazenagens nos tanques e esferas, para em seguida serem destinados para as manobras de cargas e descargas dos navios ancorados nos píeres do terminal marítimo localizado no Parque do Mirim.

A Figura 9 registra o trajeto da dutovia que se estende ao longo do ambiente urbano, por uma extensão aproximada de 4.600 m, desde o Parque do Suape na entrada do município até o Parque do Mirim no extremo sul da ilha, paralela e próxima a toda extensão da estrada BA 523, única via de acesso terrestre ao município e denominada, dentro do município de Avenida Milton Bahia Ribeiro.

A dutovia do Temadre é composta por um conjunto de dutos que tem a função de transportar petróleo e derivados de petróleo em estado líquido e gasoso.

De acordo com o Regulamento Técnico de Dutos Terrestres (RTDT) da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis ANP N° 2/2011, os dutos que movimentam produtos refinados de petróleo no estado líquido, assim como outros combustíveis, tais como biodiesel, mistura óleo diesel/biodiesel ou mesmo etanol são considerados oleodutos.

De acordo com as considerações da Resolução da ANP N° 35/2012, os dutos implantados no terminal marítimo do Temadre, são denominados oleodutos de transportes, devido às condições de transportar petróleo e produtos derivados de petróleo.

Figura 9–Dutovia implantada no município de Madre de Deus/BA



Fonte: Autor (2016)

2.7.5.1 Faixa de domínio da dutovia do Temadre

Conforme o registro histórico de ocupação do município, a intensidade da urbanização ocorreu a partir do ano de 1950, motivada por uma onda migratória, decorrente das ofertas de empregos oriundos das construções da indústria petrolífera que estavam sendo implantadas no município. A demanda migratória foi formada por um contingente de mão de obra barata e sem qualificação o que ensejou a ocupação do solo urbano de forma intensa e irregular. Como não houve um controle eficaz do uso e ocupação do solo, tanto a Petrobras como a população ocuparam os espaços da ilha sem planejamento e de forma desordenada, sem obedecer qualquer critério

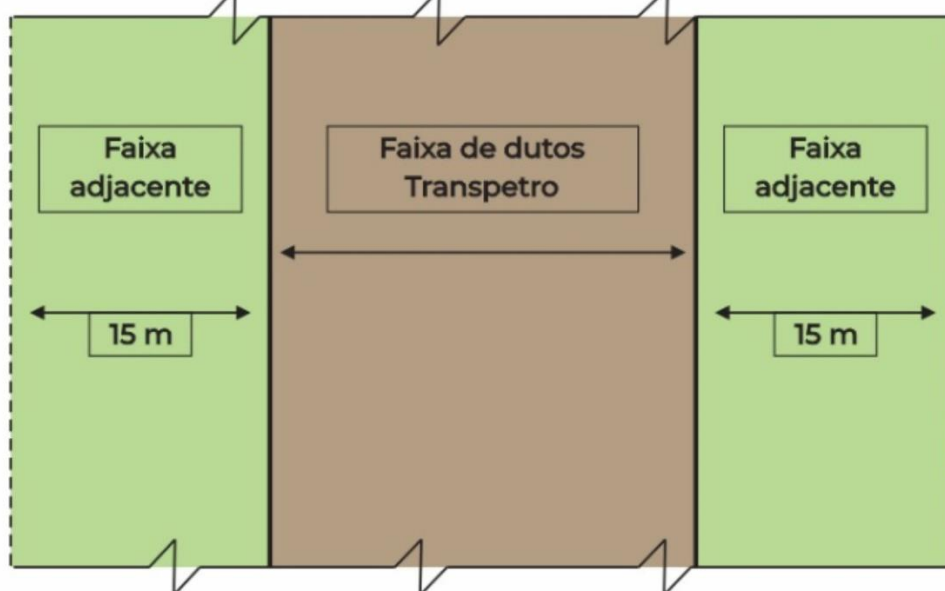
de ordenamento dos espaços a serem habitados e aqueles destinados às instalações da indústria petrolífera, foi o que motivou o surgimento das primeiras habitações irregulares e fez com que a população, como forma de acomodação e por estar nas proximidades do trabalho a ocupar as parcelas do solo nas circunvizinhanças da dutovia e das demais instalações petrolífera que estavam em fase de construção, dando origem as áreas densamente povoadas com construções de moradias precárias no entorno das instalações da indústria do petróleo.

A nova Portaria da Agência Nacional do Petróleo (ANP) estabelece:

[...] A faixa de domínio da dutovia constitui uma faixa de largura determinada, na qual estão dutos de petróleo, seus derivados ou gás natural, enterrados ou aéreos, bem como seus sistemas complementares, definida em Decreto de Declaração de Utilidade Pública. (Portaria nº 125 de 05 de agosto de 2002)

A Lei nº 6.766 de 1979 que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano, no que se refere à implantação de dutovia, determina uma reserva de 15 m para cada lado da faixa de domínio da dutovia. E conforme registra a Figura 10 a “Faixa Adjacente”, determinada pela Transpetro, também conhecida como faixa não-edificável, é a faixa destinada à área de reserva e onde não deve haver edificação ao longo da extensão da dutovia. A figura traz o registro da “Faixa de Dutos”, também conhecida como faixa de domínio da dutovia e tem a largura variável de acordo com a quantidade de dutos que irá compor a dutovia. Conforme estabelece a Portaria da ANP, a citada lei foi alterada no seu art. 4º, que passou a vigorar com o seguinte teor:

[...] Se necessária, a reserva de faixa não-edificável vinculada a dutovia será exigida no âmbito do respectivo licenciamento ambiental, observados critérios e parâmetros que garantam a segurança da população e a proteção do meio ambiente, conforme estabelecido nas normas técnicas pertinentes. (Lei nº 10.932 de 2004 § 3º)

Figura 10–Faixas adjacentes a faixa de dutos

Fonte: Portaria ANP nº 125, (2002). Modificado pelo autor.

A instalação da dutovia implantada no Temadre não dispõe das faixas adjacentes, conforme disposição da ANP, na Lei 10.932/2004 no seu § 3º, em que trata do distanciamento da faixa adjacente de 15 m para cada lado em relação à faixa de dutos, para garantia da segurança da população e a proteção do meio ambiente. A dutovia do Temadre não atende ao dispositivo da lei, pois não teve disponibilidade de espaço nas laterais da faixa de dutos, devido às interferências que surgiram ao longo do tempo pelas ocupações desordenadas dos espaços urbano do município.

Na configuração atual da dutovia em relação às estruturas urbana do município, como forma de atenuar a ausência de faixas adjacentes ao longo da dutovia, foram implantadas cercas nas laterais, conforme Figura 11, como forma de isolar a dutovia das ocupações urbana e proteger as instalações contra falhas provocadas por terceiros através de ação acidental ou intencional.

Figura 11—Isolamentos laterais da dutovia do Temadre com cercas



Fonte: Jornal A TARDE (2015)

A faixa de dutos que compõe atualmente a dutovia do Temadre é uma vala a céu aberto, em que a estrutura física é construída em parte, com piso de concreto e a outra parte em estrutura de concreto elevada para apoio dos dutos, conforme as fotos da Figura 12, esse tipo de configuração se estende ao longo da dutovia, desde a entrada do município, onde se encontra o Parque do Suape, até o terminal marítimo no Parque do Mirim. Em todo trajeto a dutovia segue contornando as áreas de ocupação urbana estabelecendo dessa forma, os cenários de riscos que está diretamente relacionado com os erros humanos de ocupação dos espaços urbano em relação às instalações da indústria petrolífera.

Figura 12—Estruturas de concreto para apoio dos dutos elevados



Fonte: Autor (2016)

A feição de proximidades entre as instalações da dutovia e as estruturas urbana do município se caracteriza por apresentar por um lado da dutovia a estrada BA 523 e demais ocupações incluindo hotel, residências, indústria química, posto de combustíveis, entre outras, com distância lateral variando entre 6 a 10 metros ao longo do município e o outro lado é composto pelas estruturas de ocupação residencial, praça, parque público, ginásio de esporte, escola, igreja, entre outras, com distância lateral variando entre 1 a 18 metros da faixa de dutos. As fotos da Figura 13 ilustram as ocupações dos espaços urbano e as proximidades da dutovia, tanto em relação à rodovia como das demais estruturas urbana.

Figura 13—Proximidade da dutovia da rodovia BA 523 e das residências



Fonte: Autor (2016)

Mesmo que a dutovia do Temadre tivesse a reserva de faixa adjacente por ambos os lados, de forma a atender os dispositivos da Portaria ANP nº 125, a faixa adjacente com os distanciamentos laterais, sugerido pela aludida portaria, seria ineficaz para o atendimento a uma condição mínima de segurança para a população que vive no entorno e ao longo da dutovia, exposta à vulnerabilidade na perspectiva de ocorrência de um acidente químico ampliado, devido às condições de transportes dos produtos derivados de petróleo caracterizados como sendo de grande periculosidade, com alta pressão, alta temperatura e a grande quantidade transportada na perspectiva de causar fatalidades entre as pessoas ao alcance dos efeitos acidentais provenientes de incêndio, explosão ou mesmo da contaminação pela liberação de gases tóxicos gerados do evento acidental.

2.8 Ocupação do ambiente urbano pela população

A maneira de entender como a cidade de Madre de Deus foi se estruturando e formando a sua paisagem, advém do processo de ocupação do território por parte da indústria petrolífera, onde a ocupação ocorreu desprovido de qualquer tipo de planejamento.

A convivência simultânea entre a população e as instalações petrolíferas, favoreceu a coexistência de impactos e os riscos extremos o que contribuiu para o aumento da severidade de um cenário acidental com consequência deletéria para a população residente nas circunvizinhanças das instalações petrolíferas.

Faz-se destaque para a potencialidade dos danos sócios ambientais que envolvem todas as fases produtivas da indústria petrolífera, desde a fase dos testes de viabilidade de prospecção petrolífera, a fase de refino, até a fase final de distribuição dos produtos petrolíferos através de transportes e armazenagens. Conforme NUCCI, quando tratada da ocupação do espaço urbano pela população e pela atividade industrial, trazendo como consequência o comprometimento da qualidade de vida das pessoas e do meio ambiente, ressalta:

[...] as pressões exercidas pela concentração da população e de atividades geradas pela urbanização e industrialização concorrem para acentuar as modificações do meio ambiente, com o comprometimento da qualidade de vida. (NUCCI, 2001, p.37)

O crescimento desordenado da ilha de Madre de Deus aliada à escassez de terras em áreas seguras e a falta de planejamento urbano, facilitaram a ocupação desordenada de regiões situadas nos arredores das instalações da indústria petrolífera, onde é registrado um regime de funcionamento de vinte e quatro horas por dia, com restrições de funcionamento apenas mediante as atividades de manutenção ou quando do atendimento das condições operacionais do produto a ser transportado através da dutovia. O Temadre desenvolve atividades que englobam desde a transferência à armazenagem de produtos derivados de petróleo, o que provoca um quadro de sufocamento da estrutura urbana do município, fazendo com que a população ocupe áreas de risco sem qualquer percepção dessa situação, devido à indisponibilidade de terrenos habitáveis na ilha.

Conforme expressa LEFEBVRE, quando expõe o aspecto conflituoso entre a industrialização e a urbanização, já que a sociedade urbana é resultado de um duplo processo, ele relaciona dois fatores atendendo aos seguintes anseios:

[...] Temos a nossa frente um duplo processo ou, se preferir um processo com dois aspectos: industrialização e urbanização, crescimento e desenvolvimento, produção econômica e vida social. Os dois 'aspectos' deste processo são conflitantes. Existe historicamente um choque violento entre a realidade urbana e a realidade industrial. Quanto à complexidade do processo, ela se revela cada vez mais difícil de ser apreendida, tanto mais que a industrialização não produz apenas empresas (operários e chefes de empresas), mas sim estabelecimentos diversos, centros bancários e financeiros, técnicos e políticos. (LEFEBVRE, 2001, p. 9)

2.9 Ocupação do município pela indústria petrolífera

A partir do momento da ocupação do município pela indústria petrolífera existia um fator de extrema importância que deveria ter sido considerado na época da implantação do terminal marítimo do Temadre, a população que já habitava na região, pois antes da chegada da Petrobras em 1949, logo após a descoberta do petróleo na Bahia, o município de Madre de Deus/BA no ano de 1938, pertencia ao município de Salvador e era habitada por pescadores e muito visitada por veranistas.

Ao contrário de se esperar de um planejamento urbano adequado, com o tempo, o número de habitantes no entorno das instalações petrolíferas no município só aumentaram. Em decorrência do grande crescimento da população, resultou em um processo de aglomeração urbana de forma desordenada e caótica, produzindo espaços que viriam submeter a população a situação de fragilidade, devido à forte presença das instalações da indústria petrolífera implantadas por toda a extensão do espaço urbano do município.

E conforme colocação de SOUZA, quando se refere aos interesses da ocupação do espaço, registra: “[...] O desejo ou a cobiça com relação a um espaço podem ter relação com os recursos naturais da área em questão; podem ter relação com o que se produz ou que produz no espaço considerado.” (SOUZA, 2013, p.88)

Uma das características marcantes das atividades da indústria petrolífera, em todas as suas etapas, desde a pesquisa ao refino até as fases de transportes por dutos e ao armazenamento de produtos refinados é a ocupação de grandes áreas de terrenos e que envolve, principalmente, terrenos a preços baixos ou por cessão através de órgãos governamentais e que atendam tanto a logística produtiva como a distribuição dos produtos refinados de petróleo.

Complementando com a explanação de PIQUET, quando faz referência ao setor petrolífero: “[...] Trata-se de um setor industrial intensivo em capital, causador de

pesados danos sobre o meio ambiente e que organiza o espaço de modo extremamente seletivo e globalizado.” (PIQUET, 2007, p.11)

As atividades petrolíferas implantadas no município fizeram com que ocorresse uma expansão urbana desordenada, implicando nos impactos socioambientais delas decorrentes, devido às proximidades das estruturas urbana dos equipamentos petrolíferos e das emanações contínuas de gases para a atmosfera, provenientes das emissões fugitivas dos equipamentos de armazenamentos e das instalações da dutovia.

2.10 Dependência dos *royalties*

As atividades petrolíferas onde envolvem as etapas de exploração, processamento, transportes e armazenagens de petróleo e seus derivados, demandam uma grande afluência em termos de emprego e das transferências financeiras através dos *royalties*⁶ para o município, como forma de compensar essas atividades, mas também traz os impactos ambientais inerentes às atividades petrolíferas, provenientes de vazamentos com risco de incêndio, explosão, contaminação atmosférica entre outros.

Em decorrência desses fatos, os impactos devem ser avaliados, levando em conta as consequências para os mais diversos grupos sociais presentes nas áreas afetadas. E conforme expõe PIQUET, quando faz referência ao recebimento e aplicação dos *royalties* pelos municípios:

[...] Ao tornarem-se reféns das receitas dos *royalties*, sem iniciar alternativas de diversificação econômica e com orçamentos aplicados de maneira pontual, os cenários futuros sobre desenvolvimento apresentam alto grau de incerteza. (PIQUET, 2004, p.13)

E complementando com a colocação de SANTOS, quando trata do futuro político da urbanização e das cidades:

[...] Falar sobre o futuro da urbanização e das cidades é coisa temerária. Mas não falar sobre o futuro é deserção. Não se trata do futuro como certeza, porque isso seria desmentir a sua definição, mas como tendência. (SANTOS, 1993, p.117)

⁶*Royalties*: os *royalties* do petróleo são uma compensação financeira pela exploração e distribuição de produto petrolífero e gás natural.

2.11 Conformação sócio espacial do município

A estrutura urbana do município e a sua conformação sócio-espacial retratam a forma como a população ocupou o espaço urbano, onde mantém uma estreita relação com a dinâmica da urbanização impulsionada, sobretudo, por sua economia industrial e a conseqüente exposição desigual da população aos riscos relativos às atividades da indústria petrolífera que ocupa 50% do espaço urbano do município.

A formação de uma cidade de concepção urbano-industrial, como é o caso de Madre de Deus/BA, reporta ao passado, quando os órgãos de controle governamental não colocavam em evidência qualquer forma de restrição e condicionamento ambiental para a aprovação de projetos industriais.

A concepção da estrutura sócio-espacial do município demonstra que a apropriação desigual dos recursos naturais, constituinte da formação urbana e a conseqüente exposição da população aos riscos decorrentes das atividades da indústria petrolífera, onde a estrutura industrial ocupa cerca da metade do território do município, configuram a raiz do problema das desigualdades ambientais, determinando a partir daí o complexo processo de urbanização desequilibrada e que retratam suas faces mais perversas em cidades periféricas dos grandes centros urbanos.

E conforme ressalta PIQUET:

[...] Como todo grande projeto, o empreendimento da Petrobras provoca transformações rápidas e radicais na organização do território, acarretando profundas mudanças na estrutura populacional, no emprego, na malha urbana, no quadro político e na cultura local. (PIQUET, 2007, p.13)

Ainda segundo a autora, quando retrata a expectativa regional, a partir da implantação de empreendimento industrial, complementa:

[...] Até hoje o discurso regionalista, ao atribuir às atividades industriais a alavanca do desenvolvimento e da geração de emprego, leva o imaginário dos habitantes locais a alimentar ideários econômicos deslocados da realidade. (PIQUET, 2007, p.14)

Não há dúvidas que as instalações do terminal marítimo do Temadre, trouxeram sustentabilidade econômica para o município, a partir da compensação financeira proveniente dos *royalties*. Entretanto, é importante que se estabeleça um parâmetro avaliativo envolvendo a população residente no município, em vista dos riscos que representam as proximidades das instalações petrolíferas das estruturas urbana. Nesse contexto é que devemos pôr em prática os estudos dos impactos

negativos sobre a estrutura urbana, devido aos efeitos danosos decorrentes das atividades da indústria petrolífera sobre a população.

2.12 Reflexos da ocupação desordenada do município

O presente estudo serve como ferramenta para o ordenamento do território e a gestão de emergência pela proprietária da dutovia e pelos órgãos públicos, uma vez que identifica a extensão dos danos a ser causado à população na perspectiva da ocorrência de um acidente químico ampliado⁷, de forma a causar um grave acidente ambiental devido ao manuseio, através dos transportes pelo conjunto de dutos de grande quantidade de substâncias perigosas de refinados de petróleo, com característica inflamável e/ou explosiva e tóxica, gerando um evento acidental que tem a capacidade de provocar de forma simultânea, danos ao meio ambiente e provocar um grande número de vítimas fatais ou danos físicos entre os membros da população que estiverem ao alcance dos efeitos danosos do acidente.

Aliado a exposição do evento acidental de grande gravidade, o município tem na sua formação grupos que representam fragilidade humana, composta por crianças, idosos e pessoas com dificuldade de mobilidade o que eleva o grau de vulnerabilidade da população.

O processo de expansão urbana constituída de estruturas vulneráveis de moradias improvisadas e frágeis contribui para ampliar a possibilidade de exposição da população residente no município, agravando as consequências decorrentes de um acidente maior. E complementando com o que expressa SOUZA, quando se refere à remoção de grupos sociais que se consolidou na ocupação de determinado espaço para moradia:

[...] A desterritorialização de grupos sociais inteiros, como ocorreu com tantas populações ameríndias, confinadas em reservas e, algumas vezes, relocalizadas a centenas de quilômetros longe de suas áreas tradicionais a exemplo do que foi feito com muitos apaches nos Estados Unidos, ilustra perfeitamente a dupla agressão que pode estar embutida em

⁷Acidente químico ampliado, acidente maior ou acidente ampliado: eventos agudos tais como explosões, incêndios e emissões nas atividades de produção, isolados ou combinados, envolvendo uma ou mais substâncias perigosas com potencial para causar simultaneamente múltiplos danos, sociais, ambientais e à saúde física e mental dos seres humanos expostos (PORTO, FREITAS, 2018, p.1105).

desterritorializações forçadas. (...) É evidente que isso não é uma violência com resultados restritos ao redesenho territorial de um povo, mas algo que possui sérias implicações para o modo de vida, a cultura e, no limite, a própria sobrevivência. (SOUZA, 2013, p.102)

2.13 Política de Responsabilidade Social da Transpetro

A Transpetro na sua política de Sistema de Gestão Ambiental, quando se refere à Sociedade e o Meio Ambiente, declara:

[...] Somos uma subsidiária da Petrobras e compartilhamos a Política de Responsabilidade Social de todo o sistema e que entende que responsabilidade social é a forma de gestão integrada, ética e transparente dos negócios e atividades das suas relações com todos os públicos de interesse. (Transpetro, 2019)

E em complemento afirma: “[...] No exercício das atividades, a Transpetro mantém o compromisso com as regiões onde atuam no respeito à segurança, ao meio ambiente e às pessoas, incluindo a força de trabalho da empresa e as comunidades vizinhas às suas instalações.” (Transpetro, 2019)

As instalações do Temadre atendem aos dispositivos das Leis nº 9.478/97 e nº 6.938/81, e da Política de Responsabilidade Social estabelecida pela Petrobras no âmbito do Relacionamento Comunitário, onde destaca: “[...] Que mantém como foco principal a Política de Responsabilidade Social e Ambiental, e que estabelece diálogo permanente com as instituições e as comunidades das áreas influenciadas pelas atividades.” (Transpetro, 2019)

E ao tratar do Voluntariado na área social a Transpetro expõe: “[...] Os comitês de voluntariado são formados localmente e estão abertos a todos que quiserem participar e que as ações contam com o apoio da Gerência de Responsabilidade Social.” (Transpetro, 2019)

2.14 Política de Responsabilidade Social da Prefeitura de Madre de Deus/BA

Através do Plano Mestre – Complexo Portuário de Salvador e Aratu – Candeias do Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil a prefeitura de Madre de Deus/BA informa que: “[...] embora não realize nenhuma ação integrada com o Temadre, analisa as condicionantes ambientais da licença do terminal, a fim de participar da cobrança e da fiscalização em conjunto com o órgão licenciador.” (2018, p.19)

Ainda de acordo com o registro do Plano Mestre – Complexo Portuário de Salvador e Aratu - Candeias: “[...] Devido á situação atual de crise econômica do país e da Petrobras, a prefeitura declara que as manutenções apropriadas na dutovia não estão sendo realizadas.” (2018, p.97)

2.15 Análise histórica e registros de acidentes

Para a presente pesquisa a análise histórica e registros de acidentes em transportes dutoviários, foram desenvolvidos a partir das ocorrências históricas nos oleodutos do continente europeu e servem como subsídios para estabelecer um comparativo com a perspectiva de ocorrência de acidente na dutovia do Temadre.

Através da análise histórica de acidentes é possível obter subsídios para avaliação quantitativa das possíveis causas dos eventos iniciadores dos acidentes e suas consequências para o ser humano e o meio ambiente.

A obtenção dos dados referentes à análise histórica de acidentes e o tratamento estatístico dos dados, foram obtidos através da consulta aos registros do banco de dados para acidentes da *Conservation of Clean Air and Water in Europe (Concawe) - Environmental Science for European Refining*, organização fundada em 1963, composta por membros que abrange a maioria das empresas petrolíferas que atuam na Europa e tem como incumbência estabelecer intercâmbio entre as mesmas, visando o progresso técnico bem como, os aspectos relacionados com a segurança para o ser humano e o meio ambiente durante as operações em oleodutos.

Para o presente trabalho, optou-se por utilizar o banco de dados do relatório estatístico da *Concawe* (2016) como fonte de referência das taxas de vazamentos, por não existir no Brasil um banco de dados confiável que registre as ocorrências acidentais em oleodutos e devido ao fato do relatório da *Concawe* abranger os diversos produtos petrolíferos e as principais causas iniciadoras de vazamentos em oleodutos.

O relatório da *Concawe Report no. 6/18*, trata do resumo estatístico de vazamentos em oleodutos na Europa e atende a um universo que envolve 706 empresas operadoras de oleodutos, com um volume total de transporte através de dutos de aproximadamente 755 mil metros cúbicos de petróleo e produtos refinados de petróleo, transportados através de 35.414 quilômetros de oleodutos.

O período de abrangência dos registros históricos de acidentes, por parte da *Concawe*, vai do ano de 1971 a 2016, sendo que durante esse período de pesquisa e

de acordo com o relatório da *Concawe*, foram registrados um total de 741 ocorrências acidentais de vazamento, sendo que desses registros, 495 foram de ocorrências de vazamentos quando se excluem o furto de combustíveis de oleodutos, e para as ocorrências acidentais em oleoduto quente⁸ totalizaram 78 registros de vazamentos.

2.15.1 Categorias das causas de vazamentos

As principais causas de ocorrências de rupturas ocasionando vazamento em oleodutos transportando petróleo e seus derivados foram classificados, de acordo com a *Concawe* no Apêndice 1 do *Report no. 6/18* (2016, p.47). Conforme a classificação estabelecida pela *Concawe* são as seguintes as principais causas iniciadoras de ocorrências de rupturas provocando vazamento em oleodutos: falha mecânica; falha operacional; corrosão; falha natural, por ação da natureza; e falha por ação de terceiros.

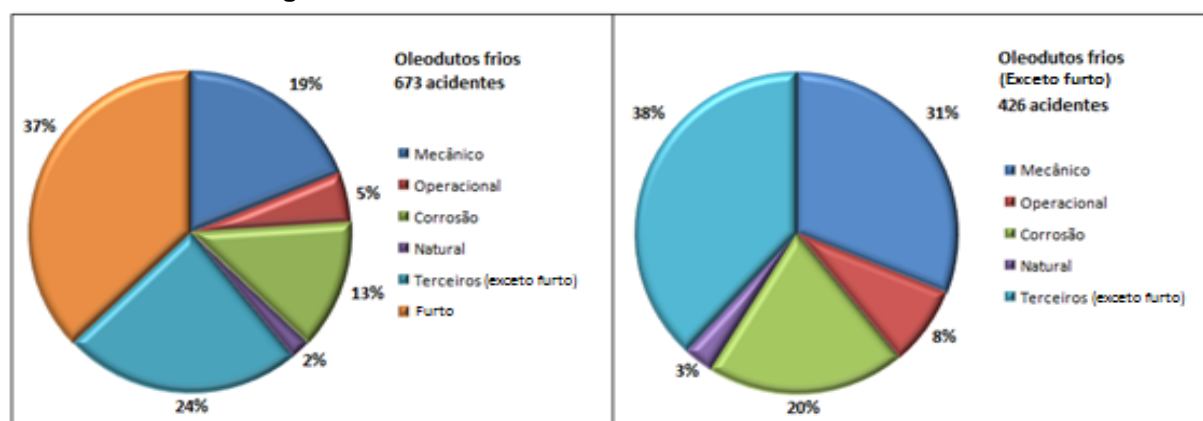
A *Concawe* em termos de causas acidentais por vazamento diferencia a ocorrência em oleodutos quentes e oleodutos frios. A diferenciação é estabelecida devido ao desgaste por corrosão ser mais acelerado na estrutura dos oleodutos quentes, onde os registros acidentais representaram 81% das ocorrências.

Enquanto que nos oleodutos frios as ocorrências acidentais predominantes são decorrentes de falhas determinadas por problemas mecânicos e atividades de terceiros, ao passo que as causas provenientes da corrosão nos oleodutos frios representaram apenas 13% do total das causas acidentais por vazamentos.

Os registros apresentados na Figura 14 emitidos pela *Concawe* (2016, p.32), representam a distribuição das principais causas das ocorrências acidentais registradas, no período de 1971 a 2016, envolvendo as principais causas iniciadoras de vazamentos em oleodutos no continente europeu.

De acordo com os dados estatísticos da *Concawe* a quantidade de acidentes, com a inclusão das ações provocadas por furto de combustíveis, totalizou 673 acidentes e o total de ocorrências de acidentes provenientes de vazamentos, quando é excluído o furto, totalizou 426 acidentes. Isso demonstra o quanto às ações de furto de combustíveis nos oleodutos influenciou de forma efetiva, nas ocorrências de acidentes.

⁸ Oleoduto quente: duto em que ao longo de sua extensão é aquecido externamente por um sistema de vapor ou sistema elétrico para permitir o escoamento de produtos com elevada viscosidade.

Figura 14–Causas iniciadoras de vazamento em oleodutos

Fonte: Concaawe, (2016, adaptados)

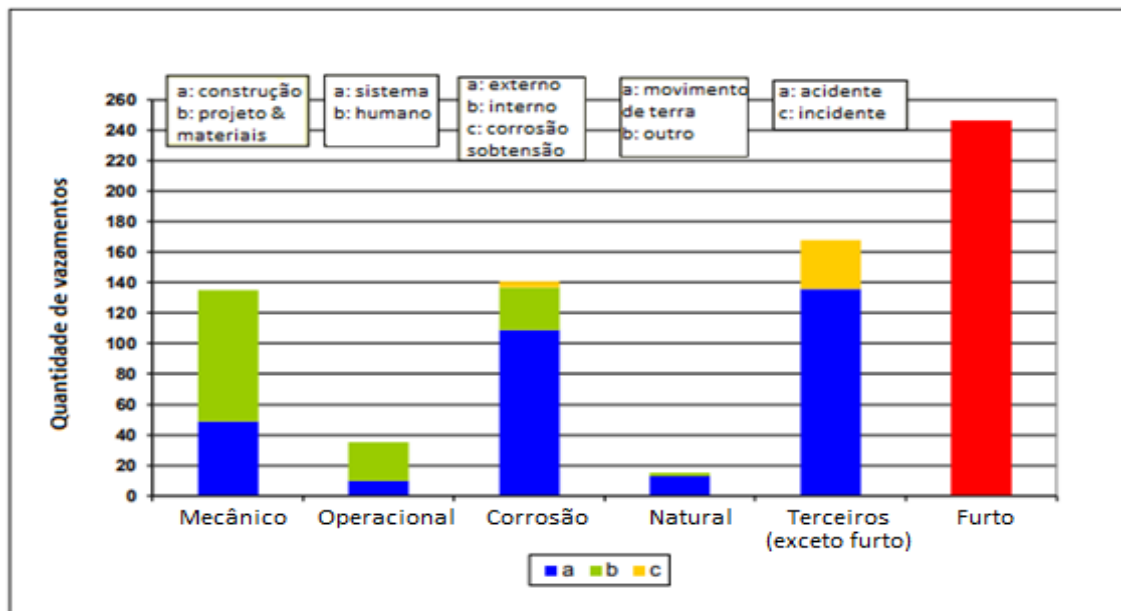
Os gráficos da *Concaawe* da Figura 15 e Figura 16 (2016, p.33) indicam as distribuições dos acontecimentos acidentais, caracterizadas como causas iniciadoras principais motivadas pelos fatores: mecânico; operacional; corrosão; natural; terceiros; furto e causas, caracterizadas como secundárias motivadas pelos fatores: construção, projeto e construção; sistema, humano; corrosão externa, corrosão interna, corrosão sobtensão; movimento de terra, entre outras ocorrências. Para estabelecer a distinção do efeito da corrosão nos oleodutos, foram concebidos os gráficos da quantidade de vazamentos para todos os oleodutos, com inclusão dos oleodutos quentes, e para todos os oleodutos frios.

Conforme comparação entre os gráficos, percebe-se a influência da corrosão na quantidade de vazamentos nos oleodutos quentes em relação aos oleodutos frios, determinando o desgaste corrosivo mais acentuado da estrutura do oleoduto, proveniente do processo de aquecimento.

De acordo com os dados estatísticos da representação gráfica, pode-se observar que entre os registros históricos dos acidentes a causa iniciadora decorrente de furto de combustíveis predomina entre as causas de ocorrência de vazamentos. O registro histórico de ocorrências de acidentes provocado por furto de combustíveis em oleodutos configura atualmente, como a sexta causa iniciadora de acidentes e constitui conforme os gráficos, em uma das maiores ocorrências de registros acidentais no continente europeu.

O gráfico da Figura 15 estabelece a configuração da distribuição das causas principais e secundárias de vazamento para todos os oleodutos, ou seja, agrupamento dos oleodutos quentes e frios do continente europeu.

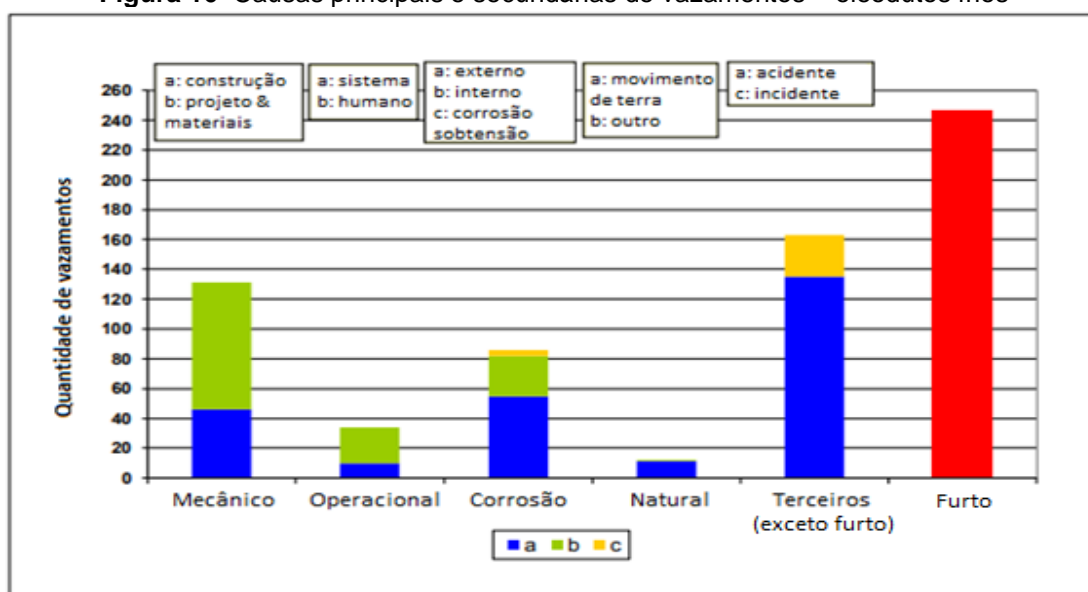
Figura 15–Causas principais e secundárias de vazamentos - todos os oleodutos



Fonte: *Concawe* (2016, adaptado)

O gráfico da Figura 16 demonstra que a única alteração que ocorreu na quantidade de vazamentos nos oleodutos frios, foi a causa iniciadora de vazamento provocada pela corrosão que foi menor em relação aos oleodutos quentes, devido ao desgaste mais acelerado da corrosão nos oleodutos dotado de sistema de aquecimento na parede estrutural do duto. As demais causas iniciadoras primárias, em termo da quantidade de vazamentos, para ambos os gráficos, permaneceram inalteradas.

Figura 16—Causas principais e secundárias de vazamentos – oleodutos frios



Fonte: *Concawe* (2016, adaptado)

2.15.2 Registros de acidentes por tipo de falha

Como forma de complementar a análise histórica de acidentes, estabelecida no relatório da *Concawe*, foram relacionados alguns dos mais recentes e importantes registros históricos de ocorrências de acidentes, em instalações de oleodutos no Brasil e ao redor do mundo, similares as existentes no terminal do Temadre.

Para o desenvolvimento desse estudo, as causas de acidentes nos sistemas de transportes através de oleodutos estão relacionadas com os tipos de falhas de ocorrência acidental, conforme as categorias das causas de vazamentos estabelecidas pela *Concawe* para isso será apresentado, como forma de ilustração, uma síntese de alguns dos principais acidentes ocorridos na Europa e no Brasil.

2.15.2.1 Falha mecânica

As ocorrências de falhas mecânicas estão relacionadas aos acidentes envolvendo defeitos ocorridos em equipamentos e materiais componentes do oleoduto. É considerada falha mecânica, conforme categorias das causas de vazamentos estabelecidas pela *Concawe* (2016, p.48), aquela decorrente de erro de construção, de projeto e de materiais inadequados componentes do oleoduto. Essas ocorrências acidentais são provenientes de fatores relacionados com projeto

incorreto, falha de material, especificação incorreta de material, idade ou fadiga⁹, solda defeituosa, dano de construção e instalação incorreta.

As causas mais comuns de acidentes decorrentes de falha mecânica nos oleodutos europeus estão relacionadas na Tabela 1, conforme os dados registrados pela *Concawe* (2016, p.34). Na referida tabela constam os motivos das falhas e as suas respectivas quantidades de acidentes por vazamentos, totalizando para o período da pesquisa pela *Concawe* em 135 ocorrências de acidentes por falha mecânica, composto de 49 vazamentos devido à falha de construção e 86 vazamentos devido à falha de projeto e materiais, o que determina uma média de falha mecânica de 3 vazamentos por ano no continente europeu.

De acordo com os registros as ocorrências de vazamentos provenientes de falha mecânica as que mais ocorreram, foram os de materiais defeituosos no total de 34 vazamentos, instalações incorretas com 13 ocorrências, e em seguida 12 registros de vazamentos motivados por soldas defeituosas nas estruturas das paredes dos oleodutos.

Tabela 1–Razões para falhas mecânicas na Europa

Quantidade de vazamento motivado por falha mecânica					
Construção	Solda defeituosa	Construção danificada	Instalação incorreta		Não relatado
	12	6	13		18
Projeto e Materiais	Projeto incorreto	Material defeituoso	Especificação incorreta de material	Idade ou fadiga	Não relatado
	9	34	3	10	30

Fonte: *Concawe* (2016, adaptado)

A Tabela 2 destaca alguns dos principais registros históricos de acidentes motivados por falha mecânica e as respectivas quantidades vazadas em oleodutos, com registros de ocorrências no Brasil e na Europa.

Para um intervalo de 10 anos de ocorrências acidentais por falha mecânica, a causa de falha que prevaleceu nos oleodutos no Brasil foi devido à fadiga e na Europa a falha de construção.

⁹Fadiga: é o processo que causa falha prematura ou dano permanente a um componente sujeito a carregamento repetitivo (cíclicos). Não há aviso prévio de falha iminente, e a fratura final da peça é súbita, com consequências, possivelmente, catastróficas.(RUCHERT, 2014, p.16).

Tabela 2–Principais acidentes por falha mecânica no Brasil e na Europa

FALHA MECÂNICA					
Acidentes ocorridos no Brasil					
Data	Local	Atividade	Produto	Causa	Consequências
1998	São José dos Campos/SP	Oleoduto	Óleo cru	Dano do duto por idade ou fadiga	Vazamento de 1000 m ³
1998	São José dos Campos/SP	Oleoduto	Óleo combustível	Fadiga	Vazamento de 1500 m ³
2000	Duque de Caxias/RJ	Oleoduto	Óleo combustível	Dano por flambagem do duto	Vazamento de 1300 m ³
2004	Cubatão/SP	Oleoduto	Óleo cru	Fadiga	Vazamento de 3000 m ³
Acidentes ocorridos na Europa					
1984	Europa	Oleoduto	Óleo cru	Provocado por construção	Vazamento de 4363 m ³
1987	Europa	Oleoduto	Óleo combustível	Defeito de solda	Vazamento de 1000 m ³
1992	Europa	Oleoduto	Gasolina	Falha de material	Vazamento de 1000 m ³
1994	Europa	Oleoduto	Óleo cru	Falha de material	Vazamento de 1350 m ³

Fonte: Ambientebrasil; SCRIBD; CETESB; Maxwell; *Concawe* (adaptado)

2.15.2.2 Falha operacional

Conforme a *Concawe* (2016, p.35) a falha decorrente de problemas operacionais, está relacionada ao mau funcionamento ou inadequação de sistemas de proteção, originada de falha de instrumentos de controle e do sistema de alívio de pressão ou de erro humano provocado por erro do operador. Essas ocorrências acidentais são provenientes de equipamento, instrumento e sistema de controle, sistema não despressurizado ou não drenado, operação incorreta, manutenção ou construção e procedimento operacional incorreto.

As causas mais comuns de acidentes por falha operacional nos oleodutos do continente europeu estão relacionadas, conforme os registros da Tabela 3, onde constam os motivos das falhas operacionais e as suas respectivas quantidades de incidentes de vazamentos. De acordo com os registros da tabela foi totalizado, para o período da pesquisa 35 ocorrências de falha operacional, composto de 10 vazamentos devido a falha de sistemas de auxílio operacional e 25 vazamentos devido à falha humana, o que determina uma média de falha de 0,80 vazamentos por ano no continente europeu devido a falha na operação dos oleodutos.

De acordo com os registros de vazamentos, provenientes de falha operacional, os que mais ocorreram foi em decorrência de operação incorreta no total de 13

vazamentos e construção ou manutenção incorreta com 5 ocorrências, para em seguida as falhas em despressurizar e de drenar o oleoduto, falhas de instrumento, sistema de controle e procedimentos incorretos de operação com 3 ocorrências de vazamentos.

Tabela 3–Razões para falha operacional na Europa

Quantidade de vazamento motivado por falha operacional					
Sistema	Equipamento	Instrumento e sistema de controle			Não relatado
	2	3			5
Humano	Não despressurizado ou drenado	Operação incorreta	Construção ou manutenção incorreta	Procedimento incorreto	Não relatado
	3	13	5	3	1

Fonte: *Concawe* (2016, adaptado)

A Tabela 4 destaca alguns dos principais registros históricos de acidentes motivados por falha operacional e as respectivas quantidades vazadas nos oleodutos, com registros de ocorrências no Brasil e na Europa.

Para um intervalo de 28 anos de ocorrências acidentais por falha operacional, a causa de falha em oleoduto que prevaleceu no Brasil, foi a manutenção incorreta e na Europa foi a operação incorreta.

Faz-se o devido registro, daquele que é considerado a maior ocorrência acidental dos últimos 26 anos em um oleoduto no Brasil, em decorrência de uma manutenção fora dos procedimentos no oleoduto de transporte de óleo cru. Na ocasião vazaram 3939 m³ de óleo cru do oleoduto de transporte do Terminal de São Francisco do Sul (TEFRAN) para a Refinaria de Araucária (REPAR) no estado do Paraná.

Tabela 4–Principais acidentes por falha operacional no Brasil e na Europa

FALHA OPERACIONAL EM OLEODUTO					
Acidentes ocorridos no Brasil					
Data	Local	Atividade	Produto	Causa	Consequências
1984	Cubatão/SP	Oleoduto	Gasolina	Falha de operação	Vazamento de 700 m ³
1998	São José dos Campos/SP	Oleoduto	Óleo combustível	Falta de manutenção	Vazamento de 1500 m ³
2000	Araucária/PR	Oleoduto	Óleo cru	Manutenção fora de procedimento	Vazamento de 3939 m ³
2012	Tramandaí/RS	Oleoduto	Óleo cru	Falha de operação	Vazamento de 1200 m ³
Acidentes ocorridos na Europa					
1971	Europa	Oleoduto	Óleo cru	Sistema de controle operacional	Vazamento de 350 m ³
1983	Europa	Oleoduto	Óleo cru	Operação incorreta	Vazamento de 442 m ³
1996	Europa	Oleoduto	Óleo combustível	Oleoduto não despressurizado ou drenado	Vazamento de 292 m ³
1998	Europa	Oleoduto	Gasolina	Operação incorreta	Vazamento de 486 m ³

Fonte: CETESB; Petróleo; Maxwell; InfoEscola; *Concawe* (adaptado)

2.15.2.3 Registro acidental crítico em *Taiwan*

O evento acidental mais recente em duto foi registrado fora do continente europeu, e que resultou em danos catastróficos, ocorreu em um gasoduto instalado em pleno ambiente urbano, na cidade portuária de *Kaohsiung*, a segunda maior cidade localizada ao sul de *Taiwan*, que fica ao lado de um grande complexo petroquímico, onde vários gasodutos atravessam a cidade densamente povoada. Devido a um erro operacional, durante a transferência de gás propano, ocorreu uma falha que acarretou o vazamento de cerca de 25.000 m³ de propano do gasoduto da operadora *LCY Chemical*, o que provocou explosões sucessivas, fato ocorrido em 31 de julho de 2014. Em decorrência do acidente a destruição se estendeu através da estrutura urbana da cidade, ao longo de toda a extensão do gasoduto, provocando, de acordo com as informações da Agência Nacional de Luta Contra Incêndios de *Taiwan*, a morte de 32 pessoas e 300 feridos, além do grande dano material na estrutura física da cidade. Conforme registros da Cofina Media (CM) – Mundo, o Ministério Público de *Taiwan* apontou como “múltiplos erros humanos” à causa do acidente com explosões.

As fotos da Figura 17 registram a extensão dos danos causados pelas explosões do gasoduto. Conforme relato de uma testemunha, *LIU, Johnson*, à *Agence France Press (AFP)*: “Eu vi chamas subirem a uma altura de um prédio de 20 andares depois de uma explosão, caminhões dos bombeiros e vários veículos sendo projetados no ar. Havia uma dúzia de corpos na rua.” (*LIU*, 2014).

De acordo com o relato da Agência *Reuters*: “Caminhões de bombeiros foram revirados com a explosão. Eles estavam no local atendendo a chamados que alertaram sobre o cheiro de vazamento de gás.” (Agência *Reuters*, 2014)

Figura 17–Explosão ao longo do gasoduto da *LCY Chemical* em *Taiwan*



Fonte: Agência *Lusa*. Fotos: *Toby Chang*; *Michael Wang/Reuters*

2.15.2.4 Falha por corrosão

A corrosão pode ser considerada uma das principais causas de falhas em oleodutos tanto externa como interna, provocando redução de espessura da parede do duto e por consequência, a redução da sua resistência estrutural, com

previsibilidade de ocorrência de corrosão sob tensão¹⁰. A detecção desse tipo de ocorrência em oleodutos só é possível através de ensaios não destrutivos na parede estrutural do duto.

De acordo com o informe da *Concawe* (2016, p.35), ocorreram 141 falhas relacionadas à corrosão, 19% de todos os eventos de vazamentos, ou 29% excluindo o furto de combustíveis. O que corresponde a uma média de 3,1 vazamentos por ano motivados por corrosão no continente europeu.

Complementando o informe da *Concawe*, os eventos acidentais na Europa, decorrentes do estado de corrosão em oleodutos, foram subdivididos em corrosão interna, corrosão externa e corrosão sob tensão. As quantidades de vazamentos estão relacionadas na Tabela 5 conforme a ocorrência de corrosão registrada nos oleodutos.

Nos registros dos vazamentos a corrosão interna ocorre com menor intensidade em relação à corrosão externa. De acordo com o informe da *Concawe* (2016, p.35), das 27 ocorrências de vazamentos nos oleodutos frios 21 ocorreram devido à corrosão interna no transporte de óleo cru (petróleo bruto), embora os oleodutos de transporte de óleo cru representem menos de um terço dos oleodutos frios existentes na Europa. De acordo com os registros, isso se deve fragilidade à corrosão interna dos oleodutos transportando óleo cru do que os oleodutos transportando produtos refinados de petróleo. De certa forma isso é esperado, pelo fato de o óleo cru ser mais corrosivo que os produtos refinados de petróleo.

Como forma de proteger internamente o oleoduto do ataque corrosivo, admite-se a presença de inibidor de corrosão¹¹, com o objetivo de prevenir ocorrências de vazamentos provenientes de fratura por corrosão na estrutura do oleoduto. E conforme os cenários de acidentes apresentados pela *Concawe* (2016, p.36), entre

¹⁰Corrosão sob tensão: é uma forma de corrosão que é provocada pela existência de tensões de tração de certo valor em algumas regiões de peça metálica. A corrosão sob tensão manifesta-se pelo aparecimento de trincas perpendiculares à direção das tensões, podendo as trincas ser intergranulares ou transgranulares, ramificadas ou não (...). Essas trincas, uma vez iniciadas, vão aumentando e se propagando até causarem a ruptura da peça (...). O tempo necessário para o início de uma trinca (tempo de incubação) pode levar de alguns minutos a anos, e as trincas são, a princípio, microscópicas, mas, uma vez iniciadas, o progresso é em geral muito rápido, podendo a ruptura de a peça sobrevir inesperadamente. (TELLES, 2003, p.60)

¹¹Inibidor de corrosão: inibidor de corrosão é uma substância ou mistura de substâncias que, quando presente em concentrações adequadas, no meio corrosivo, reduz ou elimina a corrosão (...). Substâncias com essas características têm sido muito usadas como um dos melhores métodos para proteção contra corrosão.(GENTIL, 1996, p.212).

as 21 ocorrências de vazamentos nos oleodutos frios transportando óleo cru, foi feito um relato que apenas um dos oleodutos que vazou usava inibidor de corrosão e um não relatou, e os outros não usaram inibidores de corrosão na parte interna dos dutos.

Tabela 5—Razões para falha por corrosão na Europa

Quantidade de vazamento motivado por corrosão			
	Quente	Frio	Todos
Corrosão externa	54	55	109
Corrosão interna	1	27	28
Corrosão sob tensão	0	4	4

Fonte: *Concawe* (2016, adaptado)

A Tabela 6 destaca alguns dos principais registros históricos de acidentes motivados por falha por corrosão e conseqüentemente as respectivas quantidades vazadas nos oleodutos, com registros de ocorrências no Brasil e na Europa.

Conforme demonstra a tabela, para um intervalo de 18 anos de ocorrências acidentais por falha por corrosão no Brasil, as falhas que mais ocorreram foram os oleodutos transportando produtos refinados de petróleo e para um intervalo de 10 anos de ocorrências acidentais na Europa as falhas que mais ocorreram foram proveniente dos oleodutos transportando óleo cru.

Tabela 6—Acidentes por corrosão no Brasil e na Europa

FALHA POR CORROSÃO					
Acidentes ocorridos no Brasil					
Ano	Local	Atividade	Produto	Causa	Conseqüências
1983	São Bernardo do Campo/SP	Oleoduto	Gasolina	Corrosão	Vazamento de 200 m ³
1984	Cubatão/SP	Oleoduto	Gasolina	Corrosão	Vazamento de 1200 m ³
1998	São José dos Campos/SP	Oleoduto	Óleo combustível	Corrosão	Vazamento de 1000 m ³
2001	Barueri/SP	Oleoduto	Óleo combustível	Corrosão	Vazamento de 200 m ³
Acidentes ocorridos na Europa					
1985	Europa	Oleoduto	Óleo cru	Corrosão sob tensão	Vazamento de 1100 m ³
1993	Europa	Oleoduto	Óleo combustível	Corrosão interna	Vazamento de 580 m ³
1993	Europa	Oleoduto	Óleo cru	Corrosão interna	Vazamento de 2000 m ³
1995	Europa	Oleoduto	Gasolina	Falha da proteção catódica	Vazamento de 1000 m ³

Fonte: CETESB; *Concawe* (adaptado)

2.15.2.5 Falha causada pela natureza

A falha causada pela natureza está relacionada às ocorrências de origem natural como movimento de terra e/ou rocha, inundações, relâmpagos entre outros,

com probabilidade de gerar eventos acidentais de forma a provocar danos na estrutura e/ou componentes do oleoduto.

A quantidade dos eventos acidentais ocorridos no continente europeu, causados pela natureza, está relacionado na Tabela 7. De acordo com os registros da *Concawe* (2016, p.37), ocorreram 13 eventos acidentais de vazamentos causados pela natureza durante o período de abrangência dos registros históricos de acidentes no continente europeu, o que determina uma média de 0,3 vazamentos por ano. Das ocorrências de vazamentos 5 deles foram provenientes de deslizamentos de terra e outras 3 ocorrências de vazamentos foram provocadas por erosão do terreno e inundação.

Conforme registro complementar da *Concawe*, entre as ocorrências de falhas causadas pela natureza 10 das ocorrências dos vazamentos foram registradas no mesmo país, devido provavelmente a instabilidade do terreno e das condições hidrológicas existentes nas regiões onde estão implantados os oleodutos desse país.

Tabela 7–Razões para falha causada pela natureza na Europa

Quantidade de vazamento motivado pela ação da natureza					
Movimento do solo	Deslizamento de terras	Erosão do terreno	Terremoto	Inundação	Não relatado
	5	3	1	3	1

Fonte: *Concawe* (2016, adaptado)

A Tabela 8 destaca alguns dos principais registros históricos de acidentes motivados por falha causada pela natureza e as suas respectivas quantidades de produtos vazados dos oleodutos, com registros das ocorrências no Brasil e na Europa.

Para um intervalo de 14 anos de ocorrências de vazamentos por falhas causadas pela natureza no Brasil, as ocorrências da natureza que prevaleceram provocando falhas em oleodutos, foi o deslizamento de terra devido à chuva intensa. E no continente europeu para um intervalo de 26 anos as falhas em oleodutos provenientes da natureza as ocorrências que prevaleceram foi o transbordamento de rio provocando deslocamento de terra devido à chuva intensa.

Tabela 8—Falhas por ação da natureza no Brasil e na Europa

FALHA PELA AÇÃO DA NATUREZA					
Acidentes ocorridos no Brasil					
Ano	Local	Atividade	Produto	Causa	Consequências
1994	São Paulo/SP	Oleoduto	Óleo combustível	Deslizamento de terra, devido à chuva intensa	Vazamento de 2700 m ³
2001	Araucária - Paranaguá/PR	Oleoduto	Óleo diesel	Deslizamento de trecho de serra,	Vazamento de 145 m ³
2001	Serra do Mar/PR	Oleoduto	Óleo diesel	Deslizamento de terra causou ruptura do duto	Vazamento de 50 m ³
2008	Blumenau/SC	Gasoduto Bolívia-Brasil	Gás Natural (GN)	Deslizamento de terra e rocha, devido a chuva intensa	Vazamento aproximado de 25 m ³
Acidentes ocorridos na Europa					
1976	Europa	Oleoduto	Petróleo	Movimento do solo, afundamento	Vazamento de 200 m ³
1977	Europa	Oleoduto	Petróleo	Transbordamento do rio	Vazamento de 500 m ³
1988	Europa	Oleoduto	Óleo combustível	Deslocamento de terra pelo rio	Vazamento de 305 m ³
2002	Europa	Oleoduto	Gasolina	Deslocamento de terra por terremoto	Vazamento de 250 m ³

Fonte: CETESB; NSC Total; *Concawe* (adaptado)

2.15.2.6 Falha por ação de terceiros

A falha proveniente de ação de terceiros, conforme o diferencial de ocorrência accidental é constituído por ações decorrentes de: dano por ação accidental, provocada por escavação mecânica ou mesmo manual; ação incidental originada de ocorrência que não foi detectado na origem, mas que resultou em uma falha em algum momento posterior no tempo, proveniente de solda defeituosa, especificação de material incorreta; e ação intencional originada de danos causados por vandalismo, sabotagem e furto de combustíveis em oleodutos.

Conforme os registros da *Concawe* (2016, p.37), os danos causados por terceiros na Europa foi responsável pelo maior número de vazamentos, totalizando 415 eventos, configurando uma média de 9 eventos por ano causados por terceiros, constituindo em 56% de todos os eventos de vazamentos em oleodutos, distribuídos da seguinte forma: 136 eventos foram classificados como acidentes; 32 foram classificados como incidental, ou seja, resultante de danos causados aos oleodutos por terceiros em qualquer momento do passado; e 247 foram danos causados por terceiros classificados como intencionais e constituído exclusivamente por tentativas

de furto. Quando se exclui o furto, os eventos acidentais e incidentais causados por terceiros formam 34% de todos os vazamentos nos oleodutos na Europa.

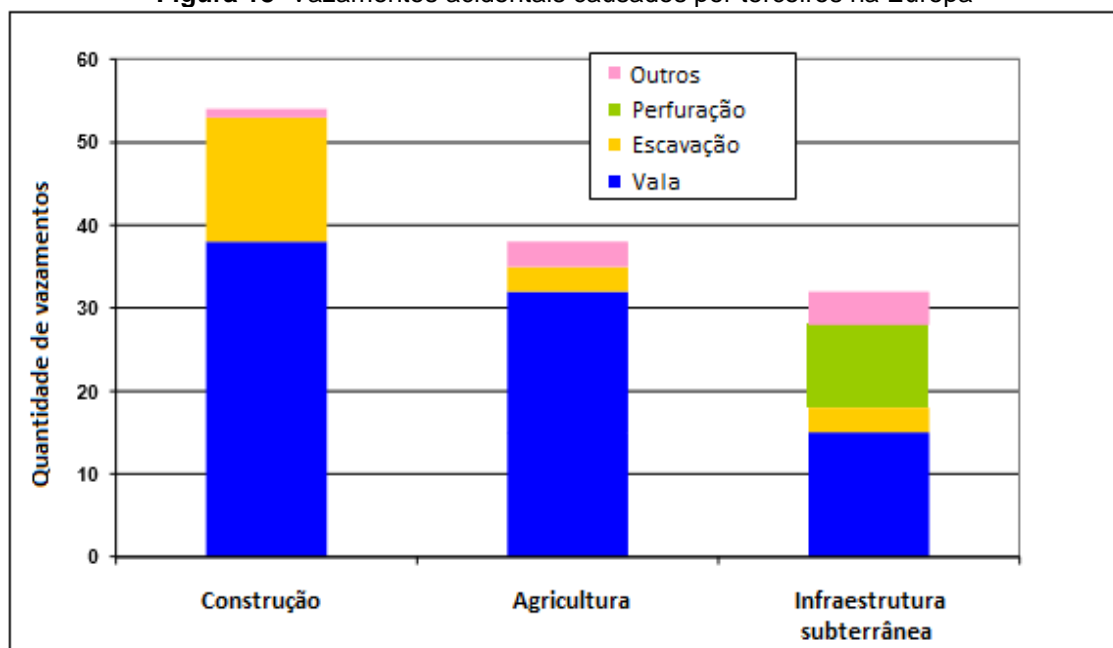
2.15.2.7 Dano acidental

O gráfico da *Concawe* (2016, p.38) da Figura 18 representa as causas mais comuns de danos acidentais com vazamentos em oleodutos provocados por terceiros, em serviços que envolveram a movimentação de terra no continente europeu.

A representação gráfica demonstra que foi grande a incidência de eventos acidentais em oleodutos, causados por algum tipo de atividade de movimentação de terra, durante o período de registro histórico de acidentes pela *Concawe*.

Ainda, conforme a *Concawe*, os eventos acidentais de vazamentos em oleodutos, provenientes de maquinários de movimentação de terra, ocorreram devido à falta de comunicação, conscientização e falta de cuidado ou habilidade por parte dos responsáveis pela execução da movimentação de terra. Os proprietários de oleoduto nem sempre estão cientes das atividades de trabalhos que envolvam movimentação de terra, logo não conseguem fornecer a adequada orientação sobre a localização exata do duto ou mesmo estabelecer os procedimentos corretos para a execução das atividades de escavação e/ou movimentação de terra. Mesmo quando existe a devida comunicação e orientação entre o proprietário do oleoduto e a empresa executante dos serviços de movimentação de terra, o operador da máquina pode, de forma completamente inconsciente, devido à falta de cuidado ou de habilidade, danificar um componente ou a estrutura do duto.

Através do gráfico, percebe-se que a atividade decorrente de escavação para abertura de vala, supera em quantidade de vazamentos provocados por danos acidentais em oleodutos, comparando com as demais atividades de movimentação de terra, envolvendo as etapas de escavação, perfuração e outros serviços, abrangendo as etapas de construção, agricultura e infraestrutura subterrânea.

Figura 18–Vazamentos acidentais causados por terceiros na Europa

Fonte: *Concawe*, (2016, adaptado)

A Figura 19 do gráfico da *Concawe* (2016, p.39), mostra a percentagem de vazamentos relacionados às atividades de terceiros, onde as empresas executantes dos serviços de perfuração ou escavação estavam cientes da localização do oleoduto; dados relatados por 67% dos envolvidos nos serviços das ocorrências acidentais.

Conforme a *Concawe* em 48% dos casos das ocorrências de vazamentos, as empresas executantes dos serviços de perfuração ou escavação tinham conhecimento da existência de oleoduto em operação nas proximidades. Em contraste, apenas 1 caso foi relatado em que a proprietária do oleoduto estava ciente dos serviços de escavação, mas a empresa executante dos serviços não foi informada da presença do gasoduto. Em aproximadamente 12% das ocorrências dos vazamentos, nenhuma das partes estava ciente da presença uma da outra durante a execução dos serviços. Em 36% dos casos, o oleoduto foi atingido apesar do fato do proprietário do oleoduto saber dos serviços de escavação e a empresa executante dos serviços saber da presença do gasoduto.

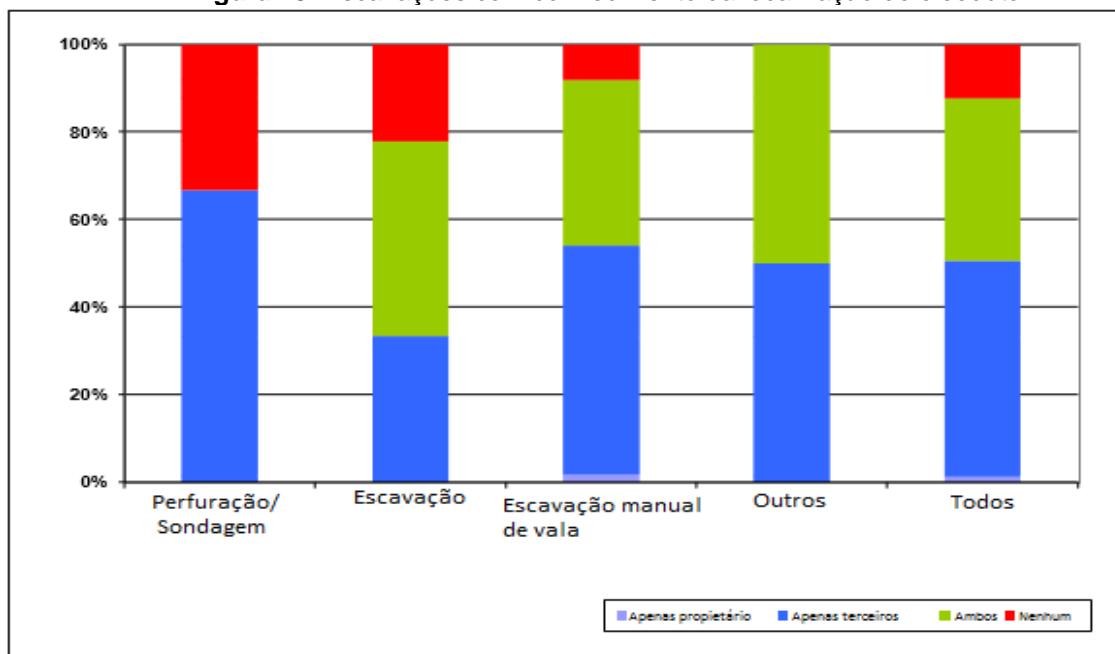
De acordo com a representação gráfica, os registros da coluna “Todos”, englobam a totalidade dos eventos acidentais provenientes de serviços de perfuração/sondagem, escavação manual de vala e outros tipos de serviços envolvendo movimentação de terra. Fica exposto que 52% das ocorrências de vazamentos apenas os executantes dos serviços tinham conhecimento da existência do oleoduto. Nas ocorrências de vazamentos onde ambos sabiam da existência do

oleoduto, representaram 36% dos registros acidentais. E nas ocorrências de vazamentos onde nenhum dos dois, ou seja, tanto o proprietário do oleoduto como o executante dos serviços não sabiam da existência do oleoduto representaram 12% das ocorrências de vazamentos.

Devido à inconsistência de informação entre a proprietária do oleoduto e a empresa responsável pela a execução dos serviços de escavação e/ou de perfuração, a *Concawe* (2016, p.38) deduz que estas ocorrências de vazamentos são provenientes da falta de comunicação ao nível de execução do trabalho, por ambas as partes e, até mesmo, a falta de cuidado ou habilidade do executante durante os serviços de escavações.

Conforme a *Concawe* (2016, p.39) embora o dano acidental provocado pela empresa executante dos serviços de escavação seja uma das principais causas de vazamentos, o risco pode ser perfeitamente mitigado através de melhoramento na comunicação e conscientização mútua, além do compartilhamento de boas práticas, através de planejamento e acompanhamento sistemático dos serviços, por parte da proprietária do oleoduto.

Figura 19–Escavações com conhecimento da localização do oleoduto



Fonte: *Concawe*, (2016, adaptado)

2.15.2.8 Vazamento por diâmetro de duto

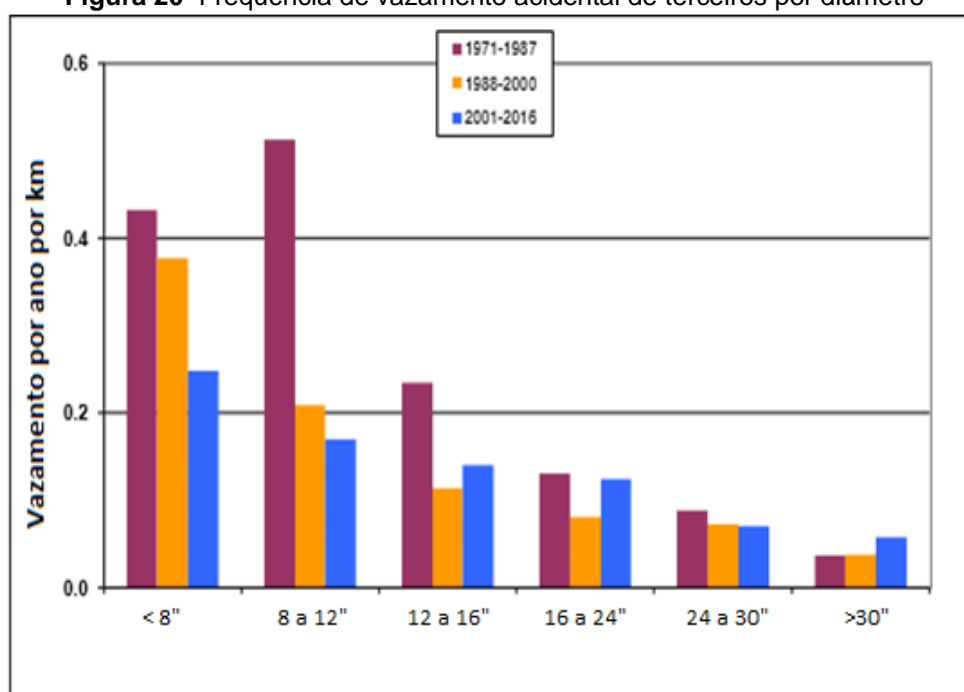
Conforme a *Concawe* (2016, p.26 e 39), o gráfico da Figura 20 determina as frequências de vazamentos em função do comprimento médio de cada diâmetro dos

duto, para o intervalo compreendido para os 45 anos dos registros históricos de ocorrências acidentais no continente europeu.

Através da ilustração gráfica fica evidente a tendência da forte relação entre a frequência (ano/km) de vazamento e o diâmetro do duto, compreendendo a faixa do gráfico entre menor que 8 a maior que 30 pol. de diâmetro nominal, e dentro dessa faixa, configuramos a faixa de diâmetros dos oleodutos com maior frequência de ocorrência de vazamentos, ou seja, aqueles de pequeno diâmetro e que estão na faixa entre 8 a 12 pol. de diâmetro nominal, propensos à maior frequência de vazamentos provenientes de trinca, fenda e ruptura, provocada por interferências de terceiros.

A maior incidência de vazamentos, provocada por interferências de terceiros, nos oleodutos de pequeno diâmetro, se deve a maior fragilidade estrutural em relação aos dutos de grande diâmetro, composto por maior espessura de parede e como resultado, maior resistência estrutural aos danos mecânicos provocados por terceiros.

Figura 20–Frequência de vazamento acidental de terceiros por diâmetro



Fonte: *Concawe* (2016, adaptado)

2.15.2.9 Dano incidental

Conforme registros da *Concawe* (2016, p.40), esta categoria reúne os incidentes em que o dano foi causado em algum momento desconhecido. Portanto, em qualquer época da vida útil de um oleoduto, que subsequentemente venha sofrer deterioração ao longo do tempo resultando eventualmente em um vazamento.

Geralmente, eles resultam em um vazamento e são originados de danos não relatados após a construção original, quando o duto foi consciente ou inconscientemente atingido durante as atividades da empresa contratada para execução dos serviços de construção.

De acordo com os registros de ocorrências de dano incidental pela *Concawe*, ocorreram 32 vazamentos provenientes de danos incidentais, todos resultantes de deformidades por amassamentos durante o manuseio de construção, soldas com defeitos, ranhuras ou outros danos físicos no duto.

2.15.2.10 Dano intencional

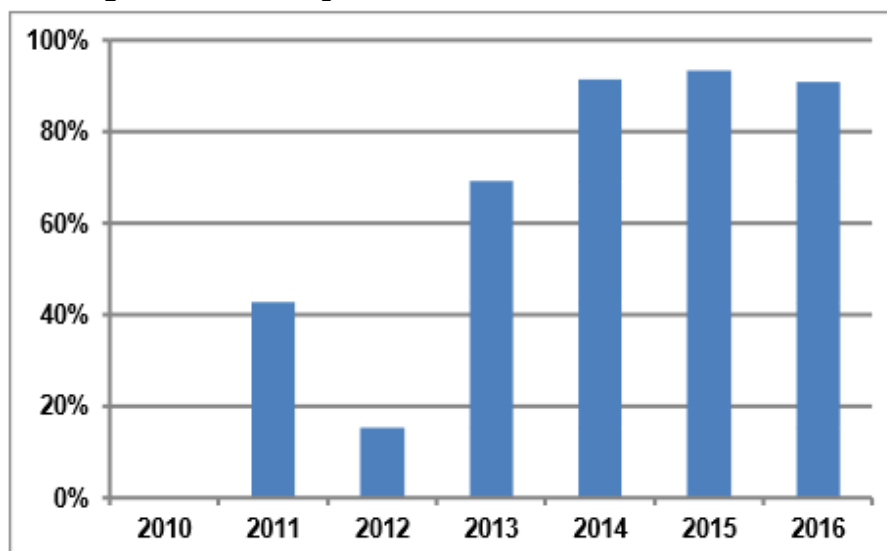
Conforme registros da *Concawe* (2016, p.40), durante o período da análise histórica de vazamentos, ocorreram 247 vazamentos causados por danos intencionais provocados por terceiros, entre eles 2 foram resultados de atividades terroristas e 6 decorrentes de atos de vandalismos. As demais ocorrências de vazamentos foram constituídas de 239 tentativas ou sucesso de furto de produtos refinados de petróleo, com a ressalva de que 219 ocorrências de furto ou tentativa de furto foram registradas nos últimos quatro anos.

Dos registros por dano intencional, apenas 1 ocorrência por ação terrorista ou dano causado por vandalismo ocorreu em um oleoduto subterrâneo e 1 ocorreu em um trecho do oleoduto acima do solo, todas as demais ocorrências por dano intencional foram registradas em válvulas ou outros acessórios nas estações de bombeamento ou nas travessias de rodovias e rios, entre outras situações. A partir do ano de 2006, algumas tentativas de furto por perfuração em dutos foram registradas, 2 registros nos anos de 2006 e 2007, mais 3 registros no ano de 2011 e mais 1 registro no ano de 2012. O aumento repentino dos registros de furtos de combustíveis em oleodutos no continente europeu, para os anos subsequentes foi conforme os registros de ocorrências: 18 furtos registrados em 2013; mais 54 em 2014; e 87 em 2015. Fatos que se tornaram extremamente preocupantes, o que mostra que essas atividades representam uma proporção muito grande em relação a todos os registros de vazamentos em oleodutos instalados na Europa.

De acordo com o que demonstra a Figura 21 a partir de 2016, houve um pequeno decréscimo das ocorrências de furtos em oleodutos no continente europeu, quando totalizou 60 registros, o que representa uma quantidade um pouco menor do que os registrados nos dois últimos anos anteriores, mas mesmo assim constitui um

número muito alto no contexto histórico das ocorrências de vazamentos em oleodutos. O decréscimo das ocorrências de furtos foi resultado das medidas tomadas pelos proprietários dos oleodutos através da aplicação de sistemas de controle de monitoramento automático de danos intencionais provocados por terceiros e pelas autoridades responsáveis devido à aplicação de lei mais severa que trata especificamente deste tipo de crime.

Figura 21–Percentagem de todos os vazamentos devido a furto



Fonte: *Concawe* (2016, adaptado)

2.15.2.11 Dano intencional provocado por terceiros no Brasil

No Brasil houve diversos registros de intervenções criminosas nos oleodutos, com a finalidade de furtar combustíveis, nos últimos quatro anos. Conforme os registros da Transpetro no ano de 2018 foram registradas 261 ocorrências de furtos ou tentativas de furtos através de derivações clandestinas¹², nos oleodutos instalados no Brasil, sendo que 57% das ocorrências foram registradas no estado de São Paulo e 26% no estado do Rio de Janeiro.

No ano de 2017 foram registradas 228 ocorrências e no ano de 2016 a empresa registrou 72 ocorrências de intervenções criminosas nos oleodutos instalados no território brasileiro.

¹²Derivações clandestinas: ligações provisórias feitas por criminosos a partir de um oleoduto com a finalidade de promover o furto de combustíveis.

Como forma de registrar as ocorrências acidentais em oleodutos no Brasil, ocasionada por interferência externa, relatamos o acidente registrado pela a imprensa nacional, na reportagem editada por BORGES, coordenadora do Jornal A Tarde, para a ocorrência de vazamento por tentativa de furto de combustível, em dutovia no estado de São Paulo, de acordo com o seguinte relato da ocorrência:

“Grupo tenta furtar gasolina e provoca vazamento de nafta”

[...] Pelo menos vinte casas na região de São Miguel Paulista, zona leste de São Paulo tiveram de ser interditadas ontem por causa de vazamento de nafta, um derivado de petróleo, de dutos da Transpetro. (...) Cerca de sessenta moradores foram retirados do local. (...) O produto começou a vazar no início da madrugada após uma tentativa de furto, segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). (...) Houve infiltração do produto no solo sob as moradias, (...) há risco de contaminação do lençol freático. Há pontos do duto danificados com vazamento do produto e risco de explosão. (BORGES, JEANE, 2016, caderno B5)

A outra ocorrência devido à interferência externa em oleoduto, motivada por furto de combustível, foi registrada no estado do Rio de Janeiro, com reportagem editada pelo Jornal A Tarde, através da Agência Brasil/Rio, reportagem de CORRÊA, de acordo com o seguinte relato da ocorrência:

“Quadrilha desviou milhões de litros de combustível”

[...] A Polícia Civil prendeu treze pessoas de uma quadrilha especializada em furto de combustível de oleodutos da Refinaria Duque de Caxias (REDUC), na Baixada Fluminense. (...) De acordo com os promotores de justiça, o prejuízo com o desvio do furto de combustíveis como gasolina, diesel, álcool e petróleo cru é estimado em R\$ 33,4 milhões. Apenas em 2016, o grupo desviou cerca de 14 milhões de litros de combustível da Petrobras Transporte S.A. (Transpetro) apenas na Baixada Fluminense. (...) A quadrilha usava a técnica da trepanação, que consistia na instalação de uma derivação clandestina no duto perfurado, sem a necessidade de fechar o abastecimento do produto. (CORRÊA, DOUGLAS, 2017, caderno B5)

A ocorrência mais recente de vazamento no Brasil, motivada por tentativa de furto de gasolina, através de derivação clandestina em oleoduto da Transpetro, ocorreu em Duque de Caxias/RJ, em 26 de abril de 2019, causando a morte de uma criança por queimadura, devido ao contato direto com o produto e a intoxicação por gases tóxicos da gasolina tipo ‘A’ em cinco pessoas da população circunvizinha das instalações do oleoduto. A fatalidade e os danos toxicológicos foram provocados pela gasolina tipo ‘A’, por ser a versão pura do produto e que tem a capacidade de provocar

queimaduras e um alto poder corrosivo, devido ao fato de ainda não ter sido misturado ao etanol e outras substâncias, sendo capaz de derreter materiais.

As ações criminosas de furtos de combustíveis em oleodutos podem ocasionar problemas como interrupção de fornecimento com impacto no abastecimento, elevação dos preços dos combustíveis para o mercado consumidor, possibilidade de ocorrência de incêndio, explosão, vazamento e por consequência, causar danos à população situada no entorno e ao longo das instalações do oleoduto e ao meio ambiente.

De acordo com o informe do Senado Federal brasileiro, o desvio de combustíveis já é considerado a quarta atividade ilegal mais rentável, em termos de comércio, a atividade perde apenas para o narcotráfico, a falsificação e o tráfico humano. Essa atividade criminosa é mais comum no México, Colômbia, Nigéria e Turquia.

2.15.2.12 Explosão no México

A explosão seguida de incêndio em um oleoduto provocada por furto de gasolina em *Tlahuelilpan*, no estado de *Hidalgo*, no sul do México, na data de 18 de janeiro de 2019, ocorrência caracterizada como dano intencional, provocou um acidente de grande proporção. Os criminosos furaram o oleoduto, com a intenção de furtar gasolina, o que atraiu centenas de pessoas do município que se aproximaram do local com a intenção de coletar o combustível que jorrava em abundância, carregando os mais diversos tipos de vasilhames, o que ocorreu em seguida, após um intervalo de algumas horas do início do furto, foi uma explosão seguida de incêndio intenso, conforme demonstram as fotos da Figura 22, que representam as imagens pouco antes da explosão e após a explosão, seguida da queima do combustível.

De acordo com informações divulgadas pela Secretaria de Saúde do México o número de vítimas fatais provocadas pela explosão seguida de incêndio totalizou 117 pessoas e 30 feridos com queimaduras intensas por todo o corpo.

Figura 22–Explosão de oleoduto no México



Fonte: *Reuters/Veronica Monroy/ Handout* (2019)

A Tabela 9 destaca alguns dos principais registros históricos de acidentes motivados por falha causada por terceiros e as suas respectivas quantidades de produtos vazados dos oleodutos, com registro de ocorrência no Brasil e na Europa.

Para um intervalo de 32 anos de registros de vazamentos por falhas em oleodutos, causados por terceiros no Brasil, as que mais ocorreram foram os danos causados por máquina de escavação, de perfuração e as ocorrências de furto de combustível. Já no continente europeu, para um intervalo de 20 anos, as falhas em oleodutos, provocando vazamentos provenientes da ação de terceiros, as que mais ocorreram, foram os danos causados por escavação, furto, terrorismo e vandalismo nas instalações dos oleodutos.

Tabela 9—Principais acidentes causados por terceiros no Brasil e na Europa

FALHA POR AÇÃO DE TERCEIROS					
Acidentes ocorridos no Brasil					
Data	Local	Atividade	Produto	Causa	Consequências
1987	Guararema/SP	Oleoduto	Óleo combustível	Máquina de terraplenagem danificou acessório do oleoduto	Vazamento de 200 m ³
2001	Barueri/SP	Gasoduto	GLP	Perfurado por “bate-estaca”	Vazamento de 259 m ³
2002	São Paulo/SP	Gasoduto	GN	Colisão com sistema de válvulas	Vazamento de 182 m ³
2017	Rio de Janeiro/RJ	Oleoduto	Óleo combustível	Furto de combustível	Vazamento de 60 m ³
2019	Duque de Caxias/RJ	Oleoduto	Gasolina	Furto de combustível	Vazamento de 24 m ³
Acidentes ocorridos na Europa					
1971	Europa	Oleoduto	Óleo cru	Escavação	Vazamento de 2000 m ³
1979	Europa	Oleoduto	Óleo combustível	Furto de combustível	Vazamento de 960 m ³
1983	Europa	Oleoduto	Gasolina	Terrorismo	Vazamento de 675 m ³
1991	Europa	Oleoduto	Gasolina	Vandalismo	Vazamento de 485 m ³

Fonte: CETESB; Agência de Notícias *Reuters*; G1; *Concawe* (adaptado)

2.16 Critério para tolerabilidade dos riscos para a dutovia

O critério adotado para a determinação da estimativa de frequências acidentais nas instalações da dutovia atende ao padrão da CETESB, que define o seguinte critério para aceitabilidade, em termos de riscos para o empreendimento:

[...] Nos casos em que os efeitos físicos extrapolam os limites do empreendimento de forma a afetar pessoas, o risco do empreendimento deve ser calculado; para tanto, deve ser estimada as frequências de ocorrência de hipóteses e de cenários acidentais. (CETESB, 2011, p.28)

O risco individual e o risco social foram os critérios que indicaram a aceitabilidade para as instalações da dutovia do Temadre ao risco tecnológico. O sistema computacional desenvolveu os cálculos dos riscos, inerentes a cada cenário acidental, obtido a partir dos eventos simulados, para em seguida construir a curva de iso-risco para o risco individual e a curva F-N para o risco social, abrangendo as áreas vulneráveis ocupadas pela população residente no entorno e ao longo da dutovia. As representações gráficas de tolerabilidade dos riscos individual e social estabeleceram os valores inerentes às delimitações das áreas vulneráveis para os indivíduos.

O presente estudo não abrange os efeitos danosos provenientes de concentrações tóxicas sobre o ser humano e o meio ambiente, e os danos causados às estruturas da indústria petrolífera e as estruturas urbana do município.

2.16.1 Risco Individual e Risco Social

Os critérios utilizados para avaliar quantitativamente os riscos para as pessoas expostas aos efeitos danosos, decorrente de um acidente ampliado em uma instalação industrial, são apresentados na forma: de risco individual formado pelo risco individual médio e do contorno do risco individual; e de risco social formado pelo risco social médio e da curva F-N¹³.

2.16.2 Risco Individual

O risco individual trata da avaliação quantitativa, da probabilidade de um indivíduo, situado em um determinado ponto da região, propensa aos riscos isoladamente e residentes nas comunidades circunvizinhas da dutovia vir a sofrer fatalidade em decorrência de um acidente. Essas regiões representam os locais onde as pessoas estão expostas a um determinado valor de risco.

O risco individual é representado através de curvas de iso-risco, possibilitando uma ampla visualização da extensão geográfica do risco em diferentes regiões e afeitas aos danos acidentais provenientes das instalações industriais. Os elementos indicadores quantitativos para o risco individual são o risco individual médio e o contorno de risco individual que corresponde à curva de iso-risco.

2.16.3 Padrão e tolerabilidade de risco individual para dutos

De acordo com o que estabelece o sistema computacional, quando caracteriza o risco individual em um estudo de análise risco:

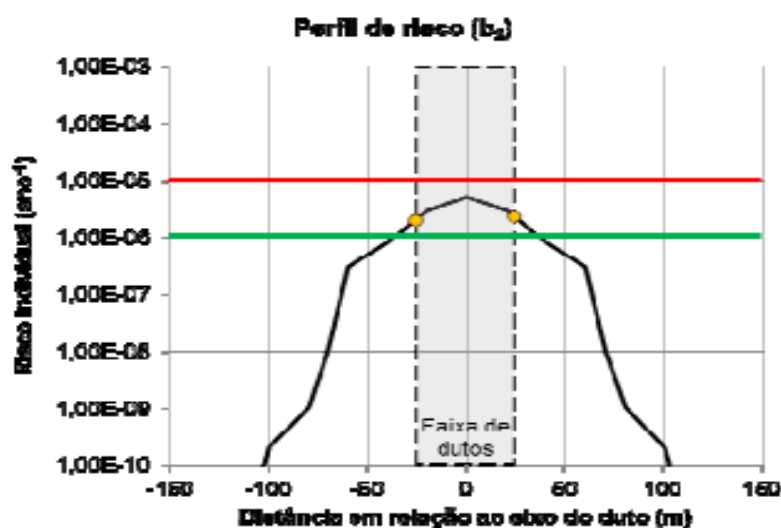
[...] O risco individual indica a frequência esperada de morte para um indivíduo na região de interesse. O risco individual é um importante critério de aceitabilidade de riscos porque existe um valor médio de risco individual. (*Riskan*, 2016, p.101)

¹³Curva F-N: é um gráfico que fornece a frequência F de ocorrência de acidente com N ou mais vítimas. (*DNV*, 2006, p.9)

De acordo com a representação gráfica da Norma Técnica P4.261 da CETESB (2011, p.59 - 60) a Figura 23 de perfil de risco (b2), representa o gráfico da região de risco a ser reduzido, correspondendo ao contorno de risco individual com valor de intervalo entre $1 \times 10^{-6} \text{ ano}^{-1} \leq \text{RI} \leq 1 \times 10^{-5} \text{ ano}^{-1}$, o que configura como a região limite de tolerabilidade, região adotada como critério de avaliação quantitativa, aplicada para o risco individual em dutos transportando produtos perigosos. O que indica que a região de risco individual para a dutovia, necessita da implantação de medidas que resultem na redução de risco para as instalações da dutovia, de modo que a curva do gráfico se projete na região do nível de risco tolerável, demonstrando que as instalações da dutovia, necessitam de uma gestão de um Programa de Gerenciamento de Risco (PGR)¹⁴.

Na figura da curva do perfil de risco (b2) representativa do risco individual para os eventos simulados na dutovia, os valores dos riscos são representados no eixo vertical da curva, indicando as probabilidades de ocorrência de fatalidade individual por ano (ano^{-1}), para um indivíduo situado em determinada posição do eixo horizontal, configurado como distâncias em metros (m) na curva. Na curva, a distância de 0 m no eixo horizontal representa o eixo ou o centro da dutovia.

Figura 23–Perfil de risco (b2) risco na região a ser reduzido



Fonte: CETESB P4.261 (2011, p.60)

¹⁴Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR): é um documento que define a política e diretrizes de um sistema de gestão, com objetivo de prover uma sistemática voltada para o estabelecimento de requisitos, contendo orientações gerais de gestão, com vistas à prevenção de acidentes em instalações ou atividades potencialmente perigosas.

2.16.3.1 Risco individual médio

O risco individual médio estabelece o valor médio incidente nos indivíduos das comunidades presentes em áreas vulneráveis. É definido como a relação entre o risco social médio e o número de pessoas expostas ao risco, portanto define a chance de um indivíduo da comunidade para o período de um ano ser vítima fatal de ocorrência de um acidente químico ampliado. Logo, o risco individual médio constitui-se em uma medida da frequência anual esperada de fatalidades para uma população.

2.16.3.2 Contorno de risco individual

Representada sob o formato de contornos de iso-risco ou contornos de risco individual, as curvas de iso-risco permitem visualizar a distribuição geográfica de determinado risco na instalação industrial e nas circunvizinhanças do empreendimento industrial. Os contornos das curvas definem uma indicação gráfica dos níveis de riscos para o indivíduo das comunidades existentes no entorno das instalações industriais. Conforme o manual do sistema computacional:

[...] O risco individual indica a frequência esperada de morte para um indivíduo na região de interesse. O risco individual é um importante critério de aceitabilidade de riscos porque existe um valor médio de risco individual independente da presença ou não de instalações próximas. Todos nós temos uma chance média de fatalidade. Espera-se que uma instalação específica não aumente significativamente esta chance. (*Riskan*, 2016, p.101)

2.16.4 Risco social

O risco social representa uma medida de risco ao qual o grupo formado pelas comunidades residentes no entorno e ao longo da dutovia estão expostas aos efeitos físicos decorrentes dos diferentes cenários acidentais. O risco social deve ser calculado levando em conta o número provável de fatalidades por evento acidental, originando uma relação onde consta o número de pessoas afetadas, correlacionadas com as respectivas frequências de ocorrência dos eventos. Os dados obtidos dos cálculos foram trabalhados em forma de frequência acumulada, originando a curva F-N através da representação gráfica dos dados de frequência acumulada (F) do evento final, relacionada aos respectivos efeitos acidentais decorrentes do número de vítimas

fatais (N), originando dessa forma o traçado da curva F-N representativa do risco social.

A partir da distribuição populacional definida para o município, ficou caracterizada a forma pela qual a população está exposta aos riscos quando residente nas proximidades das instalações da dutovia. Decorrente dessa situação, existe então uma proporcionalidade direta, que quanto maior o número de pessoas presentes no entorno e quanto mais próxima às pessoas estiverem das instalações industriais, maior a probabilidade de registro do número de fatalidades para a população. Logo, o risco social representa uma medida de avaliação de risco importante quando envolve uma região densamente habitada exposta ao risco de ocorrência acidental proveniente de atividade industrial. Os elementos indicadores quantitativos para o risco social são, o risco social médio e a curva F-N.

2.16.4.1 Risco social médio

O risco social médio é definido como o número esperado de fatalidades por ano em decorrência de acidentes em instalações industriais e que tenham a probabilidade de causar danos à população próxima.

Para cada um dos eventos iniciadores simulados e seus respectivos cenários acidentais, o sistema computacional desenvolve o relatório de risco social médio.

2.16.4.2 Curva F-N

O principal indicador do risco social é a curva F-N, que relaciona a frequência acumulada F de acidentes para um determinado grupo de pessoas, em uma área definida da comunidade, resultando em N ou mais fatalidades devido à ocorrência de um acidente maior.

A representação gráfica através da curva F-N, constitui a forma de avaliação do risco social, a grande vantagem dessa curva é a demonstração gráfica da extensão dos riscos a que está exposta a população externa às instalações industriais, sujeita ao efeito físico danoso proveniente de acidente químico ampliado.

2.16.4.3 Padrão e tolerabilidade de risco social para dutos

De acordo com o que estabelece o sistema computacional, quando trata da caracterização do risco social em um estudo de análise risco:

[...] O risco social é utilizado principalmente para identificar instalações potencialmente com perspectivas de gerar grandes acidentes. Mesmo que o risco individual seja baixo, ou seja, que exista um pequeno risco para cada pessoa, a possível ocorrência de um evento único com grande número de vítimas é vista como crítica. A base para este tipo de risco é o comportamento conhecido como aversão ao risco, que faz acidentes com grande número de vítimas simultâneas serem percebidos como mais perigosos que vários eventos espaçados no tempo, mesmo que na soma o número de fatalidades seja idêntico. (*Riskan*, 2016, p.107)

Conforme orientação da Norma Técnica CETESB P4.261 (2011, p.61) a Figura 24 representa a curva F-N que define as retas limites de tolerabilidade, adotada como critério de avaliação quantitativa para do risco social para as instalações da dutovia.

Os limites de tolerabilidade foram concebidos de forma a proteger o grupo de indivíduos constituintes das comunidades, bem como o meio ambiente.

A curva F-N define as retas limites de tolerabilidade para o risco social, onde na representação gráfica, F (eixo vertical) representa a frequência e N (eixo horizontal) representa o número de vítimas para cada ocorrência do cenário acidental para o intervalo de comprimento estimado de cálculo a cada 20,0 m o que indica de quantos em quantos metros foram simulados um acidente, de forma a atender ao comprimento total da dutovia de 4.600,0 m dentro do município.

De acordo com o gráfico de avaliação de tolerabilidade de risco social, a ser aplicado para a dutovia, as regiões são delimitadas pelo risco tolerável, risco a ser reduzido e risco intolerável.

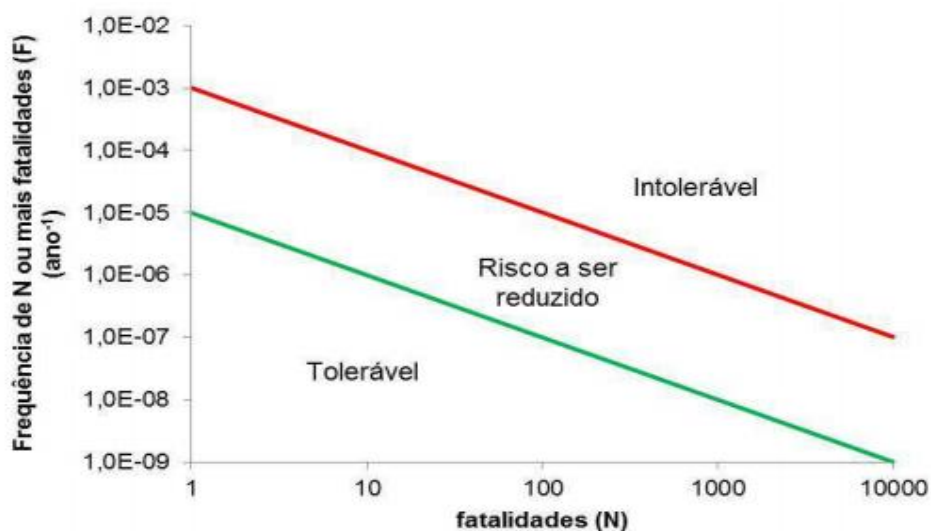
E conforme os critérios da Norma Técnica CETESB P4.261 (2011, p.35), ficam estabelecidos os parâmetros para o risco social:

- Risco tolerável, na representação gráfica é a região do risco considerado aceitável, ou seja, região limitante do nível baixo dos riscos e que são considerados toleráveis para as instalações da dutovia;
- Região de risco a ser reduzido ou *As Low As Reasonably Practical (ALARP¹⁵)*, quando o traçado da curva de risco está situado total ou parcialmente na região de risco a ser reduzido, requer a implantação de medidas que resultem na redução do risco. Nessa região, significa que os riscos devem ser reduzidos sempre que o custo das medidas necessárias para a redução for considerado razoável em termos de redução de riscos para as instalações da dutovia;

¹⁵ALARP: Tão Baixo Quanto Razoavelmente Aceitável.

- Risco intolerável, corresponde ao traçado da curva de risco situado total ou parcialmente na região de risco intolerável, indica a inviabilidade das instalações da dutovia. Na representação gráfica é a região do risco considerado inaceitável a qualquer nível, ou seja, região limitante do nível alto dos riscos e que são considerados não aceitáveis. Conforme configurado o risco intolerável, medidas de redução do risco devem ser adotadas de forma que a curva F-N se situe integralmente na região a ser reduzida ou preferencialmente, na região de risco tolerável.

Figura 24—Critério de tolerabilidade de risco social



Fonte: CETESB P4.261 (2011, p.35)

2.17 Áreas vulneráveis

O manuseio pelo terminal marítimo de produtos perigosos, caracterizados como de elevada toxicidade, inflamabilidade e explosividade, durante o processo de transportes através de dutos, está sujeito às ocorrências de liberações acidentais de forma descontrolada, vindo a causar os efeitos originados dos acidentes, provocando sobre pressão proveniente de explosão e fluxo térmico originado de incêndio. Esses efeitos podem afetar os indivíduos das comunidades circunvizinhas à dutovia, bem como as estruturas urbana existentes nas proximidades da ocorrência acidental.

Conforme o Tribunal de Contas da União (TCU), afirma em seu Relatório de Auditoria: “[...] Entre os segmentos do setor petrolífero nacional, aquele que representa maior risco de ocorrência de acidentes ambientais é o de transporte de produtos, tanto por dutos como por embarcações.” (TCU, 2001, p.2)

De acordo com o sistema computacional, quando estabelece o conceito de áreas vulneráveis:

[...] As áreas vulneráveis são o resultado final da análise de vulnerabilidade de uma região. Uma área vulnerável é uma indicação, na região de interesse, dos pontos que podem sofrer determinado tipo de dano em função de um acidente. (*Riskan*, 2016, p.86)

E estabelecendo uma complementação ao sistema computacional, quando faz referência às equações de probit¹⁶: “[...] Estas equações relacionam através de parâmetros empíricos, medidas em experiências, as variáveis físicas obtidas das simulações de acidentes com a probabilidade de dano. O caso mais comum é a probabilidade.” (*Riskan*, 2016, p.87)

Como forma de ilustrar a estimativa do número de pessoas afetadas, representativa do risco social, a Norma Técnica CETESB P4.261 (2011, p.28) através da Figura 26 estabelece uma estimativa simplificada da probabilidade de fatalidade para os três níveis de referência das áreas vulneráveis, para os membros da população expostas aos efeitos danosos da radiação térmica e da sobrepressão, originados dos cenários acidentais. Na figura o ponto indicativo da “Fonte de vazamento” corresponde ao centro da dutovia.

Para a determinação das áreas vulneráveis foi adotado o critério da probabilidade de fatalidade, baseado nas equações de probit. As áreas vulneráveis aos danos acidentais foram indicadas em 3 níveis de referência para 1%, 50% e 99%, valores que correspondem a cada nível da curva de abrangência, caracterizadas como áreas vulneráveis, para a probabilidade de fatalidade, decorrentes de acidentes ampliados na dutovia.

Os valores dos níveis de referência foram adotados para os efeitos da radiação térmica e da sobrepressão atendendo ao seguinte critério:

- para radiação térmica provocada por incêndio em poça, jato de fogo e bola de fogo, depois de referenciada a distância ao local do vazamento foi considerada

¹⁶Probit: este tipo de análise de regressão apropriado para conjuntos de dados em que a variável dependente é medida em unidades do tipo Sim ou Não, Morreu ou Não Morreu etc. Neste caso a resposta é representada pela porcentagem de sobreviventes, nascida etc. (Análise Estatística SAEG, 2001)

a probabilidade de fatalidade de 99% (1,0) para a radiação térmica maior ou igual a 35 KW.m⁻²;

- para sobrepressão provocada por explosão, depois de referenciada a distância ao local do vazamento foi considerada a probabilidade de fatalidade de 50% (0,75) para a sobrepressão maior que 0,3 bar (0,31kgf.cm⁻²) e a probabilidade de fatalidade de 1% (0,25) para a região de sobrepressão entre 0,1 e 0,3 bar.

Figura 25—Áreas vulneráveis para regiões com probabilidade de fatalidade



Fonte: Norma Técnica CETESB P4.261 (2011, p.28)

Para o presente projeto de pesquisa a avaliação dos efeitos físicos para os membros da população, presentes nas áreas vulneráveis, atendeu as seguintes etapas:

- desenvolvimento dos cálculos através de modelagens matemáticas, provenientes dos efeitos das simulações, dos tipos: descarga de líquidos ou gás inflamável, decorrente da quantidade liberada por furo, ruptura ou descarga descontrolada de dutos; evaporação de gás liquefeito ou líquido inflamável, através da taxa de evaporação proveniente de vazamento do produto com formação de poça no piso; dispersão de gás inflamável, com alcance da nuvem de gás sobre a área, com capacidade de provocar incêndio em nuvem e da massa de gás gerar explosão; efeito da explosão através da sobrepressão e impulso, a partir da distância do centro da geração da explosão; incêndio gerando carga térmica decorrente de um incêndio em poça de um líquido inflamável ou de uma bola de fogo originada de um *Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (BLEVE)*¹⁷;

¹⁷BLEVE: ou bola de fogo, fenômeno que se verifica quando o volume de vapor inflamável, inicialmente comprimido num recipiente, escapa repentinamente para a atmosfera e, devido à despressurização,

- Determinação através de cálculo das áreas vulneráveis, ou seja, as áreas afeitas às vulnerabilidades dos efeitos de um dano decorrente de um acidente;
- Efetivação dos cálculos dos riscos para os eventos simulados e para todo o município propenso aos efeitos das consequências danosas das ocorrências acidentais, caracterizados como risco individual e risco social representados, respectivamente, pelas curvas de iso-risco e pela curva F-N.

Para o presente estudo de análise de risco, referente às instalações da dutovia, as curvas de iso-risco e as curvas F-N, respectivamente, representativas do risco individual e do risco social, os procedimentos dos cálculos estimativos foram desenvolvidos pelo sistema computacional a partir das frequências e das consequências dos cenários hipotéticos dos acidentes, conforme os Eventos Iniciadores¹⁸ (EI), considerando as distâncias máximas de alcance dos efeitos da radiação térmica e da sobrepressão afetando os indivíduos.

2.18 Frequência do cenário acidental

Para caracterizar quantitativamente o risco de um acidente é necessário determinar o conjunto formado pelos três elementos componentes do risco, conforme definido a seguir:

Risco = {cenário, frequência, consequência}, atendendo aos seguintes conceitos:

- Cenário, como um dos elementos componente do risco o cenário acidental, determinado na análise quantitativa de riscos, baseia-se na composição da ocorrência de um evento de acidente e das diversas possibilidades de evolução do acidente, decorrente da eficiência do sistema de proteção da instalação do conjunto de dutos, das variáveis meteorológicas no momento do acidente e da presença ou não de fontes de ignição, no caso de acidente envolvendo substância inflamável;

forma um volume esférico de gás, cuja superfície externa queima, enquanto a massa inteira eleva-se por efeito da redução da densidade provocada pelo superaquecimento. (CETESB, 2011, p.4)

¹⁸Evento Iniciador (EI): caracteriza-se como o evento que levará à ocorrência do acidente, sendo normalmente representado por um evento de perda de contenção, pela liberação súbita de energia ou pela perda de controle reacional. (DNV, 2006, p.2)

- Frequência: a frequência esperada na ocorrência de cenário acidental tem como base de referência de risco o intervalo da frequência esperada para dutos por metro de ocorrência;
- Consequência: a consequência gerada a partir da ocorrência acidental decorrente de descarga de produtos perigosos originados de instalações do conjunto de dutos depende diretamente da presença na circunvizinhança na área de dano de recursos vulneráveis, tais como pessoas, estruturas físicas e o meio ambiente;

Para o cálculo das consequências, que tem a finalidade de determinar o número de fatalidades devidas a um cenário acidental específico, foi necessário definir as áreas de ocupação populacional afeitas à probabilidade de fatalidade na ocorrência de um acidente nas instalações da dutovia do Temadre.

2.18.1 Produtos envolvidos e quantidades movimentadas

O conhecimento das quantidades movimentadas, das propriedades físico-químicas, bem como as respectivas características da periculosidade dos produtos transportados através do conjunto de dutos do Temadre é de fundamental importância para a determinação da análise de riscos, inerente às instalações da dutovia.

A Tabela 12 apresenta as dimensões básicas do conjunto de dutos, em termos de diâmetro e comprimento, assim como o inventário dos produtos, derivados do petróleo, com as respectivas capacidades em volume de transportes na dutovia ao longo do município.

Tabela 10–Produtos transportados por dutos no Temadre

Produtos Transportados por Dutos			
Produto transportado	Diâmetro do duto (pol.)	Comprimento do duto (m)	Volume (m³)
Água Oleosa	8	5500	176,00
<i>Bunker</i>	24	5500	1430,00
Gás Liquefeito (GLP)	8	3000	96,00
Gás Liquefeito (GLP)	12	5500	385,00
Gás Liquefeito (GLP)	12	3000	210,00
Gás Liquefeito (GLP)	18	3000	450,00
Gás Liquefeito (GLP)	20	3000	540,00
Gasolina	14	1500	135,00
Gasolina	20	5500	990,00
Nafta Petroquímica	16	1500	180,00
Nafta Petroquímica	18	1500	225,00
Nafta Petroquímica	18	1500	225,00
Óleo Combustível	12	5500	385,00
Óleo Combustível	18	1500	225,00
Óleo Diesel	16	1500	180,00
Óleo Diesel	16	1500	180,00
Óleo Lubrificante	6	1500	28,50
Óleo Lubrificante	6	1500	28,50
Óleo Lubrificante	6	1500	28,50
Parafina	8	1500	48,00
Petróleo	34	1500	810,00
Petróleo	34	1500	810,00
Querosene de Aviação (QAV)	12	1500	105,00

Fonte: Agência Nacional do Petróleo (ANP, 1998, modificada)

2.18.2 Características dos produtos transportados

Tanto as propriedades físico-químicas, como as toxicológicas dos produtos manuseados no Temadre estão relacionadas na Tabela 13, as quais serão utilizadas nas simulações desenvolvidas pelo sistema computacional, levando a partir daí a valores precisos do comportamento dos produtos em termos da taxa média de descarga, da evaporação e alcance da nuvem de gás, decorrente de dispersão tóxica e/ou de caráter inflamável. Os dados foram obtidos a partir das Fichas de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ, 2018) da Petrobras.

Para a execução das simulações de dispersão é necessário conhecer as propriedades físico-químicas dos produtos envolvidos no acidente. O sistema computacional contém um banco de dados de substâncias puras com suas respectivas propriedades físico-químicas, assim como, a caracterização quanto à toxicidade e à inflamabilidade dos produtos.

Tabela 11–Características físico–químicas dos produtos manuseados

Características Físico-Químicas dos Produtos Manuseados				
Produto	Classe de Risco	Ponto de Fulgor (°C)	Ponto de Ebulição (°C)	Efeito do Produto no Ser Humano
<i>Bunker</i>	Líquido inflamável	>60	288 a 338	Irritação das vias aéreas
Gasolina	Líquido inflamável	<0	>35	Efeito narcótico
GLP	Gás inflamável	- 74	- 30	Asfixiante
Nafta	Líquido inflamável	35	60 a 90	Depressor do sistema nervoso, irritação das vias aéreas, náusea e confusão
Óleo Combustível	Líquido inflamável	38	150 a 471	Irritação das vias aéreas
Óleo Diesel	Líquido inflamável	> 62	288 a 338	Toxicidade mediana
Óleo Lubrificante	Líquido inflamável	30 a 70	>100	Pouco tóxico
QAV	Líquido inflamável	>60	>35	Provoca sonolência e danos ao sistema nervoso central

Fonte: FISPQ (Petrobras, 2018)

2.18.3 Compatibilidade entre as substâncias

Para as etapas de modelagem matemática de consequências, a partir da forma como o sistema computacional faz a simulação com substâncias puras, foi necessário estabelecer a compatibilização das substâncias manuseadas no Temadre com as substâncias puras reconhecidas pelo banco de dados do sistema computacional. A Tabela 14 apresenta a relação de compatibilidade entre as substâncias manuseadas no Temadre com as substâncias puras reconhecidas pelo sistema computacional. As propriedades físico-químicas das substâncias puras estão definidas no ANEXO A.

Tabela 12–Substâncias puras compatíveis às substâncias manuseadas

Substâncias Puras Compatíveis com as Manuseadas no Temadre	
Derivado de Petróleo e Álcool	Substância Pura
<i>Bunker</i>	n – Heptano
Gasolina	n – Pentano
GLP	n – Butano
Nafta Petroquímica	n – Pentano
Óleo Combustível	n – Heptano
Óleo Diesel	n – Heptano
Óleo Lubrificante	n – Heptano
QAV	n – Heptano

Fonte: Norma Técnica P 4.261 (CETESB, 2011, p.49, modificada)

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

Este trabalho consiste em um estudo exploratório dos riscos a fim de determinar a vulnerabilidade e a consequência advindas da ocorrência de um acidente ampliado nas instalações da dutovia.

O manuseio intenso, através dos transportes de grande volume de combustíveis derivados de petróleo considerados perigosos, devido às características tóxicas, inflamáveis e explosivas, concentrado por toda extensão do ambiente urbano, são fatos que demonstram o desequilíbrio socioambiental do município, em vista da coexistência dos impactos e as situações de riscos extremos a que está exposta os indivíduos das comunidades do entorno e ao longo da dutovia.

Nessa configuração, a análise de riscos torna-se indispensável para a atividade intensa e continuada como as exercidas pelas condições operacionais de transportes de combustíveis pela dutovia do Temadre.

Através dos eventos simulados e com a aplicação da análise de riscos, foi possível fazer uma previsão das áreas vulneráveis no entorno e ao longo da dutovia, e por consequência a quantidade de pessoas afetadas.

Conforme estabelece MCHADO e OLIVEIRA (2014):

[...] A análise de riscos envolve a identificação da avaliação, gerenciamento e comunicação dos eventos de risco ao meio ambiente e à saúde humana, para facilitar a previsão de ferramentas eficientes de ação frente aos possíveis acontecimentos ambientalmente danosos, a fim de minimizar seu impacto quando tal evento ocorrer. (2014)

Os resultados da análise de riscos aplicada para a presente pesquisa foram obtidos através de *software* específico e representados em mapas temáticos, para transmitir melhor visualização espacial das curvas de abrangência das áreas consideradas vulneráveis para os indivíduos residentes nas comunidades circunvizinhas à dutovia.

3.1 Percepção de risco tecnológico pela população

É essencial compreender, como a população residente na área urbana do município percebe ou aceita os riscos inerentes às instalações da dutovia, transportando grande volume de combustíveis derivados de petróleo. Uma das formas de alcançar este entendimento foi através da pesquisa de campo, com o intuito de

obter por parte da população a opinião de como ela pensa, sente e a forma de se comportar perante o risco eminente, as atitudes que tomaria ou como julga a exposição à vulnerabilidade devido ao convívio com o risco tecnológico, na perspectiva de ocorrência de um acidente químico ampliado, buscando com isso entender como ocorre à interação entre a população e o ambiente em que vive. Por esse motivo o público alvo da pesquisa foram pessoas residentes na área urbana do município, escolhidas de forma aleatória simples e com um nível mínimo de escolaridade completo.

O risco se apresenta de forma peculiar entre as pessoas de uma comunidade, quanto ao aspecto de aceitação e convivência com relação à uma situação de exposição ao risco. O Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED), configura o risco em uma comunidade, concebendo o seguinte aspecto:

[...] O risco é diferenciado, isto é, não afeta todas as pessoas de uma comunidade da mesma forma (...). A percepção do risco varia de acordo com as comunidades e as pessoas que as integram, fazendo com que elas vejam a questão de diferentes maneiras, de acordo com suas crenças, suas tradições e as informações a que têm acesso. (CEPED, 2012, p.2014)

3.1.1 Tamanho da amostra da população para entrevista

Para a determinação do tamanho da amostra da população a ser entrevistada foi utilizado os dados da Tabela 10 onde é registrado o tamanho da população da amostra, considerando um intervalo de confiança de 95%. Para o presente trabalho foi adotada, conforme a tabela, uma população de 20.000 pessoas para uma margem de erro desejada de 10%, totalizando dessa forma uma amostra de 100 pessoas.

Tabela 13–Tamanho da amostra da população entrevistada

População	Margem de erro desejada			
	1%	3%	5%	10%
< 1.000			222	83
1.000			286	91
3.000		1.364	353	97
4.000		1.538	364	98
5.000		1.667	370	98
7.000		1.842	378	99
10.000	5.000	2.000	383	99
20.000	6.667	2.222	392	100
50.000	8.333	2.381	397	100
100.000	9.091	2.439	398	100
> 100.000	10.000	2.500	400	100

Fonte: Arkin, H & Colton, R. R. (1971)

3.1.2 Realização das entrevistas

As entrevistas realizadas de forma interativa, foram aplicadas pelo próprio pesquisador durante o período de agosto a setembro de 2017, junto à população residente no município, selecionada em função da presença das pessoas em trânsito em localidades distintas do município. No mapa da Figura 25 estão registrados os locais da realização das entrevistas.

A escolha dos locais foi feita de forma aleatória e antes da efetivação das entrevistas. Como a presente pesquisa abrange toda a extensão do município, o critério adotado para atender a essa condição, foi através da distribuição das pessoas de forma ampla no espaço urbano. Cada uma das 20 localidades distribuídas, demarcadas no mapa, são compostas por 05 pessoas totalizando 100 pessoas entrevistadas.

Antecipadamente, agradecemos as pessoas que participaram das entrevistas, as quais serviram de apoio para essa pesquisa, pois se constitui em fundamental importância para o entendimento da percepção de risco socioambiental da população residente no município.

Para efeito de esclarecimento, informamos que os dados obtidos nas entrevistas de campo, para análise e aplicação nesta pesquisa têm finalidade meramente acadêmica. A partir dos dados coletados, todos os trabalhos e publicações resultantes desta pesquisa e que envolvam a identificação das pessoas entrevistadas serão mantidas em sigilo.

Para a pesquisa de campo foi aplicado um questionário com 10 perguntas, composto por questões semiabertas, com o intuito de formar uma análise qualitativa dos dados obtidos nas entrevistas, dados esses que foram transformados em gráficos e tabelas com o objetivo de facilitar a compreensão dos anseios por parte da população quanto aos riscos tecnológicos inerentes às instalações da dutovia. O modelo do questionário aplicado está disponível no Apêndice C do presente trabalho.

Figura 26—Localidades demarcadas para realização das entrevistas



Fonte: Google Earth (modificado). Elaborado por: Luís H. C. Paixão (2018)

3.1.3 Estrutura do questionário

As perguntas do questionário foram precedidas da identificação das pessoas entrevistadas, reunidas em 03 grupos, onde para cada questão fechada do grupo o entrevistado tem a justificativa ou o esclarecimento da resposta. O primeiro grupo foi indagado sobre a satisfação pessoal do entrevistado em residir na zona urbana do município e se estava identificado com os problemas de segurança, devido às instalações da dutovia transportarem produtos refinados de petróleo por toda a extensão do ambiente urbano. O segundo grupo, envolveu a percepção da população ao risco, na perspectiva de ocorrência de um acidente químico ampliado na dutovia e se o entrevistado estava ciente dos produtos transportados, ou mesmo, das condições de funcionamento das instalações da dutovia, referente à pressão e temperatura elevada para transportes dos produtos. E o terceiro grupo tratou das medidas de segurança coletiva para o caso de ocorrência de um acidente ampliado na dutovia, se o entrevistado tinha conhecimento das medidas preventivas, através do fornecimento

de treinamento e/ou palestra para os riscos que envolvem os transportes de produtos perigosos através de dutovia em área urbana, a forma como deveria ser estabelecida a comunicação entre a população e a empresa responsável pela dutovia, em caso de ocorrência acidental nas instalações.

3.2 Mapeamento das áreas vulneráveis ao risco tecnológico

Para determinação dos mapas temáticos de vulnerabilidade para o risco tecnológico, foram aplicadas três curvas que delimitam as áreas vulneráveis para a probabilidade de fatalidade e que determinam as respectivas distâncias máximas de alcance das tipologias acidentais, originadas dos eventos simulados na dutovia com o intuito de demarcar e identificar as áreas de risco presentes no ambiente urbano, com maior chance de afetar os indivíduos pelos efeitos dos acidentes simulados. Para determinar as áreas vulneráveis foi utilizado o *software* de mapa na versão QGIS¹⁹–OsGeo 4W-2.18.14-1.

Para estabelecer o mapeamento da vulnerabilidade ao risco tecnológico do município foi concebido, inicialmente, um *shapefile*²⁰, linha que serve de base de referência para o traçado espacial a partir do centro da dutovia.

A partir da linha central de referência determinada para a dutovia e através da utilização da ferramenta *buffer*²¹ do QGIS, foram concebidas as curvas de níveis para delimitar as áreas vulneráveis, para os membros da população a serem afetados, atendendo às respectivas distâncias máximas estabelecidas por evento simulado, obtendo dessa forma a espacialização das áreas vulneráveis na abrangência das áreas habitadas, alcançadas pelos efeitos acidentais provenientes dos eventos simulados.

Após a espacialização das áreas vulneráveis, no entorno e ao longo da dutovia, foram utilizados os dados referentes ao *shapefile* dos setores censitários da área urbana do município, obtidos através do site do IBGE (2010), foi feita a interseção desses dados, a partir da distribuição proporcional dos setores censitários do

¹⁹QGIS: é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) que permite criar mapas, trata de um software livre e gratuito.

²⁰Shapefile: é uma extensão de arquivo aberto por *software* de mapa, neste caso o *software* utilizado foi o QGIS, para edição e criação de dados geoespaciais em forma de vetor usado pelo GIS.

²¹Buffer: é uma ferramenta do QGIS que cria polígonos através de uma distância específica no entorno de feições selecionadas, ou seja, cria áreas entorno de feições baseada em distância ou campo de distância, gerando as áreas de influência entorno da dutovia.

município, obtendo dessa forma a quantidade de pessoas que vivem nas áreas delimitadas pelas curvas de níveis de vulnerabilidade, estabelecendo a configuração da abrangência das áreas vulneráveis obtendo por consequência, a previsão do número de pessoas afetadas por fatalidades por evento simulado.

3.3 Análise de vulnerabilidade

As vulnerabilidades para as regiões do município foram caracterizadas para os cenários relacionados hipoteticamente e caracterizados como eventos iniciadores, como sendo os cenários com maior potencial de causar danos aos indivíduos das comunidades.

O estudo de análise de vulnerabilidade foi realizado através de modelagens matemáticas com a finalidade de estabelecer as áreas com grande potencial para sofrer impactos danosos, originadas dos efeitos decorrentes de sobrepressão e de radiação térmica.

A análise de vulnerabilidade foi desenvolvida atendendo aos critérios metodológicos estabelecidos pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) através da Norma Técnica P4.261, com a finalidade de determinar os fatores que influenciam, diretamente nos estudos de análise de riscos de um empreendimento industrial relativo ao ambiente externo às instalações a CETESB (2011), estabelece:

[...] O risco de um empreendimento para a comunidade e para o meio ambiente, circunvizinha e externa aos limites do empreendimento, está diretamente associado às características das substâncias químicas manipuladas, suas respectivas quantidades e à vulnerabilidade da região onde a instalação está ou será localizada. (CETESB, 2011, p.10)

De acordo com a mesma norma os fatores que influenciam nos riscos de um empreendimento são formados basicamente pela quantidade, periculosidade das substâncias e a vulnerabilidade da região onde está instalado, demandando por consequência para o risco.

Inicialmente foram identificados os possíveis cenários acidentais, a partir da disposição da dutovia perante a estrutura urbana, relacionada com as operações de transporte de grande quantidade de produtos tóxicos e inflamáveis. Esses cenários foram caracterizados como cenários de ocorrências de acidentes, provenientes das probabilidades das frequências de vazamentos e de liberações acidentais de produtos inflamáveis, explosivos e tóxicos, configurados como Eventos Iniciais (EI),

caracterizados como acidente maior. A partir desses eventos iniciais foram simulados os acidentes e as respectivas consequências dos efeitos físicos para os indivíduos residentes nas comunidades no entorno e ao longo da dutovia.

Cada evento iniciador pode dar origem a diversos cenários de acidentes. Um vazamento de gás, por exemplo, pode gerar uma tocha ou jato de fogo se houver a ignição imediata do material ou pode gerar uma nuvem inflamável que irá gerar uma explosão em nuvem ou um incêndio em nuvem.

Em um segundo momento foi caracterizado os cenários acidentais, através da avaliação das análises quantitativas dos efeitos físicos para os riscos individuais e sociais, decorrentes das tipologias acidentais, originadas de dispersão de nuvem inflamável pesada constante, gerando incêndio em nuvem; incêndio em poça; explosão multi – energia (*Unconfined Vapour Cloud Explosion - UVCE*); *BLEVE* e bola de fogo.

Para as simulações das vulnerabilidades dos cenários acidentais e para os cálculos dos riscos, decorrente dos acidentes na dutovia, foi utilizado o sistema computacional *Risk Analysis Essentials – Riskan*, versão 1.0.2 desenvolvido pela *Serenoware* (Sereno Sistemas Ltda.) que detém os direitos intelectuais do código e patente sobre o mecanismo dos cálculos de risco.

O *Riskan*, versão 1.0.2 (2013), é um sistema computacional que adota uma série de modelos matemáticos e estatísticos. O *software* não realiza previsões, apenas estimativas, baseadas em modelos estatísticos com dados empíricos e que serve de lastro para a análise de riscos quantitativo e análise de vulnerabilidade direcionada para os riscos industriais.

O sistema computacional utiliza cálculos interativos das diversas etapas componentes da avaliação dos riscos, suas consequências físicas e de vulnerabilidade, aplicado nos Estudos de Análise de Riscos (EAR) e avalia os impactos provenientes das eventuais ocorrências de emissão de radiação térmica originada de incêndio e de sobrepessão em ondas de choque gerada por explosão ou mesmo das liberações de produtos tóxicos e inflamáveis, provenientes das ocorrências acidentais dos dutos de transportes de produtos derivados do petróleo. Não fazem parte desse estudo os acidentes provenientes das emissões de gases tóxicos originados da queima dos produtos derivados de petróleo.

Com a finalidade de caracterizar a estrutura física de ocupação territorial do município e desenvolver as modelagens matemáticas das simulações, os seguintes

dados de entrada para o sistema computacional foram aplicados: mapa de localização física e geográfica; características das instalações da dutovia; características dos produtos transportados; parâmetros ambientais e meteorológicos; e características topográficas com a distribuição populacional. A partir das distribuições populacionais nas áreas vulneráveis e aplicando os modelos de vulnerabilidade, foi possível estimar o número pessoas afetadas por cenário acidental simulado na dutovia.

Através do sistema computacional e para efeito da determinação do número de pessoas afetadas em um cenário acidental estabelece:

[...] Uma vez definidas as distribuições populacionais, as características meteorológicas e físicas da região e estimadas as frequências esperadas dos eventos iniciadores, assim como outros dados, tais como probabilidades de ignição e de explosão, torna-se necessário avaliar taxas de evaporação, dispersão na atmosfera, além de outros efeitos físicos tais como campos de radiação térmica e de sobrepressão em ondas de choques geradas por explosões. Uma vez obtidos os efeitos físicos e estabelecidas as distribuições populacionais, fazendo-se uso de modelos de vulnerabilidade é possível estimar o número de possíveis vítimas em cada um dos cenários de acidentes. (*Riskan*, 2013, p.2)

Na Tabela 11 estão relacionados os eventos iniciadores e os respectivos cenários acidentais que foram objetos da efetivação das simulações e das análises quantitativas desse estudo. Os cenários acidentais relacionados, foram escolhidos por representarem os cenários causadores de maiores danos para as comunidades circunvizinhas às instalações da dutovia, expostas aos efeitos acidentais no sistema de transportes de produtos refinados de petróleo potencialmente perigosos.

Tabela 14—Eventos com os respectivos cenários acidentais para a dutovia

Hipótese Acidental Para Dutovia		
Localização	Evento Iniciador	Cenário Acidental
Dutovia	EI-01	Simulação para grande vazamento em dutos de GLP
	EI-02	Simulação para grande vazamento em dutos de óleo lubrificante, óleo combustível, <i>bunker</i> e óleo diesel
	EI-03	Simulação para grande vazamento em dutos de gasolina, nafta e QAV
	EI-04	Simulação para duto de GLP para ocorrência de <i>BLEVE</i> e bola de fogo

Fonte: Autor (2018)

3.4 Parâmetros utilizados nas simulações

Nos itens a seguir, são apresentados os parâmetros que serviram como dados de entrada para o sistema computacional desenvolver as simulações dos eventos no

estudo de análise de riscos, referentes às instalações da dutovia do terminal do Temadre.

3.4.1 Localização da dutovia no município

Conforme demonstra o mapa temático da Figura 27 fica destacada a grande concentração de área construída, formada pelas estruturas urbana e das demais áreas destinadas às instalações petrolíferas de armazenamento de produtos derivados de petróleo, localizadas no entorno e ao longo da dutovia.

Figura 27–Localização da dutovia e demais áreas de ocupação no município



Fonte: *Google Earth*. Elaborado por: Yuri B. Barbosa (2018)

3.4.2 Modelo de descarga compatível com a quantidade de substância

Para a escolha dos modelos de descarga que determinam a quantidade de substância vazada, seja líquido ou gás a ser liberada para o ambiente em decorrência de falha no duto de transporte é necessário estabelecer a estimativa da quantidade de substância vazada, em estado gasoso pela evaporação proveniente de uma poça formada do vazamento de um líquido.

Como o sistema computacional processa dois modelos diferenciados de evaporação, proveniente de uma poça, é necessário caracterizar, em termos de

comportamento no processo de evaporação a substância pura n – Butano como líquido adiabático²² e como líquido criogênico²³.

E conforme ressalta o manual do sistema computacional:

[...] A escolha do modelo depende do tipo de substância presente na poça. Se a substância é um gás liquefeito por criogenia, irá evaporar pela transferência de calor do solo. Se a substância é um líquido a temperatura ambiente, a evaporação se dará por corrente de vapor. (*Riskan*, 2016, p.197).

3.4.3 Parâmetros meteorológicos e ambientais

Para efeito desse estudo, além dos dados ambientais e meteorológicos, obtidos das estações meteorológicas, foram adotados os parâmetros emitidos pela Norma Técnica CETESB P4.261 de 2011 como referência metodológica por ser a mais completa e atualizada em prática no Brasil. Os demais órgãos ambientais utilizam os parâmetros da citada norma como referência para elaboração dos estudos de análise quantitativa de risco, além do mais, a CETESB, atualmente, é um dos centros de referência da Organização das Nações Unidas (ONU) para questões ambientais.

3.4.3.1 Dados meteorológicos

Para os estudos de análise de riscos foram utilizados os dados meteorológicos característicos da região de Madre de Deus/BA e que serviram como dados de entrada para o desenvolvimento da modelagem matemática dos cenários acidentais propostos.

Esses dados incluem a temperatura média do ar, umidade relativa média do ar, direção e velocidade do vento. São dados climáticos, que podem ter influência direta na dispersão de nuvens geradas a partir das liberações de substâncias tóxicas e/ou inflamáveis. Os dados climáticos foram obtidos a partir das três Estações Meteorológicas Automáticas da RLAM, instaladas nos municípios vizinhos de Candeias e São Francisco do Conde, de onde foram coletados dados

²²Líquido adiabático: é aquele no qual não há transferência de energia na forma de calor. (APARÍCIO, 2012, p.43)

²³Líquido criogênico: São substâncias que, em condições normais de temperatura e pressão, encontram-se em estado gasoso e que para serem liquefeitas precisam ser submetidas a temperaturas inferiores a -150°C. (CETESB, 2014, p.4)

correspondentes às médias horárias durante um período de três anos, entre 2005 e 2007 e a caracterização da classe de estabilidade para definir o grau de turbulência atmosférica a partir da velocidade do vento, radiação solar e percentagem de cobertura de nuvem para a região, de forma a configurar os modelos de dispersão atmosférica para a região de Madre de Deus/BA.

3.4.3.2 Temperatura média do ar

A temperatura média do ar registrada na Tabela 15 representam os dados meteorológicos da região de Madre de Deus/BA, de onde foi adotada a média anual de 2005 a 2007, compreendendo o período diurno e o período noturno.

Tabela 15–Temperatura média do ar da região

Temperatura Média do Ar	Valor (°C)	
	Período Diurno	Período Noturno
ANO 2005	28,00	26,30
ANO 2006	28,50	25,10
ANO 2007	28,00	26,70
MÉDIA	28,20	26,00

Fonte: Estações meteorológicas da RLAM (Petrobras, 2005 a 2007)

3.4.3.3 Temperatura do solo

De acordo com as condições atmosféricas estabelecidas pela CETESB: "[...] a temperatura do solo deverá ser considerada como sendo 5° C acima da temperatura ambiente." (CETESB P 4.261, 2003, p.24)

Para o desenvolvimento deste trabalho as temperaturas foram adotadas a partir das médias das temperaturas relacionadas na tabela anterior como sendo, respectivamente, 33,20° C para o período do dia e 31,00° C para o período da noite.

3.4.3.4 Umidade média do ar

A umidade média do ar está registrada na Tabela 16 que representa os dados meteorológicos da região de Madre de Deus, correspondente à média anual de 2005 a 2007, conforme o período considerado diurno ou noturno.

Tabela 16–Umidade média do ar da região

Umidade Média do Ar

Período Anual	Valor (%)	
	Período Diurno	Período Noturno
ANO 2005	73,30	78,70
ANO 2006	73,70	84,00
ANO 2007	72,20	81,80
MÉDIA	73,10	81,50

Fonte: Estações meteorológicas da RLAM (Petrobras, 2005 a 2007)

3.4.3.5 Direções do vento

As direções do vento registradas na Tabela 17 representam os dados meteorológicos dos registros de 16 direções do vento, com suas respectivas probabilidades de incidências de vento na região de Madre de Deus, caracterizadas para o período diurno e noturno.

Tabela 17–Direções e frequência média do vento da região

Direções do Vento	Frequência Média (%)	
	Período Diurno	Período Noturno
NORTE (N)	1,50	4,50
NORTE-NORDESTE (NNE)	5,58	8,75
NORDESTE (NE)	9,67	13,00
ESTE-NORDESTE (ENE)	15,75	14,50
LESTE (E)	21,83	16,00
LESTE-SUDESTE (ESE)	14,92	10,88
SUDESTE (SE)	8,00	5,75
SUL-SUDESTE (SSE)	6,08	4,17
Sul (S)	4,17	2,58
SUL-SUDOESTE (SSW)	2,92	2,33
SUDOESTE (SW)	1,67	2,08
OESTE-SUDOESTE (WSW)	1,58	1,96
OESTE (W)	1,50	1,83
OESTE-NOROESTE (WNW)	1,58	3,04
NOROESTE (NW)	1,67	4,25
NORTE-NOROESTE (NNW)	1,58	4,38

Fonte: Estações meteorológicas da RLAM (Petrobras, 2005 a 2007).

3.4.3.6 Velocidade média do vento

A velocidade média do vento registradas na Tabela 18 representa os dados meteorológicos da região de Madre de Deus, com elevação coleta para medição de 10 m, sendo adotada a média anual de 2005 a 2007, conforme o período diurno e o período noturno.

Tabela 18–Velocidade média do vento

Velocidade Média do Vento da região

Período Anual	Valor (m/s)	
	Período Diurno	Período Noturno
ANO 2005	3,10	2,40
ANO 2006	4,00	2,80
ANO 2007	4,20	2,90
MÉDIA	3,80	2,70

Fonte: Estações meteorológicas da RLAM (Petrobras, 2005 a 2007)

3.4.3.7 Categoria de estabilidade atmosférica

Para determinar o comportamento de uma nuvem composta de substâncias químicas é importante estabelecer a estabilidade atmosférica da região.

A estabilidade atmosférica é categorizada a partir das classes de estabilidade determinadas por *Pasquill*. Que trata de um sistema empírico utilizado para configurar os modelos de dispersão da região de Madre de Deus/BA, conforme ocorrência nos períodos do dia e da noite, de forma a caracterizar as condições da estabilidade atmosférica. Os parâmetros básicos necessários para classificar a estabilidade atmosférica, a partir do método de *Pasquill*, são em função das informações de temperatura, direção e velocidade do vento, radiação solar e as ocorrências de nebulosidade na região.

Devido à indisponibilidade dos dados referentes à radiação solar e as ocorrências de nebulosidade, para efeito de caracterização da estabilidade atmosférica, foi adotado para a realização das simulações desse estudo, a classe de estabilidade neutra 'D' de *Pasquill*, que corresponde a um comportamento médio para a região, como condição atmosférica padrão, para desenvolver todas as situações de ocorrência no momento de um acidente de grande proporção, tanto para o período do dia como para o período da noite.

Na Tabela 19 estão definidos os dados da condição atmosférica padrão para a região de Madre de Deus/BA, adotadas durante o desenvolvimento desse estudo. Estes valores valem para as situações diferenciadas, conforme a ocorrência, para o dia e para a noite.

Tabela 19–Condições atmosféricas padrão situação dia e noite

Condições Atmosféricas Padrão		
Condição	Situação	Descrição
Condição atmosférica padrão	Dia	Classe de estabilidade: D - neutra Velocidade do vento: 3,80 m/s Temperatura ambiente: 28,20 °C
	Noite	Classe de estabilidade: D - neutra Velocidade do vento: 2,70 m/s Temperatura ambiente: 26,00 °C

Fonte: Pasquill, (*Meteorological Magazine*, 1961, p.33 – 49)

3.4.3.8 Topografia da região – rugosidade da superfície

O parâmetro que caracteriza a topografia, em termos de rugosidade da superfície da região de Madre de Deus/BA, foi definido de acordo com os critérios estabelecidos pela CETESB e com os parâmetros definidos na Tabela 20, de forma a determinar as feições da região em termos de rugosidade, devido à presença de obstáculos.

A partir da configuração de ocupação do município caracterizado como de elevada taxa de ocupação urbana, o parâmetro de rugosidade da superfície adotado para efeito de cálculo pelo sistema computacional, foi o equivalente ao de área urbana, correspondente a 0.33 m, valor que foi adotado para as hipóteses acidentais desse estudo.

Tabela 20–Parâmetro de rugosidade da superfície

Parâmetro de Rugosidade da Superfície	
Tipo de Superfície	Rugosidade da Superfície (m)
Superfície marítima	0,06
Área plana com poucas árvores	0,07
Área rural aberta	0,09
Área pouca ocupada	0,11
Área de floresta ou industrial	0,17
Área urbana	0,33

Fonte: CETESB / P 4.261 (2003, p.24 - 25)

3.4.4 Intervalo de cálculo para as simulações na dutovia

Em uma dutovia como a existente no terminal do Temadre, para definição dos possíveis cenários acidentais foi estimado um intervalo de cálculo para cada 20,00 m até o comprimento total da dutovia dentro do município. O intervalo de cálculo estabelece de quanto em quantos metros foi efetuada a simulação de acidente, isto se deve ao fato de que o acidente pode ocorrer em qualquer ponto ao longo da

dutovia. A Tabela 21 estabelece o comprimento total da dutovia dentro do município e o intervalo de cálculo estimado para as simulações de riscos.

Tabela 21–Dimensões definidas para cálculo na dutovia

Dutovia em Madre de Deus	
Dimensões Definidas Para Cálculo	
Intervalo de Cálculo	20,00 m
Comprimento Total	4600,00 m

Fonte: Autor (2018)

3.4.5 População abrigada

Para o desenvolvimento deste estudo e conforme definido na Tabela 22 foi considerada para as simulações, as seguintes taxas de exposição da população em situação abrigada isto é, para as pessoas no interior de um imóvel, atendendo aos períodos de dia e de noite: 50% da população abrigada durante o dia e 90% da população abrigada durante a noite, parâmetros adotados e perfeitamente razoáveis para a situação que se apresenta no município.

Tabela 22–Situação da população residente abrigada dia e noite

Parâmetros Populacionais	
Situação da População	Taxa da População Abrigada
Dia	0,5
Noite	0,9

Fonte: Autor (2018)

3.4.6 Configuração da ocupação populacional

Para delimitar as áreas de ocupação populacional no entorno da dutovia, o sistema computacional traça os polígonos de forma a demarcar cada uma das áreas ocupadas por parte da população circunvizinhas as instalações da dutovia, para configurar o número de pessoas afetadas para cada cenário acidental a ser simulado.

Os dados referentes à distribuição populacional e que foram utilizados para demarcar as áreas de ocupação do município, constam no ANEXO B. Os dados foram fornecidos pela Secretária de Saúde / Sistema de Informação da Atenção Básica (SESAU/SIAB, 2012) da Prefeitura Municipal de Madre de Deus/BA e foram utilizados como referência para estabelecer os limites dos polígonos de ocupação populacional para cada região exposta aos riscos acidentais no município.

3.4.6.1 População no entorno do Parque do Suape e Parque Maria Quitéria

A Figura 28 representa o delineamento dos polígonos de ocupação populacional das áreas de abrangência no entorno do Parque do Suape e do Parque Maria Quitéria essas áreas são circunvizinhas, uma de cada lado, da dutovia e totalizam para as áreas ocupadas uma população de 7.310 habitantes.

Figura 28—Polígonos das ocupações no entorno do Parque do Suape e Parque Maria Quitéria



Fonte: Google Earth (2018, modificado)

A Tabela 23 estabelece a área de ocupação populacional, referentes ao entorno do Parque do Suape e do Parque Maria Quitéria e registra a situação de ocupação pela população para os períodos do dia e da noite, para a área total ocupada, bem como, as respectivas densidades de ocupação populacional.

Tabela 23—População no entorno do Parque do Suape e Parque Maria Quitéria

População do Parque do Suape e Parque Maria Quitéria				
Situação	Número de Pessoas	Porcentagem Abrigada (%)	Área (m ²)	Densidade (pessoas/m ²)
Dia	7310	50,00	930189,39	7,86e-03
Noite	7310	90,00	930189,39	7,86e-03

Fonte: Autor (2018)

3.4.6.2 População no entorno da Fábrica de Asfalto

Em vista da ocupação territorial, por parte da população do município, abranger dois lados opostos das instalações da Fábrica de Asfalto (FASF), para o desenvolvimento deste estudo, foi adotado o critério de subdividir em duas as áreas de ocupação, tendo como referência as instalações da fábrica de asfalto, sendo que as duas áreas estão sujeitas aos prováveis efeitos danosos provenientes de um acidente químico ampliado na dutovia. Para atendimento ao desenvolvimento desse trabalho e para diferenciação das áreas ocupadas, ficam estabelecidas as seguintes denominações: Fábrica de Asfalto I (FASF I) e Fábrica de Asfalto II (FASF II).

A Figura 29 mostra através da hachura amarela o traçado do polígono de ocupação da área circunvizinha da FASF I e no entorno das instalações da dutovia.

Figura 29–Polígono de ocupação no entorno da FASF I



Fonte: *Google Earth* (2018, modificado)

A Tabela 24 estabelece a área de ocupação referente à FASF I e registra a situação de ocupação pela população para os períodos do dia e da noite, bem como, as respectivas densidades de ocupação populacional para a área circunvizinha às instalações da FASF I.

Tabela 24—População no entorno da FASF I

População no Entorno da FASF I				
Situação	Número de Pessoas	Porcentagem Abrigada (%)	Área (m ²)	Densidade (pessoas/m ²)
Dia	4452	50,00	416294,93	1,07e-02
Noite	4452	90,00	416294,93	1,07e-02

Fonte: Autor (2018)

A Figura 30 apresenta hachura amarela que delimita o polígono de ocupação circunvizinha à FASF II, margeando a linha da costa e na circunvizinhança das instalações da dutovia.

Figura 30—Polígono de ocupação no entorno da FASF II



Fonte: Google Earth (2018, modificado)

A Tabela 25 estabelece a área de ocupação referente à FAFSF II e registra a situação de ocupação pela população para os períodos do dia e da noite, bem como, as respectivas densidades de ocupação populacional para a área circunvizinha à FASF II.

Tabela 25—População no entorno da FASF II

População no Entorno da Fábrica de Asfalto II (FASF II)				
Situação	Número de Pessoas	Porcentagem Abrigada (%)	Área (m ²)	Densidade (pessoas/m ²)
Dia	165	50,00	10830,68	1,52e-02
Noite	165	90,00	10830,68	1,52e-02

Fonte: Autor (2018)

3.4.6.3 População no entorno do Parque do Mirim

A Figura 31 define o polígono de ocupação populacional da área de abrangência no entorno do Parque do Mirim, esta área é circunvizinha as instalações da dutovia e totalizam na área ocupada uma população de 6.256 habitantes.

Figura 31–Polígono de ocupação no entorno do Parque do Mirim



Fonte: Google Earth (2018, modificado)

A Tabela 26 estabelece a área de ocupação populacional referente ao Parque do Mirim e registra a situação de ocupação pela população para os períodos do dia e da noite, bem como, as respectivas densidades de ocupação populacional.

Tabela 26–População no entorno do Parque do Mirim

População no Entorno do Parque do Mirim				
Situação	Número de Pessoa	Porcentagem Abrigada (%)	Área (m ²)	Densidade (pessoa/m ²)
Dia	6256	50,00	561824,75	1,11e-02
Noite	6256	90,00	561824,75	1,11e-02

Fonte: Autor (2018)

3.5 Árvore de eventos e parâmetros das hipóteses acidentais

Dos produtos inventariados transportados através da dutovia, não foram simulados acidentes com os produtos petróleo, água oleosa e parafina, visto serem produtos de difícil ignição, no entanto, merece o registro o fato desses produtos

provocarem prejuízos ambientais e materiais significativos, mas é pouco provável a ocorrência de fatalidades nas comunidades circunvizinhas à da dutovia.

O processo para definição e cálculo das probabilidades dos cenários acidentais é a árvore de eventos²⁴ representada na Figura 32, onde registra os possíveis desdobramentos, a partir de um determinado evento iniciador, de uma ocorrência acidental de gravidade extrema envolvendo líquido ou gás inflamável transportado através da dutovia. O sistema computacional permite que sejam montados diversos cenários acidentais a partir do desdobramento do evento iniciador e define as probabilidades finais para cada cenário de acidente. De acordo com a orientação do sistema computacional:

[...] O *Riskan* faz toda a parte ambiental da árvore de eventos, ou seja, a distinção entre dia e noite (situação), direções do vento e condições atmosféricas (velocidade do vento, classe de estabilidade e temperatura ambiente). (*Riskan*, 2016, p.119).

Para definir as estimativas das frequências para os cenários acidentais da dutovia, foi estabelecida uma árvore de evento padrão para grande vazamento, de forma a configurar vazamento de líquido e gás inflamável para os quatro eventos iniciadores, a serem simulados para as instalações da dutovia com seus respectivos cenários acidentais.

A partir da hipótese acidental de um vazamento para um líquido inflamável, em uma instalação industrial qualquer, a primeira pergunta a ser feita na configuração da árvore de evento é quanto à ocorrência ou não de ignição imediata a partir de determinado Evento Iniciador (EI).

Caso a resposta, seja Sim (S), isto é, ocorra ignição imediata, o cenário acidental se configura como um incêndio em poça, cuja radiação térmica gerada pode vir a causar danos às pessoas e às estruturas próximas da poça.

Caso a resposta, seja não (N), isto é, a ignição é retardada, ou seja, ignição distante do ponto da descarga acidental nesse caso, o cenário acidental se desdobra em explosão de nuvem, incêndio em nuvem ou nenhum efeito. Para os cenários dos acidentes associados à explosão de nuvem e incêndio em nuvem, conforme a configuração da árvore de evento padrão foi considerada 16 direções de vento, com

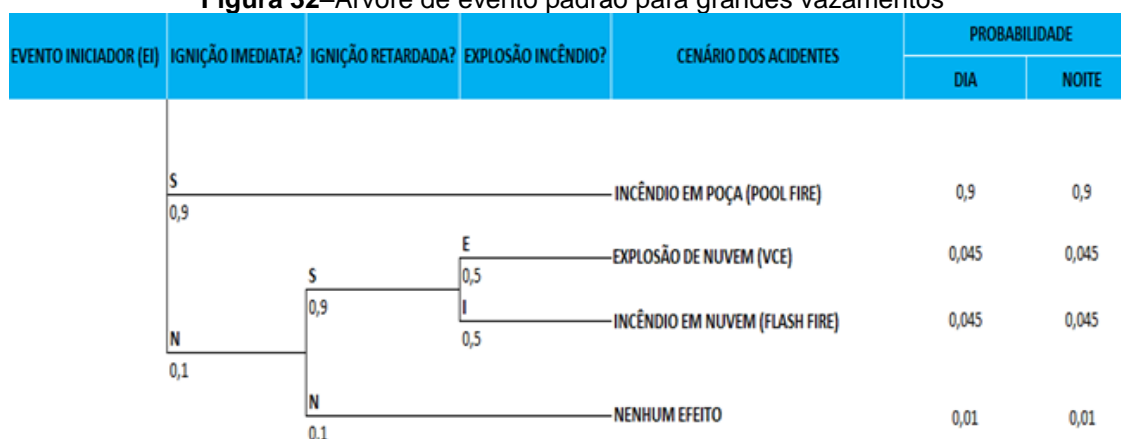
²⁴Árvore de eventos: é uma representação gráfica dos tipos de desdobramentos possíveis a partir do evento iniciador. Cada ramo da árvore de eventos indica uma possível bifurcação, ou seja, uma indicação que o acidente pode se desdobrar de forma independente (*Riskan*, 2012, p.119).

as determinações das respectivas probabilidades de incidência para a região, tanto para o dia, como para a noite e que ficam atreladas ao desdobramento da árvore de evento, para cada um dos eventos iniciadores do presente estudo.

Conforme os cenários acidentais que se apresentem durante a ocorrência de um vazamento de produto e que não resulte em ignição, para quando não houver registro de incêndio e/ou explosão, conforme a árvore de evento padrão fica caracterizada como nenhum efeito, ou seja, dispersão em nuvem, no cenário do acidente.

Para o desenvolvimento deste estudo os valores das probabilidades de ocorrência para os cenários acidentais, determinadas na árvore de evento padrão, foram adotados os mesmos valores, tanto para o dia, como para a noite.

Figura 32–Árvore de evento padrão para grandes vazamentos



S= Sim; N= Não; E= Explosão; I= Incêndio.

Fonte: Autor (2018)

3.6 Nuvem não confinada: incêndio ou explosão

Para o presente estudo foi determinado os valores probabilísticos para os efeitos da ocorrência de ignição imediata, ignição retardada ou de resultar em nenhum efeito de acordo com as referências obtidas a partir de *HSE*²⁵-*Canvey*, na investigação de riscos potenciais de operações industriais na ilha de *Canvey* área de *Thurrock*, atendendo ao Executivo de Saúde e Segurança *HMSO*²⁶ (1978), citadas a seguir.

²⁵*HSE (Heath and Safety Executive)*: é uma agência governamental do Reino Unido responsável pelo incentivo, regulamentação e aplicação da saúde, segurança e bem-estar no local de trabalho e pela pesquisa sobre riscos ocupacionais na Grã-Bretanha. (1978)

²⁶*HMSO (Her Majesty Stationery Office)*: Departamento do governo britânico que publica documentos oficiais e legislação. (1978)

3.7 Probabilidade de ignição

Durante a liberação acidental de uma nuvem de gás inflamável quando essa entra em contato com uma fonte de ignição, dois processos distintos podem ocorrer: incêndio em nuvem ou explosão em nuvem. Por isso é necessário determinar se a probabilidade da ocorrência da ignição resultou em uma explosão em nuvem, gerando sobrepressão ou em incêndio em nuvem, gerando carga térmica.

Devido às instalações da dutovia do Temadre serem constituídas de dutos aéreos a CETESB P4.261 (2011, p.56) estabelece a seguinte disposição, em termos de ocorrência de vazamento: “[...] Para hipóteses e cenários envolvendo dutos aéreos, considerar que o vazamento ocorre somente na direção horizontal (100%).”

a) Probabilidade de ignição imediata.

No caso de uma liberação acidental de uma substância inflamável em uma instalação industrial a indagação inicial é quanto à ocorrência ou não de ignição imediata. Caso a resposta seja sim, tem-se a ocorrência imediata de um incêndio em poça, de onde a radiação térmica gerada pode causar danos às comunidades e às estruturas próximas da poça em chama. Conforme a norma CETESB P4.261 (2011, p.54): “[...] a ignição imediata está associada à reatividade e à quantidade liberada da substância para a atmosfera.”

A reatividade que foi adotada, para o presente estudo atende a classificação da substância estabelecida na Tabela 27 que está associada diretamente, com a probabilidade de ignição imediata.

Tabela 27—Classificação de gases e líquidos inflamáveis quanto à reatividade

Categoria	Gases e líquidos inflamáveis quanto à reatividade
Categoria 0, reatividade média / alta	Gases puros e misturas que podem entrar em ignição nas condições normais de pressão e temperatura quando expostos ao ar, exceto os de reatividade baixa
	Líquidos puros e misturas com ponto de fulgor (PF) < 0° C e ponto de ebulição (PE) ≤ 37,8° C
Categoria 0, reatividade baixa	Chemical Abstracts Service Number (CAS) ²⁷ : Cloreto de metila (CAS nº 74–87–3) Cloreto de etila (CAS nº 75–00–3)
Categoria 1	Líquidos puros e misturas com PF < 21° C e que não sejam classificados como Categoria 0
Categoria 2	Líquidos puros e misturas com PF ≥ 21° C

Fonte: Norma Técnica CETESB P4.261, (2011, p.55)

Conforme a norma CETESB P4.261 (2011, p.55): “(...) A ocorrência de explosão está associada à massa da substância inflamável presente na nuvem em condições de inflamabilidade e do grau de confinamento dessa nuvem.” Para cada uma das hipóteses acidentais desse estudo foram adotados os valores referentes às probabilidades que caracterizam as fontes de ignição imediata (p_{ii}) e a probabilidade de explosão (p_{ce}) conforme os valores estabelecidos na Tabela 28.

Conforme a compatibilidade estabelecida entre as substâncias puras e as substâncias manuseadas no Temadre, de acordo com a caracterização em termos da categoria dos gases e líquidos inflamáveis, fica definida para esse estudo a classificação das substâncias como de categoria 1 de forma que ficam configuradas as probabilidades de ignição imediata e de explosão para as substâncias puras n-Butano, n-Heptano e n-Pentano.

Tabela 28—Probabilidade de ignição imediata (p_{ii}) e de explosão (p_{ce})

Classificação da substância	Quantidade para vazamento instantâneo (kq.)	Quantidade para vazamento contínuo (kq.s⁻¹)	p_{ii}	p_{ce}
Categoria 0, reatividade média / alta	< 1000	< 10	0,2	
	1000 - 10000	10 - 100	0,5	0,4
	>10000	> 100	0,7	
Categoria 0, reatividade baixa	< 1000	< 10	0,02	0,4
	1000 - 10000	10 - 100	0,04	
	>10000	>100	0,09	
Categoria 1	Qualquer quantidade	Qualquer vazão	0,065	0,4
Categoria 2	Qualquer quantidade	Qualquer vazão	0,01	0,4

Fonte: Norma Técnica CETESB P4.261(2011, p.55)

²⁷CAS (Chemical Abstracts Service Number): O número ou registro CAS designa um composto químico, polímero, sequência biológica e liga é um número com um registro único no banco de dados do Chemical Abstracts Service. Esse número é atribuído a cada produto químico descrito na literatura.

b) Probabilidade de ignição retardada

Para o presente estudo e conforme a Tabela 29 foi adotado o valor 0.9, o que caracteriza a probabilidade de ignição retardada, ou seja, define a situação da região como 'Muita', devido às proximidades das instalações da dutovia das estruturas urbana do município, e por consequência das possíveis fontes de ignição presentes no ambiente entorno da dutovia, mesmo havendo, como é o caso das instalações da dutovia do Temadre, a existência de medidas de controle e segurança. A adoção do valor referente à probabilidade de ignição retardada também se justifica, devido à exposição das instalações da dutovia ao ambiente externo sujeita a vandalismos, sabotagens, furtos, danos mecânicos entre outros.

Tabela 29—Probabilidade de ignição retardada

Probabilidade de Ignição retardada	
Fontes de Ignição	Probabilidade (pir)
Nenhuma	0,1
Muito pouca	0,2
Pouca	0,5
Muita	0,9

Fonte: Norma Técnica CETESB P4.261 (2011, p.55)

A partir da configuração do cenário acidental decorrente do vazamento de uma nuvem de gás inflamável não confinada, quando a nuvem de gás inflamável vazada não entra em ignição imediata, gera uma nuvem em movimento, que ao encontrar uma fonte de ignição qualquer entra em ignição retardada, onde um dos dois fatos pode ocorrer: incêndio em nuvem ou explosão em nuvem de vapor não confinado, *UVCE*²⁸ (*Unconfined Vapour Cloud Explosion*), com a ocorrência gerando radiação térmica e efeito de sobrepressão.

Logo, existe a necessidade de estabelecer a probabilidade de que na ocorrência da ignição da nuvem de vapor inflamável, resulte em incêndio em nuvem ou explosão em nuvem de vapor não confinado.

Para o desenvolvimento do presente estudo de análise de risco, devido à estrutura urbana apresentar confinamento, em decorrência da elevada taxa de ocupação residencial, do aglomerado das estruturas urbana e dos diversos equipamentos instalados no município, foi adotado para a ocorrência de explosão em nuvem o modelo multi – energia, por ser o modelo de cálculo mais recomendado, mais

²⁸*UVCE (Unconfined Vapour Cloud Explosion)*: Explosão de Vapor não Confinado, quando uma nuvem de vapor inflamável queima, a combustão pode causar excesso de pressão ou não. Se não houver pressão excessiva, o evento é um incêndio na nuvem de vapor, com fogo instantâneo, e se houver sobrepressão, é uma explosão na nuvem de vapor (*LEES*, 2005, p.17).

moderno e o mais utilizado. E conforme estabelece o sistema computacional, quando da ocorrência de explosão em nuvem:

[...] A explosão em nuvem, neste caso, indica que o centro da explosão pode ocorrer a diversas distâncias, conforme a condição atmosférica. A massa em cada distância e condição pode também ser distinta e, finalmente, o ponto exato da explosão ocorrerá conforme a direção do vento. (*Riskan*, 2016, p.491)

Em se tratando da probabilidade de ignição retardada, aplicada a cada uma das hipóteses acidentais desse estudo e conforme a Tabela 30 foi adotado o valor para a ocorrência de nuvens em movimento, utilizadas pelo *HSE (Heath and Safety Executive)*, da Inglaterra aplicada no Estudo de Riscos de *Canvey Island (SRD*²⁹, 1978).

Conforme a *HSE*, foi adotado o valor de 0.5 para determinar a probabilidade de ignição retardada, em vista da estrutura física do município de Madre de Deus/BA ser ocupada por um terminal marítimo, que foi o mesmo valor adotado para o *Terminal da British Gas*.

Tabela 30–Probabilidade de ignição retardada de nuvem em movimento

Probabilidade de Ignição Retardada	
Disposição das Nuvens Sobre	Probabilidade
Terreno Vazio	0,0
Área Industrial	0,9
<i>Terminal da British Gas</i>	0,5

Fonte: *HSE* – Estudo de análise de riscos de *Canvey Island (SRD, 1978)*

c) Probabilidade de nenhum efeito.

A probabilidade de não ocorrer nenhum efeito ou dispersão atmosférica, surge da condição, conforme demonstrado na árvore de evento padrão, em que a partir do evento iniciador não ocorra ignição imediata e nem ignição retardada, devido à ausência de fonte de ignição. Conforme a Norma Técnica CETESB P4.261 (2011, p.55), devido à condição de ausência de fonte de ignição, foi adotado o valor da probabilidade igual a 0,1 para configurar a condição de não ocorrer ignição.

²⁹*SRD, Safety and Reliability Directorate*: é uma organização de consulta das indústrias de óleo e gás, nucleares e químicas do Reino Unido.

3.8 Explosão multi-energia

A intensidade da explosão foi definida através de um número inteiro adimensional no intervalo compreendido entre 1 a 10, que tem o objetivo de estabelecer o tipo de combustão, podendo ser caracterizado entre incêndio em nuvem, com valor 1 até uma detonação com valor 10. Conforme concepção do sistema computacional:

[...] O modelo multi-energia parte de estudos realizados sobre explosão de gás pelo *TNO*³⁰ da Holanda com explosões confinadas. De fato, estes estudos indicaram que o grau de confinamento é um fator de primordial importância na explosão. Uma nuvem de gás sem nenhum tipo de confinamento não é capaz de produzir a explosão, apenas um incêndio em nuvem. (*Riskan*, 2016, p.469)

E dando sequência ao critério estabelecido pelo sistema computacional:

[...] A classe de obstáculos da região onde ocorre a explosão é um valor entre 1 e 10. Quanto mais congestionada a região, maior o valor. O valor 1 é atribuído para regiões pouco obstruídas e o valor 10 para regiões muito obstruídas e confinadas. (*Riskan*, 2016, p.470)

Para a região em questão e para efeito desse estudo, foi atribuído o valor classe 10, devido ao grande congestionamento habitacional e da concentração dos equipamentos da indústria petrolífera existentes no município.

3.9 Determinação do termo fonte para dispersão

Para o presente estudo e de acordo com as características do cenário acidental foi determinado o termo fonte para dispersão ou seja, foi estabelecido tanto a quantidade como a forma que a substância é liberada ao longo do tempo para a atmosfera a partir de vazamentos, para isso foi necessário determinar a quantidade ou taxa com que a substância está sendo liberada para a atmosfera.

De acordo com o que estabelece o sistema computacional:

[...] Alguns gases, embora possuam densidades menores que o ar, tendem a carregar uma grande quantidade de gotículas líquidas. O comportamento na nuvem, neste caso, é de gás pesado, mesmo que a densidade do gás seja leve ou neutra. (*Riskan*, 2016, p.424)

³⁰*TNO (Technological Netherlands Organisation):* procedimento para análise quantitativa de riscos, emitido pelo comitê de prevenção de desastres do Ministério da Holanda. (1999)

Para efeito de desenvolvimento deste estudo, os eventos decorrentes de vazamentos foram simulados como gás pesado.

3.10 Estudo de análise de riscos

Com base nos cenários acidentais concebidos através de eventos simulados, nas instalações do conjunto de dutos de transportes de produtos petrolíferos ao longo do município, o presente trabalho estrutura um EAR, onde os cenários acidentais foram simulados a partir dos desenvolvimentos das frequências esperadas para as ocorrências acidentais, bem como das magnitudes de suas consequências.

O EAR desenvolvido para as instalações da dutovia do Temadre teve como base os seguintes componentes: a) identificação das áreas de ocupação populacional vulneráveis aos perigos dos cenários acidentais; b) estimativas de frequências das ocorrências acidentais com as respectivas consequências dos danos proveniente dos acidentes; c) análises de vulnerabilidades dos danos físicos decorrentes dos cenários acidentais desenvolvidas através de modelagem matemática; d) determinação das análises de riscos estimadas através das representações gráficas do risco social e do risco individual; e) mapeamento das áreas atingidas pelos eventos acidentais na dutovia com os respectivos números de vítimas fatais.

De acordo como expressa PORTIER (2009), com relação à análise de riscos:

[...] Essa análise consiste em equilibrar as necessidades da ciência, da economia e da sociedade. Ciência e economia conduzem pesquisas com base em hipóteses e interpretam os resultados para aplicação social. A sociedade, por meio do governo, realiza o balanço dos vários resultados, científicos e econômicos, para finalmente decidir a política pública. É papel da análise de risco favorecer a interação entre esses grupos, avaliar a literatura de modo que as decisões possam ser tomadas e executadas, mantendo informados todos os atores sociais envolvidos. (PORTIER, 2009, p.9)

Um dos componentes mais importantes do EAR é a caracterização do nível de aceitabilidade dos riscos, inerentes às atividades operacionais das instalações da dutovia. É a partir da caracterização do nível de aceitabilidade dos riscos é que fica definido se o padrão de risco da dutovia é considerado aceitável ou não, portanto, define o quanto as atividades são seguras para a população e para o meio ambiente.

3.10.1 Áreas ocupadas pela população e eventos simulados

Para a caracterização dos cenários acidentais para a dutovia, transportando combustíveis derivados de petróleo, com capacidade durante um acidente maior se desdobrar em cenários de severidade crítica ou catastrófica, foram desenvolvidas as simulações para a dutovia com o objetivo de determinar os raios de alcance às áreas ocupadas pelas comunidades, no entorno e ao longo da dutovia, como forma de delimitar as áreas consideradas vulneráveis e por consequência, os respectivos níveis de danos esperados em termos de fatalidades, decorrente dos desdobramentos dos cenários acidentais.

O mapa da Figura 33 registra as feições das áreas ocupadas pela população em relação à dutovia, definidas através dos polígonos de ocupação populacional, demarcadas através das hachuras no entorno e ao longo da dutovia, através da legenda foi feito o indicativo dos eventos simulados.

Figura 33–Áreas ocupadas pela população e eventos simulados



Fonte: Google Earth (2018, modificado)

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo além de conter os resultados obtidos nas entrevistas, entre os membros da população em termo da percepção de risco tecnológico, contém os registros através de mapeamento espacial do trajeto da dutovia, além da distribuição geográfica das características da população no município. A partir dos eventos simulados, foram determinados através da análise de riscos, o risco individual e o social por evento. As simulações atenderam as ocorrências para acidente maior, proveniente de grande vazamento nos dutos de GLP; óleo combustível, *Bunker* e óleo diesel; gasolina, nafta QAV; *Bleve* e bola de fogo nos dutos de GLP ao longo da dutovia.

4.1 Análises das entrevistas

São apresentados a seguir, os resultados referentes às análises dos dados coletados através dos questionários aplicados entre as pessoas entrevistadas e presentes nas diversas áreas urbanas da cidade de Madre de Deus/BA.

A Tabela 31 registra os indicadores sócio-demográficos no que tange ao sexo e as respectivas faixas etárias dos entrevistados. Após a conclusão das entrevistas, a população da amostragem ficou formada por 66 pessoas do sexo masculino, 34 pessoas do sexo feminino e nas respectivas faixas etárias correlacionadas.

Tabela 31–Sexo do entrevistado e a respectiva faixa etária

Sexo	Faixa etária (anos)						Total
	12 a 25	26 a 33	34 a 41	42 a 49	50 a 57	>58	
Masculino	3	19	23	11	5	5	66
Feminino	4	14	7	5	4	-	34
Total	7	33	30	16	9	5	100

Fonte: Autor (2017)

A Tabela 32 estabelece os indicadores sócio-demográficos referente ao sexo e os respectivos níveis de escolaridades dos entrevistados. Após as entrevistas, a população da amostragem ficou formada por 21% do nível fundamental, 74% do nível médio e 5% do nível superior.

Tabela 32–Sexo do entrevistado e o nível de escolaridade

Sexo	Nível de escolaridade			Total
	Fundamental	Médio	Superior	
Masculino	17	48	1	66
Feminino	4	26	4	34
Total	21	74	5	100

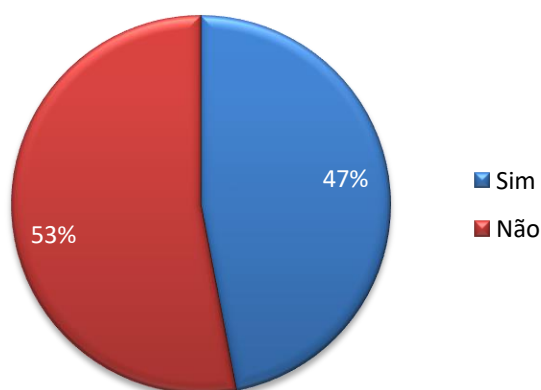
Fonte: Autor (2017)

Para o levantamento demográfico, assim como o nível de escolaridade, após o desenvolvimento das entrevistas, os registros indicaram que o nível médio superou os demais níveis em 74%, de certa forma veio a facilitar a aplicação dos questionários, e serviu para caracterizar o perfil de entendimento dos entrevistados, relativo à percepção de risco tecnológico a que está exposta a população da área urbana do município.

Após as entrevistas, ficou configurada a maior participação de pessoas do sexo masculino, o motivo foi em decorrência dos dias e horários destinados à aplicação dos questionários, aos sábados e/ou no primeiro horário da manhã, onde as pessoas estão se dirigindo para o trabalho.

A partir do primeiro grupo de perguntas do questionário e com o objetivo de avaliar o nível de satisfação pessoal dos entrevistados em residirem na zona urbana do município, a maioria dos entrevistados no total de 53%, conforme demonstra o gráfico da Figura 34, responderam que não estavam satisfeitos em residirem no centro urbano da cidade e um total de 47% responderam que estavam satisfeitos em residirem no centro urbano da cidade.

Figura 34–Nível de satisfação em residir na zona urbana da cidade



Fonte: Autor (2017)

Os motivos alegados pelos entrevistados estão registrados na Tabela 33 com as respectivas respostas e mostram o grau de satisfação, ou de insatisfação das pessoas em residirem na zona urbana da cidade.

Em se tratando do grau de satisfação e apego das pessoas em residirem no centro urbano da cidade, os entrevistados alegaram como motivos: a baixa violência, representou 10%; por estar nas proximidades do trabalho representou 14%; pela tranquilidade da cidade; e por ser o local onde nasceram, representou 23%.

Resultados que configuraram o grau de satisfação das pessoas em residirem na zona urbana do município.

Os motivos alegados pelos entrevistados, devido à insatisfação em residirem no centro urbano do município, totalizaram 53% dos entrevistados. Os fatos alegados fizeram referência à cidade ser muito perigosa, devido aos produtos da Petrobras, o que representou 35%; pelo fato de a cidade possuir baixa qualidade de vida; e devido aos equipamentos, de armazenagens e transportes de produtos petrolíferos pela cidade, totalizou 18%. Demonstrando o grau de insatisfação em residirem no centro urbano do município, tendo como principal motivo a exposição aos produtos petrolíferos, presentes em grandes volumes e nas proximidades da população.

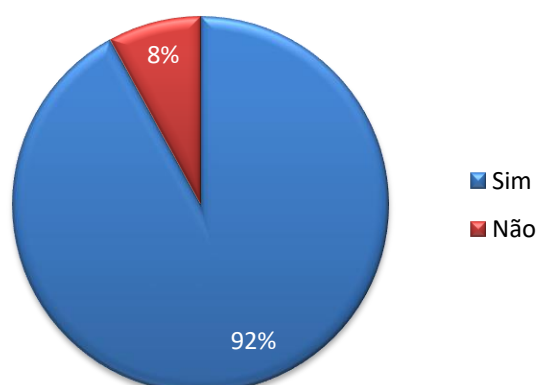
Tabela 33–Nível de satisfação das pessoas residirem na cidade

Questionário aplicado: percepção de risco tecnológico	
Respostas dos entrevistados	Pessoas (%)
Cidade com baixa violência	10
Baixa qualidade de vida e muitos equipamentos pela cidade	18
Perto do trabalho	14
Muito perigosa devido aos produtos da Petrobras	35
A cidade é tranquila e foi onde nasci	23
Total	100

Fonte: Autor (2017)

O gráfico da Figura 35 representa o resultado quando os entrevistados são indagados sobre o conhecimento de problemas de segurança na cidade. A grande maioria das pessoas, um total de 92%, respondeu que sabem da existência dos problemas de segurança da cidade, o que representa uma elevada percepção aos riscos por parte da população. E 8% das pessoas responderam que a cidade não tem problemas de segurança.

Figura 35–Conhecimento dos entrevistados quanto a problema de segurança



Fonte: Autor (2017)

A Tabela 34 compõe o primeiro grupo do questionário aplicado, com as respectivas respostas dos entrevistados e registra os motivos pelos quais a grande maioria dos entrevistados respondeu quanto aos principais problemas de segurança para a população do município. As respostas de maior relevância, são aquelas referentes aos produtos manipulados ficarem muito próximo das pessoas, do risco de incêndio com a possibilidade de ocorrência de explosão, com a consequente liberação de gás tóxico e da contaminação atmosférica, proveniente das emanações de hidrocarbonetos, decorrentes de transportes através da dutovia e armazenagens em tanques e esferas.

Através das respostas ficou evidenciada a percepção da exposição aos riscos tecnológicos por parte da grande maioria da população do município, embora reconheça os riscos estabelecidos pelas instalações da indústria petrolífera por toda cidade. A forma de aceitação da vulnerabilidade social, decorrente do risco tecnológico, presente diuturnamente, demonstra o sentimento de apego pelo local por parte das pessoas residentes no município.

A ocupação desordenada da área urbana foi resultado da falta de fiscalização e de planejamento por parte do poder público, que não estabeleceu a devida orientação para ocupação do solo urbano pela população e pelo terminal marítimo, visto que, aproximadamente, metade do território do município é ocupada pelos equipamentos da indústria petrolífera.

Sem o devido ordenamento do solo urbano, fez com que a população fosse impulsionada a buscar ocupações em áreas que não deveriam ser habitadas, ou seja, no entorno e nas proximidades das instalações petrolíferas, provocando um quadro grave de vulnerabilidade social e uma sensação de insegurança pela população, em vista da ameaça sempre presente da ocorrência de um acidente químico ampliado na área urbana da cidade.

A partir da constatação da exposição ao risco pela população é de extrema necessidade a implantação, por parte da proprietária do empreendimento petrolífero e pelo poder público, de medidas preventivas de segurança para as comunidades presentes no entorno e ao longo da dutovia, como forma de evitar os impactos danosos sobre a população.

Tabela 34—Indicativo dos problemas de segurança da cidade

Questionário aplicado: percepção de risco tecnológico	
Respostas dos entrevistados	Pessoas (%)
Cheiro intenso de gasolina e gás de cozinha	16
Risco de incêndio, explosão e liberação de gás tóxico	26
Os produtos ficam muito próximos das pessoas	38
Caso ocorra um acidente as pessoas não tem para onde ir	8
Plano de contingência não é esclarecedor	4
Não tem problema de segurança na cidade	8
Total	100

Fonte: Autor (2017)

Dando sequência ao questionário, o segundo grupo de perguntas indagou a respeito da presença da dutovia na área urbana da cidade, se traz algum problema para a população, buscando dessa forma, identificar como as pessoas expostas aos riscos percebem e de que forma reagiriam durante a ocorrência de um acidente ampliado na dutovia.

De acordo com o gráfico da Figura 36, a grande maioria da população, no total de 93%, respondeu sim, que a dutovia traz problema e apenas 7% da população respondeu que a dutovia não traz problema.

Apesar dos transportes através de dutos atenderem a padrões de segurança, os dutos destinados ao transporte a alta pressão e temperatura elevada de substâncias perigosas, com características tóxicas, inflamáveis e/ou explosivas, como é o caso dos dutos transportando combustível líquido e gás, estão afeitos a erro operacional, corrosão, erosão, e danos estruturais através de ruptura catastrófica causados por ação de terceiros e vandalismo durante as etapas de operação, bem como o vazamento em acessórios componentes da dutovia.

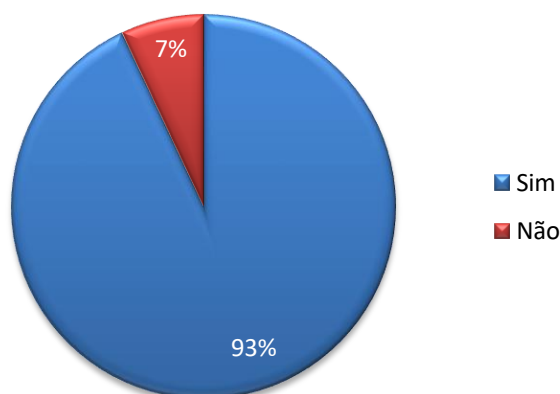
Na ocorrência acidental com combustível líquido, além da contaminação ambiental, pode provocar acidente catastrófico com ocorrência de incêndio. Para acidente com a liberação de gás, além da formação de uma nuvem tóxica sobre a população, existe a possibilidade da ocorrência de explosão a partir de uma fonte de ignição qualquer em contato com a nuvem de gás resultar em uma liberação súbita de grande quantidade de energia concentrada, provocando danos nas pessoas, meio ambiente e estruturas urbana ao alcance dos efeitos proveniente do acidente.

Nos estudos referentes às emergências químicas a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), no artigo “Emergências Químicas: Introdução – Dutos” (2019), expressa a seguinte colocação:

[...] Mesmo construídos e operados dentro dos padrões máximos de segurança internacional, os dutos estão sujeitos a erosão, deslizamentos de

terra, corrosão, queda de rochas, atos de vandalismo, ação de terceiros, os quais podem ocasionar os vazamentos e, em função da alta pressão com que os produtos são bombeados e da periculosidade das substâncias transportadas, os danos ambientais e sócios econômico raramente são pequenos. (CETESB, 2019)

Figura 36—A presença da dutovia traz problemas



Fonte: Autor (2017)

Em seguida os entrevistados foram indagados por que as instalações da dutovia trazem problemas para a população, as respostas estão relacionadas na Tabela 35, onde a grande maioria dos entrevistados respondeu como fatos mais relevantes o temor de ocorrência de incêndio ou explosão a qualquer momento, devido ao fato da dutovia ficar muito próxima das pessoas, pela grande quantidade de produtos transportados e da contaminação atmosférica, através do cheiro intenso de gasolina e gás de cozinha por toda a cidade, totalizando 93 pessoas. Entre os entrevistados apenas 07 pessoas responderam que as instalações da dutovia são seguras.

Através das respostas dos entrevistados, fica exposta a insegurança da população em residir na área urbana do município, motivada pela exposição ao risco tecnológico, como também aos efeitos danosos da poluição atmosférica, provenientes de vazamentos e das emissões fugitivas de substâncias em estado de gás, formado, principalmente por nitrogênio, monóxido de carbono, óxido de enxofre, benzeno, materiais particulados, entre outros no ambiente urbano. E, sobretudo, pelas proximidades das instalações da dutovia em relação às residências e demais

estruturas urbana, o que configura em situação de risco para a população e dano ao meio ambiente, devido aos transportes de grande quantidade de substâncias derivadas de petróleo com características inflamável, explosiva e tóxica, com possibilidade, durante uma ocorrência de um acidente maior, causar fatalidade e dano físico entre os indivíduos.

Tabela 35–Problema causado pela dutovia para a população

Questionário aplicado: percepção de risco tecnológico	
Respostas dos entrevistados	Pessoas (%)
A dutovia fica muito perto das pessoas	33
Risco de incêndio ou explosão a qualquer momento	36
Grande quantidade de produtos por toda a cidade	10
Muito cheiro de gasolina e gás de cozinha	14
Instalações seguras	7
Total	100

Fonte: Autor (2017)

Através das fotos da Figura 37, fica evidenciada uma das causas de apreensão por parte da população do município, no que se refere à proximidade das instalações da dutovia das residências e demais estruturas urbana, ao longo de toda a extensão do município, o que determina o favorecimento à exposição por parte das comunidades presentes no entorno e ao longo da dutovia, aos efeitos acidentais a partir da ocorrência de um acidente ampliado.

Figura 37–Proximidades da dutovia das estruturas urbana



Fonte: Autor (2017)

A Tabela 36 compõe o segundo grupo do questionário aplicado e registra as respostas dos entrevistados quando indagados, qual seria a reação em caso de ocorrência de um acidente na dutovia. As respostas mais representativas são o que não sabem o que fazer no caso de um acidente ou que iriam correr muito.

O que agrava a situação do município, além das instalações petrolíferas de elevada periculosidade, é o fato de o município ser uma ilha e só dispor de uma única via de acesso terrestre para o continente, o que eleva o grau de dificuldade para evacuar a população durante a ocorrência de um acidente ampliado e os deslocamentos das equipes de salvamento, equipamentos de apoio, ambulâncias, carros de bombeiros, entre outros para atender uma ocorrência emergencial no município de forma eficiente.

Devido às respostas apresentadas, pela grande maioria dos entrevistados, fica evidenciado o estado de angústia por parte da população em não saber o que fazer durante a ocorrência de um acidente ampliado na dutovia o que sinaliza para a ausência de um planejamento de caráter preventivo, através de um plano de contingência³¹, para o caso de ocorrência de um acidente químico ampliado, de forma a estabelecer um plano de segurança para que a população esteja preparada para situações de pânico e também pela falta sistemática de adoção de exercícios simulados³² junto à população, com a participação efetiva do proprietário da dutovia, dos órgãos públicos estadual, da prefeitura, defesa civil, polícia e do corpo de bombeiro.

A aplicação sistemática dos exercícios simulados serve de estímulo, além de preparar, capacitar e orientar as pessoas como agir durante uma mobilização para o caso de uma evacuação rápida e segura das diversas áreas do município durante a

³¹Plano de contingência: é um planejamento que visa mobilizar e preparar instituições, profissionais e a população para uma resposta efetiva para situações de catástrofes, e seu desenvolvimento envolve a tomada de decisão de forma antecipada no que diz respeito à gestão de recursos humanos e financeiros, institucionais, matérias/equipamentos, aos procedimentos de coordenação e comunicação, e à preparação técnica e logística de resposta. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. (2017, p.24)

³²Exercício simulado: os simulados de preparação para os desastres se caracterizam como exercícios práticos que implicam na mobilização de recursos e pessoas para avaliar, em tempo real, o processo de remoção de pessoas de áreas com risco de desastres. Objetiva, entre outros aspectos, avaliar as ações realizadas, os recursos empreendidos e promover a capacitação e treinamento das equipes para enfrentar adequadamente uma situação de emergência, MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. (2012, p.3)

ocorrência de uma situação de emergência envolvendo combustíveis derivados de petróleo.

Quando em situação de emergência, como a de um acidente químico ampliado, é normal que se estabeleça o pânico entre as pessoas localizadas nas proximidades da ocorrência acidental, isso fica evidente quando as pessoas não sabem para onde seguir ou o que fazer em busca de proteção, contra os efeitos danosos do acidente.

Em decorrência das limitações de acesso ao município é necessário planejar, implantar e manter devidamente preparada um plano de alerta para emergência química, a ser acionada a tempo de alertar com antecedência, para um acidente maior, composta de alto-falantes e sirenes, distribuídos pelos bairros localizados no entorno e ao longo da dutovia, bem como por toda a cidade servindo de sinal de alerta para a ocorrência acidental, possibilitando as ações das equipes de salvamento para isolar as áreas afetadas pelo acidente químico e dando oportunidade para que a população, preventivamente e no menor tempo possível esteja condicionada de como se comportar e agir nas situações de emergências, evitando dessa maneira a disseminação do pânico na cidade quando da ocorrência acidental.

Devido às características geográficas do município, por ser uma ilha e ter uma grande concentração demográfica é extremamente necessário definir e adotar, previamente, medidas claras de logísticas para evacuar as pessoas através de uma rota de fuga muito bem sinalizada e orientada, definindo dessa forma um plano de abandono a ser seguido com mais segurança, composta por equipes de guias voluntários, devidamente treinados e capacitados, para orientar as pessoas durante a evacuação; dotar as vias de acesso com placas de sinalização tipo totem, com indicativo da rota de fuga direcionada para os pontos de encontro e de segurança; implantar de forma planejada o posicionamento de birutas, para possibilitar a visualização à distância da direção de deslocamento do vento, dando a devida orientação no momento da fuga para as equipes de socorro e para as pessoas de qual o sentido de propagação da chama e/ou dos gases gerados da queima dos produtos químicos.

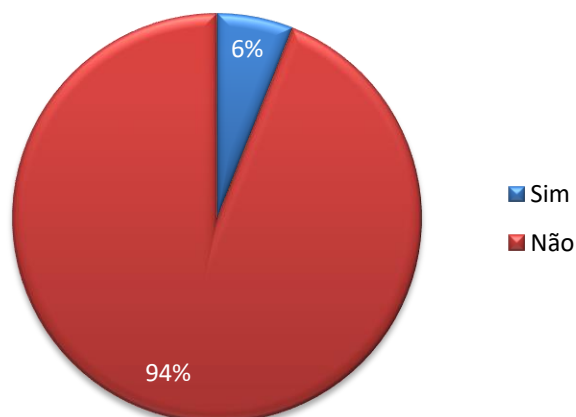
Tabela 36–Reação do entrevistado em caso de acidente na dutovia

Questionário aplicado: percepção de risco tecnológico	
Respostas dos entrevistados	Pessoas (%)
Não sei	78
Correr muito	10
Fujo de carro ou de barco com a família	4
Fico na cidade	4
Não acredito que ocorra	1
Pelos treinamentos fico calmo e em local seguro	3
Total	100

Fonte: Autor (2017)

Como forma de reconhecimento, os entrevistados foram indagados se a empresa responsável pelas instalações da dutovia ou até mesmo a prefeitura, proporcionou explicações sobre o funcionamento da dutovia e sobre as substâncias químicas transportadas. Conforme o gráfico da Figura 38 a grande maioria dos entrevistados, um total de 94%, respondeu que tanto a empresa responsável pelas instalações da dutovia, quanto a prefeitura proporcionou explicações sobre o funcionamento da dutovia e sobre as substâncias químicas transportadas. Apenas uma pequena minoria dos entrevistados um total de 6%, respondeu que teve as devidas explicações.

É extremamente necessário que a população exposta às ameaças do risco tecnológico esteja devidamente capacitada e preparada para reagir durante a ocorrência de um acidente ampliado. É sabido que diante de uma situação de emergência, as pessoas são tidas como um agente capaz de colaborar através de comunicação e na prestação dos primeiros socorros às vítimas do acidente, bem como, no atendimento às pessoas com deficiência física ou com dificuldade de locomoção. É necessário que a população tenha informações básicas do funcionamento da dutovia, da extensão do risco que envolve a ocorrência de um incêndio e/ou explosão e a efetiva avaliação dos danos a serem causados pelas substâncias químicas transportadas para a saúde do ser humano, em termos de toxicidade e impactos danosos ao meio ambiente.

Figura 38—Explicações sobre o funcionamento da dutovia e das substâncias

Fonte: Autor (2017)

Para os entrevistados que responderam de forma afirmativa, os resultados estão relacionados na Tabela 37, que compõe o segundo grupo do questionário aplicado, as respostas mais relevantes por parte dos entrevistados, tratam do pouco esclarecimento das explicações a respeito das instalações da dutovia e das características danosas das substâncias químicas transportadas sobre o ser humano e o meio ambiente. O pequeno número de entrevistados que disseram ter recebido explicações por parte do responsável da dutovia ou até mesmo da prefeitura, é resultado da ausência por parte dos órgãos responsáveis de um sistemático planejamento de caráter informativo da falta de capacitação e de treinamento da população, o que de certa forma deve influenciar na total falta de estímulo por parte da população em participar das palestras.

Para efetivar o controle de forma a eliminar ou reduzir os impactos da ocorrência acidental, é de fundamental importância que se estabeleça a divulgação dos treinamentos de forma a preparar a população para a ocorrência de desastre, bem como informar extensivamente os efeitos nocivos das substâncias químicas, que venham afetar a saúde das pessoas e a contaminação do meio ambiente com o objetivo de alcançar o maior número possível entre os membros da população, elevando o nível de percepção para os riscos inerentes às instalações petrolíferas de como as pessoas devem agir, para evitar a exposição durante uma ocorrência acidental no ambiente urbano ou seja, a população deve ser alertada de que um acidente maior pode ocorrer e a extensão dos danos decorrentes do evento acidental.

Tabela 37—Explicação do funcionamento da dutovia

Questionário aplicado: percepção de risco tecnológico	
Respostas dos entrevistados	Pessoas (%)
Projetaram fotos e relacionaram os produtos transportados. Achei pouco esclarecedor	2
Teve muita explicação, inclusive como se comportar durante o simulado de um acidente	1
Falaram dos produtos que podem causar danos na saúde das pessoas e pediu para não danificar os tubos, não fazer fogueira e não entrar na dutovia por causa do risco de incêndio ou explosão. Alertaram para que na ocorrência de anormalidade avisar a Petrobras	1
As explicações não acrescentaram muita coisa, pois o perigo de qualquer forma continua, quem sofre é quem mora na cidade	2
Total	6

Fonte: Autor (2017)

Cabe o registro e que sirva de alerta, para o grave acidente ocorrido na cidade de Pojuca/BA, classificado como de grande proporção, motivado pelo fato das pessoas, ávidas por coletar gasolina e por desconhecer os riscos em manusear o combustível, exposto em pleno perímetro urbano da cidade, permaneceram no local do acidente e armazenaram a gasolina em recipientes inadequados no interior de suas residências.

O relato é de autoria de OLIVEIRA no Jornal A Tarde (2017):

“Uma tragédia que não deve ser esquecida”

[...] uma das maiores tragédias já registradas na Bahia. (...) No dia 31 de agosto de 1983, uma composição ferroviária que transportava gasolina tombou em Pojuca/BA, município da região norte do estado. O descarrilamento deu-se próximo a um arruado situado às margens da linha férrea. Logo que a notícia se espalhou, centenas de pessoas dirigiram-se para o local do desastre, ansiosas em ‘aparar’ a gasolina que vazava sem cessar dos vagões-tanque que tombaram. Até de cidades próximas chegavam motoristas para encher os tanques dos seus carros. (...) Até prepostos da rede ferroviária organizavam as filas para que todos pudessem levar um pouco de combustível, esquecendo-se da elementar providência de isolar a área do desastre e deixando de lado mínimas regras de segurança. Baldes, latas, garrafas, qualquer recipiente era utilizado para levar a morte para dentro de casa. A irresponsabilidade e a negligência dominavam o cenário assustador. Uma tragédia anunciada, enfim. E nesse vaivém de pessoas e carros, passaram-se cerca de dez horas até que aconteceu o pior. A falta de informação sobre o risco que todos corriam certamente contribuiu para aumentar a dimensão da tragédia. Então por volta das dezenove horas, quando as casas já estavam cheias de gasolina e as crianças na sua inocência, chafurdavam os pés na lama formada pela perigosa mistura do combustível com areia, ocorreu súbita e violenta ignição dos vapores de gasolina que àquela altura saturava toda a área em redor, formando uma verdadeira bola de fogo, de efeito devastador. O que se seguiu foram cenas de horror e desespero. Gritos, pânico, corpos queimados, mães procurando filhos, casas ardendo em chamas. Uma cena dantesca! Os que conseguiram escapar permaneciam atônitos, talvez sem compreender direito o que tinha acontecido e sem imaginar sequer a extensão daquele momento terrível. O

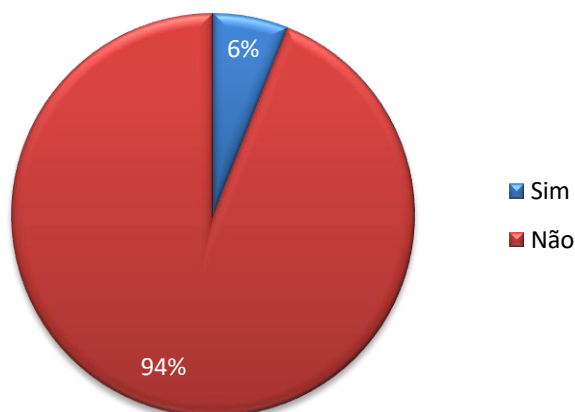
'flash' mortífero pode ter sido causado até mesmo por um motivo aparentemente insignificante, como o simples riscar de um fósforo, o ascender de um isqueiro, uma centelha qualquer proveniente de alguma fonte de ignição localizada nas proximidades. Nenhuma recomendação sobre os cuidados que deveriam ter sido tomados foi passada pelos órgãos encarregados da segurança. Um descuido imperdoável que deixou um saldo de mais de uma centena de vítimas, entre mortos, feridos e mutilados. (OLIVEIRA, 2017, caderno A3)

E complementando com o terceiro grupo de perguntas, os entrevistados foram indagados se conhecem as informações inerentes às medidas de prevenção e contenção dos riscos das instalações da dutovia na área urbana da cidade.

Conforme demonstra o gráfico da Figura 39 a grande maioria dos entrevistados, um total de 94%, desconhece as medidas de prevenção e contenção dos riscos relativos à proximidade da dutovia da estrutura urbana da cidade.

É de grande importância que a população seja informada previamente dos riscos que envolvem o manuseio e os efeitos danosos, decorrentes dos transportes de grande quantidade de combustíveis derivados de petróleo, conhecimento que deve ser transmitido através de treinamento e de exercício simulado como forma de preparar a população para as medidas de prevenção de forma que saiba o que fazer durante a ocorrência de um acidente ampliado.

A ampla percepção dos riscos por parte da população, adquirida nos exercícios simulados vai servir de alerta para as medidas de prevenção quando da ocorrência de um acidente ampliado, assim como a capacidade de desenvolver com rapidez e eficiência as primeiras ações de evacuação durante uma situação de emergência, é nesse momento que se avalia a capacidade de resposta, em termos do comportamento da população e das equipes designadas para apoio aos acidentados e para o devido cuidado com as crianças, idosos, pessoas com dificuldade de locomoção formada por paraplégicos, obesos, gestantes, deficientes visuais entre outros, contribuindo dessa forma para reduzir os impactos danosos do evento acidental nos seres humanos. Deve ser adotado um planejamento emergencial para a remoção de animais domésticos. Os treinamentos de exercício simulado devem ser extensivos ao ambiente escolar, como forma de mobilizar as crianças para ações planejadas nas situações de emergências.

Figura 39–Prevenção e contenção dos riscos da dutovia

Fonte: Autor (2017)

A Tabela 38 faz parte do terceiro grupo do questionário e relaciona as respostas dos entrevistados que responderam de forma afirmativa, que tem acesso às medidas a serem tomadas pela empresa responsável pelos transportes dos combustíveis derivados de petróleo que tem como objetivo, diminuir os riscos da dutovia para a população.

Entre aqueles que responderam afirmativamente o que se percebeu, através das respostas dos entrevistados, foi um ceticismo e uma demonstração da falta de interesse por parte das pessoas em entender ou aceitar os esclarecimentos relativos aos treinamentos de prevenção e contenção dos riscos.

Como forma de buscar a motivação e estabelecer um vínculo de cooperação entre os membros da população é importante que tanto a Transpetro como os órgãos públicos, obtenham a participação das lideranças comunitárias para as diversas etapas do planejamento de prevenção e contenção dos riscos para o município de forma a estimular, incentivar e conscientizar a população a participar quando da aplicação dos treinamentos e dos exercícios simulados, devido ao elevado potencial de risco que envolve o sistema de transportes de combustíveis derivados de petróleo, nas proximidades de residências e demais estruturas de ocupação humana no ambiente urbano do município.

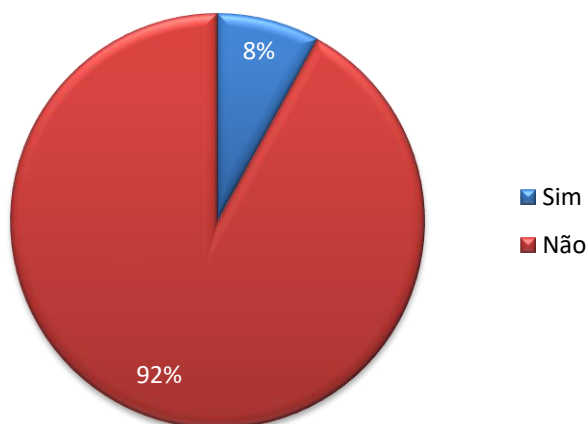
Tabela 38—Acesso às medidas tomadas pela empresa para diminuir riscos

Questionário aplicado: percepção de risco tecnológico	
Respostas dos entrevistados	Pessoas (%)
Mas de que adianta, na hora na hora não tem o que fazer	1
Deveriam fazer campanha de esclarecimentos nas escolas	1
Quem participou, acredito que foi a minoria, entendeu o recado	1
As pessoas comentam muito sobre o grande perigo desses tubos	1
A população não tem conhecimento e poucos se interessam	1
Acredito que sim, pois ouvir os comentários, mas nada muito firme	1
Total	6

Fonte: Autor (2017)

Conforme demonstra o gráfico da Figura 40 a grande maioria dos entrevistados, um total de 92%, desconhece a realização de palestra por parte do responsável pela dutovia ou por algum órgão da prefeitura sobre o tema: riscos de dutovia em área urbana.

Em terminal marítimo de grande porte, como é o caso do Temadre, onde a unidade petrolífera atua de forma continuada durante vinte e quatro horas por dia, transportando e armazenando derivados de petróleo, a potencialidade para ocorrência de um acidente ampliado constitui risco inerente às atividades de manuseio de grande volume de combustível, pois na ocorrência de um acidente existe a possibilidade de vir afetar de forma grave a população, o meio ambiente e as estruturas urbana no entorno da dutovia. Em vista das instalações petrolíferas representarem potencialidade elevada de perigo para a população é importante que os riscos decorrentes das atividades, sejam devidamente conhecidos pela população, assim como o pleno conhecimento de como a Transpetro e os órgãos públicos gerenciam esses riscos.

Figura 40–Palestra de riscos de dutovia em área urbana

Fonte: Autor (2017)

Pela periculosidade que representa as atividades petrolíferas em ambiente urbano é imprescindível, transmitir para a população o conhecimento da extensão dos riscos socioambientais a que está exposta, através de informações relevantes sobre a identificação dos produtos químicos transportados ou em processos de armazenagens e os perigos que representam a ocorrência de um incêndio e/ou explosão, bem como os possíveis danos que podem causar a população, através dos efeitos toxicológicos e a contaminação do meio ambiente, estabelecendo as devidas orientações para a potencialidade e os efeitos danosos que representam à ocorrência de um acidente ampliado através de transporte de produtos a alta pressão, conforme a placa de sinalização da Figura 41 onde sinaliza para uma das condições operacionais da dutovia.

Figura 41–Placa de sinalização da dutovia indicativa de alta pressão

Fonte: Autor (2016)

Conforme a Tabela 39 que compõe o terceiro grupo do questionário, com as respectivas respostas afirmativas dos entrevistados a respeito da realização de palestra sobre o tema, riscos de dutovia em área urbana, totalizou 8%, e indicaram a empresa proprietária das instalações da dutovia como realizadora do evento.

Tabela 39–Palestra oferecida pela empresa

Questionário aplicado: percepção de risco tecnológico	
Respostas dos entrevistados	Pessoas (%)
Empresa	8
Total	8

Fonte: Autor (2017)

Entre aqueles que responderam afirmativamente, sobre a efetivação da palestra junto à população gerou os resultados da Tabela 40, onde constam as opiniões dos entrevistados quando solicitados para descreverem a palestra e o quanto foi esclarecedora para os participantes.

É de extrema necessidade que a população seja devidamente esclarecida e capacitada, através de informação e treinamento a respeito do risco que representa a dutovia na área urbana, transmitindo para a população a forma de prevenção, preparação e capacitação de resposta durante a ocorrência de um acidente maior, permitindo dessa maneira a percepção e compreensão ampla da extensão dos impactos que advirão a partir da ocorrência do acidente na dutovia, tornando a população consciente e alerta dos perigos que representam os transportes através de dutos de grande volume de combustíveis na área urbana.

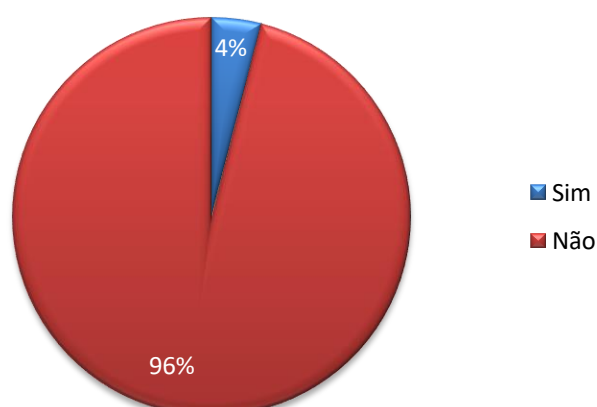
Tabela 40–Descreva a palestra e o quanto foi esclarecedora

Questionário aplicado: percepção de risco tecnológico	
Respostas dos entrevistados	Pessoas
Não foi convincente, falta continuidade nas palestras	1
Na real, não cumpriu com as palavras da palestra	1
Falaram sobre o plano de contingência, há muito tempo atrás	1
Falaram de cada produto e dos riscos de cada um	3
Sim, falaram dos produtos e dos riscos de cada um, mas não ficou claro quanto à forma de se proteger na hora em que acontecer um acidente	2
Total	8

Fonte: Autor (2017)

Conforme o gráfico da Figura 42 a grande maioria dos entrevistados, um total de 96%, desconhece o número do telefone para o caso de emergência acidental nas instalações da dutovia.

A partir dos resultados obtidos entre os entrevistados, fica evidente o baixo conhecimento, por parte da população do número do telefone de emergência. É de grande importância que o responsável pela dutovia implante o acesso gratuito de linha telefônica fixa e móvel com atendimento diuturno durante todos os dias da semana, inclusive feriados e com ampla divulgação do número do telefone de emergência, tornando-o amplamente conhecido a fim de garantir um atendimento rápido e preciso por parte dos responsáveis pelas instalações petrolíferas e pelos órgãos competentes do poder público, composto pela defesa civil, corpo de bombeiros, polícia entre outros, auxiliando dessa forma nas ações de resposta rápida decorrente do acidente químico, de forma a minimizar as consequências dos danos socioambientais.

Figura 42–Conhecimento dos números de telefones em caso de emergência

Fonte: Autor (2017)

Apenas 4% das pessoas entrevistadas responderam que conhecem o número do telefone de emergência. Na Tabela 41 compõe o terceiro grupo do questionário

aplicado, onde constam os resultados obtidos entre os entrevistados, quanto ao conhecimento do número do telefone para o caso de emergência, decorrente de um acidente ampliado nas instalações da dutovia.

Tabela 41–Número do telefone de emergência

Questionário aplicado: percepção de risco tecnológico	
Respostas dos entrevistados	Pessoas (%)
Tenho gravado o número 0800 281 2040	2
Está gravado ali na cerca dos tubos 0800 281 2040	1
Tenho na porta de casa 0800 281 2040	1
Total	4

Fonte: Autor (2017)

4.1.1 Contexto socioambiental

Através das entrevistas foi possível obter uma percepção, por parte da população, dos riscos socioambientais inerentes aos problemas de segurança existentes na cidade, motivada pela exposição à vulnerabilidade ao risco tecnológico, proveniente dos transportes através de dutos de grande volume de combustíveis derivados de petróleo e das proximidades das instalações da dutovia das estruturas urbana da cidade para a perspectiva de ocorrência de um acidente químico ampliado.

Da mesma forma, foi possível compreender as relações entre a população e o ambiente em que vive, ficou evidente a forma como a população interpreta e aceita o ambiente de extremo risco a que está exposta e de que forma ela vai se comportar diante de uma situação catastrófica, proveniente de um acidente maior nas instalações da dutovia.

Além disso ficaram expostas as incertezas por parte da população para a possibilidade de sofrer perdas ou danos, a partir das ameaças provenientes dos riscos de incêndio e/ou explosão, vazamentos de gás tóxico e a constante contaminação da atmosfera, afetando a população e o meio ambiente, devido à exposição aos hidrocarbonetos provenientes das emissões fugitivas da dutovia e dos sistemas de armazenagens em tanques e esferas dos derivados petrolíferos por toda a região urbana da cidade.

Pelo fato de grande parte da população desconhecer as medidas de prevenção e de contenção dos riscos é de extrema necessidade que tanto o órgão público estadual e municipal, quanto a proprietária da dutovia promovam mais investimentos e estabeleçam uma maior frequência na comunicação e treinamento como forma de orientar a população como se comportar perante uma situação de ocorrência de um

acidente químico ampliado. Devido ao fato da população vir a adquirir conhecimento dos efeitos danosos, decorrentes dos riscos tecnológicos, não a torna imune aos danos produzidos por um acidente, mas o desconhecimento dessas ocorrências eleva o grau de vulnerabilidade aos efeitos acidentais para a população.

Através do desenvolvimento da análise de riscos é possível estabelecer e detectar os níveis de alcance da catástrofe proveniente de um acidente ampliado bem como, o número de pessoas afetadas propensas a fatalidades ou danos físicos, para os indivíduos residentes nas comunidades no entorno e ao longo da dutovia, servindo como base para o planejamento de gestão urbana, através da implantação de medidas preventivas eficazes de políticas públicas que venham a contemplar a segurança da população, auxiliando na ação de mitigar os impactos decorrentes do acidente.

4.2 Distribuição do segmento populacional

As áreas urbanizadas referentes às ocupações humanas no entorno e ao longo da dutovia, foram mapeadas como forma de estabelecer os registros de ocupação dos espaços do município pela população por setor censitário, de acordo com a coleta dos dados estatísticos do IBGE do censo 2010. Através do apoio dos elementos cartográficos e baseado na tecnologia de geoprocessamento foram concebidos os mapas temáticos de ocupação do município. Os mapas foram concebidos como forma de estabelecer uma confrontação espacial entre as áreas residenciais e as demais estruturas urbana em relação à dutovia, para servir de subsídio para as análises socioespacial perante o desenvolvimento do EAR, para buscar determinar os riscos inerentes aos processos operacionais da dutovia.

Os elementos cartográficos foram processados através do programa de geoprocessamento *Geographic Information System (ArcGIS™)* Versão 10.0. Projeção *UTM* e *Datum WGS84*.

Para atender ao presente estudo, os mapas serviram para visualizar a ocupação do espaço urbano relacionados com: concentração populacional; densidade demográfica e concentração populacional por faixa etária, mapas que serviram para identificar as regiões expostas à vulnerabilidade humana e ambiental, decorrente dos efeitos acidentais.

As áreas consideradas vulneráveis correspondem às regiões com probabilidade de fatalidade entre os membros da população, referentes ao alcance

dos raios traçados das curvas de vulnerabilidades, tendo como referência o centro da dutovia.

Os resultados dos traçados das curvas de vulnerabilidades, foram representados através de mapas temáticos para os eventos simulados na dutovia permitindo dessa forma, a visualização espacial das áreas vulneráveis ao alcance dos efeitos danosos, de incêndio gerando radiação térmica ou explosão gerando sobrepressão, resultante de um acidente ampliado.

A partir da avaliação da intensidade dos fatores de riscos foi gerado pelo sistema computacional, *software* específico para análise de riscos, os mapas de riscos tecnológicos que foram sobrepostos com o objetivo de estabelecer a confrontação com os mapas do município relativos à concentração populacional, densidade demográfica e concentração populacional por faixa etária, com o intuito de configurar as áreas mais vulneráveis e por consequência a faixa da população mais afetada pelos danos acidentais, possibilitando a criação de medidas específicas de prevenção e mitigação dos riscos para possibilitar a implantação de políticas públicas orientadas à formulação de um ordenamento do território mais eficaz e sensível aos riscos de natureza tecnológica no município.

4.3 Trajeto da dutovia no município

O mapa da Figura 43 mostra o trajeto da dutovia, com destaque em vermelho, ao longo do perímetro urbano a dutovia é aérea ou seja, implantada acima do solo se estendendo desde o Parque do Suape até o Parque do Mirim no extremo oposto da ilha.

Figura 43–Traçado da dutovia na cidade



Fonte: IBGE, 2010. Elaborado por: Luís H. C. Paixão (2018)

4.4 Concentração populacional

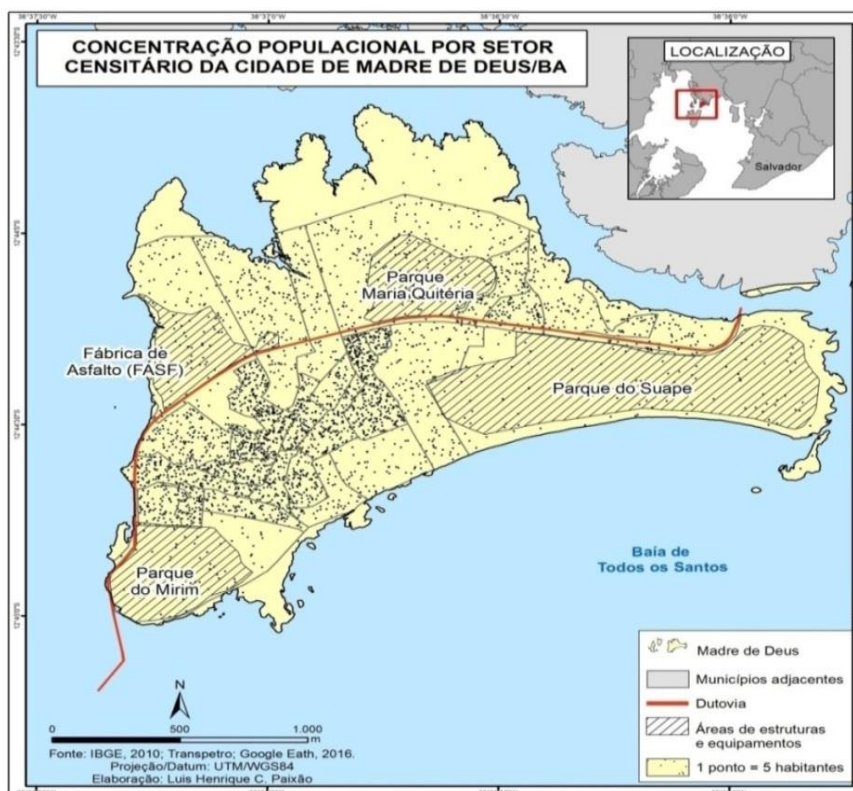
A concentração populacional do espaço urbano fica demonstrada na Figura 44, onde demonstra a forma como a população se concentra na área central do município e como a ocupação humana circunda as instalações petrolíferas, não só no entorno e ao longo da dutovia como das demais instalações petrolíferas implantadas no município.

Conforme visto, a área central do município é uma região densamente povoada onde a ocupação urbana é constituída, na sua maioria, por casas com pouco espaçamento entre as construções, resultado do provável processo histórico de ocupação desordenada do espaço urbano, quando a população buscou as regiões mais próximas ao porto para embarque e desembarque marítimo e de comercialização de produtos, principalmente alimentícios, provenientes das demais cidades do recôncavo baiano e tendo como destino final o porto de Salvador.

Em termos de risco, faz-se registro, o processo de ocupação urbana que se acentuou no entorno e ao longo da dutovia e sem atender a qualquer critério de ordenamento de ocupação em relação à dutovia, elevando dessa forma a gravidade

das consequências na perspectiva de ocorrência de um acidente ampliado, o que caracteriza a ocupação humana do município como de alta periculosidade.

Figura 44–Concentração populacional por setor censitário



Fonte: IBGE, 2010. Elaborado por: Luís H. C. Paixão (2018)

A ocupação desordenada e irregular ocorre praticamente em todo espaço urbano do município, o que resultou na aproximação demasiada das habitações e as demais estruturas urbana no entorno e ao longo da dutovia, assim como, das demais instalações da indústria petrolífera. Devido à falta de planejamento de ocupação do solo urbano, foi determinante para exposição a um cenário de alto risco tecnológico de forma permanente para a população.

A foto da Figura 45 mostra que é relevante a concentração de residências e demais estruturas urbanas, localizadas no entorno e ao longo das instalações da dutovia, inclusive da estrada que é a única via de acesso ao município.

Figura 45—Concentração de residências no espaço urbano

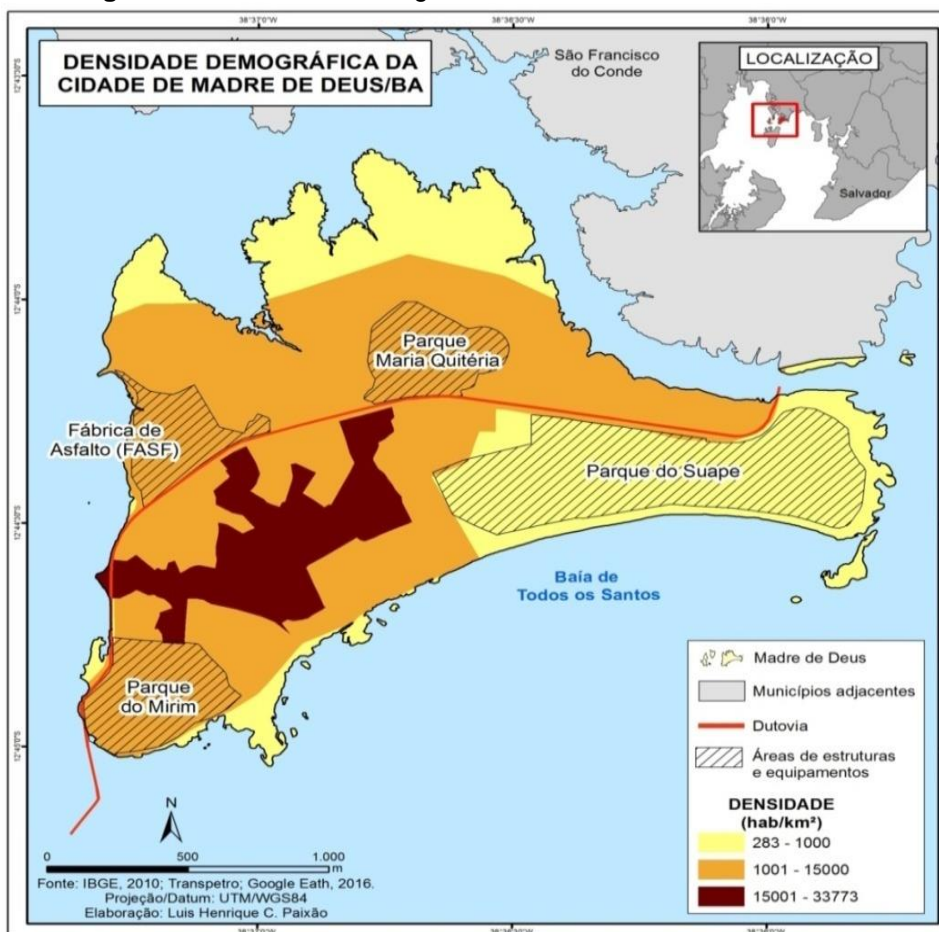


Fonte: Autor (2016)

4.5 Densidade demográfica

No mapa da densidade demográfica da Figura 46, conforme os dados do censo demográfico do IBGE (2010), mostram a elevada taxa de povoamento concentrado do município. De acordo com a distribuição das ocupações humanas, o mapa indica que a maior concentração da população se encontra na região central, onde concentra residências e atividades comerciais, enquanto que nas bordas extremas do município a ocupação do solo urbano ocorre com uma distribuição mais uniforme e constituídas das ocupações da indústria petrolífera.

Figura 46—Densidade demográfica da cidade de Madre de Deus/BA

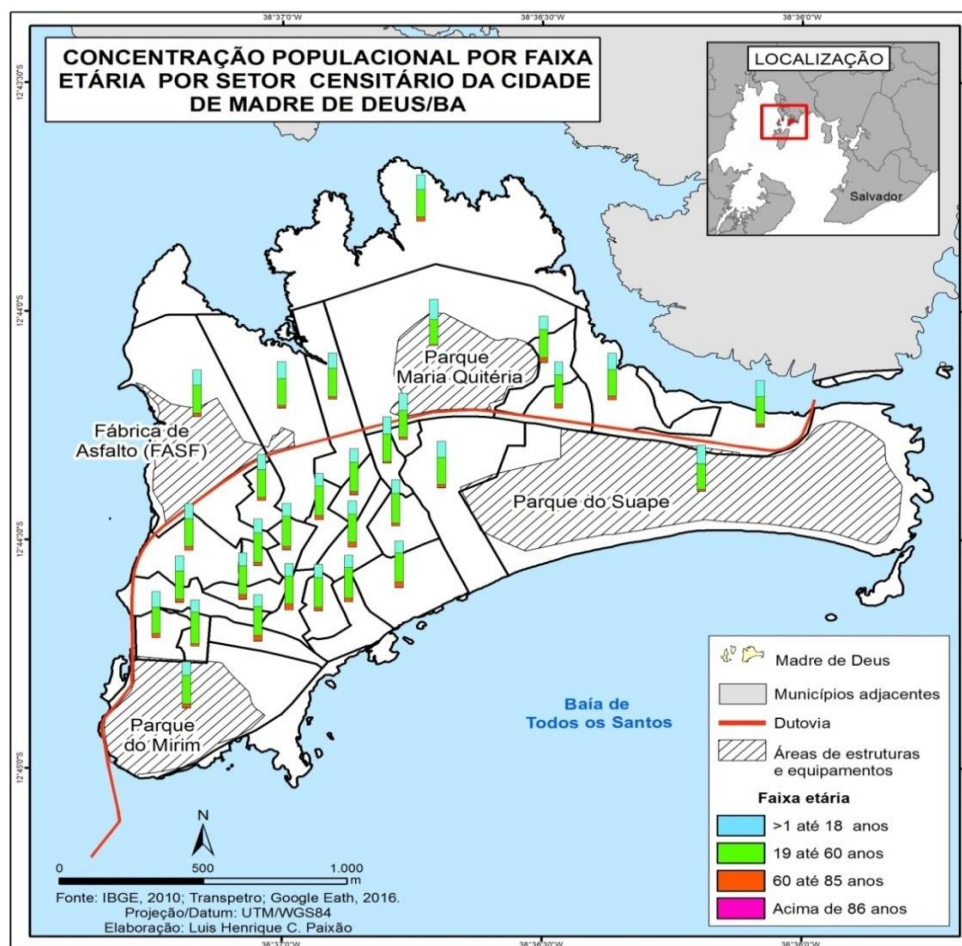


Fonte: IBGE, 2010. Elaborado por: Luís H. C. Paixão (2018)

4.6 Concentração da população idosa e infantil

O mapa da Figura 47 revela onde se concentra a população idosa (> 60 anos) e infantil, demonstrando que estão em maior densidade de ocupação na região central do município. Nos estudos de análise de riscos são pessoas tidas como de severa vulnerabilidade quando em situações de confronto com acontecimentos súbitos e imprevisíveis, como a ocorrência de um acidente ampliado, devido à deficiência de mobilidade funcional, decorrente da situação física das pessoas idosas e infantil ou mesmo aquelas portadoras de paraplegia e de doença coronária.

Figura 47–Concentração população idosa e infantil

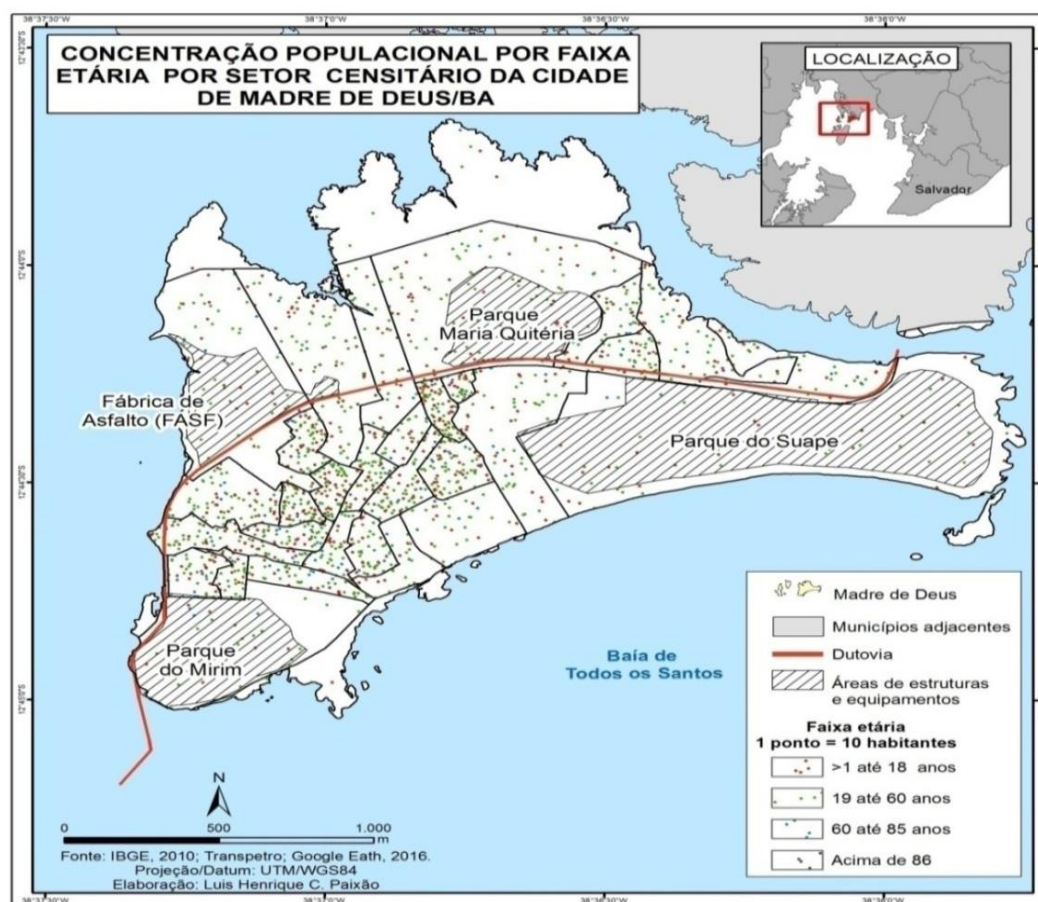


Fonte: IBGE, 2010. Elaborado por: Luís H. C. Paixão (2018)

4.7 Distribuição da população por faixa etária

O mapa temático da Figura 48 representa a distribuição populacional do município, atendendo a todas as faixas etárias, com distribuição dos habitantes por ponto, cada ponto equivale a 10 habitantes. Ao estabelecer a distribuição das faixas etárias por ponto, nota-se que a população com maior faixa etária se concentra no centro da cidade, enquanto as regiões em volta do centro ocorre uma distribuição mais uniforme da faixa etária.

Figura 48—Distribuição da população por faixa etária



Fonte: IBGE, 2010. Elaborado por: Luís H. C. Paixão (2018)

4.8 Análise de Riscos: Determinação do Risco Individual e Social

Para os eventos simulados foram estabelecidas as tolerabilidades de risco individual e risco social para os indivíduos residentes nas comunidades no entorno e ao longo da dutovia. As estimativas das quantidades de pessoas afetadas a partir dos eventos simulados e sujeitas aos efeitos físicos de incêndio e explosão, foram estabelecidas a partir das curvas de vulnerabilidades, como forma de referenciar os raios máximos de alcance a partir do centro da dutovia, de acordo com os valores probabilísticos de contornos das curvas da CETESB P4.261 de 1%, 50% e 99%, para a ocorrência de fatalidades entre os indivíduos ao alcance nos raios máximos de forma a definir as áreas vulneráveis.

4.8.1 Tolerabilidade de risco individual para os eventos simulados

As curvas de iso-risco³³ para os eventos simulados, determinam os contornos de risco individual, permitindo uma visualização da distribuição geográfica no entorno e ao longo da dutovia para a ocorrência accidental, e definem as áreas expostas aos níveis de vulnerabilidade para o risco individual, com os respectivos valores referentes às probabilidades de fatalidade individual por ano (fat./ano), para um indivíduo situado em qualquer das posições de abrangência do contorno das curvas.

Os valores dos contornos das curvas de iso-risco, condizentes com as probabilidades de fatalidade individual, estão definidos na legenda do canto inferior esquerdo de cada uma das figuras citadas e foram calculadas pelo sistema computacional de forma a atender toda a extensão da dutovia dentro do município.

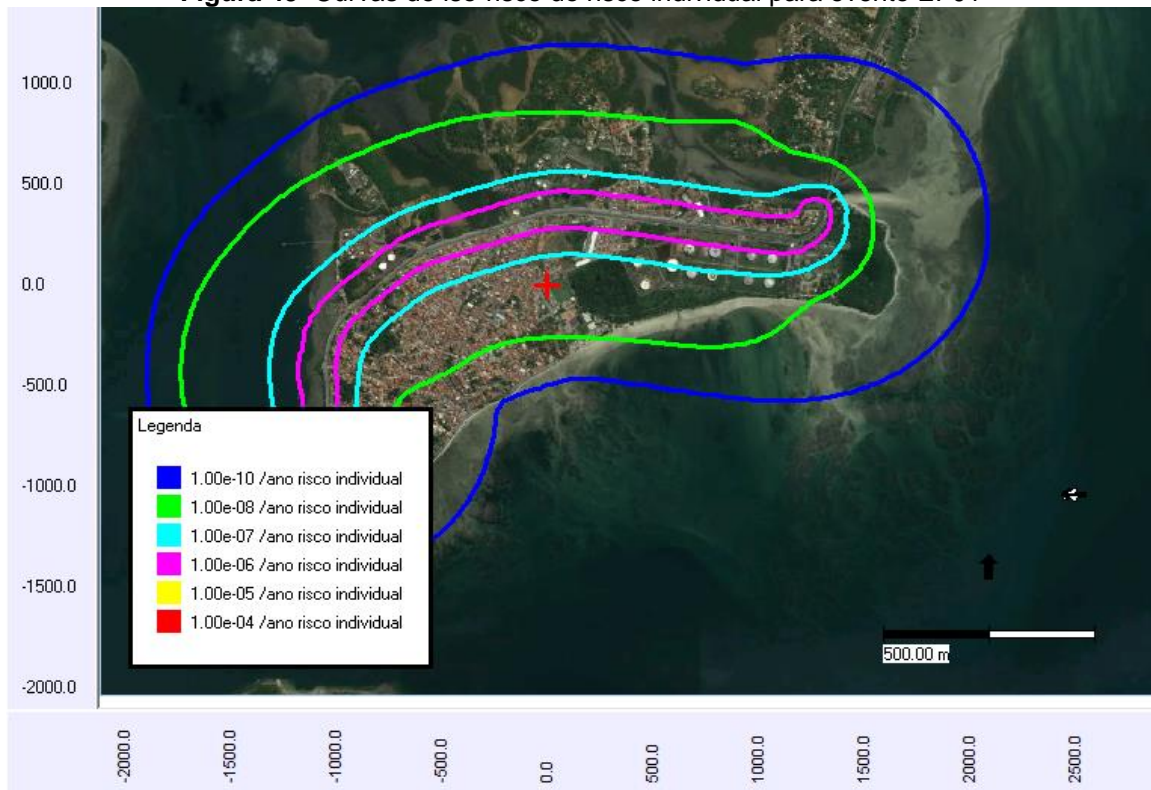
4.8.1.1 Risco individual para os eventos simulados

As curvas de iso-risco, projetadas sobre os mapas de tolerabilidade, das Figuras 49 à Figura 52 representam os contornos de risco individual para os eventos iniciadores EI-01, EI-02, EI-03 e EI-04, provenientes das simulações para as ocorrências de acidente maior, originados de grande vazamento nos dutos de GLP; óleo lubrificante, óleo combustível, *Bunker* e óleo diesel; gasolina, nafta e QAV; *Bleve* e bola de fogo (*fire ball*) nos dutos de GLP ao longo da dutovia, respectivamente.

O fenômeno *BLEVE* surge a partir da perspectiva de um incêndio em poça em um dos dutos transportando combustíveis derivados de petróleo. Invariavelmente um *BLEVE* é decorrente de um incêndio externo que incide na parede de uma estrutura, no caso específico do presente evento, nas paredes metálicas do conjunto dos dutos pressurizados transportando GLP.

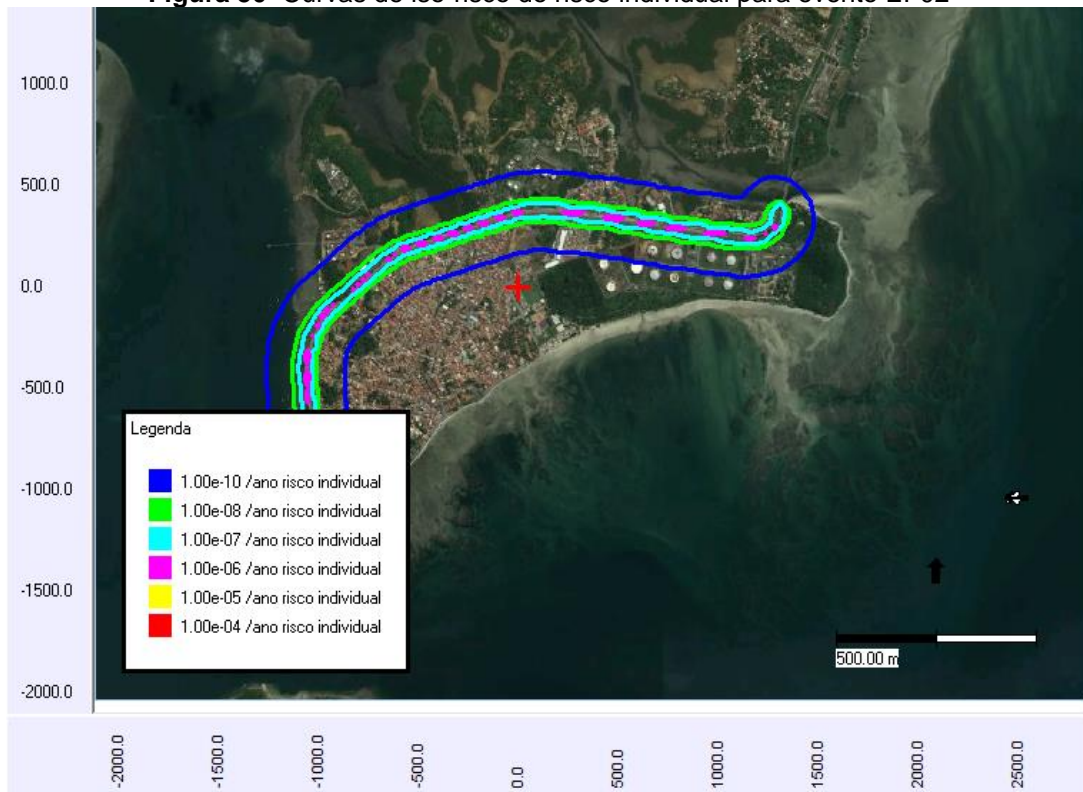
Conforme os contornos das curvas de iso-risco, definidas para os eventos simulados, com valor de $1 \times 10^{-6} \text{ ano}^{-1}$ (curva roxa), e estabelecendo a compatibilidade com a curva de perfil de risco (b2) da CETESB, indica a tolerabilidade do risco individual, no intervalo compreendido entre $1 \times 10^{-6} \text{ ano}^{-1} \leq \text{RI} \leq 1 \times 10^{-5} \text{ ano}^{-1}$ valor que requer, de acordo com o critério para avaliação do risco, a implantação de medidas que resultem na redução de risco nas instalações da dutovia.

³³Curvas de Iso-risco ou contorno de iso-risco: trata da representação do risco individual de um empreendimento sobre uma foto aérea, determinada pela inserção de pontos com os mesmos valores de risco. Também conhecido como contorno de risco. (CETESB P4.261, 2011, p.4)

Figura 49—Curvas de iso-risco do risco individual para evento EI-01

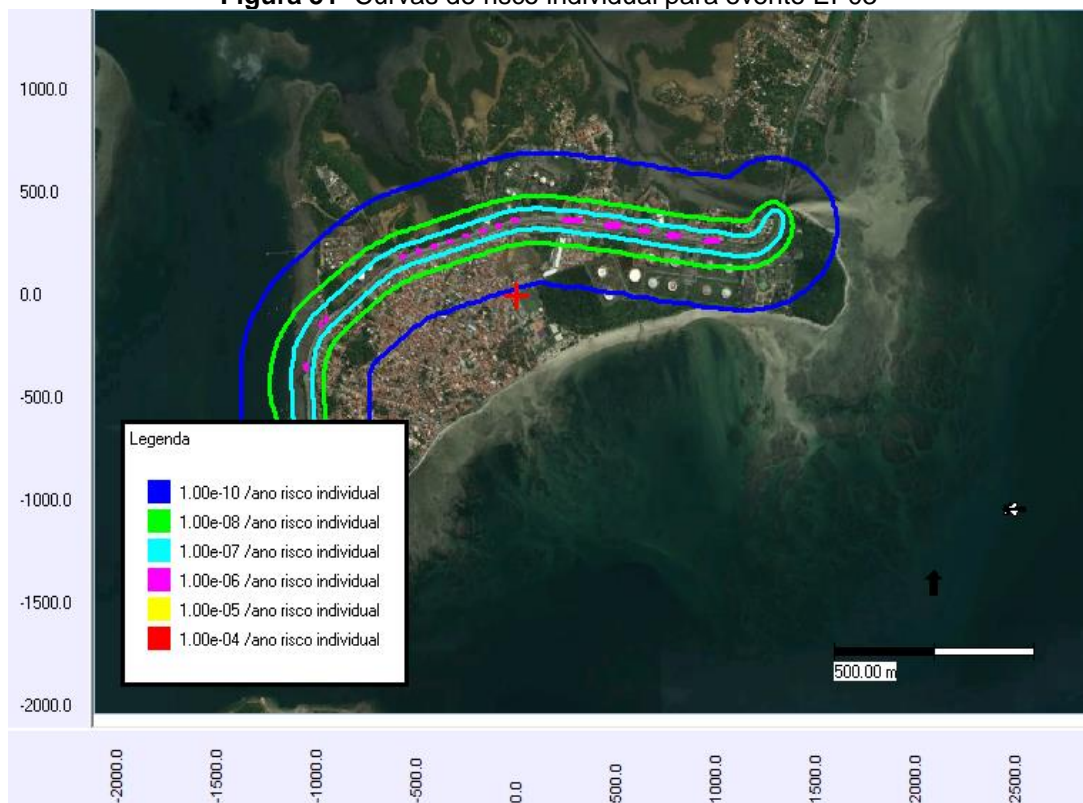
Fonte: *Google Earth* (2018, modificado)

Figura 50—Curvas de iso-risco do risco individual para evento EI-02



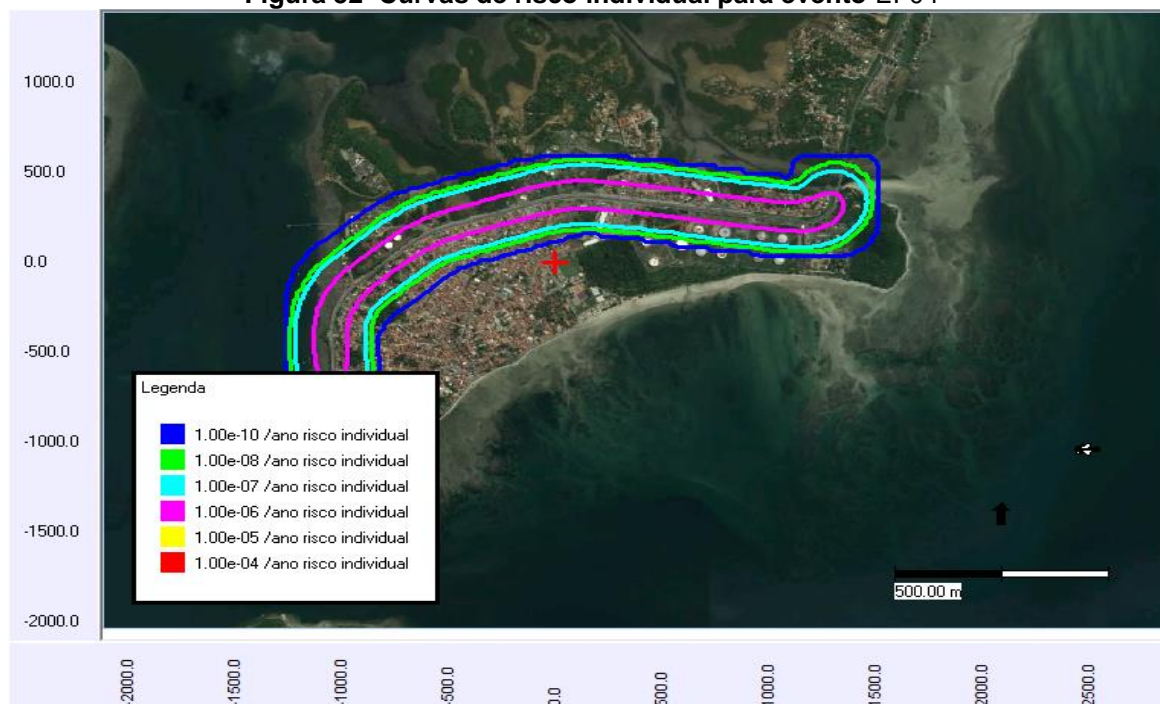
Fonte: Google Earth (2018, modificado)

Figura 51—Curvas de risco individual para evento EI-03



Fonte: Google Earth (2018, modificado)

Figura 52–Curvas de risco individual para evento EI-04



Fonte: Google Earth (2018, modificado)

4.8.1.2 Redução do risco individual para os eventos simulados

A tolerabilidade de risco individual para os eventos simulados, indicou um perfil de risco individual na região a ser reduzido, com valor de 1×10^{-6} ano⁻¹, com a possibilidade de provocar a fatalidade de uma pessoa situada na abrangência das curvas de iso-risco em um ponto qualquer no entorno e ao longo da dutovia. O que conforme o padrão de risco da CETESB caracteriza a região de risco a ser reduzido e determina a implantação de medidas que resultem na sua redução, fazendo com que a curva se projete na região de risco tolerável e estabelecendo o controle através de um PGR, de forma sistemática durante toda a existência operacional da dutovia.

4.8.1.3 Risco individual médio para os eventos simulados

Conforme a distribuição da população do município o sistema computacional, estabelece o risco individual médio de frequência anual esperada de fatalidade, para um indivíduo das comunidades situado no polígono de ocupação territorial.

A Tabela 42 apresenta o conjunto dos resultados do risco individual médio por ano, para cada um dos polígonos ocupados pela população e que está afeita aos níveis de influência acidental, decorrente dos eventos simulados.

Conforme os registros da tabela, a região do município com maior propensão ao risco individual médio (/ano) entre os eventos simulados na dutovia é a região da

Fábrica de Asfalto II, com valor de $1,84e-9$ ano⁻¹ para a ocorrência do efeito acidental do evento EI-01, simulado como grande vazamento nos dutos de GLP. Seguido do registro do evento EI-04 com valor de $9,1e-10$ ano⁻¹ proveniente do efeito acidental simulado como *BLEVE* e bola de fogo nos dutos de GLP.

Tabela 42–Risco individual médio para os eventos simulados na dutovia

Risco Individual Médio para os Eventos	
Evento EI-01 (Grande vazamento nos dutos de GLP)	
População do Local	Risco Individual Médio (/ano)
Parque do Suape / Maria Quitéria	7,70e-12
Parque do Mirim	3,57e-12
Fábrica de Asfalto I	1,50e-11
Fábrica de Asfalto II	1,84e-90
Evento EI-02 (Grande vazamento nos dutos de óleos)	
População do Local	Risco Individual Médio (/ano)
Parque do Suape / Maria Quitéria	3,33e-13
Parque do Mirim	2,24e-13
Fábrica de Asfalto I	8,58e-13
Fábrica de Asfalto II	5,04e-11
Evento EI-03 (Grande vazamento nos dutos de gasolina, nafta e QAV)	
População do Local	Risco Individual Médio (/ano)
Parque do Suape / Maria Quitéria	4,30e-13
Parque do Mirim	2,16e-13
Fábrica de Asfalto I	9,32e-13
Fábrica de Asfalto II	8,44e-11
Evento EI-04 (BLEVE e bola de fogo nos dutos de GLP)	
População do Local	Risco Individual Médio (/ano)
Parque do Suape / Maria Quitéria	1,09e-12
Parque do Mirim	1,11e-12
Fábrica de Asfalto I	2,80e-12
Fábrica de Asfalto II	1,91e-10

Fonte: Autor (2018)

4.8.2 Tolerabilidade de risco social para os eventos simulados

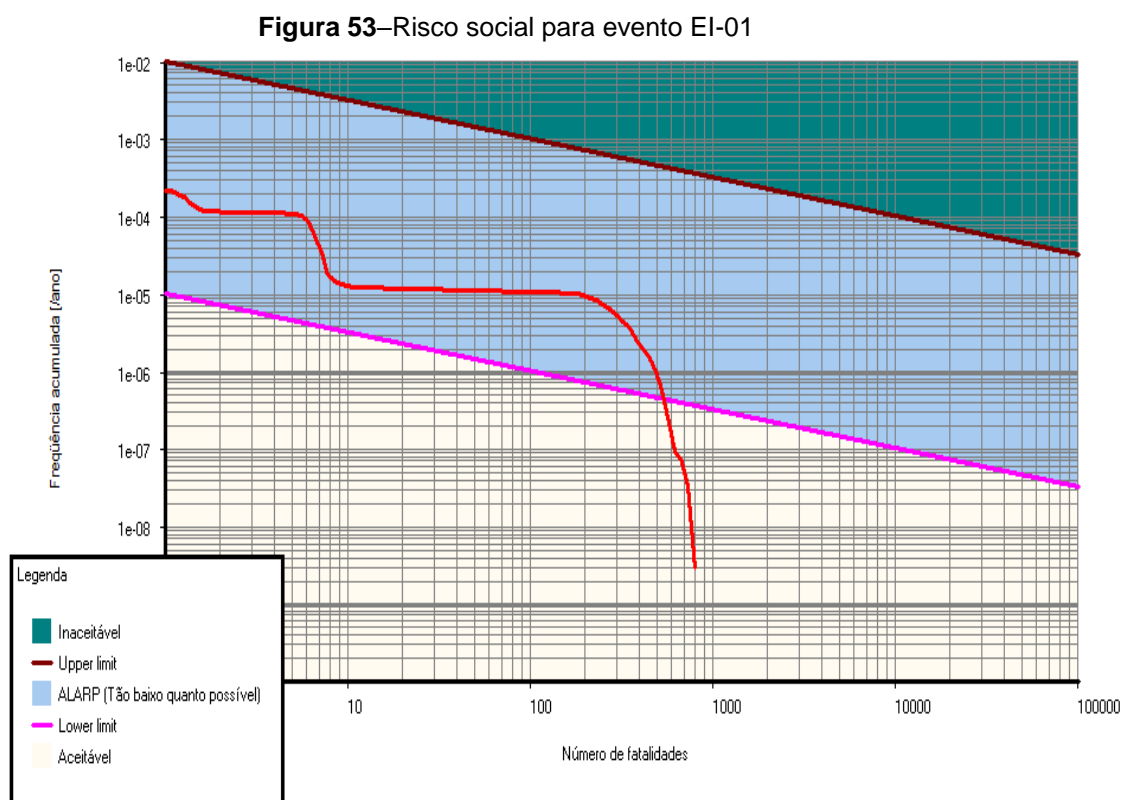
A tolerabilidade do risco social para os indivíduos das comunidades presente no entorno e ao longo da dutovia, expostas aos efeitos danosos de um acidente maior, teve a avaliação das consequências acidentais representadas através da curva F-N ou seja, a frequência versus o número de vítimas fatais decorrentes dos eventos simulados na dutovia.

4.8.2.1 Risco social para os eventos simulados

Os gráficos da Figura 53 à Figura 56 representam os resultados dos traçados das curvas F-N de tolerabilidade ao risco social para os indivíduos das comunidades expostas aos riscos, provenientes das simulações de acidente maior causado pelos eventos EI-01, EI-02, EI-03 e EI-04 caracterizados para ocorrências acidentais de

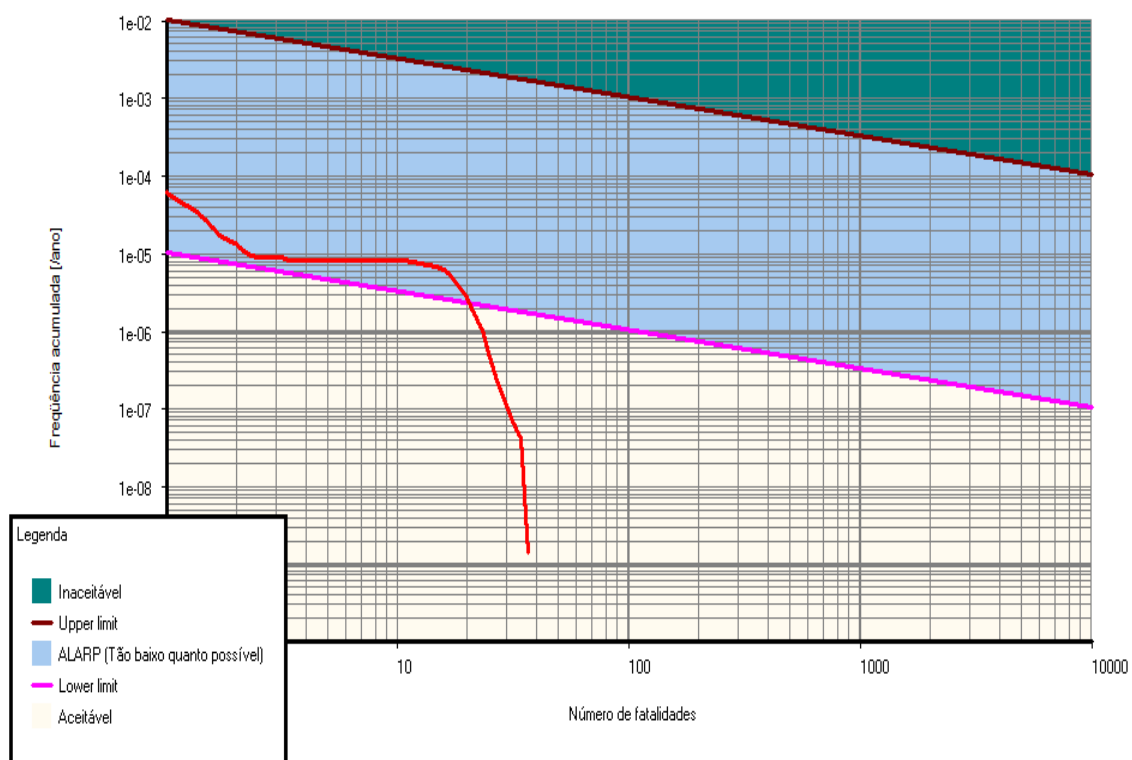
grande vazamento nos dutos de GLP; óleo lubrificante, óleo combustível, *Bunker* e óleo diesel; gasolina, nafta e QAV; *Bleve* e bola de fogo nos dutos de GLP ao longo da dutovia, respectivamente.

Conforme as projeções dos traçados das curvas F-N e estabelecendo o comparativo com o critério de tolerabilidade de risco social da Norma Técnica da CETESB P4.261 (2011), indicaram que o risco social se projeta na região de risco a ser reduzido, o que determina a implantação de medidas que venham reduzir o risco para os indivíduos das comunidades presentes no entorno e ao longo da dutovia.



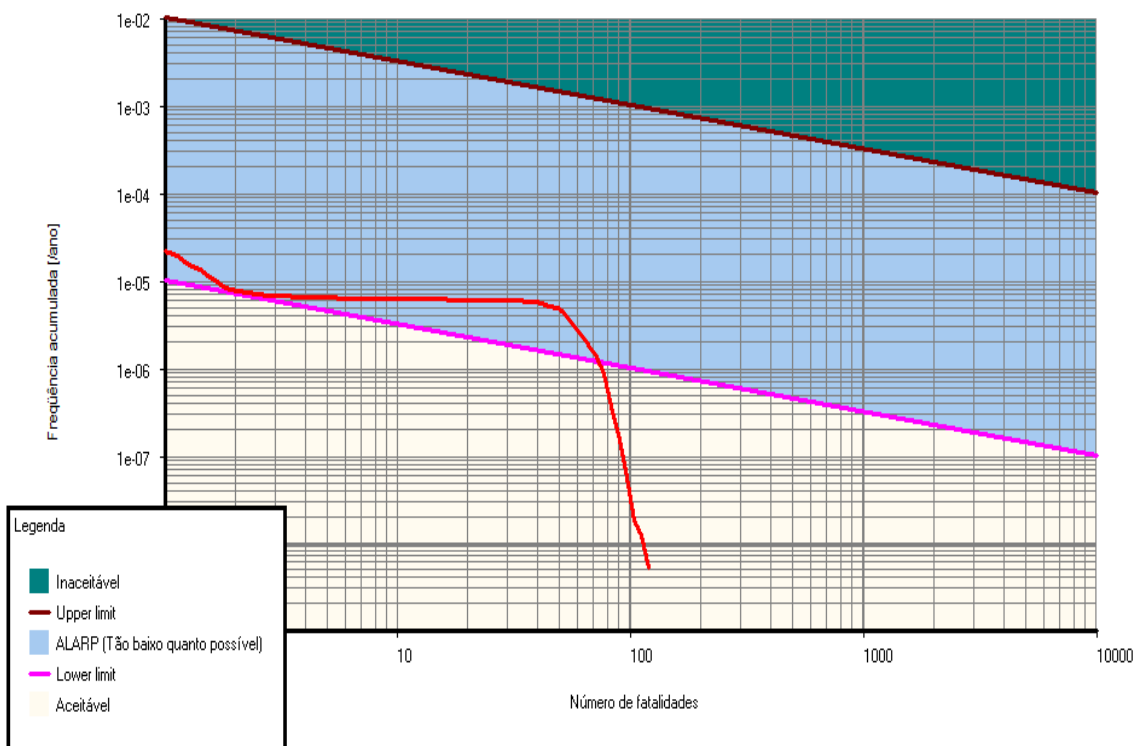
Fonte: *Riskan* (2018)

Figura 54—Risco social para evento EI-02



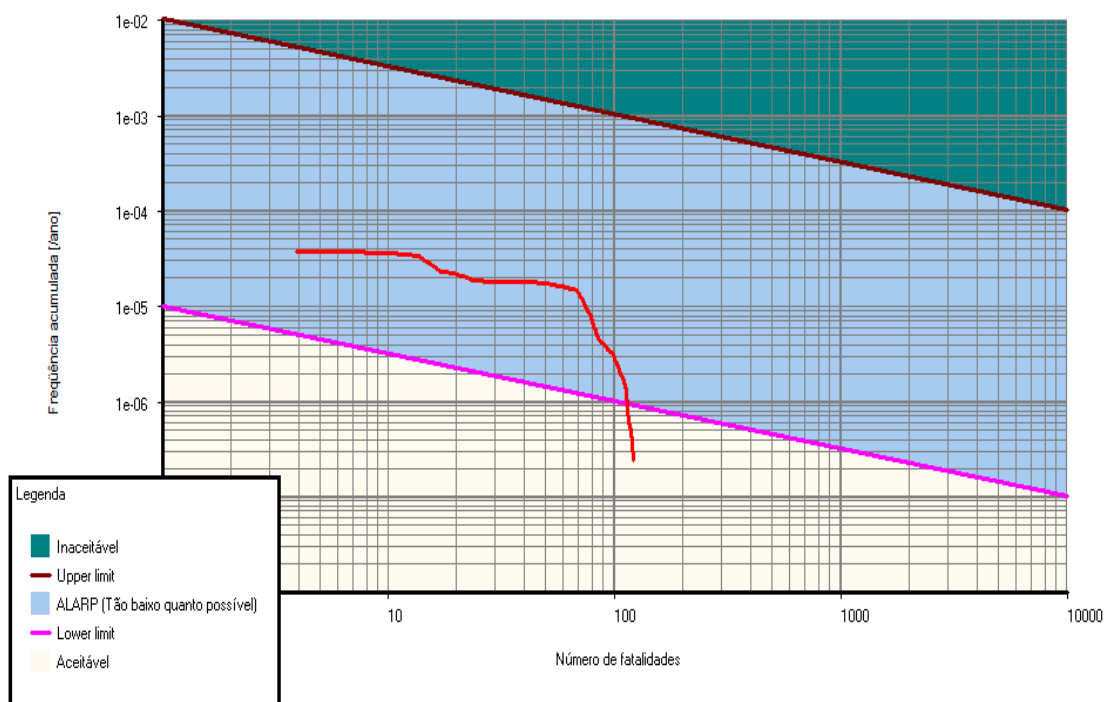
Fonte: *Riskan* (2018)

Figura 55—Risco social para evento EI-03



Fonte: *Riskan* (2018)

Figura 56–Risco social para evento EI-04



Fonte: *Riskan* (2018)

4.8.2.2 Redução do risco social para os eventos simulados

As curvas F-N de tolerabilidade de risco social para os eventos simulados, mostram os traçados das curvas na região do risco a ser reduzido (*ALARP*) ou seja, região dos gráficos entre o limite inferior (*lower limit*) e o limite superior (*upper limit*) e conforme critério estabelecido pela Norma Técnica da CETESB P4.261 (2011, p.35), devem sempre ser consideradas propostas de medidas preventivas de forma a reduzir os riscos das instalações da dutovia. As medidas para a redução dos riscos devem ser avaliadas pelo responsável pela dutovia em termos de custo e reduzidos tanto quanto praticável, de forma que ao ser submetida a uma nova avaliação, os riscos sejam reduzidos para a região dos riscos considerados toleráveis.

4.8.2.3 Configuração do risco social para os eventos simulados

A memória de cálculo e as respectivas modelagens matemáticas das hipóteses acidentais para os eventos simulados na dutovia estão detalhadas no Apêndice A, onde constam as simulações e modelos para os eventos simulados, composto das seguintes etapas: sequência detalhada do cálculo para a simulação por tipo de

modelo; mapas indicativos das origens dos eventos e as curvas representativas; e caracterização dos resultados parciais e totais para os eventos simulados.

Como resultados dos cálculos e das modelagens matemáticas para as hipóteses acidentais, foram informados os seguintes cenários: contribuição do risco social por tipo de dano; contribuição do risco social por tipo de acidente; eventos iniciadores de maior risco social médio; eventos iniciadores de maior frequência esperada; cenários acidentais de maior dano máximo esperado; 25 cenários acidentais de maior risco social médio; 25 cenários acidentais de maior frequência esperada; e 25 cenários acidentais de maior dano esperado.

No Apêndice B constam as tabelas das simulações e modelos para os eventos de maior risco social médio com indicativo do número esperado de fatalidades por ano entre os indivíduos da população, composto dos seguintes resultados: tabelas dos itens correlacionados com as simulações e as respectivas modelagens matemáticas; desenvolvimentos dos cálculos das frequências; e dados de entrada para o processamento pelo sistema computacional.

4.8.2.4 Contribuição por tipo de dano para o risco social

Os resultados obtidos para o risco social indicam os tipos de danos mais graves que possam ser registrados na dutovia, conforme ocorra os seguintes efeitos acidentais: carga térmica, provocando queimadura; queima e asfixia proveniente de jato de fogo³⁴ ou incêndio em nuvem; e colapso estrutural e impacto sobre o corpo, provocado por explosão.

Na Tabela 43 constam os dados que caracteriza a contribuição para o risco social por tipo de dano na ocorrência dos eventos simulados na dutovia, independente da frequência esperada para a ocorrência anual (fat./ano).

Os registros provenientes da contribuição por tipo de dano para o risco social, servem de orientação para a tomada de decisão quanto ao pronto atendimento em termos de socorro, aos indivíduos expostos à ocorrência acidental.

Entre os registros de dano o mais grave para o risco social foi a emissão radiante de carga térmica, a partir da simulação do evento EI-04 com a formação de

³⁴Jato de fogo: combustão de substâncias emitida com grande força através de um orifício CETESB P4.261. (2011, p.6)

BLEVE e bola de fogo nos dutos de GLP com registro probabilístico de provocar 100% de fatalidade.

Em seguida o tipo de dano mais grave para o risco social foi decorrente das simulações dos eventos EI-03 devido a grande vazamento nos dutos de gasolina, nafta e QAV, e o evento EI-01 devido a grande vazamento nos dutos de GLP com capacidade de gerar colapso estrutural, originado do efeito físico da explosão provocado pelo impulso e sobrepressão com registro probabilístico de provocar 86,01% e 80,55%, respectivamente, de fatalidade entre os membros das comunidades no entorno e ao longo da dutovia.

Tabela 43—Contribuição do risco social por tipo de dano

Contribuição do Risco Social por Tipo de Dano		
Evento EI-01 (Grande vazamento nos dutos de GLP)		
Tipo de dano	Risco Social Médio (fat./ano)	Porcentagem do total (%)
Carga térmica	7,9304e-04	19,29
Queima e asfixia	6,4732e-06	0,16
Colapso estrutural	3,3116e-03	80,55
Total	4,1111e-03	100,00
Evento EI-02 (Grande vazamento nos dutos de óleo)		
Tipo de dano	Risco Social Médio (fat./ano)	Porcentagem do total (%)
Carga térmica	1,1244e-04	43,35
Queima e asfixia	5,9690e-07	0,23
Colapso estrutural	1,4635e-04	56,42
Total	2,5939e-04	100,00
Evento EI-03 (Grande vazamento nos dutos de gasolina, nafta e QAV)		
Tipo de dano	Risco Social Médio (fat./ano)	Porcentagem do total (%)
Carga térmica	5,8276e-05	13,82
Queima e asfixia	7,1356e-07	0,17
Colapso estrutural	3,6269e-04	86,01
Total	4,2168e-04	100,00
Evento EI-04 (<i>BLEVE</i> e bola de fogo nos dutos de GLP)		
Tipo de dano	Risco Social Médio (fat./ano)	Porcentagem do total (%)
Carga térmica	1,7050e-03	100,00
Total	1,7050e-03	100,00

Fonte: Autor (2018)

4.8.2.5 Contribuição por tipo de acidente para o risco social

Para identificar os acidentes de maior gravidade para o risco social médio proveniente de explosão e incêndio a Tabela 44 expõe os registros que servem tanto para orientar nas medidas mitigadoras, como de subsídio nas tomadas de decisões no controle dos impactos sobre os indivíduos das comunidades no entorno e ao longo da dutovia.

Entre os registros acidentais o tipo com maior probabilidade de ocorrer foi a explosão em nuvem proveniente do evento EI-01, caracterizado como grande vazamento nos dutos de GLP e em seguida o evento EI-04 simulado como *BLEVE* e bola de fogo nos dutos de GLP.

No acidente decorrente da explosão em nuvem e geração de *BLEVE* nos dutos de GLP os efeitos podem atingir um grande raio de alcance a depender da intensidade e direção do vento, trazendo como resultado um efeito danoso proveniente da intensa radiação térmica e de sobrepressão com possibilidade de provocar fatalidades entre os membros da população, colapso em equipamentos e estruturas prediais que estiverem ao alcance dos efeitos da explosão em nuvem, configurando entre os eventos simulados, o tipo de acidente com maior gravidade para o risco social médio.

Em seguida, a outra ocorrência com maior probabilidade de ocorrer, foi o evento EI-03 simulado como grande vazamento nos dutos de gasolina, nafta e QAV.

Tabela 44–Contribuição do risco social por tipo de acidente

Contribuição do Risco Social por Tipo de Acidente		
Evento EI-01 (Grande vazamento nos dutos de GLP)		
Tipo de acidente	Risco Social Médio (fat./ano)	Porcentagem do total (%)
Incêndio em poça	7,9304e-04	19,29
Explosão em nuvem	3,3116e-03	80,55
Incêndio em nuvem	6,4732e-06	0,16
Total	4,1111e-03	100,00
Evento EI-02 (Grande vazamento nos dutos de óleos)		
Tipo de acidente	Risco Social Médio (fat./ano)	Porcentagem do total (%)
Incêndio em poça	1,1244e-04	43,35
Explosão em nuvem	1,4635e-04	56,42
Incêndio em nuvem	5,9690e-07	0,23
Total	2,5939e-04	100,00
Evento EI-03 (Grande vazamento nos dutos de gasolina, nafta e QAV)		
Tipo de acidente	Risco Social Médio (fat./ano)	Porcentagem do total (%)
Incêndio em poça	5,8276e-05	13,82
Explosão em nuvem	3,6269e-04	86,01
Incêndio em nuvem	7,1356e-07	0,17
Total	4,2168e-04	100,00
Evento EI-04 (<i>BLEVE</i> e bola de fogo nos dutos de GLP)		
Tipo de acidente	Risco Social Médio (fat./ano)	Porcentagem do total (%)
<i>BLEVE</i> (Bola de fogo)	1,7050e-03	100,00
Total	1,7050e-03	100,00

Fonte: Autor (2018)

4.8.2.6 Eventos iniciadores de maior frequência e risco social médio

Após o desenvolvimento dos cálculos dos cenários acidentais o sistema computacional relaciona os eventos de maior frequência total de ocorrência por ano e aqueles que representam o maior risco social médio ou seja, fatalidade por ano (fat./ano) em termos de gravidade de risco para os indivíduos das comunidades.

Na Tabela 45 consta para os eventos simulados aquele de maior frequência esperada em termos de ocorrência, independentemente da gravidade do acidente, com a respectiva contribuição absoluta (fat./ano) e relativa ao percentual do risco social médio. Esses eventos acidentais foram submetidos à análise de simulação, correspondente ao risco social, em decorrência das áreas vulneráveis da região de interesse propensa a sofrer os efeitos danosos de um acidente.

Os registros das áreas vulneráveis servem de parâmetros para conhecimento e avaliação dos danos causados pelo acidente de maior frequência esperada e de maior risco social médio, com perspectiva de causar fatalidade entre os membros da população presentes no entorno e ao longo da dutovia do Temadre, servindo de auxílio para as medidas de mitigação em caso de um acidente ampliado.

Conforme os registros da tabela, o evento EI-01 caracterizado como grande vazamento nos dutos de GLP, constitui a ocorrência de maior frequência por ano e o que tem maior risco social médio para fatalidade por ano, conseqüentemente, o de maior percentual para a perspectiva de ocorrência acidental entre os eventos simulados.

Tabela 45—Eventos iniciadores de maior frequência e risco social médio

Eventos Iniciadores de Maior Frequência e Risco Social Médio		
Evento Iniciador	Risco Social Médio(fat./ano)	Porcentagem do Total (%)
EI-01- Grande vazamento nos dutos de GLP Frequência total: 2,3151e-04/ano	4,1111e-03	50,58
EI-04 - BLEVE e bola de fogo nos dutos de GLP Frequência total: 3,7032e-05/ano	1,7050e-03	25,83
EI-03 - Grande vazamento nos dutos de gasolina, nafta e QAV Frequência total: 1,3891e-04/ano	4,2168e-04	12,63
EI-02 - Grande vazamento nos dutos de óleo Frequência total: 1,8521e-04/ano	2,5939e-04	10,96

Fonte: Autor (2018)

4.8.2.7 Cenários acidentais de maior dano máximo esperado

Para definir o cenário de maior dano entre os eventos simulados, o sistema computacional relaciona 25 cenários possíveis de ocorrer durante as simulações dos eventos. Na Tabela 46 constam os cenários por eventos simulados e com possibilidade de causar o maior dano entre os membros da população localizados no entorno e ao longo da dutovia. Entre os eventos simulados o que provoca maior dano é o evento EI-01 caracterizado como grande vazamento em dutos de GLP.

Tabela 46–Cenários acidentais de maior dano máximo esperado

Cenários acidentais de maior dano máximo esperado			
Evento	Frequência total (/ano)	Risco Social Médio (fat./ano)	Maior dano esperado
EI-01	2,3151e-04	4,1111e-03	7,9657e+02
EI-02	1,8521e-04	2,5939e-04	3,6736e+01
EI-03	1,3891e-04	4,2168e-04	1,2959e+02
EI-04	3,7042e-05	1,7050e-03	1,2247e+02

Fonte: Autor (2018)

4.8.2.8 25 Cenários acidentais de maior risco social médio

Dos 25 cenários acidentais desenvolvidos para cada um dos eventos simulados o sistema computacional classifica os eventos que representam os cenários acidentais de maior risco social médio ou seja, classifica o número esperado de fatalidades por ano decorrente de acidente de forma a alcançar os indivíduos das comunidades localizadas na circunvizinhança e ao longo da dutovia.

A Tabela 47 relaciona os eventos classificados como ocorrências de maior risco social médio, entre os registros da tabela o que representa a pior situação é o evento EI-04, simulado para a ocorrência de *BLEVE* e bola de fogo nos dutos de GLP.

Tabela 47–Cenários acidentais de maior risco social médio

Cenários acidentais de maior risco social médio			
Evento	Frequência (/ano)	Risco Social Médio (fat./ano)	Porcentagem do total (%)
EI-01	6,7650e-07	7,9731e-06	0,19
EI-02	5,4120e-07	1,7612e-06	0,68
EI-03	4,0590e-07	1,1409e-06	0,27
EI-04	1,2027e-07	1,4729e-05	0,86

Fonte: Autor (2018)

4.8.2.9 25 Cenários acidentais de maior frequência esperada

Dos 25 cenários acidentais desenvolvidos por evento simulado o sistema computacional classifica os cenários acidentais de maior frequência de ocorrência,

independente do dano causado. Conforme os registros da Tabela 48 o evento que tem a maior frequência esperada entre os cenários acidentais, originado de incêndio em poça, é o evento EI-01 para ocorrência de grande vazamento nos dutos de GLP.

Tabela 48–Cenários acidentais de maior frequência esperada

Cenários acidentais de maior frequência esperada		
Evento	Risco Social Médio (fat./ano)	Frequência (/ano)
EI-01	3,8008e-06	6,7650e-07
EI-02	5,7529e-07	5,4120e-07
EI-03	3,0952e-07	4,0590e-07
EI-04	5,7320e-06	1,2027e-07

Fonte: Autor (2018)

4.8.2.10 25 Cenários acidentais de maior dano esperado

Dos 25 cenários acidentais desenvolvidos por evento simulado o sistema computacional classifica os cenários acidentais com maior potencial de dano esperado de ocorrência. Conforme os registros da Tabela 49 o evento que apresentou maior potencial de dano é o evento EI-04, devido ao maior risco social médio, em termos de fatalidade por ano para ocorrência de *BLEVE* e bola de fogo nos dutos de GLP.

Tabela 49–Cenários acidentais de maior dano esperado

Cenários acidentais de maior dano esperado		
Evento	Risco Social Médio (fat./ano)	Frequência (/ano)
EI-01	2,2902e-06	2,8751e-09
EI-02	6,9017e-08	2,2568e-09
EI-03	2,2355e-07	1,7251e-09
EI-04	1,4729e-05	1,2027e-07

Fonte: Autor (2018)

4.9 Determinação das áreas vulneráveis para o risco social

Através do mapa do município o sistema computacional estabeleceu a delimitação das áreas vulneráveis para os eventos simulados na dutovia, constituindo-se dessa forma em áreas expostas a uma das seguintes simulações: dispersão de nuvem inflamável pesada constante, gerando incêndio em nuvem; incêndio em poça, resultante de vazamento de produtos inflamáveis no estado líquido, assim como, vazamento de produtos inflamáveis no estado gasoso com capacidade de provocar efeitos de explosão e incêndio em nuvem; explosão multi-energia; e *BLEVE* e bola de fogo. Essas ocorrências acidentais têm capacidade de provocar fatalidades e danos

físicos entre os membros da população, além de causar danos nas estruturas urbana no entorno e ao longo da dutovia dentro do município.

Neste trabalho o sistema computacional para estimar os danos causados aos membros da população, utilizou os modelos de vulnerabilidade probabilística tendo como base as equações de probit, direcionadas para os efeitos danosos da radiação térmica e da sobrepressão. As equações de probit utilizam parâmetros empíricos obtidos em experimentos adotando as variáveis físicas obtidas dos eventos simulados na dutovia.

4.9.1 Vulnerabilidade populacional a partir dos eventos simulados

Para os eventos simulados na dutovia foram gerados mapas temáticos das áreas vulneráveis para o risco social, como forma de demarcar e possibilitar a visualização espacial das áreas propensas aos efeitos danosos de um acidente ampliado.

Nos mapas das Figura 57 à Figura 60 estão representados os traçados das curvas níveis de vulnerabilidade para o risco social ou seja, os traçados das áreas onde há probabilidade dos agrupamentos de pessoas serem afetados por fatalidades.

Para estabelecer a distinção entre as curvas elas foram diferenciadas através das cores azul, amarela e vermelha que correspondem aos traçados dos contornos dos raios de alcance máximos, para os efeitos acidentais provenientes dos eventos simulados.

A legenda dos mapas identifica as curvas de fatalidades com as respectivas distâncias máximas de alcance tendo como referência de distanciamento o eixo central da dutovia, delimitando dessa forma as áreas vulneráveis por ambos os lados da dutovia expostas aos efeitos danosos de um acidente maior.

O evento EI-04 referente à simulação de *BLEVE* e bola de fogo nos dutos de GLP foi o evento de maior risco social e de maior gravidade, devido ao raio de alcance das curvas de vulnerabilidade alcançar grande área e conseqüentemente, afetarem um maior número de pessoas decorrente da sobrepressão e da radiação térmica.

Nas Tabela 50 à Tabela 53 estão registrados os níveis de vulnerabilidade para os eventos simulados, onde constam os níveis de fatalidades com as respectivas distâncias máximas de alcance das curvas, delimitando as áreas vulneráveis e a quantidade de pessoas afetadas. As distâncias máximas de alcance foram diferenciadas através das cores das curvas que delimitam as áreas vulneráveis, com

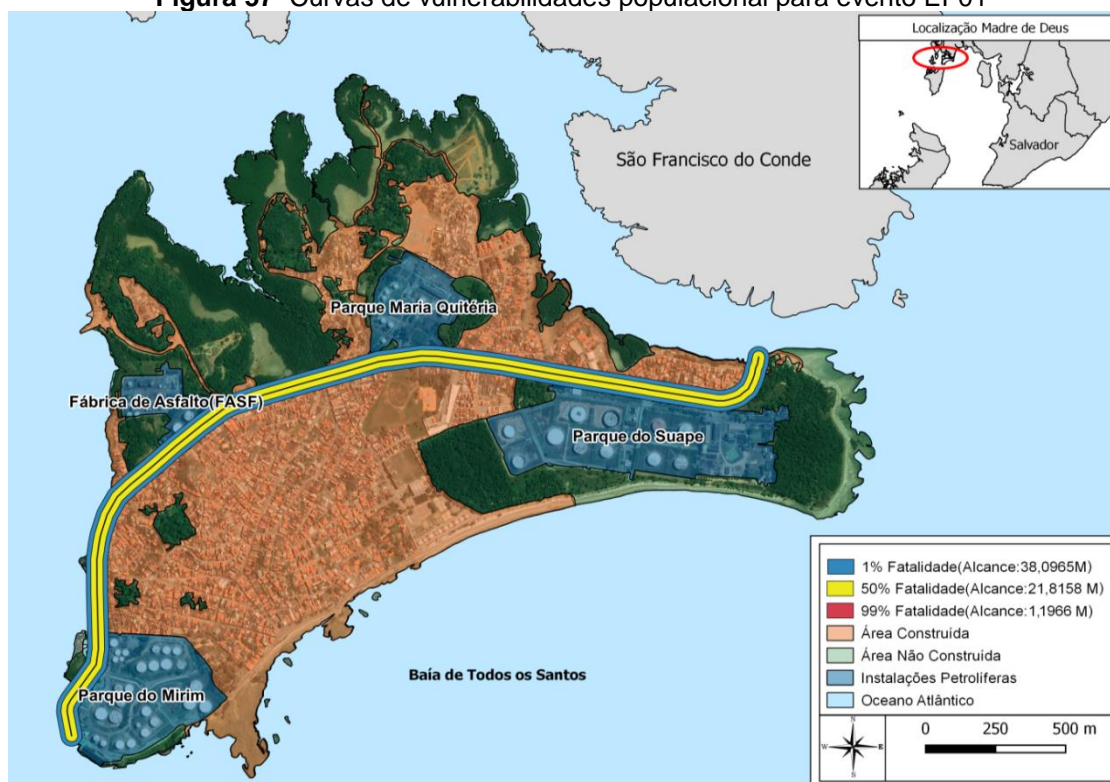
possibilidade dos efeitos acidentais alcançarem residências, escolas, hotel, posto de combustíveis, rodovia e demais ocupações das estruturas urbana. São as áreas consideradas críticas para a ocorrência dos eventos simulados e estão sujeitas aos efeitos danosos da radiação térmica e da sobrepressão, com probabilidade de causar fatalidades entre os membros das comunidades situadas no entorno e ao longo da dutovia.

4.9.2 Alcance das curvas de vulnerabilidade em relação à faixa de dutos

Através dos mapas, indicativos das áreas vulneráveis para o risco social provenientes dos eventos simulados, as curvas de contorno probabilístico de nível de fatalidade de 1%, correspondentes às curvas de cor azul, são as que representaram os piores cenários acidentais para os eventos simulados, devido aos maiores raios de alcance das curvas o que proporciona um maior número de pessoas afetadas. E entre os eventos o que apresentou o pior cenário, em quantidade de fatalidade foi o evento EI-04, simulado para ocorrência acidental de BLEVE e bola de fogo nos dutos de GLP.

Através das determinações das distâncias máximas das curvas de vulnerabilidade populacional e através da constatação das distâncias laterais existentes de aproximações entre 1 a 18 m ao longo da dutovia em relação às residências e demais estruturas urbana, ficou demonstrado que as distâncias máximas das curvas de vulnerabilidades para os eventos simulados, extrapolam os limites de afastamentos existentes da faixa de dutos da Transpetro, tanto das residências como das demais estruturas urbana, configurando dessa maneira na possibilidade de afetar as pessoas, causando fatalidades entre os indivíduos residentes nas comunidades no entorno e ao longo da dutovia do Temadre.

Figura 57—Curvas de vulnerabilidades populacional para evento EI-01



Fonte:

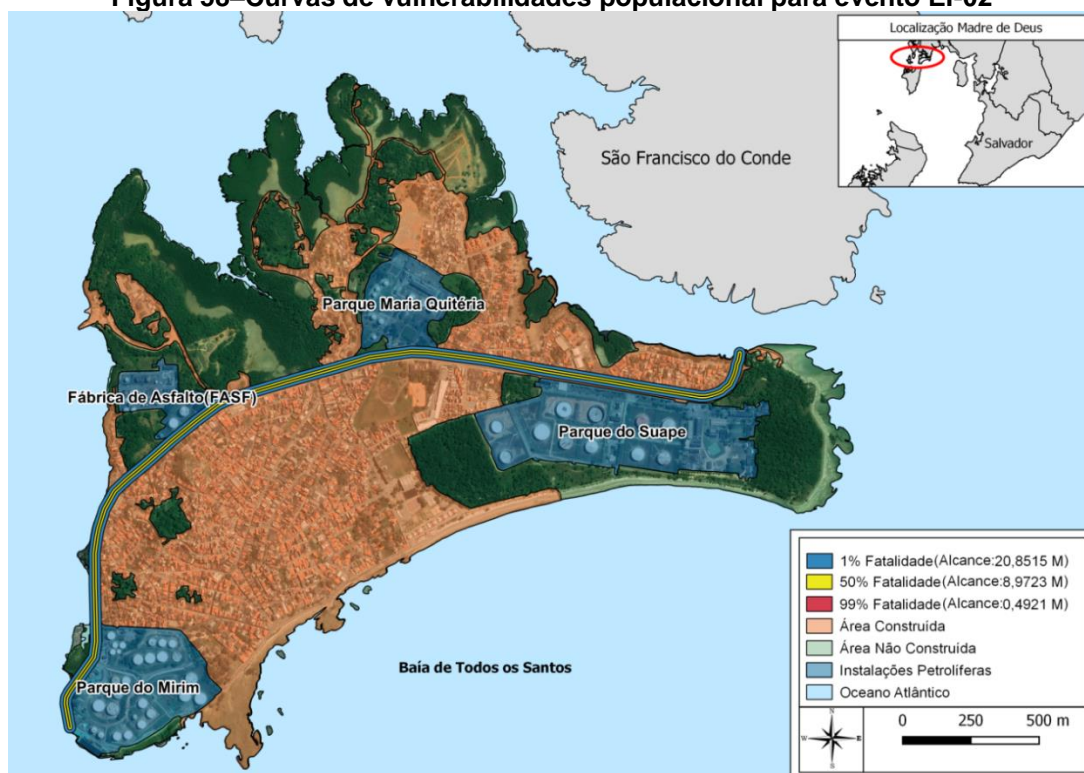
Google Earth. Elaborado por: Yuri B. Barbosa (2018)

Tabela 50—Estimativas de pessoas afetadas para evento EI-01

Nível de Vulnerabilidade para Evento			
Evento EI-01 (Grande vazamento nos dutos de GLP)			
Nível de fatalidade	Curva/Cor	Distância da curva (m)	Quantidade afetada (pessoa)
1%	Azul	38, 0965	1522
50%	Amarela	21, 8158	847
99%	Vermelha	1,19660	48

Fonte: Autor (2018)

Figura 58–Curvas de vulnerabilidades populacional para evento EI-02



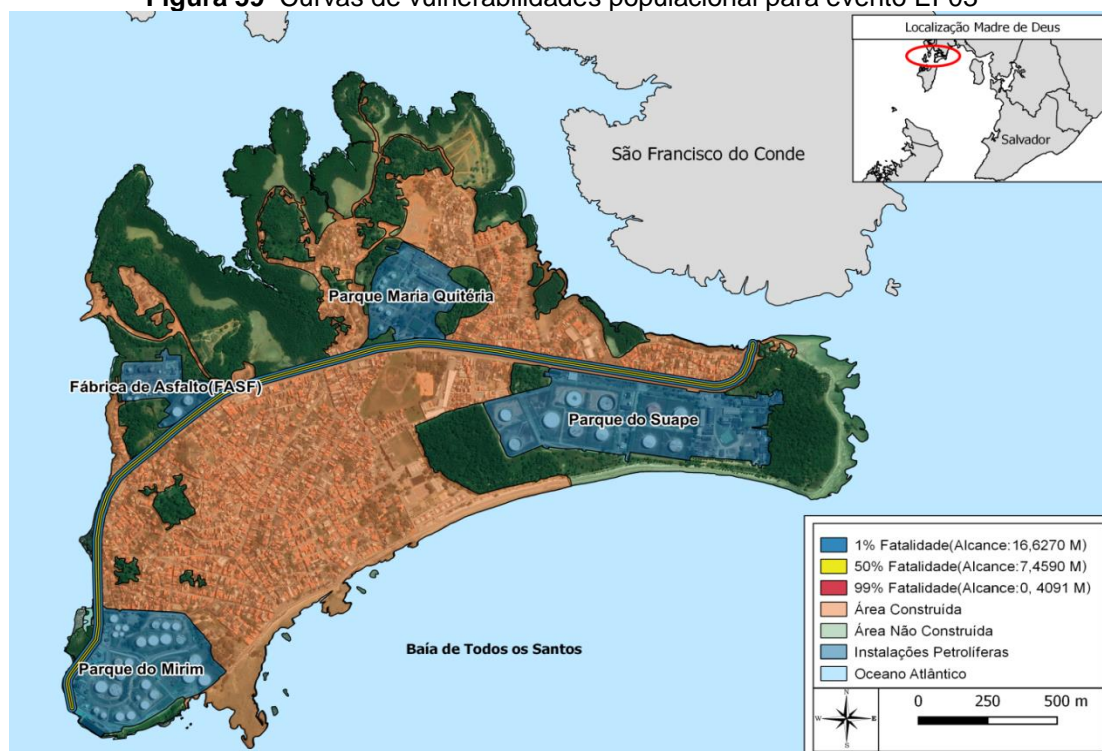
Fonte: Google Earth. Elaborado por: Yuri B. Barbosa (2018)

Tabela 51–Estimativas de pessoas afetadas para evento EI-02

Nível de Vulnerabilidade para Evento			
Evento EI-02 (Grande vazamento nos dutos de óleos)			
Nível de fatalidade	Curva/Cor	Distância da curva (m)	Quantidade afetada (pessoa)
1%	Azul	20, 8515	805
50%	Amarela	8, 9723	340
99%	Vermelha	0, 4921	20

Fonte: Autor (2018)

Figura 59—Curvas de vulnerabilidades populacional para evento EI-03



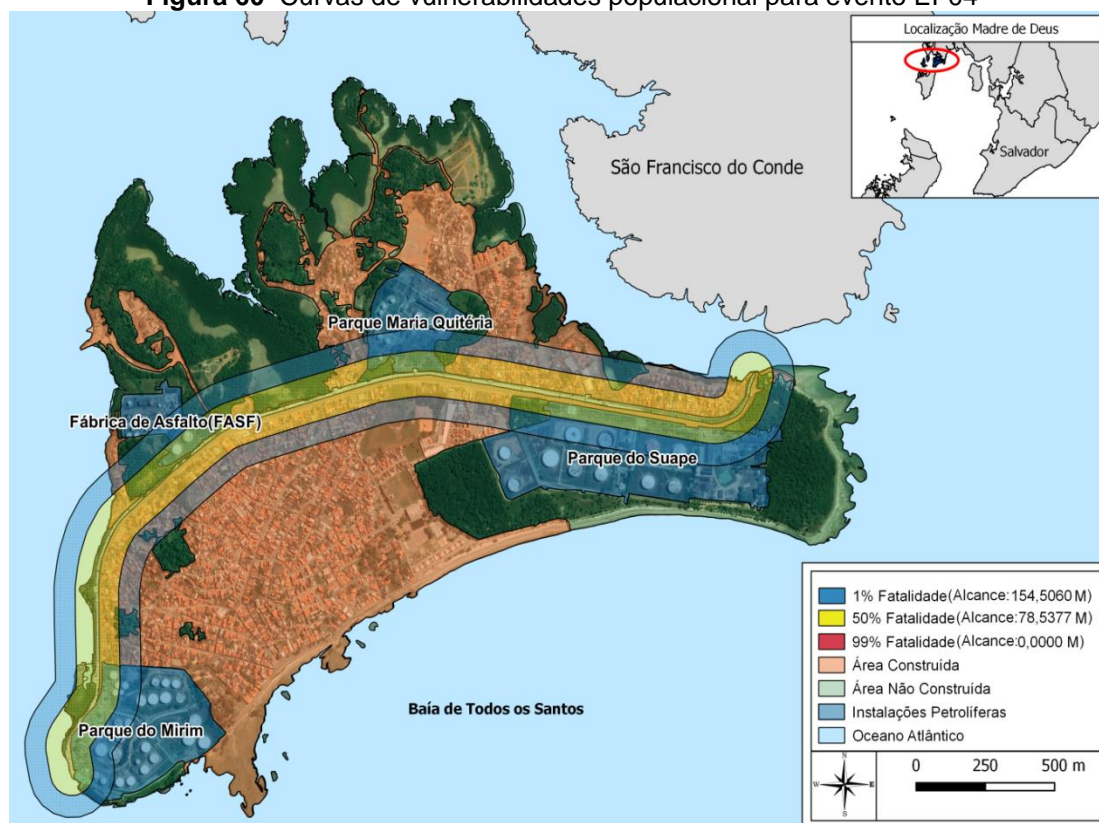
Fonte: Google Earth. Elaborado por: Yuri B. Barbosa (2018)

Tabela 52—Estimativas de pessoas afetadas para evento EI-03

Nível de Vulnerabilidade para Evento			
Evento EI-03 (Grande vazamento nos dutos de gasolina, nafta e QAV)			
Nível de fatalidade	Curva/Cor	Distância da curva (m)	Quantidade afetada (pessoa)
1%	Azul	16,6270	633
50%	Amarela	7,4590	284
99%	Vermelha	0,4091	17

Fonte: Autor (2018)

Figura 60—Curvas de vulnerabilidades populacional para evento EI-04



Fonte: Google Earth. Elaborado por: Yuri B. Barbosa (2018)

Tabela 53—Estimativas de pessoas afetadas para evento EI-04

Nível de Vulnerabilidade para Evento			
Evento EI-04 (BLEVE e bola de fogo nos dutos de GLP)			
Nível de fatalidade	Curva/Cor	Distância da curva (m)	Quantidade afetada (pessoa)
1%	Azul	154, 5060	5343
50%	Amarela	78, 5377	2893
99%	Vermelha	0,0000	0000

Fonte: Autor (2018)

CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não há dúvidas que as instalações do terminal marítimo do Temadre trouxeram sustentabilidade econômica para o município de Madre de Deus/BA, a partir da compensação financeira, oriundo dos *royalties*. Entretanto, é importante que se estabeleça um parâmetro avaliativo da vulnerabilidade envolvendo a população residente no município, em vista dos riscos que representam as proximidades da dutovia das residências e demais estruturas urbana o que provoca entre os indivíduos das comunidades circunvizinhas, grande expectativa de ocorrência de uma catástrofe acidental devido aos transportes de grande volume de combustíveis derivados de petróleo.

Nesse contexto, foi desenvolvida uma avaliação através da análise de riscos para identificar os impactos negativos sobre a população, devido aos efeitos danosos oriundos da perspectiva de ocorrência de um acidente ampliado.

A partir da efetivação da análise de riscos foi possível estabelecer os níveis catastróficos de acidentes provenientes dos eventos simulados, como forma de configurar as áreas vulneráveis e por consequência a quantidade de pessoas afetadas pelos efeitos da radiação térmica ou sobrepressão, com possibilidade de provocar fatalidades entre os indivíduos das comunidades residentes no entorno e ao longo da dutovia.

A identificação das áreas vulneráveis expostas aos riscos tecnológicos através dos mapas constitui registros importantes para o planejamento prévio, visando à implantação de medidas mitigadoras e de um plano de alerta para evacuação da população por parte dos órgãos públicos e/ou da proprietária da dutovia.

No desenvolvimento da análise de riscos, os riscos foram calculados no formato de risco individual e social, abrangendo as comunidades residentes nas áreas vulneráveis, resultantes das simulações para os efeitos acidentais de radiação térmica originada de incêndio e de sobrepressão em ondas de choque gerada por explosão.

Através dos mapas temáticos foi representado o risco individual a partir das curvas de iso-risco, permitindo uma visualização espacial da distribuição geográfica do risco, para toda a extensão do ambiente urbana do município circunvizinho à dutovia de acordo com os eventos simulados, estabelecendo dessa forma a configuração dos efeitos acidentais e definindo as áreas vulneráveis a partir das curvas de risco individual, com a definição dos respectivos valores referentes à

tolerabilidade de fatalidade para um indivíduo residente nas comunidades posicionado em qualquer ponto de abrangência das curvas de iso-risco.

Através dos eventos simulados, ficou demonstrado que o risco individual, com os valores das curvas de iso-risco de $1 \times 10^{-6} \text{ ano}^{-1}$ se projetaram, conforme a curva de perfil de risco individual (b2) da Norma Técnica da CETESB P4.261 (2011, p.60), no intervalo do risco a ser reduzido ou seja, entre $1 \times 10^{-6} \text{ ano}^{-1} \leq RI \leq 1 \times 10^{-5} \text{ ano}^{-1}$, valor que requer a implantação de medidas e procedimentos tanto técnico como administrativo, com a finalidade de reduzir o risco individual para as instalações da dutovia de forma a obter um nível de risco tolerável para a população.

Através da distribuição da população o sistema computacional estabeleceu o risco individual médio de frequência anual esperado de fatalidade para um indivíduo das comunidades, situado em cada polígono de ocupação territorial e na abrangência das áreas vulneráveis definidas a partir das curvas de risco individual.

Entre os eventos simulados na dutovia a região do município que apresentou maior padrão de risco individual médio (/ano) foi a região da FASF II com valor de $1,84\text{e-}9 \text{ ano}^{-1}$ proveniente de um grande vazamento nos dutos de GLP. A mesma região do município detém o segundo maior padrão de risco individual médio com valor de $1,91\text{e-}10 \text{ ano}^{-1}$, resultante do efeito acidental simulado como ocorrência de *BLEVE* e bola de fogo nos dutos de GLP.

Conforme critério de tolerabilidade de risco social através da curva F-N, estabelecido pela Norma Técnica da CETESB P4.261 (2011, p.35), o risco social para os eventos simulados para as instalações da dutovia se projetaram parcialmente na região do risco a ser reduzido ou seja, na região *ALARP* o que requer a implantação de medidas de forma a obter a redução do risco social para as instalações da dutovia, fazendo com que o risco se projete na curva F-N na região de nível tolerável.

Com o objetivo de confrontar os resultados obtidos, após as implantações das medidas para a redução do risco social, por parte do proprietário da dutovia, deve ser desenvolvida uma nova curva de tolerabilidade de risco social buscando avaliar os resultados obtidos de forma que os resultados alcançados resultem na redução do risco para a região de nível tolerável.

O sistema computacional apresentou como resultado conclusivo um relatório de risco social para os eventos simulados nas instalações da dutovia, constando dos diversos indicadores componentes das ocorrências acidentais, caracterizados como registros de risco social médio, referente à fatalidade por ano de grupo de indivíduos

das comunidades residentes no entorno e ao longo da dutovia; risco social por tipo de dano mais grave, proveniente de incêndio gerando carga térmica e explosão provocando sobrepressão; risco social por tipo de acidente, onde foram determinados os acidentes mais graves decorrentes de incêndio ou explosão; eventos iniciadores de maior frequência e risco social médio, onde o evento EI-01 caracterizado como grande vazamento nos dutos de GLP, foi o que apresentou, entre os demais eventos simulados, a maior frequência (/ano), bem como o maior risco social médio (fat./ano).

Para cada evento simulado foi relacionado os 25 cenários de maior risco social médio, utilizando como parâmetro as direções do vento.

Para identificar os cenários de maior frequência (/ano) foi relacionado por evento simulado os 25 cenários de maior frequência esperada de ocorrência, independente do dano causado, para esse cenário o evento que apresentou a maior frequência foi o EI-01 caracterizado como grande vazamento nos dutos de GLP.

Para os cenários de maior dano a ser causado, foi relacionado por evento simulado os 25 cenários com maior potencial de dano, independente da frequência esperada de ocorrência. Entre os registros acidentais o que apresentou maior risco social e maior gravidade, em termos de potencial de danos causados aos indivíduos foi o evento EI-04 caracterizado para ocorrência de *BLEVE* e bola de fogo nos dutos de GLP, isso se deve ao maior raio de alcance e ao risco social médio elevado para fatalidades por ano.

Através do mapeamento das áreas vulneráveis, foram definidos para os eventos simulados as curvas de níveis de vulnerabilidades para o risco social e para cada curva foi estabelecida a estimativa das pessoas afetadas pelos efeitos acidentais.

Devido à forma como a dutovia foi implantada, tanto pela falta de critério de ocupação do uso do solo urbano, como pela ausência de um estudo de viabilidade de controle de risco para a população e até mesmo pelas condições operacionais da dutovia, foram razões que determinaram que a condição mais viável para reduzir e estabelecer um controle efetivo dos riscos para os indivíduos das comunidades localizadas no entorno e ao longo da dutovia, é através da implantação de um programa de gerenciamento dos riscos, com atuação permanente do programa e com revisão sistemática, com o objetivo de manter o padrão de risco na região tolerável, para com isso obter o domínio pleno do risco durante a ocorrência de um acidente

ampliado, com os procedimentos do programa de gerenciamento mantidos durante toda a existência operacional da dutovia no município.

Através do programa de gerenciamento de riscos é possível planejar com antecedência ações preventivas, mitigadoras e de controle possibilitando a formulação de planejamento e implantação de políticas públicas pelos órgãos governamentais e pela proprietária da dutovia com a finalidade de identificar, monitorar, analisar e reduzir os riscos proporcionados pelo cenário acidental ampliado em valores aceitáveis ou seja, dentro da faixa de tolerabilidade e fazendo com que as ações propostas protejam tanto a vida dos indivíduos como do meio ambiente.

5.1 Sugestão para trabalho futuro

Para efeito de recomendação para trabalho futuro, no âmbito dessa linha de pesquisa, propomos o desenvolvimento de estudo envolvendo a vulnerabilidade da população ao risco crônico, proveniente das emanações de substâncias tóxicas para a atmosfera, causadores de danos para a população e no meio ambiente, devido às liberações sistemáticas decorrentes dos processos de refino de petróleo, precipitando substâncias em forma de partículas sobre o município, favorecidas pela predominância do vento (Leste-Oeste) devido ao posicionamento da refinaria em relação ao município e dos efeitos nocivos dos gases oriundos das emanações continuadas das descargas fugitivas de vazamentos para a atmosfera de produtos derivados de petróleo armazenados e transportados nos dutos do Temadre.

REFERÊNCIAS

- [1] AMBIENTEBRASIL. **Principais Acidentes com Petróleo e Derivados no Brasil**. Disponível em:
https://ambientes.ambientebrasil.com.br/energia/acidentes_ambientais/principais_acidentes_com_petroleo_e_derivados
- [2] ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Portaria nº 125** de 05/08/2002. Disponível em:
www.google.com.br/Search?q=Faixa+adjacente+a+faixa+de+dutos&rtz=1C1AVNA_enBR731BR731&tbm=isch&imgil=CA86
- [3] ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução ANP Nº 42** de 10/12/2012. Disponível em:
<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=248026>
- [4] ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Regulamento Técnico ANP Nº 2/2011** de 02/02/2011. Disponível em:
http://www.unisolution.com.br/clientes/abtl/download/rt_anp_2_2011-dutos%20terrestres.pdf
- [5] ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.
Lei nº 10.932/2004 § 3º; Altera o Art. 4º da Lei nº 6.766/79. Disponível em:
Planalto.gov.br/ccivi_03/_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.932htm
- [6] ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução ANP Nº 35/2012**. Disponível em:
legislação.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2012/novembro&item=ramp-35-2012
- [7] ARKIN, H.; COLTON, R. R. **Margem de erro desejada**. 1971. Disponível em:
<https://www.opinionbox.com/central-de-ajuda/tamanho-da-amostra/>
- [8] ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO DO BRASIL de 2013. Disponível em: www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/2840
- [9] BOL-NOTÍCIAS. **Número de mortos em explosão de oleoduto no México sobe para 117**. Disponível em:
<https://www.bol.uol.com.br/noticias/2019/01/29/numero-de-mortos-em-explosao-de-oleoduto-no-mexico-sobe-para-117.htm>
- [10] BORGES, J. **Jornal A Tarde**, caderno B5, 27/10/2016.
- [11] BUNKER. **Nº FISPQ BR0350, V 8**. Disponível em:
<http://www.petrobrasdistribuidora.com.br/wcm/connect/ce5aafaa-dd6d-4514-a614-52f7e56c41a6/fispq-oleocomb-oc-mar-bunker-c.pdf?MOD=AJPERES&CVID=IR1jhVt>
- [12] CANTO, J. O.; AYALA-CANCEDO, J. **Riesgos Naturales**, 1ª ed., Ariel Ciencia, Barcelona, 2002.

- [13] CASTRO, M.; PEIXOTO, M. N. O; PIRES DO RIO, G. A. **Riscos ambientais e geografia: conceituações, abordagens e escalas**. Anuário do Instituto de Geociências, Rio de Janeiro: UFRJ, v.28, n.2 de 2005. Disponível em: www.anuario.igeo.ufrj.br/anuario_2005/Anuario_2005_11_30.pdf
- [14] CEPED – Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Cartilha – Prevenção de Riscos de Desastres**. Oficina do Eixo Meio Ambiente, Clima e Vulnerabilidade, dezembro de 2012. Disponível em: www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2014/10/Cartilha_prevencao_de_desastres.pdf
- [15] CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Norma Técnica P4.261** de 2003.
- [16] _____ **Norma Técnica P4.261** de 2011.
- [17] _____ **Emergências Químicas – Principais Acidentes** de 2019.
- [18] _____ **Emergências Químicas – Acidentes** de 2019.
- [19] _____ **Emergências Químicas– Introdução Dutos** de 2019.
- [20] CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. **Análise de Risco Tecnológico**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/analise-de-risco-tecnologico/grandes-acidentes/vila-soco-cubatao/>
- [21] CONCAWE. **Performance of European cross-country oil pipelines. Statistical summary of reported spillages in 2016 and since 1971**. Disponível em: <https://www.concawe.eu/wp-content/uploads/2018/03/Rpt>
- [22] CONECT SEGURANÇA DO TRABALHO. **Soluções em Trabalho em Altura e Espaços Confinados** de 2018. Disponível em: <https://conect.online/blog/acidente-e-incidente-qual-a-diferenca-na-seguranca-do-trabalho/>
- [23] CONHECENDO MADRE DE DEUS. **História** de 2008. Disponível em: <https://madrededeus.wordpress.com/a-cidade/historia/>
- [24] CORBUSIER, L. **A carta de Atenas**. Hucitec, ed., USP. São Paulo, 1964.
- [25] CORRÊA, D. **Jornal A Tarde**, caderno B5 de 17/03/2017.
- [26] CORREIO DA MANHÃ (CM) – MUNDO. **Erros humanos apontados como causa de explosões em Taiwan** de 18/12/2014. Disponível em: https://www.cmjornal.pt/mundo/detalhe/multiplos_erros_humanos_apontados_como_causa_de_mortiferas_explosoes_em_taiwan
- [27] D'ALMEIDA, Albino Lopes. **Indústria do petróleo no Brasil e no mundo – formação, desenvolvimento e ambiência atual**. Editora Edgard Blücher LTDA de 2015.
- [28] DI MAIO JR, D. V.; OLIVEIRA, E. A. A. Q.; DE BRITO, L. A. P. F.; DA SILVA, H. A. T. **A percepção e gestão dos riscos tecnológicos com externalidade no entorno: um estudo de caso**. Revista – Espacios. Vol. 39 (Nº13) de 2018. Disponível em: www.revistaespacios.com/a18v39n13/a18v39n13p09.pdf

Disponível em: <http://www.petrobras.com.br/fatos-e-dados/transpetro-coloca-em-operacao-o-terceiro-navio-gaseiro.htm>

[29] DNV, *Det Norske Veritas*. **Curso sobre estudo de análise de riscos e programa de gerenciamento de riscos** de 2006. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/_3.pdf

[30] DOS SANTOS, A. S. R. **Programa Ambiental: A Última Arca de Noé**. Temas Gerais Variados-Meio Ambiente Urbano de 2015. Disponível em: www.ultimaarcadenoe.com.br/meio-ambiente-urbano/

[31] EGLER, C. A. **Risco ambiental como critério de gestão do território: uma aplicação à zona costeira brasileira**. V.1, n.1, p.31-41 de 1996.

[32] FISPQ. **Fichas de Informações de Segurança de Produtos Químicos**. Petrobras de 2019:

[33] G1-O Portal de Notícias da Globo. **Polícia investiga se tentativa de furto de gasolina em Caxias, RJ, foi ação de milicianos**. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2019/04/29/policia-investiga-se-tentativa-de-furto-de-gasolina-em-caxias-rj-foi-acao-de-milicianos.ghtml>

[34] GASOLINA. **Nº FISPQ PQ BR0051, V 18**. Disponível em: <http://www.br.com.br/wcm/connect/24d79401-33bb-4e0d-ad03-cd8344b9b483/fispq-comb-gaso-auto-gasolina-comum-c.pdf?MOD=AJPERES&CVID=mKJZQxV>

[35] GENTIL, V. Corrosão. LTC - **Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 3ª Edição**, Rio de Janeiro/RJ, 1996.

[36] GLP – Gás Liquefeito de Petróleo. **Nº FISPQ BR0401, V 9**. Disponível em: <http://www.br-petrobras.com.br/wcm/connect/1f166d6c-78e9-4114-8cbe-2bdc8a1407/fispq-comb-gas-gas-liquefeito-petroleo-glp.pdf?MOD=AJPERES&CVID=IVeBwwl&CVID=IVeBwwl>

[37] HARVEY, D. **A condição pós-moderna**. São Paulo: Hucitec, 1993.

[38] _____. **A justiça social e a cidade**. São Paulo: Hucitec, 1980.

[39] HSE, *Health and Safety Executive*. **CANVEY an investigation of potencial hazards from operations in the Canvey Island/Thurrock area**. HMSO, 1978.

[40] INFOESCOLA. **Derramamento de Petróleo no Brasil**. Disponível em: <https://www.infoescola.com/ecologia/derramamentos-de-petroleo-no-brasil/>

[41] INFORMAÇÕES PORTUÁRIAS. **Petrobras Transporte S.A. (TRANSPETRO)**. Terminal de Madre de Deus, 1ª Edição, 2006. Disponível em: www.transpetro.com.br/pt_br/imprensa/noticias/menor-terminal-aquaviario-do-nordeste-completa-58-anos-de-operacao.html

[42] INNOVATION. **8ª Conferência, Internacional de Simulação. Simulação para Avaliação de Terminais aquaviário**, 2011. Disponível em: <http://www.belge.com.br/innovation2011/>

- [43] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÁTISTICA – **IBGE**, 2002. Disponível em: www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic/meio_ambiente_2002
- [44] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÁTISTICA – **IBGE**, 2010. Disponível em: www.censo2010.ibge.gov.br/sinops/index.php?uf=29&dados=1
- [45] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÁTISTICA – **IBGE**, 2010. Disponível em: <https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/>
- [46] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÁTISTICA – **IBGE**, 2013. Disponível em: www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php
- [47] *LEES, F. Loss Prevention in the Process Industries: Hazard*. Volume 1, 3ª Edição, 2005.
- [48] LEFEBVRE, H. **A revolução urbana**. Belo Horizonte: Editora UFMG/ Humanitas, 2001.
- [49] LEI Nº 10.932, 2004. **Parcelamento do Solo Urbano e dá Outras Providências**, 2004. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.932.htm
- [50] LEI Nº 6.766, 1979. **Parcelamento do Solo Urbano e dá Outras Providências**, 1979. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6766.htm
- [51] MACHADO, J. BEATRIZ; OLIVEIRA, LEANDRO DE. **Como a percepção das ferramentas de análise de risco facilita o processo de decisão em ambiente industrial**. 8º Entec - Encontro de Tecnologia da UNIUBE, 2014. Disponível em: pdf.bluchr.com.br/s3-as-east-1.armazenaws.com/blochemistryproceedings/8eentec/039.pdf
- [52] MARANDOLA JR, E. **Tangenciando a vulnerabilidade**. In: HOGAN, D. J. MARANDOLA JR, E. População e mudança climática. Dimensões humanas das mudanças ambientais globais. Campinas: Núcleo de Estudos de População – Nepo/Unicamp; Brasília: UNFPA, 2009.
- [53] MAXWELL. **Acidentes Recentes em Dutos da Petrobras**. 4. Capítulo (p.51) – TESE PUC RIO.doc. – Certificação Digital Nº 0311063/CA. Disponível em: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/7742/7742_5.PDF
- [54] MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Elaboração de Plano de Contingência**, 2017. Disponível em: www.integracao.gov.br
- [55] MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Simulado de Preparação para Desastres**, 2012. Disponível em: www.integracao.gov.br
- [56] MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL (MTPA). **Plano Mestre – Complexo Portuário de Salvador e Aratu – Candeias**. Volume 2, 2018.

Disponível em:

https://www.infraestrutura.gov.br/images/SNP/planejamento_portuario/planos_mestres/versao_preliminar/vp27v1.pdf

[57] MOREIRA, A. C. M. L. **Mega projetos e ambiente urbano: parâmetros para a elaboração do relatório de impacto de vizinhança**. São Paulo. P. 109 – 120. Revista do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, nº 7, set. 1999.

[58] NAFTA. **Nº FISPQ 1013943**. Disponível em:

http://www.br.com.br/wcm/connect/467c4111-b354-4766-bd87-e60fcef07b83/FISPQ_BR_PT_SOLBRAX_55_75.pdf?MOD=AJPERES&CVID=mChX-BM&CVID=mChX-BM&CVID=mChX-BM&CVID=mChX-BM

[59] NSC TOTAL. **Tragédia de 2008: rompimento do gasoduto Bolívia-Brasil completa 10 anos nesta sexta**. Disponível em:

<https://www.nsctotal.com.br/noticias/tragedia-de-2008-rompimento-do-gasoduto-bolivia-brasil-completa-10-anos-nesta-sexta>

[60] NUCCI, J. C. **Qualidade Ambiental e Adensamento Urbano: Um Estudo de Ecologia e Planejamento da Paisagem Aplicado ao Distrito de Santa Cecília**. São Paulo: Humanitas/FFLCH/USP, 2001.

[61] OIT, Organização Internacional do Trabalho. **Convenção Nº 174, Artigo 3º**, 1993. Disponível em:

<https://books.google.com.br/books?id=h7hiDwAAQBAJ&pg=PT30&dq=OIT,+Conven%C3%A7%C3%A3o+N%C2%BA+174,+Artigo+3%C2%BA,+1993&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwi0h-7XuKTnAhUkE7kGHbgJB1oQ6AEIRDAD#v=onepage&q=OIT%2C%20Conven%C3%A7%C3%A3o%20N%C2%BA%20174%2C%20Artigo%203%C2%BA%2C%201993&f=false>

[62] ÓLEO COMBUSTÍVEL. **Nº FISPQ BR0302 V.12**. Disponível em:

<http://br.com.br/wcm/connect/e510be30-b807-4a3f-abad-aac1211d2704/fispq-oleocomb-oc-1a.pdf?MOD=AJPERES&CVID=ILJvdnA>

[63] ÓLEO DIESEL. **Nº FISPQ BR0140 V. 10**. Disponível em:

<http://br.com.br/wcm/connect/e2805312-eb1a-413f-b68a-f6adb2245244/fispq-comb-oleodiesel-auto-oleodiesel-b-s10-petrobras-grid.pdf?MOD=AJPERES&CVID=ILFqc1d>

[64] ÓLEO LUBRIFICANTE. **Nº FISPQ BR V. 0.1P**. Disponível em:

<http://br.com.br/wcm/connect/d35fe76d-b0d6-4148-8c86-3da1578907c2/fispq-lub-ind-oleos-basicos-lubrax-ob-9.pdf?MOD=AJPERES&CVID=Imtk7qX>

[65] OLIVEIRA, C. H. **Uma tragédia que não deve ser esquecida**. Jornal A Tarde, caderno A3, 31/08/2017.

[66] OLIVEIRA, J. P. **Análise do Gerenciamento de Riscos Ambientais do Transporte Marítimo de Petróleo e derivados no Estado do Rio de Janeiro**. Tese M. Sc., COPP/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 1993.

[67] PASQUILL, F. Meteorological Magazine. **The Estimator of the Dispersion of Wind – Borne Material**, 1961, p. 33 – 49. Disponível em: [https://www.scirp.org/\(S\(oyulxb452alnt1aej1nfow45\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferencelD=1275955](https://www.scirp.org/(S(oyulxb452alnt1aej1nfow45))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferencelD=1275955)

[68] PETROBRAS. **Diretrizes Corporativas de Segurança, Meio Ambiente e Saúde da Petrobras**. Relacionamento com a Comunidade, 2018. Disponível em: www.br.com.br/pc/sociedade-e-meio-ambiente/politicas-e-diretrizes

[69] PETRÓLEO. **Principais Desastres**. Disponível em: www.petróleo.50webs.com/desastres.htm

[70] PINE, J. **Natural Hazards Analysis: Reducing the Impact of Disasters**. CRC Press, New York, 2009

[71] PIQUET, R. **Desenvolvimento Regional**. II Seminário Internacional sobre Desenvolvimento Regional Mestrado e Doutorado. Santa Cruz do Sul, R. S. – Brasil – 28/9 a 01/10, 2004.

[72] _____. **Impactos sociais, ambientais e urbanos das atividades petrolíferas: o caso de Macaé**. Cap. 1-1 2007. Disponível em: www.uff.br/macaecapitulo/OFFICINAMACAE/pdf/11_RoseliaPiquet.pdf

[73] PORTIER, C. J. **Approaches to Decision Making**. In: *Environmental Health Sciences Decision Making: Risk Management, Evidence, and Ethics - Workshop Summary*. Washington: The National Academies Press, 2009.

[74] PORTO, M. F. S.; FREITAS, C. M. **Indústria química brasileira, acidentes químicos ampliados e vulnerabilidade social**. Anais do XXI Encontro de Estudos Populacionais, 2018. Disponível em: <http://www.abep.org.br/publicacoes/index.php/anais/index>

[75] QAV- Querosene de Aviação. **Nº FISPQ BR0030 V. 08**. Disponível em: <http://www.br.com.br/wcm/connect/9a86f549-e60c-456b-9b23-890ed437736e/fispq-comb-quero-avi-qav-jet-a1.pdf?MOD=AJPERES&CVID=mKZ2Hcc>

[76] QGIS. **Software de Código Aberto**. Licença Pública Geral GNU. Disponível em: <http://qgis.org/downloads/>

[77] REUTERS. **Agência de Notícias**. Disponível em: <https://br.reuters.com/article/topNews/idBRKBN1O90XN-OBRTP>

[78] RIBEIRO JR., José Ivo. **Análise Estatística no SAEG**. Sistema para Análises Estatísticas, 2001. Disponível em: <http://arquivo.ufv.br/saeg/saeg31.htm>

[79] RISKAN. **Manual do usuário do Riskan**, versão 1.0.2, 2013

[80] _____. **Manual do usuário do Riskan**, versão 3.0, 2016.

[81] RTDT- Regulamento Técnico de Dutos Terrestres. **ANP Nº 2/2011**. Disponível em:

anp.gov.br/images/armazenamento-movimentacao-produtos/terminais-petroleo-combustível/regulamento-tecnico-dutos-terrestres.pdf

[82] RUCHERT, C. **Mecânica da Fratura e Fadiga dos Materiais**. 2014. Disponível em:

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/241323/mod_resource/content/2/AULA%20DE%20FADIGA%20E%20FRATURA2

[83] SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: oficina de textos, 2ª Edição, 2008.

[84] SANDERS, M. S.; MCCORMICK, E. J. **Human Error, Accidents and Safety**. In: SANDERS, M. S.; MCCORMICK, E. J. *Human Factors in Engineering and Design*. 7th Edition, New York; Mc Graw – Hill, 1993.

[85] SANTOS, M. **A urbanização brasileira**, São Paulo: Hucitec, 1993.

[86] SCRIBD. **Boletim 129**. Disponível em:

<https://pt.scribd.com/document/62126853/Boletim-129>

[87] SENADO FEDERAL. **Projeto criminaliza furto de petróleo dos dutos da Petrobras**. Senado notícias. Disponível em:

<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2017/07/11/projeto-criminaliza-furto-de-petroleo-dos-dutos-da-petrobras>

[88] SEVÁ FILHO, A. O. **No limite dos riscos e da dominação: a politização dos investimentos industriais de grande porte**. 1988. Tese (Livre – Docência) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1988. Da p.18/68 da TESE. Disponível em:

www.facilengenharia.com.br/novidades/item/374

[89] SINGER, P. **Economia Política da Urbanização**. 1ª Edição, 1973. Disponível em:

www.educabras.com/ensino_medio/materia/geografia/urbanizacao/aulas/historia_da_s_cidades_evolucao_das_cidades

[90] SOUZA, M. L. **Espaço geográfico, espaço social, organização espacial e produção do espaço**,2013.

[91] TCU, TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **Relatório de Auditoria**. Classe V. Data da Sessão 11/12/2001. Disponível em:

<https://tcu.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/342028908/relatorio-de-auditoria-ra-136220004/inteiro-teor-342028920?ref=feed>

[92] TELLES, Pedro C. Silva. **Materiais para Equipamentos de Processo**. Editora Interciência, 6ª Edição, 2003.

[93] TNO Technological Netherlands Organisation. **CPR18E: Guidelines for quantitative risk assessment**. Purple Book. 1. Ed. Committee for Prevention of Disasters, 1999.

[94] TRANSPETRO. **Saiba o que estamos fazendo para prevenir o roubo de óleo e de derivados em nossas instalações**, 2019. Disponível em:
<https://roubodecombustiveis.transpetro.com.br>

[95] TRANSPETRO. **Política de Responsabilidade Social**, 2019. Disponível em:
<http://transpetro.com.br/transpetro-institucional/sociedade-e-meio-ambiente/meio-ambiente/politica-de-responsabilidade-social.htm>

[96] TRANSPETRO. **Transpetro coloca em operação o terceiro navio gaseiro**. Fatos e Dados, 2016. Disponível em:
<https://petrobras.com.br/fatos-e-dados/transpetro-coloca-em-operacao-o-terceiro-navio-gaseiro.htm>

[97] TRANSPETRO. **Sociedade e Meio Ambiente**, 2019. Disponível em:
<http://transpetro.com.br/transpetro-institucional/sociedade-e-meio-ambiente.htm>

[98] VEYRET, Y. (Org.). **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. Editora: Contexto, São Paulo, 2007.

[99] YUNES, M. A. M.; SZYMANSKI, H. **Resiliência: a noção, conceitos afins e considerações críticas**. In: TAVARES, J (Org.). Resiliência e Educação. Cortez; São Paulo, 2001.

APÊNDICE A**SIMULAÇÕES E MODELOS PARA EVENTOS NA DUTOVIA****Relatório do Riskan****Introdução**

Os resultados abaixo foram gerados pela versão 3.3.40.1412 do Riskan.
O número de série do programa que gerou os resultados:

25692-57B49-F751B-50948.

Arquivo 'C:\EAR\madre_final_6.rka'

Arquivo: Este arquivo versão 05000002

UNIVERSIDADE CATÓLICA DO SALVADOR
Superintendência de Pesquisa e Pós-Graduação - SPPG
Doutorado em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Social
Linha de Pesquisa: Territorialidade, Desenvolvimento Social e Meio Ambiente

Usuário: Antonio Carlos Souza Ramos

PROJETO: Vulnerabilidade populacional ao risco tecnológico: a dutovia implantada
no ambiente urbano da cidade de Madre de Deus/BA

Salvador/BA

2020

MAPA DE MADRE DE DEUS

A Figura 1 mostra em destaque a abrangência do traçado da dutovia em relação à população residente, compreendendo toda a extensão do município. O mapa indica, através das hachuras, os polígonos de ocupação do território pela população. A cruz vermelha sinaliza a origem de referência dos cálculos pelo sistema computacional e corresponde às coordenadas do ponto central da ilha de Madre de Deus. No mapa é indicada a rosa do vento sinalizando a predominância de deslocamento do vento, sentido Leste-Oeste para a região.

Figura 1: Mapa de Madre de Deus



Fonte: Riskan (2018)

Arquivo: C:\EAR\madre.jpg

Origem: 2118.72,-1396.12 m

Escala: 3.927191

Intervalo de cálculo: 20.000000 m

Comprimento total: 4.600,00 m

1.1 Situação da população:

Situação/Vento	Fração do tempo
Dia	0.5
Noite	0.5

1.2 Condições atmosféricas

Condição	Situação	Descrição
Condição Atmosférica Padrão	Dia	Classe de estabilidade: D - Neutra Velocidade do vento: 3.8 m/s Temperatura ambiente: 28.2 °C

Noite

Classe de estabilidade: D - Neutra
 Velocidade do vento: 2.7 m/s
 Temperatura ambiente: 26 °C

1.3 Árvore de eventos ambiental:

Evento	Situação	Desdobramento	Condição Atmosférica	Direção do Vento
f(EI)	Dia $p = 0.500$	Conforme evento $p = p(EI,n)$	Condição Atmosférica Padrão $p = 1.000$	Norte (N) $p = 0.015$ Norte-Nordeste (NNE) $p = 0.056$ Nordeste (NE) $p = 0.097$ Este-Nordeste (ENE) $p = 0.158$ Leste (E) $p = 0.218$ Este-Sudeste (ESE) $p = 0.149$ Sudeste (SE) $p = 0.080$ Sul-Sudeste (SSE) $p = 0.061$ Sul (S) $p = 0.042$ Sul-Sudeste (SSW) $p = 0.029$ Sudoeste (SW) $p = 0.017$ Oeste-Sudoeste (WSW) $p = 0.016$ Oeste (W) $p = 0.015$ Oeste-Noroeste (WNW) $p = 0.016$ Noroeste (NW) $p = 0.017$ Norte-Noroeste (NNW) $p = 0.016$
	Noite $p = 0.500$	Conforme evento $p = p(EI,n)$	Condição Atmosférica Padrão $p = 1.000$	Norte (N) $p = 0.045$

Norte-Nordeste (NNE)
 $p = 0.088$

Nordeste (NE)
 $p = 0.130$

Este-Nordeste (ENE)
 $p = 0.145$

Leste (E)
 $p = 0.160$

Este-Sudeste (ESE)
 $p = 0.109$

Sudeste (SE)
 $p = 0.058$

Sul-Sudeste (SSE)
 $p = 0.042$

Sul (S)
 $p = 0.026$

Sul-Sudeste (SSW)
 $p = 0.023$

Sudoeste (SW)
 $p = 0.021$

**Oeste-Sudoeste
(WSW)**
 $p = 0.020$

Oeste (W)
 $p = 0.018$

**Oeste-Noroeste
(WNW)**
 $p = 0.030$

Noroeste (NW)
 $p = 0.043$

**Norte - Noroeste
(NNW)**
 $p = 0.044$

1.4 População Suape/Maria Quitéria

Figura 2: Mapa de ocupação da população Suape/Maria Quitéria



Fonte: Riskan (2018)

Situação	Número de pessoas	Porcentagem abrigado [%]	Área [m2]	Densidade [/m2]
Dia	7310	50.00	930189.38	7.86e-03
Noite	7310	90.00	930189.38	7.86e-03

1.5 População Parque do Mirim

Figura 3: Mapa de ocupação da população Parque do Mirim



Fonte: Riskan (2018)

Situação	Número de pessoas	Porcentagem abrigado [%]	Área [m2]	Densidade [/m2]
Dia	6256	50.00	561824.75	1.11e-02
Noite	6256	90.00	561824.75	1.11e-02

1.6 População Fábrica de Asfalto 1

Figura 4: Mapa de ocupação da população Fábrica de Asfalto 1 (FASF 1)

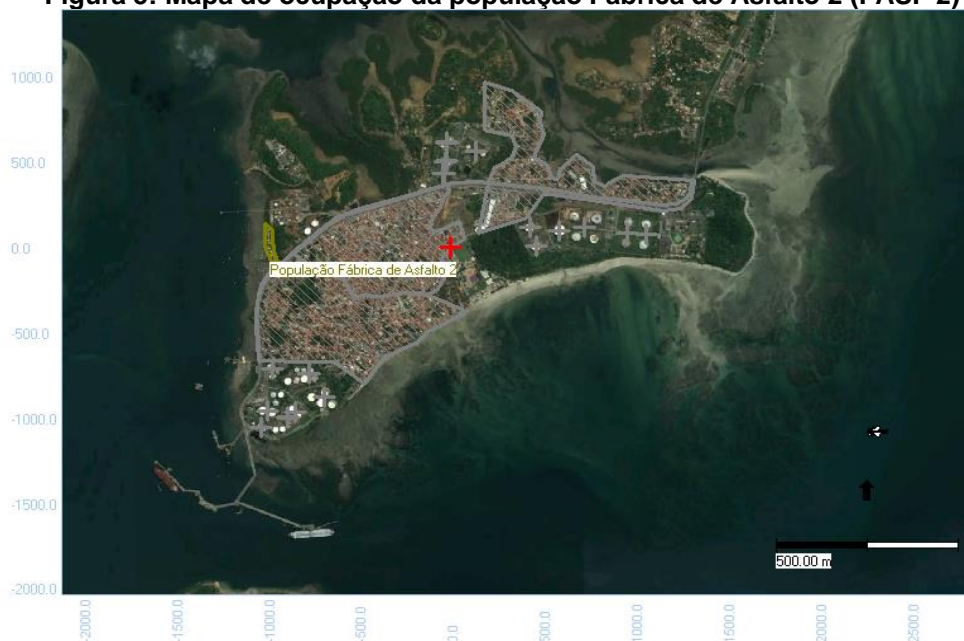


Fonte: Riskan (2018)

Situação	Número de pessoas	Porcentagem abrigado [%]	Área [m2]	Densidade [/m2]
Dia	4452	50.00	416294.93	1.07e-02
Noite	4452	90.00	416294.93	1.07e-02

1.7 População Fábrica de Asfalto 2

Figura 5: Mapa de ocupação da população Fábrica de Asfalto 2 (FASF 2)



Fonte: Riskan (2018)

Situação	Número de pessoas	Porcentagem abrigado [%]	Área [m2]	Densidade [/m2]
Dia	165	50.00	10830.68	1.52e-02
Noite	165	90.00	10830.68	1.52e-02

1.8 Eventos simulados na dutovia

Conforme indicação da Figura 6, as simulações dos eventos foram efetivadas no ponto inicial sinalizado com a cruz azul, que corresponde à entrada da ilha e demarca o ponto de origem para os eventos a serem simulados na dutovia.

Figura 6: Sinalização do ponto de início para os eventos



Fonte: Riskan (2018)

1.8.1 Evento EI-01 (Grande vazamento nos dutos de GLP)

Frequência: $7.5000e-08$ /ano/m
 Frequência total: $2.3151e-04$ /ano

Consequências:

Simulação	Tipo de dano	Probabilidade	
		Dia	Noite
Dispersão de nuvem inflamável pesada constante (Simulação 3)	Flash Fire	0.0450	0.0450
Incêndio em poça (Simulação 5)	Pool Fire	0.9000	0.9000
Explosão multi-energia (Simulação 9)	UVCE - Multi-energy	0.0450	0.0450
Nenhum efeito	Nenhum efeito	0.0100	0.0100

Fator de exposição:

Situação	Fração do tempo exposto ao dano
Dia	1
Noite	1

1.8.1.1 Simulação 'Descarga de líquido (Simulação 1)'

Descarga de líquido adiabático

Manual Riskan, Modelo 6.1.1, Página 148

Modelo baseado na equação de Bernoulli para fluidos

Dados de entrada

Diâmetro do furo: 0.169418 m
 Seção horizontal: 225.429 cm²
 Altura do líquido no vaso: 0.408 m
 Posição do furo no reservatório: 0 m
 Coeficiente de descarga: 0.64
 Temperatura inicial do reservatório: 24 °C
 Pressão inicial no reservatório: 236430 N/m²
 Pressão atmosférica: 101325 N/m²
 Tempo máximo de descarga: 3600 s

Dados da substância

Nome: n-Butano
 Densidade do líquido (24.00 °C): 574.106 kg/m³
 Capacidade calorífica do líquido (24.00 °C): 2429.8 J/kg/K
 Calor latente de vaporização (24.00 °C): 361346 J/kg
 Temperatura de ebulição: -0.500006 °C
 Peso molecular: 58.1234 kg/mol

Cálculo

Condições iniciais da fase líquida

Volume: 525.59 m³
 Densidade: 574.106 kg/m³
 Massa: 301745 kg

Condição inicial da fase vapor

Pressão inicial no reservatório: 236430 N/m²
 Volume: 87.2561 m³
 Densidade: 5.56248 kg/m³
 Massa: 485.36 kg

Fração de vapor flasheado na saída: 15.19 %
 Fração final da descarga bifásica plenamente desenvolvida: 0.00 %

Fração de vapor na descarga bifásica plenamente desenvolvida: 0.00 %

Tabela 1 - Taxa de descarga transiente

Tempo [s]	Taxa de descarga [kg/s]	Temperatura [°C]	Pressão [N/m ²]	Massa liberada [kg]
0	181.217	24	236430	0
65.1405	180.884	23.943	236009	11793.9
133.637	180.521	23.881	235552	24171.5
205.006	180.132	23.8139	235057	37041.2
278.815	179.717	23.7414	234523	50321.4
354.676	179.274	23.6634	233950	63938.2
432.227	178.803	23.5797	233337	77823
511.127	178.302	23.4899	232680	91910.9
591.049	177.768	23.3935	231977	106140
671.677	177.2	23.2902	231224	120450
752.697	176.593	23.1792	230418	134783
833.796	175.945	23.0599	229555	149078
914.657	175.252	22.9315	228627	163278
994.956	174.507	22.7929	227629	177321
1074.35	173.705	22.6427	226552	191145
1152.49	172.838	22.4797	225388	204684
1228.98	171.897	22.3019	224122	217869
1303.39	170.871	22.1072	222743	230624
1375.26	169.745	21.8927	221230	242864
1444.03	168.503	21.655	219564	254496

1509.06	167.125	21.3904	217720	265409
1569.51	165.587	21.0944	215672	275468
1624.33	163.874	20.764	213403	284500
1671.96	161.999	20.4021	210938	292262
1709.81	160.092	20.0349	208459	298359

Tempo total de descarga: 1715.8 s

Taxa de descarga de líquido média: 147.793 kg/s
 Massa total liberada na forma de líquido: 253584 kg

Taxa de descarga de vapor média: 26.3824 kg/s
 Massa total liberada na forma de vapor: 45267 kg

Taxa de descarga média: 174.176 kg/s
 Massa total liberada: 298851 kg

Altura do líquido no final do cálculo: 0.0146872 m

Condições finais da fase líquida

Volume: 5.04041 m³

Massa: 2893.73 kg

Condições finais da fase vapor

Volume: 607.806 m³

Massa: 3380.9 kg

Fonte: *Riskan* (2018)

1.8.1.2 Simulação 'Evaporação de poça criogênica (Simulação 2)'

Evaporação de líquido criogênico

Manual Riskan, Modelo 6.2.1, Página 193

Modelo semi-empírico baseado na transferência de calor do solo

Dados de entrada

Poça formada por liberação constante de líquido

Tipo de substrato : Concreto

Coefficiente de condução de calor do substrato : 1.5 W/m/K

Difusividade térmica do substrato : 6.5e-07 m²/s

Temperatura do solo : 30 °C

Temperatura do material : -0.500006 °C

Temperatura ambiente : 25 °C

Altura de liberação do líquido : 0.1 m

Espessura mínima da poça : 0.01 m

Coefficiente de transferência de calor convectivo da poça para o substrato : 5900 W/m²/K

Coefficiente de condução de calor para o ar : 1.9 W/m²/K

Fluxo térmico por radiação solar : 1000 W/m²

Tempo máximo de evaporação : 3600 s

Largura da tubovia : 10 m

Intervalo de integração : 2 s

Intervalo para apresentar os pontos na saída : 100 s

Varição mínima da saída para forçar ponto : 20 %

Dados da substância

Nome: n-Butano

Temperatura de ebulição do líquido: -0.500006 °C

Calor de evaporação do líquido a (-0.500006 °C) : 385990 J/kg

Densidade do líquido a (-0.500006 °C) : 601.982 kg/m³

Cálculo:

Tabela 1: Taxa de evaporação transiente

Tempo [s]	Meia largura da poça [m]	Descarga de líquido para a poça [kg/s]	Massa na poça [kg]	Evaporação [kg/s]	Massa liberada [kg]
0	0	147.8	0	0	0
2	2.45522	147.8	272.511	23.0888	23.0888
4	3.30581	147.8	534.014	11.0082	57.1859
12	7.13222	147.8	1615.32	13.9738	158.277
28	14.9943	147.8	3726.7	17.4847	411.702
56	28.6744	147.8	7310.32	21.9374	966.476
102	50.852	147.8	12964.2	27.6229	2111.36
172	83.9861	147.8	21123.5	34.6285	4298.1
272	130.215	147.8	32011.3	42.9795	8190.26
372	175.287	147.8	42123.6	50.2333	12858
472	219.291	147.8	51548.3	56.7717	18213.3
572	262.286	147.8	60346.8	62.7819	24194.8
672	304.311	147.8	68565.9	68.3727	30755.7
772	345.394	147.8	76243.9	73.614	37857.7
872	385.557	147.8	83413.1	78.5539	45468.5
972	424.817	147.8	90102	83.2272	53559.6
1072	463.185	147.8	96335.7	87.6601	62105.9
1172	500.673	147.8	102137	91.8728	71084.3
1272	537.287	147.8	107528	95.8815	80473.7
1372	573.034	147.8	112527	99.6989	90254.2
1472	607.917	147.8	117154	103.336	100407
1572	641.941	147.8	121426	106.8	110916
1672	675.106	147.8	125360	110.101	121762
1772	707.415	147.8	128971	113.242	132930
1872	738.867	147.8	132276	116.231	144405
1972	769.463	147.8	135290	119.071	156172
2072	799.2	147.8	138027	121.766	168215
2172	828.079	147.8	140501	124.32	180520
2272	856.096	147.8	142728	126.735	193074
2372	883.25	147.8	144719	129.014	205863
2472	909.537	147.8	146489	131.16	218872
2572	934.955	147.8	148051	133.173	232090
2672	959.5	147.8	149419	135.056	245503
2772	983.169	147.8	150605	136.811	259097
2872	1005.96	147.8	151621	138.438	272861
2972	1027.86	147.8	152481	139.939	286780
3072	1048.88	147.8	153198	141.314	300844
3172	1069	147.8	153782	142.566	315039
3272	1088.23	147.8	154248	143.694	329353
3372	1106.56	147.8	154608	144.701	343774
3472	1123.98	147.8	154872	145.586	358289
3572	1140.5	147.8	155055	146.35	372887
3600	1144.96	147.8	155092	146.543	376988

Taxa de evaporação média no intervalo : 104.777 kg/s
 Massa liberada no intervalo : 376988 kg

Maximum pool área : 6.8e+39 m2

Fonte: Riskan (2018)

1.8.1.3 Simulação 'Dispersão de nuvem inflamável pesada constante (Simulação 3)'

Dispersão de gás inflamável pesado constante a partir de poça

Manual Riskan, Modelo 6.4.7, Página 318

Modelo de dispersão de gás pesado do tipo caixa (SLAB)

Dados de entrada

Tipo de liberação: Evaporação da poça
 Taxa de descarga mássica: 131.08 kg/s
 Duração da fonte contínua: 3600 s
 Área da fonte: 220 m²
 Temperatura do gás: 272.65 K
 Altura da fonte: 0 m
 Comprimento de rugosidade: 0.33 m
 Tempo de amostragem: 20 s
 Umidade relativa do ar: 80 %
 Fração mássica inicial de líquido: 50 %

Dados da substância

Nome: n-Butano
 Limite inferior de inflamabilidade: 0.0427657 kg/m³
 Limite superior de inflamabilidade: 0.201949 kg/m³

1.8.1.4 Simulação para Condição Atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão - Dia'

Dispersão de gás inflamável pesado constante a partir de poça

Manual Riskan, Modelo 6.4.7, Página 318

Modelo de dispersão de gás pesado do tipo caixa (SLAB)

Dados de entrada

Tipo de liberação: Evaporação da poça
 Taxa de descarga mássica: 131.08 kg/s
 Duração da fonte contínua: 3600 s
 Área da fonte: 220 m²
 Temperatura do gás: 272.65 K
 Altura da fonte: 0 m
 Comprimento de rugosidade: 0.33 m
 Tempo de amostragem: 20 s
 Umidade relativa do ar: 80 %
 Fração mássica inicial de líquido: 50 %

Dados da substância

Nome: n-Butano
 Limite inferior de inflamabilidade: 0.0427657 kg/m³
 Limite superior de inflamabilidade: 0.201949 kg/m³

Resultados para a condição atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão'

Velocidade do vento: 3.8 m/s
 Classe de estabilidade atmosférica: D - Neutra
 Temperatura ambiente: 25 °C

Tabela 1: Dispersão de nuvem inflamável – Consolidado

Distância na direção do vento [m]	Tempo da maior concentração [s]	Maior concentração [kg/m ³]	Altura [m]
-15.85	1806.09	0.132023	0.00
-11.89	1804.57	0.17125	0.00
-7.93	1803.05	0.202171	0.00
-3.96	1801.52	0.228085	0.00
0.00	1800.00	0.249602	0.00
3.96	1801.52	0.267488	0.00
7.93	1803.05	0.28227	0.00
11.89	1804.57	0.294235	0.00
15.85	1806.09	0.303588	0.00

19.81	1807.62	0.310524	0.00
20.02	1807.70	0.309336	0.00
20.25	1807.79	0.308079	0.00
20.51	1807.88	0.306748	0.00
20.79	1807.99	0.3053	0.00
21.10	1808.11	0.303697	0.00
21.45	1808.24	0.301912	0.00
21.83	1808.39	0.299925	0.00
22.25	1808.55	0.297713	0.00
22.71	1808.73	0.295251	0.00
23.22	1808.93	0.292512	0.00
23.79	1809.15	0.289465	0.00
24.41	1809.39	0.28608	0.00
25.11	1809.65	0.282321	0.00
25.87	1809.94	0.278155	0.00
26.71	1810.27	0.273545	0.00
27.64	1810.63	0.268456	0.00
28.67	1811.02	0.262855	0.00
29.81	1811.46	0.256714	0.00
31.07	1811.94	0.250008	0.00
32.45	1812.48	0.242722	0.00
33.99	1813.07	0.234852	0.00
35.68	1813.72	0.226407	0.00
37.55	1814.44	0.217412	0.00
39.62	1815.23	0.207909	0.00
41.90	1816.11	0.197955	0.00
44.43	1817.08	0.187626	0.00
47.21	1818.15	0.17701	0.00
50.29	1819.33	0.166208	0.00
53.69	1820.64	0.155328	0.00
57.45	1822.09	0.144477	0.00
61.60	1823.68	0.133764	0.00
66.19	1825.45	0.123289	0.00
71.26	1827.39	0.113142	0.00
76.86	1829.55	0.103401	0.00
83.04	1831.92	0.0941286	0.00
89.88	1834.55	0.0853733	0.00
97.43	1837.45	0.0771675	0.00
105.77	1840.66	0.0695302	0.00
114.98	1844.20	0.0624671	0.00
125.16	1848.11	0.0559734	0.00
136.40	1852.44	0.0500346	0.00
148.83	1857.21	0.0446294	0.00
162.55	1862.49	0.0397311	0.00
177.71	1868.32	0.0353089	0.00
194.46	1874.76	0.0313302	0.00
212.97	1881.87	0.0277613	0.00
233.41	1889.73	0.0245681	0.00
256.00	1898.41	0.0217179	0.00
280.95	1908.01	0.0191787	0.00
308.52	1918.61	0.0169206	0.00

Fonte: *Riskan* (2018)

Tabela 2: Dispersão de nuvem inflamável

Tempo [s]	Distância na direção do vento acima do LII [m]	Posição do centro do puff [m]	Maior concentração no eixo [kg/m ³]	Maior concentração ao nível do solo [kg/m ³]	Altura do eixo da pluma [m]	Massa inflamável [kg]	Meia largura máxima até o LSI [m]	Meia largura máxima até o LII [m]
189.13	154.21	53.69	0.155403	0.155403	0.00	2195.21	0.00	67.22

Distância máxima da fonte com concentração acima do LII: 154.213 m

Meia largura máxima (Concentração acima do LII): 134.441 m

Máxima massa nos limites de inflamabilidade: 2195.21 kg

1.8.1.5 Simulação para Condição Atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão - Noite'

Dispersão de gás inflamável pesado constante a partir de poça

Manual Riskan, Modelo 6.4.7, Página 318

Modelo de dispersão de gás pesado do tipo caixa (SLAB)

Dados de entrada

Tipo de liberação: Evaporação da poça
 Taxa de descarga mássica: 131.08 kg/s
 Duração da fonte contínua: 3600 s
 Área da fonte: 220 m²
 Temperatura do gás: 272.65 K
 Altura da fonte: 0 m
 Comprimento de rugosidade: 0.33 m
 Tempo de amostragem: 20 s
 Umidade relativa do ar: 80 %
 Fração mássica inicial de líquido: 50 %

Dados da substância

Nome: n-Butano
 Limite inferior de inflamabilidade: 0.0427657 kg/m³
 Limite superior de inflamabilidade: 0.201949 kg/m³

Resultados para a condição atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão'

Velocidade do vento: 2.7 m/s
 Classe de estabilidade atmosférica: D - Neutra
 Temperatura ambiente: 25 °C

Tabela 1: Dispersão de nuvem inflamável – Consolidado

Distância na direção do vento [m]	Tempo da maior concentração [s]	Maior concentração [kg/m ³]	Altura [m]
-34.26	1817.54	0.0758212	0.00
-25.70	1813.16	0.0991746	0.00
-17.13	1808.77	0.117148	0.00
-8.57	1804.39	0.131291	0.00
-0.00	1800.00	0.142038	0.00
8.57	1804.39	0.149846	0.00
17.13	1808.77	0.155033	0.00
25.70	1813.16	0.157934	0.00
34.26	1817.54	0.158932	0.00
42.83	1821.93	0.158432	0.00
43.22	1822.13	0.157709	0.00
43.64	1822.34	0.156981	0.00
44.09	1822.58	0.156234	0.00
44.59	1822.83	0.155432	0.00
45.13	1823.11	0.154559	0.00
45.73	1823.41	0.153606	0.00
46.37	1823.74	0.152565	0.00
47.07	1824.10	0.151429	0.00

47.83	1824.49	0.15019	0.00
48.66	1824.91	0.14884	0.00
49.57	1825.38	0.147368	0.00
50.55	1825.88	0.145767	0.00
51.62	1826.43	0.144025	0.00
52.79	1827.03	0.142134	0.00
54.06	1827.68	0.140083	0.00
55.45	1828.39	0.137863	0.00
56.96	1829.16	0.135464	0.00
58.60	1830.00	0.132878	0.00
60.38	1830.92	0.130099	0.00
62.33	1831.91	0.127121	0.00
64.45	1833.00	0.123942	0.00
66.76	1834.18	0.12056	0.00
69.27	1835.46	0.116979	0.00
72.00	1836.86	0.113205	0.00
74.98	1838.39	0.109248	0.00
78.23	1840.05	0.105122	0.00
81.76	1841.86	0.100844	0.00
85.60	1843.83	0.0964365	0.00
89.79	1845.97	0.0919242	0.00
94.35	1848.30	0.0873348	0.00
99.31	1850.84	0.0826983	0.00
104.72	1853.61	0.0780458	0.00
110.60	1856.63	0.0734089	0.00
117.01	1859.91	0.0688187	0.00
123.99	1863.48	0.0643048	0.00
131.59	1867.37	0.059895	0.00
139.86	1871.60	0.0556142	0.00
148.87	1876.22	0.0514844	0.00
158.67	1881.24	0.0475237	0.00
169.35	1886.71	0.0437468	0.00
180.98	1892.66	0.0401648	0.00
193.65	1899.14	0.0367851	0.00
207.43	1906.20	0.0336116	0.00
222.45	1913.89	0.0306455	0.00
238.79	1922.26	0.0278849	0.00
256.59	1931.37	0.0253258	0.00
275.98	1941.29	0.0229622	0.00
297.08	1952.10	0.0207864	0.00
320.06	1963.86	0.0187898	0.00
345.08	1976.67	0.0169627	0.00

Fonte: Riskan (2018)

Tabela 2: Dispersão de nuvem inflamável

Tempo [s]	Distância na direção do vento acima do LII [m]	Posição do centro do puff [m]	Maior concentração no eixo [kg/m ³]	Maior concentração ao nível do solo [kg/m ³]	Altura do eixo [m]
292.33	172.65	60.38	0.130142	0.130142	0.00

Distância máxima da fonte com concentração acima do LII: 172.651 m

Meia largura máxima (Concentração acima do LII): 191.815 m
 Máxima massa nos limites de inflamabilidade: 3220.41 kg

1.8.1.6 Simulação 'Incêndio em poça (Simulação 5)'

Incêndio em poça

Manual Riskan, Modelo 6.3.1, Página 218

Modelo semi-empírico baseado na literatura

Dados de entrada

Formato da poça: Retangular

Comprimento da poça: 400 m

Largura da poça: 10 m

Diâmetro equivalente da poça: 19.5122 m

Temperatura ambiente: 298.15 K

Densidade do ar: 1.178 kg/m³

Umidade relativa do ar: 80 %

Dados da substância

Nome: n-Butano

Temperatura de ebulição: 272.65 K

Calor de combustão: 4.57213e+07 J/kg

Calor de evaporação a (272.65 K): 4.57213e+07 J/kg

Capacidade calorífica do líquido a (272.65 K): 2311.2 J/kg/K

Intensidade de radiação média: 37.5 kW/m²

Cálculo

Líquido criogênico

Taxa de combustão: 0.118452 kg/m²/s

Altura da chama: 40.6459 m

Pressão de vapor d'água saturado (298.15 K): 3170.38 Pa

Pressão parcial de vapor d'água: 2536.31 Pa

Tabela 1: Carga térmica pela distância

Distância [m]	Coefficiente de transmissão atmosférica	Fator de vista	Fluxo térmico [W/m ²]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]	Probabilidade de fatalidade não abrigado [%]
0	1	1	37500	100.00	0.00
31.1459	0.619806	0.441403	10259.4	12.65	0.00
62.2918	0.568359	0.281185	5993.02	0.76	0.00
93.4376	0.541706	0.196235	3986.3	0.23	0.00
124.584	0.52359	0.14577	2862.14	0.00	0.00

155.729	0.509849	0.112647	2153.73	0.00	0.00
186.875	0.498776	0.0894445	1672.98	0.00	0.00
218.021	0.489502	0.0724931	1330.71	0.00	0.00
249.167	0.481522	0.0597412	1078.75	0.00	0.00
280.313	0.47452	0.0499342	888.554	0.00	0.00
311.459	0.468282	0.0422551	742.023	0.00	0.00
342.605	0.462657	0.0361489	627.17	0.00	0.00
373.751	0.457535	0.0312272	535.783	0.00	0.00
404.896	0.452835	0.0272117	462.09	0.00	0.00
436.042	0.448491	0.0238994	401.95	0.00	0.00
467.188	0.444453	0.0211396	352.334	0.00	0.00
498.334	0.440682	0.0188191	310.996	0.00	0.00
529.48	0.437144	0.0168515	276.245	0.00	0.00
560.626	0.433812	0.0151703	246.789	0.00	0.00
591.772	0.430663	0.0137235	221.633	0.00	0.00
622.918	0.427678	0.0124704	200	0.00	0.00
654.063	0.424841	0.0113785	181.277	0.00	0.00

Maximum pool área : 299.021 m2

Fonte: *Riskan* (2018)

1.8.1.7 Área vulnerável 'Vulnerabilidade 8'

Figura 7: Área vulnerável para evento EI-01



Fonte: *Riskan* (2018)

Níveis de vulnerabilidade considerados:

Descrição	Distância máxima [m]
1% probabilidade de fatalidade	38.0965
50% probabilidade de fatalidade	21.8158

99% probabilidade de fatalidade	1.19667
---------------------------------	---------

1.8.1.8 Simulação 'Explosão multi-energia (Simulação 9)'

Explosão em nuvem (VCE) multi-energia

Manual Riskan, Modelo 6.5.6, Página 500
Modelo semi-empírico baseado na literatura

Legenda do diagrama

a = Massa explosiva, em área com obstáculos, na concentração estequiométrica
 b = Velocidade da chama acima do limite
 c = Shockwave
 d = Sobrepressão
 e = Tempo
 f = Impulso total
 g = Sobrepressão máxima
 h = Obstáculos

Dados de entrada

Pressão ambiente: 101325 Pa
 Classe de densidade de obstáculos: Classe 10
 Menor sobrepressão de interesse: 1000 Pa

Dados da substância

Nome: n-Butano
 Calor de combustão: 4.57213e+07 J/kg

1.8.1.9 Simulação para Condição Atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão - Dia'

Explosão em nuvem (VCE) multi-energia

Manual Riskan, Modelo 6.5.6, Página 500
Modelo semi-empírico baseado na literatura

Legenda do diagrama

a = Massa explosiva, em área com obstáculos, na concentração estequiométrica
 b = Velocidade da chama acima do limite
 c = Shockwave
 d = Sobrepressão
 e = Tempo
 f = Impulso total
 g = Sobrepressão máxima
 h = Obstáculos

Dados de entrada

Pressão ambiente: 101325 Pa
 Classe de densidade de obstáculos: Classe 10
 Menor sobrepressão de interesse: 1000 Pa

Dados da substância

Nome: n-Butano
 Calor de combustão: 4.57213e+07 J/kg

Resultados para a condição atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão'

Velocidade do vento: 3.8 m/s
 Classe de estabilidade atmosférica: D - Neutra
 Temperatura ambiente: 28.2 °C

Explosão no instante t= 5.42 s

Distância da origem: 2.2 m
 Massa explosiva: 55.46 kg

Tabela 1: Efeitos da explosão na distância a 5.42 s

Distância ao ponto de liberação [m]	Distancia até o centro da nuvem [m]	Sobrepressão [Pa]	Impulso [Pa.s]	Probabilidade de fatalidade não abrigado [%]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]
3.2	1	1.51894e+06	10455.2	100.00	100.00
65.4116	63.2116	14219.9	205.439	2.00	2.00

127.623	125.423	5907.48	105.309	0.49	0.49
189.835	187.635	3776.02	71.9588	0.14	0.14
252.046	249.846	2770.88	55.6596	0.00	0.00
314.258	312.058	2157.67	44.2892	0.00	0.00
376.47	374.27	1758.6	36.6518	0.00	0.00
438.681	436.481	1480.46	31.3584	0.00	0.00
500.893	498.693	1277.4	27.4396	0.00	0.00
563.104	560.904	1121.51	24.3908	0.00	0.00
625.316	623.116	998.223	21.983	0.00	0.00
687.528	685.328	898.401	20.0214	0.00	0.00
749.739	747.539	816.002	18.3837	0.00	0.00
811.951	809.751	746.886	16.9956	0.00	0.00
874.163	871.963	688.886	15.8164	0.00	0.00

Explosão no instante t= 25.01 s

Distância da origem: 4.4 m
 Massa explosiva: 393.33 kg
 Fonte: Riskan (2018)

Tabela 2: Efeitos da explosão na distância a 25.01 s

Distância ao ponto de liberação [m]	Distancia até o centro da nuvem [m]	Sobrepessão [Pa]	Impulso [Pa.s]	Probabilidade de fatalidade não abrigado [%]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]
5.4	1	1.51894e+06	20087.5	100.00	100.00
124.926	120.526	14365	397.869	4.75	4.75
244.453	240.053	5934.42	203.079	0.71	0.71
363.979	359.579	3786.27	138.593	0.43	0.43
483.506	479.106	2776.88	107.124	0.24	0.24
603.032	598.632	2161.41	85.2296	0.09	0.09
722.558	718.158	1761.14	70.5108	0.00	0.00
842.085	837.685	1482.26	60.3149	0.00	0.00
961.611	957.211	1278.76	52.7702	0.00	0.00
1081.14	1076.74	1122.57	46.9019	0.00	0.00
1200.66	1196.26	999.075	42.2675	0.00	0.00
1320.19	1315.79	899.098	38.4934	0.00	0.00
1439.72	1435.32	816.582	35.3426	0.00	0.00
1559.24	1554.84	747.376	32.6724	0.00	0.00
1678.77	1674.37	689.291	30.405	0.00	0.00

Explosão no instante t= 50.21 s

Distância da origem: 10.99 m
 Massa explosiva: 492.62 kg

Fonte: Riskan (2018)

Tabela 3: Efeitos da explosão na distância a 50.21 s

Distância ao ponto de liberação [m]	Distancia até o centro da nuvem [m]	Sobrepessão [Pa]	Impulso [Pa.s]	Probabilidade de fatalidade não abrigado [%]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]
11.99	1	1.51894e+06	21652.6	100.00	100.00
140.829	129.839	14376.5	429.139	4.76	4.76
269.669	258.679	5936.54	218.966	0.71	0.71
398.508	387.518	3787.08	149.421	0.43	0.43
527.348	516.358	2777.35	115.486	0.24	0.24
656.187	645.197	2161.7	91.882	0.09	0.09

785.027	774.037	1761.34	76.0126	0.00	0.00
913.866	902.876	1482.4	65.02	0.00	0.00
1042.71	1031.72	1278.87	56.8861	0.00	0.00
1171.54	1160.55	1122.65	50.5597	0.00	0.00
1300.38	1289.39	999.141	45.5636	0.00	0.00
1429.22	1418.23	899.152	41.4949	0.00	0.00
1558.06	1547.07	816.628	38.0983	0.00	0.00
1686.9	1675.91	747.414	35.2197	0.00	0.00
1815.74	1804.75	689.323	32.7755	0.00	0.00

Explosão no instante t= 76.29 s

Distância da origem: 15.9 m
 Massa explosiva: 492.62 kg

Fonte: *Riskan* (2018)

Tabela 4: Efeitos da explosão na distância a 76.29 s

Distância ao ponto de liberação [m]	Distancia até o centro da nuvem [m]	Sobrepessão [Pa]	Impulso [Pa.s]	Probabilidade de fatalidade não abrigado [%]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]
16.9	1	1.51894e+06	21652.6	100.00	100.00
145.739	129.839	14376.5	429.139	4.76	4.76
274.579	258.679	5936.54	218.966	0.71	0.71
403.418	387.518	3787.08	149.421	0.43	0.43
532.258	516.358	2777.35	115.486	0.24	0.24
661.097	645.197	2161.7	91.882	0.09	0.09
789.937	774.037	1761.34	76.0126	0.00	0.00
918.776	902.876	1482.4	65.02	0.00	0.00
1047.62	1031.72	1278.87	56.8861	0.00	0.00
1176.45	1160.55	1122.65	50.5597	0.00	0.00
1305.29	1289.39	999.141	45.5636	0.00	0.00
1434.13	1418.23	899.152	41.4949	0.00	0.00
1562.97	1547.07	816.628	38.0983	0.00	0.00
1691.81	1675.91	747.414	35.2197	0.00	0.00
1820.65	1804.75	689.323	32.7755	0.00	0.00

Explosão no instante t= 98.68 s

Distância da origem: 23.21 m
 Massa explosiva: 492.62 kg

Fonte: *Riskan* (2018)

Tabela 5: Efeitos da explosão na distância a 98.68 s

Distância ao ponto de liberação [m]	Distancia até o centro da nuvem [m]	Sobrepessão [Pa]	Impulso [Pa.s]	Probabilidade de fatalidade não abrigado [%]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]
24.21	1	1.51894e+06	21652.6	100.00	100.00
153.049	129.839	14376.5	429.139	4.76	4.76
281.889	258.679	5936.54	218.966	0.71	0.71
410.728	387.518	3787.08	149.421	0.43	0.43
539.568	516.358	2777.35	115.486	0.24	0.24
668.407	645.197	2161.7	91.882	0.09	0.09
797.247	774.037	1761.34	76.0126	0.00	0.00

926.086	902.876	1482.4	65.02	0.00	0.00
1054.93	1031.72	1278.87	56.8861	0.00	0.00
1183.76	1160.55	1122.65	50.5597	0.00	0.00
1312.6	1289.39	999.141	45.5636	0.00	0.00
1441.44	1418.23	899.152	41.4949	0.00	0.00
1570.28	1547.07	816.628	38.0983	0.00	0.00
1699.12	1675.91	747.414	35.2197	0.00	0.00
1827.96	1804.75	689.323	32.7755	0.00	0.00

Fonte: *Riskan* (2018)

1.8.1.10 Simulação para Condição Atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão - Noite'

Explosão em nuvem (VCE) multi-energia

Manual Riskan, Modelo 6.5.6, Página 500
Modelo semi-empírico baseado na literatura

Legenda do diagrama

a = Massa explosiva, em área com obstáculos, na concentração estequiométrica
b = Velocidade da chama acima do limite
c = Shockwave
d = Sobrepressão
e = Tempo
f = Impulso total
g = Sobrepressão máxima
h = Obstáculos

Dados de entrada

Pressão ambiente: 101325 Pa
Classe de densidade de obstáculos: Classe 10
Menor sobrepressão de interesse: 1000 Pa

Dados da substância

Nome: n-Butano
Calor de combustão: 4.57213e+07 J/kg

Resultados para a condição atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão'

Velocidade do vento: 2.7 m/s
Classe de estabilidade atmosférica: D - Neutra
Temperatura ambiente: 26 °C

Explosão no instante t= 11.61 s

Distância da origem: 20.716 m
Massa explosiva: 258.867 kg

Tabela 1: Efeitos da explosão na distância a 11.6117 s

Distância ao ponto de liberação [m]	Distancia até o centro da nuvem [m]	Sobrepressão [Pa]	Impulso [Pa.s]	Probabilidade de fatalidade não abrigado [%]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]
21.716	1	1.51894e+06	17472.9	100.00	100.00
125.685	104.969	14341.3	345.633	4.70	4.70
229.654	208.938	5930.03	176.54	0.71	0.71
333.623	312.907	3784.6	120.506	0.43	0.43
437.592	416.876	2775.9	93.1543	0.23	0.23
541.561	520.845	2160.8	74.1168	0.07	0.07
645.53	624.814	1760.73	61.3202	0.00	0.00
749.499	728.783	1481.97	52.455	0.00	0.00
853.468	832.752	1278.54	45.8945	0.00	0.00

957.437	936.721	1122.4	40.7915	0.00	0.00
1061.41	1040.69	998.936	36.7615	0.00	0.00
1165.37	1144.66	898.984	33.4794	0.00	0.00
1269.34	1248.63	816.488	30.7393	0.00	0.00
1373.31	1352.6	747.296	28.4171	0.00	0.00
1477.28	1456.57	689.226	26.4451	0.00	0.00

Explosão no instante t= 50.20 s

Distância da origem: 25.895 m
 Massa explosiva: 582.555 kg

Fonte: *Riskan* (2018)

Tabela 2: Efeitos da explosão na distância a 50.2016 s

Distância ao ponto de liberação [m]	Distancia até o centro da nuvem [m]	Sobrepessão [Pa]	Impulso [Pa.s]	Probabilidade de fatalidade não abrigado [%]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]
26.895	1	1.51894e+06	22897.4	100.00	100.00
163.141	137.246	14384.6	454.008	4.77	4.77
299.387	273.492	5938.02	231.6	0.71	0.71
435.633	409.738	3787.64	158.032	0.44	0.44
571.879	545.984	2777.68	122.137	0.25	0.25
708.125	682.23	2161.91	97.1726	0.09	0.09
844.371	818.476	1761.48	80.3881	0.00	0.00
980.617	954.722	1482.5	68.7619	0.00	0.00
1116.86	1090.97	1278.95	60.1595	0.00	0.00
1253.11	1227.21	1122.71	53.4687	0.00	0.00
1389.36	1363.46	999.188	48.1849	0.00	0.00
1525.6	1499.71	899.19	43.8819	0.00	0.00
1661.85	1635.95	816.66	40.2898	0.00	0.00
1798.09	1772.2	747.441	37.2455	0.00	0.00
1934.34	1908.44	689.345	34.6607	0.00	0.00

Explosão no instante t= 86.58 s

Distância da origem: 25.895 m
 Massa explosiva: 582.555 kg

Fonte: *Riskan* (2018)

Tabela 3: Efeitos da explosão na distância a 86.5771 s

Distância ao ponto de liberação [m]	Distancia até o centro da nuvem [m]	Sobrepessão [Pa]	Impulso [Pa.s]	Probabilidade de fatalidade não abrigado [%]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]
26.895	1	1.51894e+06	22897.4	100.00	100.00
163.141	137.246	14384.6	454.008	4.77	4.77
299.387	273.492	5938.02	231.6	0.71	0.71
435.633	409.738	3787.64	158.032	0.44	0.44
571.879	545.984	2777.68	122.137	0.25	0.25
708.125	682.23	2161.91	97.1726	0.09	0.09
844.371	818.476	1761.48	80.3881	0.00	0.00
980.617	954.722	1482.5	68.7619	0.00	0.00
1116.86	1090.97	1278.95	60.1595	0.00	0.00
1253.11	1227.21	1122.71	53.4687	0.00	0.00

1389.36	1363.46	999.188	48.1849	0.00	0.00
1525.6	1499.71	899.19	43.8819	0.00	0.00
1661.85	1635.95	816.66	40.2898	0.00	0.00
1798.09	1772.2	747.441	37.2455	0.00	0.00
1934.34	1908.44	689.345	34.6607	0.00	0.00

Explosão no instante t= 127.75 s

Distância da origem: 25.895 m

Massa explosiva: 582.555 kg

Tabela 4: Efeitos da explosão na distância a 127.755 s

Distância ao ponto de liberação [m]	Distancia até o centro da nuvem [m]	Sobrepessão [Pa]	Impulso [Pa.s]	Probabilidade de fatalidade não abrigado [%]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]
26.895	1	1.51894e+06	22897.4	100.00	100.00
163.141	137.246	14384.6	454.008	4.77	4.77
299.387	273.492	5938.02	231.6	0.71	0.71
435.633	409.738	3787.64	158.032	0.44	0.44
571.879	545.984	2777.68	122.137	0.25	0.25
708.125	682.23	2161.91	97.1726	0.09	0.09
844.371	818.476	1761.48	80.3881	0.00	0.00
980.617	954.722	1482.5	68.7619	0.00	0.00
1116.86	1090.97	1278.95	60.1595	0.00	0.00
1253.11	1227.21	1122.71	53.4687	0.00	0.00
1389.36	1363.46	999.188	48.1849	0.00	0.00
1525.6	1499.71	899.19	43.8819	0.00	0.00
1661.85	1635.95	816.66	40.2898	0.00	0.00
1798.09	1772.2	747.441	37.2455	0.00	0.00
1934.34	1908.44	689.345	34.6607	0.00	0.00

Explosão no instante t= 158.58 s

Distância da origem: 29.3003 m

Massa explosiva: 582.555 kg

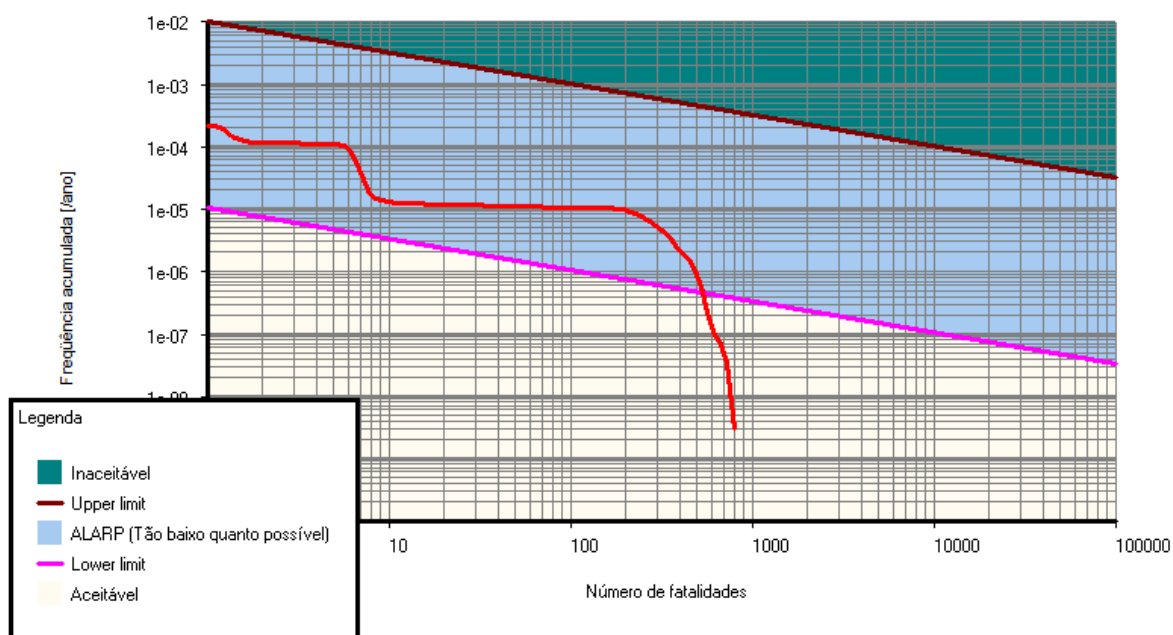
Fonte: *Riskan* (2018)

Tabela 5: Efeitos da explosão na distância a 158.577 s

Distância ao ponto de liberação [m]	Distancia até o centro da nuvem [m]	Sobrepessão [Pa]	Impulso [Pa.s]	Probabilidade de fatalidade não abrigado [%]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]
30.3003	1	1.51894e+06	22897.4	100.00	100.00
166.546	137.246	14384.6	454.008	4.77	4.77
302.792	273.492	5938.02	231.6	0.71	0.71
439.038	409.738	3787.64	158.032	0.44	0.44
575.284	545.984	2777.68	122.137	0.25	0.25
711.53	682.23	2161.91	97.1726	0.09	0.09
847.776	818.476	1761.48	80.3881	0.00	0.00
984.023	954.722	1482.5	68.7619	0.00	0.00
1120.27	1090.97	1278.95	60.1595	0.00	0.00
1256.51	1227.21	1122.71	53.4687	0.00	0.00
1392.76	1363.46	999.188	48.1849	0.00	0.00
1529.01	1499.71	899.19	43.8819	0.00	0.00
1665.25	1635.95	816.66	40.2898	0.00	0.00
1801.5	1772.2	747.441	37.2455	0.00	0.00
1937.74	1908.44	689.345	34.6607	0.00	0.00

1.8.1.11 Social Risk Result 'Risco social'

Figura 8: Resultado do Risco Social para evento EI-01



Risco Social Médio: $4.1111e-03$ fat./ano

Fonte: Riskan (2018)

Tabela 1: Contribuição do risco social por tipo de dano

Tipo de dano	Risco social médio [fat./ano]	Porcentagem do total [%]
Carga Térmica (Incêndio em poça)	7.9304e-04	19.29
Queima e asfixia (Incêndio em Nuvem)	6.4732e-06	0.16
Colapso estrutural, deslocamento do corpo, fratura na base do crânio, hemorragia pulmonar (explosão)	3.3116e-03	80.55
Dose tóxica (Nuvem tóxica)	0.0000e+00	0.00
Outro (desconhecido)	0.0000e+00	0.00
Total	4.1111e-03	100.00

Fonte: Riskan (2018)

Tabela 2: Contribuição do risco social por tipo de acidente

Tipo de acidente	Risco social médio [fat./ano]	Porcentagem do total [%]
Incêndio em poça	7.9304e-04	19.29
Tocha	0.0000e+00	0.00
Bola de fogo (BLEVE)	0.0000e+00	0.00
Explosão pontual	0.0000e+00	0.00
Explosão em nuvem	3.3116e-03	80.55
Incêndio em nuvem	6.4732e-06	0.16
Nuvem tóxica	0.0000e+00	0.00

Outro	0.0000e+00	0.00
Total	4.1111e-03	100.00

Fonte: *Riskan* (2018)

Tabela 3: 1 (um) Evento iniciador de maior risco social médio

Evento iniciador	Risco social médio [fat./ano]	Porcentagem do total [%]
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP Frequência: 2.3151e-04 /ano	4.1111e-03	100.00
Total	4.1111e-03	100.00

Fonte: *Riskan* (2018)

Tabela 4: 1 (um) Evento iniciador de maior frequência esperada

Evento iniciador	Frequência [/ano]
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP Risco social médio: 4.1111e-03 fat./ano	2.3151e-04
Total	2.3151e-04

Fonte: *Riskan* (2018)

Tabela 5: 1 (um) Cenário acidental de maior dano máximo esperado

Cenário acidental	Dano máximo
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP Risco social médio: 4.1111e-03 fat./ano Frequência: 2.3151e-04 /ano	7.9657e+02

Fonte: *Riskan* (2018)

Tabela 6: 25 (vinte e cinco) Cenários acidentais de maior risco social médio

Cenário acidental	Risco social médio [fat./ano]	Porcentagem do total [%]
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (1212.68) - Dia Frequência: 6.7650e-07 /ano	7.9731e-06	0.19
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (1232.73) - Dia Frequência: 6.7650e-07 /ano	7.6832e-06	0.19
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (2495.52) - Dia Frequência: 6.7650e-07 /ano	6.4410e-06	0.16
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (1192.64) - Dia Frequência: 6.7650e-07 /ano	6.3421e-06	0.15
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (2355.21) - Dia Frequência: 6.7650e-07 /ano	5.9433e-06	0.14
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (2375.25) - Dia Frequência: 6.7650e-07 /ano	5.9225e-06	0.14
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (1112.46) - Condição Atmosférica Padrão - Dia - Leste (E) Frequência: 1.4768e-08 /ano	5.8678e-06	0.14

<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (1132.50) - Condição Atmosférica Padrão - Dia - Leste (E)</p> <p>Frequência: 1.4768e-08 /ano</p>	5.8372e-06	0.14
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (1092.42) - Condição Atmosférica Padrão - Dia - Leste (E)</p> <p>Frequência: 1.4768e-08 /ano</p>	5.8317e-06	0.14
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (1072.37) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Leste (E)</p> <p>Frequência: 1.0824e-08 /ano</p>	5.8299e-06	0.14
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (1092.42) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Leste (E)</p> <p>Frequência: 1.0824e-08 /ano</p>	5.8187e-06	0.14
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (1052.33) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Leste (E)</p> <p>Frequência: 1.0824e-08 /ano</p>	5.7938e-06	0.14
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (1072.37) - Condição Atmosférica Padrão - Dia - Leste (E)</p> <p>Frequência: 1.4768e-08 /ano</p>	5.7640e-06	0.14
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (1112.46) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Leste (E)</p> <p>Frequência: 1.0824e-08 /ano</p>	5.7401e-06	0.14
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (1032.28) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Leste (E)</p> <p>Frequência: 1.0824e-08 /ano</p>	5.7339e-06	0.14
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (1152.55) - Condição Atmosférica Padrão - Dia - Leste (E)</p> <p>Frequência: 1.4768e-08 /ano</p>	5.7145e-06	0.14
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (1052.33) - Condição Atmosférica Padrão - Dia - Leste (E)</p> <p>Frequência: 1.4768e-08 /ano</p>	5.6911e-06	0.14
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (1012.24) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Leste (E)</p> <p>Frequência: 1.0824e-08 /ano</p>	5.6639e-06	0.14
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (1032.28) - Condição Atmosférica Padrão - Dia - Leste (E)</p> <p>Frequência: 1.4768e-08 /ano</p>	5.6214e-06	0.14
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (992.19) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Leste (E)</p> <p>Frequência: 1.0824e-08 /ano</p>	5.5900e-06	0.14
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (1132.50) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Leste (E)</p>	5.5781e-06	0.14

Frequência: 1.0824e-08 /ano		
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (1012.24) - Condição Atmosférica Padrão - Dia - Leste (E)	5.5624e-06	0.14
Frequência: 1.4768e-08 /ano		
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (1172.59) - Dia	5.5415e-06	0.13
Frequência: 6.7650e-07 /ano Dano: 8.1914e+00		
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (972.15) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Leste (E)	5.5088e-06	0.13
Frequência: 1.0824e-08 /ano		
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (992.19) - Condição Atmosférica Padrão - Dia - Leste (E)	5.4943e-06	0.13
Frequência: 1.4768e-08 /ano		
Total	1.4849e-04	3.61

Fonte: *Riskan* (2018)

Tabela 7: 25 (vinte e cinco) Cenários acidentais de maior frequência esperada

Cenário acidental	Frequência [/ano]
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (10.02) - Dia Risco social médio: 3.8008e-06 fat./ano	6.7650e-07
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (10.02) - Noite Risco social médio: 7.6016e-07 fat./ano	6.7650e-07
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (30.07) - Dia Risco social médio: 3.9991e-06 fat./ano	6.7650e-07
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (30.07) - Noite Risco social médio: 7.9983e-07 fat./ano	6.7650e-07
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (50.11) - Dia Risco social médio: 3.9100e-06 fat./ano	6.7650e-07
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (50.11) - Noite Risco social médio: 7.8200e-07 fat./ano	6.7650e-07
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (70.16) - Dia Risco social médio: 3.8059e-06 fat./ano	6.7650e-07
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (70.16) - Noite Risco social médio: 7.6118e-07 fat./ano	6.7650e-07
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (90.20) - Dia Risco social médio: 3.9957e-06 fat./ano	6.7650e-07
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (90.20) - Noite Risco social médio: 7.9914e-07 fat./ano	6.7650e-07

<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (110.24) - Dia</p> <p>Risco social médio: 4.0819e-06 fat./ano</p>	6.7650e-07
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (110.24) - Noite</p> <p>Risco social médio: 8.1637e-07 fat./ano</p>	6.7650e-07
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (130.29) - Dia</p> <p>Risco social médio: 4.3327e-06 fat./ano</p>	6.7650e-07
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (130.29) - Noite</p> <p>Risco social médio: 8.6655e-07 fat./ano</p>	6.7650e-07
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (150.33) - Dia</p> <p>Risco social médio: 4.4353e-06 fat./ano</p>	6.7650e-07
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (150.33) - Noite</p> <p>Risco social médio: 8.8707e-07 fat./ano</p>	6.7650e-07
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (170.38) - Dia</p> <p>Risco social médio: 4.4366e-06 fat./ano</p>	6.7650e-07
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (170.38) - Noite</p> <p>Risco social médio: 8.8732e-07 fat./ano</p>	6.7650e-07
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (190.42) - Dia</p> <p>Risco social médio: 4.5181e-06 fat./ano</p>	6.7650e-07
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (190.42) - Noite</p> <p>Risco social médio: 9.0362e-07 fat./ano</p>	6.7650e-07
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (210.47) - Dia</p> <p>Risco social médio: 4.6434e-06 fat./ano</p>	6.7650e-07
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (210.47) - Noite</p> <p>Risco social médio: 9.2868e-07 fat./ano</p>	6.7650e-07
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (230.51) - Dia</p> <p>Risco social médio: 4.5961e-06 fat./ano</p>	6.7650e-07
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (230.51) - Noite</p> <p>Risco social médio: 9.1922e-07 fat./ano</p>	6.7650e-07
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 5) (250.55) - Dia</p> <p>Risco social médio: 4.5024e-06 fat./ano</p>	6.7650e-07
Total	1.6912e-05

Fonte: *Riskan* (2018)

Tabela 8: 25 (vinte e cinco) Cenários acidentais de maior dano esperado

Cenário acidental	Dano
-------------------	------

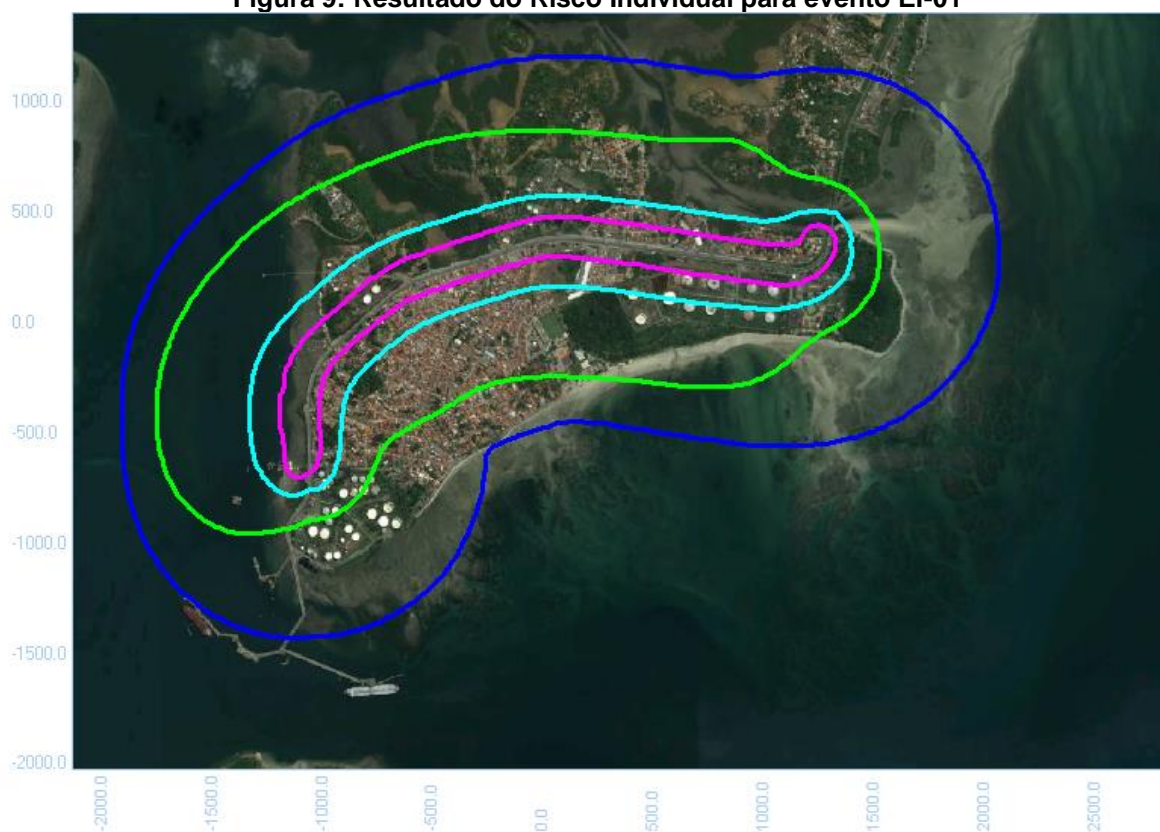
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (2335.16) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Noroeste (NW)</p> <p>Risco social médio: 2.2902e-06 fat./ano</p> <p>Frequência: 2.8751e-09 /ano</p>	7.9657e+02
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (2315.12) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Noroeste (NW)</p> <p>Risco social médio: 2.2798e-06 fat./ano</p> <p>Frequência: 2.8751e-09 /ano</p>	7.9296e+02
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (2355.21) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Noroeste (NW)</p> <p>Risco social médio: 2.2726e-06 fat./ano</p> <p>Frequência: 2.8751e-09 /ano</p>	7.9043e+02
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (2375.25) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Noroeste (NW)</p> <p>Risco social médio: 2.2392e-06 fat./ano</p> <p>Frequência: 2.8751e-09 /ano</p>	7.7884e+02
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (2295.08) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Noroeste (NW)</p> <p>Risco social médio: 2.2373e-06 fat./ano</p> <p>Frequência: 2.8751e-09 /ano</p>	7.7816e+02
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (2395.30) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Noroeste (NW)</p> <p>Risco social médio: 2.1850e-06 fat./ano</p> <p>Frequência: 2.8751e-09 /ano</p>	7.5997e+02
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (2275.03) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Noroeste (NW)</p> <p>Risco social médio: 2.1665e-06 fat./ano</p> <p>Frequência: 2.8751e-09 /ano</p>	7.5354e+02
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (2295.08) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Norte (N)</p> <p>Risco social médio: 2.2571e-06 fat./ano</p> <p>Frequência: 3.0442e-09 /ano</p>	7.4142e+02
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (2315.12) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Norte (N)</p> <p>Risco social médio: 2.2556e-06 fat./ano</p> <p>Frequência: 3.0442e-09 /ano</p>	7.4093e+02
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (2415.34) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Noroeste (NW)</p> <p>Risco social médio: 2.1132e-06 fat./ano</p> <p>Frequência: 2.8751e-09 /ano</p>	7.3499e+02
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (2335.16) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Norte (N)</p> <p>Risco social médio: 2.2362e-06 fat./ano</p> <p>Frequência: 3.0442e-09 /ano</p>	7.3458e+02
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (2275.03) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Norte (N)</p> <p>Risco social médio: 2.2315e-06 fat./ano</p> <p>Frequência: 3.0442e-09 /ano</p>	7.3304e+02
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (2254.99) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Noroeste (NW)</p> <p>Risco social médio: 2.0822e-06 fat./ano</p> <p>Frequência: 2.8751e-09 /ano</p>	7.2422e+02
<p>EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (2375.25) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Oeste (W)</p>	7.2328e+02

Risco social médio: 8.9541e-07 fat./ano Frequência: 1.2380e-09 /ano	
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (2355.21) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Norte (N)	7.2164e+02
Risco social médio: 2.1968e-06 fat./ano Frequência: 3.0442e-09 /ano	
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (2355.21) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Oeste (W)	7.2065e+02
Risco social médio: 8.9215e-07 fat./ano Frequência: 1.2380e-09 /ano	
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (2395.30) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Oeste (W)	7.1850e+02
Risco social médio: 8.8949e-07 fat./ano Frequência: 1.2380e-09 /ano	
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (2254.99) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Norte (N)	7.1489e+02
Risco social médio: 2.1763e-06 fat./ano Frequência: 3.0442e-09 /ano	
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (2335.16) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Oeste (W)	7.0939e+02
Risco social médio: 8.7822e-07 fat./ano Frequência: 1.2380e-09 /ano	
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (2415.34) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Oeste (W)	7.0809e+02
Risco social médio: 8.7661e-07 fat./ano Frequência: 1.2380e-09 /ano	
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (2435.39) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Noroeste (NW)	7.0297e+02
Risco social médio: 2.0211e-06 fat./ano Frequência: 2.8751e-09 /ano	
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (2375.25) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Norte (N)	7.0282e+02
Risco social médio: 2.1395e-06 fat./ano Frequência: 3.0442e-09 /ano	
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (2234.94) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Noroeste (NW)	6.9234e+02
Risco social médio: 1.9906e-06 fat./ano Frequência: 2.8751e-09 /ano	
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (2435.39) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Oeste (W)	6.9156e+02
Risco social médio: 8.5615e-07 fat./ano Frequência: 1.2380e-09 /ano	
EI-01 - Grande vazamento dutos de GLP - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 9) (2234.94) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Norte (N)	6.9146e+02
Risco social médio: 2.1050e-06 fat./ano Frequência: 3.0442e-09 /ano	
Total	1.8357e+04

Fonte: Riskan (2018)

1.8.1.12 Individual Risk Result 'Risco individual'

Figura 9: Resultado do Risco Individual para evento EI-01



Fonte: Riskan (2018)

Risco individual médio:

População	Risco individual médio [/ano]
População Suape/Maria Quitéria	7.70e-12
População Parque do Mirim	3.57e-12
População Fábrica de Asfalto 1	1.50e-11
População Fábrica de Asfalto 2	1.84e-09

1.8.2 Evento EI-02 (Grande vazamento dutos de Óleos)

Frequência: 6.0000e-08 /ano/m
 Frequência total: 1.8521e-04 /ano

Conseqüências:

Simulação	Tipo de dano	Probabilidade	
		Dia	Noite
Dispersão de nuvem inflamável pesada constante (Simulação 13)	Flash Fire	0.0450	0.0450
Incêndio em poça (Simulação 16)	Pool Fire	0.9000	0.9000
Explosão multi-energia (Simulação 11)	UVCE - Multi-energy	0.0450	0.0450
Nenhum efeito	Nenhum efeito	0.0100	0.0100

Fator de exposição:

Situação	Fração do tempo exposto ao dano
Dia	1
Noite	1

1.8.2.1 Simulação 'Descarga de líquido: óleo diesel, lubrificantes, combustível, bunker (Simulação 11)'**Descarga de líquido**

Manual Riskan, Modelo 6.1.4, Página 185

Modelo baseado na equação de Bernoulli para fluidos

Dados de entrada

Diâmetro do furo: 0.203 m
 Seção horizontal: 323.655 cm²
 Altura do líquido no vaso: 0.61 m
 Altura da descarga no reservatório: 0 m
 Coeficiente de descarga: 0.64
 Temperatura do reservatório: 24 °C
 Tempo máximo de descarga: 3600 s

Dados da substância

Nome: n-Heptano

Densidade do líquido (24 °C): 682.44 kg/m³

Cálculo

Descarga inicial: 48.9036 kg/s

Taxa de descarga de líquido média: 41.5673 kg/s

Massa total liberada: 149642 kg

Tabela 1: Taxa de descarga transiente

Temp. o [s]	Taxa de descarga [kg/s]	Altura do líquido [m]	Massa liberada [kg]
0.00	48.9036	0.61	0
148.69	47.9155	0.59	7198.09
341.11	46.9067	0.56	16320.8
568.77	45.8756	0.54	26882.1
826.73	44.8209	0.51	38580.3
1111.63	43.7407	0.49	51196.1
1420.99	42.6332	0.46	64556.3
1752.84	41.4961	0.44	78515.2
2105.55	40.3269	0.41	92945.4
2477.77	39.1229	0.39	107732
2868.29	37.8806	0.37	122767
3276.02	36.5961	0.34	137951
3600.00	35.2649	0.32	149642

1.8.2.2 Simulação 'Evaporação de líquido não criogênico (Simulação 12)'

Evaporação de líquidos em terra

Manual Riskan, Modelo 6.2.2, Página 206
Modelo empírico baseado no arraste de vapor

Dados de entrada

Pressão atmosférica : 101325 N/m²
Espessura mínima da poça : 0.01 m
Altura do ponto de liberação : 0.1 m
Temperatura do líquido : 25 °C
Pressão de vapor parcial nas imediações : 0 N/m²
Tempo de interesse : 3600 s
Largura da tubovia : 10 m

Dados da substância

Nome: n-Heptano
Peso molecular: 100.204 kgmol
Pressão de vapor do líquido 25 °C : 6073.33 N/m²

1.8.2.3 Simulação para Condição Atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão - Dia'

Evaporação de líquidos em terra

Manual Riskan, Modelo 6.2.2, Página 206
Modelo empírico baseado no arraste de vapor

Dados de entrada

Pressão atmosférica : 101325 N/m²
Espessura mínima da poça : 0.01 m
Altura do ponto de liberação : 0.1 m
Temperatura do líquido : 25 °C
Pressão de vapor parcial nas imediações : 0 N/m²
Tempo de interesse : 3600 s
Largura da tubovia : 10 m

Dados da substância

Nome: n-Heptano
Peso molecular: 100.204 kgmol
Pressão de vapor do líquido 25 °C : 6073.33 N/m²

Resultados para a condição atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão'

Velocidade do vento a 10 m : 3.8 m/s
Classe de estabilidade atmosférica: D - Neutra
Temperatura ambiente: 28.2 °C

Tabela 1 – Taxa de evaporação transiente

Tempo [s]	Meia largura da poça [m]	Descarga de líquido para a poça [kg/s]	Massa na poça [kg]	Evaporação [kg/s]	Massa liberada [kg]
0	0	41.56	0	0	0
300	24.1302	41.56	12188.2	1.86558	279.837
600	33.9332	41.56	23843.3	3.55349	1092.7
900	41.1797	41.56	35009.8	5.12301	2394.17
1200	47.0877	41.56	45719.3	6.60038	4152.68
1500	52.1286	41.56	55997.4	7.99923	6342.62
1800	56.5454	41.56	65866.2	9.32836	8941.76
2100	60.4836	41.56	75345.9	10.5942	11930.1
2400	64.0388	41.56	84454.4	11.8019	15289.6
2700	67.2781	41.56	93208.8	12.9556	19003.2
3000	70.2509	41.56	101625	14.0587	23055.3
3300	72.9946	41.56	109717	15.1145	27431.3
3600	75.5388	41.56	117499	16.1256	32117.3

Taxa de evaporação média no intervalo : 8.92148 kg/s

Massa liberada no intervalo : 32117.3 kg
 Maximum pool área : 9221.72 m²

Fonte: *Riskan* (2018)

1.8.2.4 Simulação para Condição Atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão - Noite'

Evaporação de líquidos em terra

Manual Riskan, Modelo 6.2.2, Página 206
 Modelo empírico baseado no arraste de vapor

Dados de entrada

Pressão atmosférica : 101325 N/m²
 Espessura mínima da poça : 0.01 m
 Altura do ponto de liberação : 0.1 m
 Temperatura do líquido : 25 °C
 Pressão de vapor parcial nas imediações : 0 N/m²
 Tempo de interesse : 3600 s
 Largura da tubovia : 10 m

Dados da substância

Nome: n-Heptano
 Peso molecular: 100.204 kg/mol
 Pressão de vapor do líquido 25 °C : 6073.33 N/m²

Resultados para a condição atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão'

Velocidade do vento a 10 m : 2.7 m/s
 Classe de estabilidade atmosférica: D - Neutra
 Temperatura ambiente: 26 °C

Tabela 1: Taxa de evaporação transiente

Tempo [s]	Meia largura da poça [m]	Descarga de líquido para a poça [kg/s]	Massa na poça [kg]	Evaporação [kg/s]	Massa liberada [kg]
0	0	41.56	0	0	0
300	24.1302	41.56	12253.6	1.42904	214.357
600	33.9782	41.56	24098	2.72883	838.037
900	41.3238	41.56	35564.1	3.95026	1839.9
1200	47.3617	41.56	46672.8	5.1117	3199.19
1500	52.554	41.56	57440.7	6.2223	4899.29
1800	57.1383	41.56	67882.2	7.28786	6925.82
2100	61.2569	41.56	78010.1	8.31248	9265.87
2400	65.003	41.56	87836.4	9.29933	11907.6
2700	68.4418	41.56	97371.8	10.251	14840.2
3000	71.6212	41.56	106627	11.1696	18053.3
3300	74.5775	41.56	115611	12.0569	21537.2
3600	77.3393	41.56	124333	12.9147	25283

Taxa de evaporação média no intervalo : 7.02305 kg/s
 Massa liberada no intervalo : 25283 kg

Maximum pool área : 9358.23 m²

Fonte: *Riskan* (2018)

1.8.2.5 Simulação 'Dispersão de nuvem inflamável pesada constante (Simulação 13)'

Dispersão de gás inflamável pesado constante a partir de poça

Manual Riskan, Modelo 6.4.7, Página 318

Modelo de dispersão de gás pesado do tipo caixa (SLAB)

Dados de entrada

Tipo de liberação: Evaporação da poça
 Altura da fonte: 0 m
 Comprimento de rugosidade: 0.33 m
 Tempo de amostragem: 20 s
 Umidade relativa do ar: 80 %
 Fração mássica inicial de líquido: 0 %

Dados da substância

Nome: n-Heptano
 Limite inferior de inflamabilidade: 0.0409597 kg/m³
 Limite superior de inflamabilidade: 0.286718 kg/m³

1.8.2.6 Simulação para Condição Atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão - Dia'

Dispersão de gás inflamável pesado constante a partir de poça

Manual Riskan, Modelo 6.4.7, Página 318

Modelo de dispersão de gás pesado do tipo caixa (SLAB)

Dados de entrada

Tipo de liberação: Evaporação da poça
 Altura da fonte: 0 m
 Comprimento de rugosidade: 0.33 m
 Tempo de amostragem: 20 s
 Umidade relativa do ar: 80 %
 Fração mássica inicial de líquido: 0 %

Dados da substância

Nome: n-Heptano
 Limite inferior de inflamabilidade: 0.0409597 kg/m³
 Limite superior de inflamabilidade: 0.286718 kg/m³

Resultados para a condição atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão'

Taxa de descarga mássica: 8.92 kg/s
 Duração da fonte contínua: 3600 s
 Área da fonte: 20 m²
 Temperatura do gás: 301.35 K

Velocidade do vento: 3.8 m/s
 Classe de estabilidade atmosférica: D - Neutra
 Temperatura ambiente: 25 °C

Tabela 1: Dispersão de nuvem inflamável - Consolidado

Distância na direção do vento [m]	Tempo da maior concentração [s]	Maior concentração [kg/m ³]	Altura [m]	Duração da nuvem [s]	Meia-largura até o LII [m]
-3.05	1801.52	0.246072	0.00	3600.00	4.47
-2.29	1801.14	0.33619	0.00	3600.00	4.92
-1.53	1800.76	0.401114	0.00	3600.00	5.47
-0.76	1800.38	0.453032	0.00	3600.00	6.19
0.00	1800.00	0.495203	0.00	3600.00	7.15
0.76	1800.38	0.518003	0.00	3600.00	8.28
1.53	1800.76	0.503219	0.00	3600.00	9.29
2.29	1801.14	0.485805	0.00	3600.00	10.26

3.05	1801.52	0.467171	0.00	3600.00	11.17
3.81	1801.90	0.448708	0.00	3600.00	12.03
3.86	1801.93	0.445204	0.00	3600.00	12.07
3.91	1801.95	0.44134	0.00	3600.00	12.11
3.97	1801.98	0.437072	0.00	3600.00	12.16
4.03	1802.01	0.432329	0.00	3600.00	12.21
4.10	1802.05	0.427031	0.00	3600.00	12.27
4.18	1802.08	0.42111	0.00	3600.00	12.33
4.26	1802.13	0.414505	0.00	3600.00	12.40
4.36	1802.18	0.407164	0.00	3600.00	12.48
4.47	1802.23	0.399038	0.00	3600.00	12.56
4.59	1802.29	0.390085	0.00	3600.00	12.64
4.72	1802.36	0.380274	0.00	3600.00	12.74
4.88	1802.43	0.369585	0.00	3600.00	12.83
5.04	1802.52	0.358019	0.00	3600.00	12.94
5.23	1802.61	0.345596	0.00	3600.00	13.05
5.44	1802.72	0.332356	0.00	3600.00	13.17
5.68	1802.84	0.318366	0.00	3600.00	13.29
5.94	1802.97	0.303715	0.00	3600.00	13.41
6.24	1803.11	0.288512	0.00	3600.00	13.53
6.56	1803.28	0.272885	0.00	3600.00	13.66
6.93	1803.46	0.256973	0.00	3600.00	13.79
7.34	1803.66	0.240925	0.00	3600.00	13.91
7.80	1803.89	0.22489	0.00	3600.00	14.02
8.31	1804.15	0.209013	0.00	3600.00	14.13
8.88	1804.43	0.193432	0.00	3600.00	14.23
9.51	1804.75	0.178274	0.00	3600.00	14.30
10.22	1805.10	0.163646	0.00	3600.00	14.36
11.02	1805.50	0.149641	0.00	3600.00	14.38
11.91	1805.94	0.136331	0.00	3600.00	14.37
12.90	1806.44	0.123772	0.00	3600.00	14.32
14.00	1806.99	0.111999	0.00	3600.00	14.20
15.24	1807.61	0.101031	0.00	3600.00	14.02
16.62	1808.30	0.0908715	0.00	3600.00	13.74
18.16	1809.07	0.0815113	0.00	3600.00	13.35
19.89	1809.93	0.0729298	0.00	3600.00	12.81
21.81	1810.89	0.0650977	0.00	3600.00	12.05
23.96	1811.96	0.057979	0.00	3600.00	10.98
26.36	1813.16	0.0515328	0.00	3600.00	9.44
29.04	1814.50	0.0457155	0.00	3600.00	6.93
32.04	1816.00	0.040482	0.00	3600.00	0.00
35.38	1817.67	0.0357867	0.00	3600.00	0.00
39.12	1819.53	0.031585	0.00	3600.00	0.00
43.30	1821.62	0.0278337	0.00	3600.00	0.00
47.96	1823.94	0.0244915	0.00	3600.00	0.00
53.16	1826.54	0.0215197	0.00	3600.00	0.00
58.98	1829.45	0.018882	0.00	3600.00	0.00
65.48	1832.69	0.0165448	0.00	3600.00	0.00
72.73	1836.31	0.0144773	0.00	3600.00	0.00
80.84	1840.36	0.0126514	0.00	3600.00	0.00
89.89	1844.88	0.0110412	0.00	3600.00	0.00
100.00	1849.93	0.0096235	0.00	3600.00	0.00

Tabela 2: Dispersão de nuvem inflamável

Tempo [s]	Distância na direção do vento acima do LII [m]	Posição do centro do puff [m]	Maior concentração no eixo [kg/m ³]	Maior concentração ao nível do solo [kg/m ³]	Altura do eixo [m]
76.46	31.80	16.62	0.0909321	0.0909321	0.00

Distância máxima da fonte com concentração acima do LII: 31.7985 m

Meia largura máxima (Concentração acima do LII): 28.7689 m

Máxima massa nos limites de inflamabilidade: 46.2452 kg

Fonte: *Riskan* (2018)

1.8.2.7 Simulação para Condição Atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão - Noite'

Dispersão de gás inflamável pesado constante a partir de poça

Manual Riskan, Modelo 6.4.7, Página 318

Modelo de dispersão de gás pesado do tipo caixa (SLAB)

Dados de entrada

Tipo de liberação: Evaporação da poça

Altura da fonte: 0 m

Comprimento de rugosidade: 0.33 m

Tempo de amostragem: 20 s

Umidade relativa do ar: 80 %

Fração mássica inicial de líquido: 0 %

Dados da substância

Nome: n-Heptano

Limite inferior de inflamabilidade: 0.0409597 kg/m³

Limite superior de inflamabilidade: 0.286718 kg/m³

Resultados para a condição atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão'

Taxa de descarga mássica: 7.02 kg/s

Duração da fonte contínua: 3600 s

Área da fonte: 20 m²

Temperatura do gás: 299.15 K

Velocidade do vento: 2.7 m/s

Classe de estabilidade atmosférica: D - Neutra

Temperatura ambiente: 25 °C

Tabela 1 – Dispersão de nuvem inflamável - Consolidado

Distância na direção do vento [m]	Tempo da maior concentração [s]	Maior concentração [kg/m ³]	concentração Altura [m]	Duração da nuvem [s]	Meia-largura até o LII [m]
-5.22	1803.64	0.101418	0.00	3600.00	6.29
-3.91	1802.73	0.136557	0.00	3600.00	6.99
-2.61	1801.82	0.162718	0.00	3600.00	7.64
-1.30	1800.91	0.184481	0.00	3600.00	8.42

-0.00	1800.00	0.200642	0.00	3600.00	9.33
1.30	1800.91	0.211654	0.00	3600.00	10.36
2.61	1801.82	0.218284	0.00	3600.00	11.48
3.91	1802.73	0.221154	0.00	3600.00	12.67
5.22	1803.64	0.220949	0.00	3600.00	13.88
6.52	1804.56	0.218422	0.00	3600.00	15.08
6.59	1804.60	0.217133	0.00	3600.00	15.12
6.67	1804.66	0.215735	0.00	3600.00	15.17
6.75	1804.72	0.214216	0.00	3600.00	15.23
6.85	1804.78	0.212553	0.00	3600.00	15.29
6.95	1804.85	0.210719	0.00	3600.00	15.36
7.06	1804.93	0.20869	0.00	3600.00	15.43
7.18	1805.02	0.206445	0.00	3600.00	15.51
7.32	1805.11	0.203964	0.00	3600.00	15.60
7.47	1805.22	0.201226	0.00	3600.00	15.69
7.64	1805.34	0.198211	0.00	3600.00	15.79
7.83	1805.46	0.194898	0.00	3600.00	15.90
8.03	1805.61	0.191267	0.00	3600.00	16.01
8.26	1805.77	0.187299	0.00	3600.00	16.13
8.51	1805.94	0.18298	0.00	3600.00	16.26
8.78	1806.13	0.178299	0.00	3600.00	16.39
9.09	1806.34	0.173249	0.00	3600.00	16.53
9.42	1806.58	0.167832	0.00	3600.00	16.67
9.79	1806.84	0.162055	0.00	3600.00	16.81
10.20	1807.12	0.155937	0.00	3600.00	16.95
10.65	1807.44	0.149504	0.00	3600.00	17.09
11.15	1807.79	0.142792	0.00	3600.00	17.22
11.71	1808.17	0.135844	0.00	3600.00	17.34
12.32	1808.60	0.128714	0.00	3600.00	17.44
12.99	1809.07	0.121459	0.00	3600.00	17.52
13.73	1809.59	0.114141	0.00	3600.00	17.57
14.55	1810.16	0.106823	0.00	3600.00	17.57
15.46	1810.80	0.0995696	0.00	3600.00	17.53
16.46	1811.49	0.0924393	0.00	3600.00	17.41
17.57	1812.27	0.0854877	0.00	3600.00	17.21
18.79	1813.12	0.0787638	0.00	3600.00	16.91
20.14	1814.06	0.0723091	0.00	3600.00	16.46
21.63	1815.10	0.0661573	0.00	3600.00	15.82
23.27	1816.25	0.0603338	0.00	3600.00	14.93
25.09	1817.52	0.0548561	0.00	3600.00	13.66
27.10	1818.92	0.0497343	0.00	3600.00	11.80
29.31	1820.47	0.0449717	0.00	3600.00	8.74
31.76	1822.18	0.0405654	0.00	3600.00	0.00
34.46	1824.06	0.036508	0.00	3600.00	0.00
37.45	1826.15	0.0327878	0.00	3600.00	0.00
40.74	1828.45	0.0293899	0.00	3600.00	0.00
44.38	1830.99	0.0262975	0.00	3600.00	0.00
48.40	1833.80	0.0234919	0.00	3600.00	0.00
52.84	1836.90	0.0209539	0.00	3600.00	0.00
57.75	1840.32	0.0186639	0.00	3600.00	0.00
63.16	1844.11	0.0166025	0.00	3600.00	0.00
69.15	1848.28	0.0147506	0.00	3600.00	0.00
75.75	1852.89	0.0130902	0.00	3600.00	0.00
83.05	1857.99	0.011604	0.00	3600.00	0.00

91.10	1863.61	0.0102757	0.00	3600.00	0.00
100.00	1869.83	0.00909027	0.00	3600.00	0.00

Tabela 2: Dispersão de nuvem inflamável

Tempo [s]	Distância na direção do vento acima do LII [m]	Posição do centro do puff [m]	do eixo [kg/m ³]	Maior concentração no nível do solo [kg/m ³]	Maior concentração ao nível do solo [kg/m ³]	Altura do eixo [m]
106.01	31.56	16.46	0.092482	0.092482	0.092482	0.00

Distância máxima da fonte com concentração acima do LII: 31.5592 m

Meia largura máxima (Concentração acima do LII): 35.15

Máxima massa nos limites de inflamabilidade: 53.8219 kg

Fonte: *Riskan* (2018)

1.8.2.8 Simulação 'Incêndio em poça (Simulação 16)'

Incêndio em poça

Manual Riskan, Modelo 6.3.1, Página 218

Modelo semi-empírico baseado na literatura

Dados de entrada

Formato da poça: Retangular

Comprimento da poça: 50 m

Largura da poça: 10 m

Diâmetro equivalente da poça: 16.6667 m

Temperatura ambiente: 298.15 K

Densidade do ar: 1.178 kg/m³

Umidade relativa do ar: 80 %

Dados da substância

Nome: n-Heptano

Temperatura de ebulição: 371.58 K

Calor de combustão: 4.4558e+07 J/kg

Calor de evaporação a (371.58 K): 4.4558e+07 J/kg

Capacidade calorífica do líquido a (371.58 K): 2558.39 J/kg/K

Intensidade de radiação média: 37.5 kW/m²

Cálculo

Líquido não criogênico

Taxa de combustão: 0.0883169 kg/m²/s

Altura da chama: 30.4554 m

Pressão de vapor d'água saturado (298.15 K): 3170.38 Pa

Pressão parcial de vapor d'água: 2536.31 Pa

Tabela 1: Carga térmica pela distância

Distância [m]	Coefficiente de transmissão atmosférica	Fator de vista	Fluxo térmico [W/m ²]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]	Probabilidade de fatalidade não abrigado [%]
0	1	1	37500	99.23	0.00
10.4594	0.751987	0.541054	15257.4	25.90	0.00
20.9187	0.650173	0.38016	9268.86	0.99	0.00
31.3781	0.61554	0.261965	6046.86	0.45	0.00
41.8374	0.594113	0.184107	4101.76	0.00	0.00
52.2968	0.578558	0.133614	2898.88	0.00	0.00
62.7561	0.566338	0.100193	2127.87	0.00	0.00
73.2155	0.556274	0.0773748	1614.06	0.00	0.00

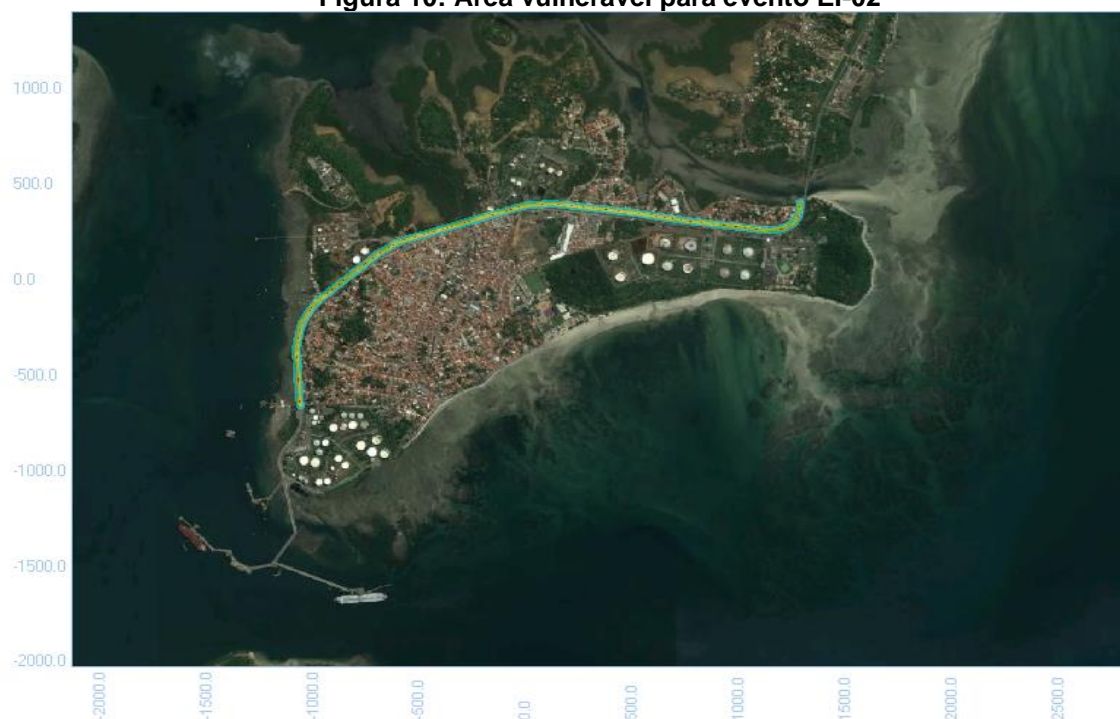
83.6748	0.547717	0.0612892	1258.84	0.00	0.00
94.1342	0.540274	0.049609	1005.09	0.00	0.00
104.594	0.533688	0.0409008	818.56	0.00	0.00
115.053	0.527782	0.0342563	677.995	0.00	0.00
125.512	0.522429	0.0290826	569.76	0.00	0.00
135.972	0.517534	0.024982	484.838	0.00	0.00
146.431	0.513025	0.0216807	417.102	0.00	0.00
156.89	0.508845	0.018986	362.285	0.00	0.00
167.35	0.504949	0.0167595	317.35	0.00	0.00
177.809	0.501302	0.0148995	280.092	0.00	0.00
188.268	0.497873	0.0133304	248.882	0.00	0.00
198.728	0.494638	0.011995	222.495	0.00	0.00
209.187	0.491576	0.0108495	200	0.00	0.00

Maximum pool área : 218.166 m2

Fonte: Riskan (2018)

1.8.2.9 Área vulnerável 'Vulnerabilidade 17'

Figura 10: Área vulnerável para evento EI-02



Níveis de vulnerabilidade considerados:

Descrição	Distância máxima [m]
1% Probabilidade de fatalidade	20.8515
50% Probabilidade de fatalidade	8.9723
99% Probabilidade de fatalidade	0.4921

Fonte: Riskan (2018)

1.8.2.10 Simulação 'Explosão multi-energia (Simulação 11)'

Explosão em nuvem (VCE) multi-energia

Manual Riskan, Modelo 6.5.6, Página 500
Modelo semi-empírico baseado na literatura

Legenda do diagrama

a = Massa explosiva, em área com obstáculos, na concentração estequiométrica
b = Velocidade da chama acima do limite
c = Shockwave
d = Sobrepressão
e = Tempo
f = Impulso total
g = Sobrepressão máxima
h = Obstáculos

Dados de entrada

Pressão ambiente: 101325 Pa
Classe de densidade de obstáculos: Classe 10
Menor sobrepressão de interesse: 5000 Pa

Dados da substância

Nome: n-Heptano
Calor de combustão: 4.4558e+07 J/kg

1.8.2.11 Simulação para Condição Atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão - Dia'

Explosão em nuvem (VCE) multi-energia

Manual Riskan, Modelo 6.5.6, Página 500
Modelo semi-empírico baseado na literatura

Legenda do diagrama

a = Massa explosiva, em área com obstáculos, na concentração estequiométrica
b = Velocidade da chama acima do limite
c = Shockwave
d = Sobrepressão
e = Tempo
f = Impulso total
g = Sobrepressão máxima
h = Obstáculos

Dados de entrada

Pressão ambiente: 101325 Pa
Classe de densidade de obstáculos: Classe 10
Menor sobrepressão de interesse: 5000 Pa

Dados da substância

Nome: n-Heptano
Calor de combustão: 4.4558e+07 J/kg

Resultados para a condição atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão'

Velocidade do vento: 3.8 m/s
Classe de estabilidade atmosférica: D - Neutra
Temperatura ambiente: 28.2 °C

Explosão no instante t= 1.73 s

Distância da origem: 0.46 m
Massa explosiva: 3.08 kg

Tabela 1: Efeitos da explosão na distância a 1.73 s

Distância ao ponto de liberação [m]	Distancia até o centro da nuvem [m]	Sobrepressão [Pa]	Impulso [Pa.s]	Probabilidade de fatalidade não abrigado [%]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]
1.46	1	1.51894e+06	3954.81	100.00	100.00
6.91967	6.45967	141188	357.451	26.43	26.43
12.3793	11.9193	38855.2	148.078	0.82	0.82
17.839	17.379	21520.8	105.541	0.50	0.50

23.2987	22.8387	15116.6	81.5347	0.26	0.26
28.7583	28.2983	11358.9	65.1358	0.05	0.05
34.218	33.758	8978.02	54.1446	0.00	0.00
39.6777	39.2177	7406.2	46.8759	0.00	0.00
45.1374	44.6774	6344.19	42.2121	0.00	0.00
50.597	50.137	5532.44	37.7663	0.00	0.00
56.0567	55.5967	4893.39	34.1454	0.00	0.00
61.5164	61.0564	4428.49	31.4456	0.00	0.00
66.976	66.516	4044.57	28.9665	0.00	0.00
72.4357	71.9757	3720.47	26.8564	0.00	0.00
77.8954	77.4354	3443.31	25.0381	0.00	0.00

Explosão no instante t= 15.56 s

Distância da origem: 2.28 m

Massa explosiva: 15.53 kg

Fonte: *Riskan* (2018)**Tabela 2: Efeitos da explosão na distância a 15.56 s**

Distância ao ponto de liberação [m]	Distancia até o centro da nuvem [m]	Sobrepessão [Pa]	Impulso [Pa.s]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]	de Probabilidade de não fatalidade abrigado [%]
3.28	1	1.51894e+06	6781.6	100.00	100.00
12.6421	10.3621	166304	699.601	85.04	85.04
22.0042	19.7242	41828.5	266.151	8.71	8.71
31.3663	29.0863	22203.2	184.464	1.21	1.21
40.7284	38.4484	15492.5	142.538	0.78	0.78
50.0905	47.8105	11585.9	113.443	0.57	0.57
59.4526	57.1726	9127.99	94.0622	0.39	0.39
68.8147	66.5347	7500.77	80.9743	0.26	0.26
78.1768	75.8968	6415.2	73.0421	0.16	0.16
87.5389	85.2589	5587.56	65.2846	0.05	0.05
96.901	94.621	4937.31	58.9884	0.00	0.00
106.263	103.983	4460.73	54.2774	0.00	0.00
115.625	113.345	4071.58	49.9713	0.00	0.00
124.987	122.707	3743.42	46.3098	0.00	0.00
134.349	132.069	3463.04	43.1574	0.00	0.00

Explosão no instante t= 31.77 s

Distância da origem: 5.34 m

Massa explosiva: 15.53 kg

Fonte: *Riskan* (2018)**Tabela 3: Efeitos da explosão na distância a 31.77 s**

Distância ao ponto de liberação [m]	Distancia até o centro da nuvem [m]	Sobrepessão [Pa]	Impulso [Pa.s]	Probabilidade de fatalidade não abrigado [%]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]
6.34	1	1.51894e+06	6781.6	100.00	100.00
15.7021	10.3621	166304	699.601	85.04	85.04
25.0642	19.7242	41828.5	266.151	8.71	8.71
34.4263	29.0863	22203.2	184.464	1.21	1.21
43.7884	38.4484	15492.5	142.538	0.78	0.78
53.1505	47.8105	11585.9	113.443	0.57	0.57
62.5126	57.1726	9127.99	94.0622	0.39	0.39

71.8747	66.5347	7500.77	80.9743	0.26	0.26
81.2368	75.8968	6415.2	73.0421	0.16	0.16
90.5989	85.2589	5587.56	65.2846	0.05	0.05
99.961	94.621	4937.31	58.9884	0.00	0.00
109.323	103.983	4460.73	54.2774	0.00	0.00
118.685	113.345	4071.58	49.9713	0.00	0.00
128.047	122.707	3743.42	46.3098	0.00	0.00
137.409	132.069	3463.04	43.1574	0.00	0.00

Explosão no instante t= 47.12 s

Distância da origem: 8.85 m
 Massa explosiva: 15.53 kg

Fonte: *Riskan* (2018)

Tabela 4: Efeitos da explosão na distância a 47.12 s

Distância ao ponto de liberação [m]	Distancia até o centro da nuvem [m]	Sobrepessão [Pa]	Impulso [Pa.s]	Probabilidade de fatalidade não abrigado [%]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]
9.85	1	1.51894e+06	6781.6	100.00	100.00
19.2121	10.3621	166304	699.601	85.04	85.04
28.5742	19.7242	41828.5	266.151	8.71	8.71
37.9363	29.0863	22203.2	184.464	1.21	1.21
47.2984	38.4484	15492.5	142.538	0.78	0.78
56.6605	47.8105	11585.9	113.443	0.57	0.57
66.0226	57.1726	9127.99	94.0622	0.39	0.39
75.3847	66.5347	7500.77	80.9743	0.26	0.26
84.7468	75.8968	6415.2	73.0421	0.16	0.16
94.1089	85.2589	5587.56	65.2846	0.05	0.05
103.471	94.621	4937.31	58.9884	0.00	0.00
112.833	103.983	4460.73	54.2774	0.00	0.00
122.195	113.345	4071.58	49.9713	0.00	0.00
131.557	122.707	3743.42	46.3098	0.00	0.00
140.919	132.069	3463.04	43.1574	0.00	0.00

Explosão no instante t= 65.42 s

Distância da origem: 14.52 m
 Massa explosiva: 15.53 kg

Fonte: *Riskan* (2018)

Tabela 5: Efeitos da explosão na distância a 65.42 s

Distância ao ponto de liberação [m]	Distancia até o centro da nuvem [m]	Sobrepessão [Pa]	Impulso [Pa.s]	Probabilidade de fatalidade não abrigado [%]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]
15.52	1	1.51894e+06	6781.6	100.00	100.00
24.8821	10.3621	166304	699.601	85.04	85.04
34.2442	19.7242	41828.5	266.151	8.71	8.71
43.6063	29.0863	22203.2	184.464	1.21	1.21
52.9684	38.4484	15492.5	142.538	0.78	0.78
62.3305	47.8105	11585.9	113.443	0.57	0.57
71.6926	57.1726	9127.99	94.0622	0.39	0.39
81.0547	66.5347	7500.77	80.9743	0.26	0.26
90.4168	75.8968	6415.2	73.0421	0.16	0.16
99.7789	85.2589	5587.56	65.2846	0.05	0.05
109.141	94.621	4937.31	58.9884	0.00	0.00

118.503	103.983	4460.73	54.2774	0.00	0.00
127.865	113.345	4071.58	49.9713	0.00	0.00
137.227	122.707	3743.42	46.3098	0.00	0.00
146.589	132.069	3463.04	43.1574	0.00	0.00

1.8.2.12 Simulação para Condição Atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão - Noite'

Explosão em nuvem (VCE) multi-energia

Manual Riskan, Modelo 6.5.6, Página 500

Modelo semi-empírico baseado na literatura

Legenda do diagrama

a = Massa explosiva, em área com obstáculos, na concentração estequiométrica

b = Velocidade da chama acima do limite

c = Shockwave

d = Sobrepressão

e = Tempo

f = Impulso total

g = Sobrepressão máxima

h = Obstáculos

Dados de entrada

Pressão ambiente: 101325 Pa

Classe de densidade de obstáculos: Classe 10

Menor sobrepressão de interesse: 5000 Pa

Dados da substância

Nome: n-Heptano

Calor de combustão: 4.4558e+07 J/kg

Resultados para a condição atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão'

Velocidade do vento: 2.7 m/s

Classe de estabilidade atmosférica: D - Neutra

Temperatura ambiente: 26 °C

Explosão no instante t= 2.96 s

Distância da origem: 3.03237 m

Massa explosiva: 3.65397 kg

Tabela 1: Efeitos da explosão na distância a 2.96414 s

Distância ao ponto de liberação [m]	Distancia até o centro da nuvem [m]	Sobrepressão [Pa]	Impulso [Pa.s]	Probabilidade e de fatalidade não abrigado [%]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]
4.03237	1	1.51894e+06	4186.62	100.00	100.00
9.81206	6.77969	144203	385.155	32.95	32.95
15.5917	12.5594	39231.8	157.726	0.88	0.88
21.3714	18.3391	21609.3	112.007	0.56	0.56
27.1511	24.1188	15165.6	86.5336	0.32	0.32
32.9308	29.8984	11388.6	69.0953	0.11	0.11
38.7105	35.6781	8997.69	57.417	0.00	0.00
44.4902	41.4578	7418.63	49.6718	0.00	0.00
50.2699	47.2375	6353.54	44.7398	0.00	0.00
56.0496	53.0172	5539.7	40.0226	0.00	0.00
61.8293	58.7969	4899.18	36.1824	0.00	0.00
67.6089	64.5766	4432.74	33.3177	0.00	0.00
73.3886	70.3563	4048.14	30.6889	0.00	0.00
79.1683	76.1359	3723.5	28.4515	0.00	0.00
84.948	81.9156	3445.92	26.5239	0.00	0.00

Distância ao ponto de liberação [m]	Distancia até o centro da nuvem [m]	Sobrepessão [Pa]	Impulso [Pa.s]	Probabilidade e de fatalidade não abrigado [%]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]
4.03237	1	1.51894e+06	4186.62	100.00	100.00
9.81206	6.77969	144203	385.155	32.95	32.95
15.5917	12.5594	39231.8	157.726	0.88	0.88
21.3714	18.3391	21609.3	112.007	0.56	0.56
27.1511	24.1188	15165.6	86.5336	0.32	0.32
32.9308	29.8984	11388.6	69.0953	0.11	0.11
38.7105	35.6781	8997.69	57.417	0.00	0.00
44.4902	41.4578	7418.63	49.6718	0.00	0.00
50.2699	47.2375	6353.54	44.7398	0.00	0.00
56.0496	53.0172	5539.7	40.0226	0.00	0.00
61.8293	58.7969	4899.18	36.1824	0.00	0.00
67.6089	64.5766	4432.74	33.3177	0.00	0.00
73.3886	70.3563	4048.14	30.6889	0.00	0.00
79.1683	76.1359	3723.5	28.4515	0.00	0.00
84.948	81.9156	3445.92	26.5239	0.00	0.00

Explosão no instante t= 21.88 s

Distância da origem: 3.79046 m

Massa explosiva: 13.1991 kg

Fonte: *Riskan* (2018)

Tabela 2: Efeitos da explosão na distância a 21.8812 s

Distância ao ponto de liberação [m]	Distancia até o centro da nuvem [m]	Sobrepessão [Pa]	Impulso [Pa.s]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]	Probabilidade de fatalidade não abrigado [%]
4.79046	1	1.51894e+06	6423.77	100.00	100.00
13.6586	9.8681	164130	655.778	81.03	81.03
22.5267	18.7362	41584.9	251.169	6.65	6.65
31.3948	27.6043	22148.6	174.468	0.97	0.97
40.2629	36.4724	15462.6	134.812	0.73	0.73
49.1309	45.3405	11567.9	107.326	0.52	0.52
57.999	54.2086	9116.14	89.008	0.34	0.34
66.8671	63.0767	7493.32	76.6575	0.20	0.20
75.7352	71.9448	6409.62	69.1389	0.11	0.11
84.6033	80.8129	5583.23	61.8008	0.00	0.00
93.4714	89.681	4933.86	55.8433	0.00	0.00
102.34	98.5491	4458.2	51.387	0.00	0.00
111.208	107.417	4069.46	47.3122	0.00	0.00
120.076	116.285	3741.62	43.8471	0.00	0.00
128.944	125.153	3461.5	40.8637	0.00	0.00

Fonte: *Riskan* (2018)

Explosão no instante t= 45.42 s

Distância da origem: 5.64789 m

Massa explosiva: 13.1991 kg

Tabela 3: Efeitos da explosão na distância a 45.4231 s

Distância ao ponto de liberação [m]	Distancia até o centro da nuvem [m]	Sobrepessão [Pa]	Impulso [Pa.s]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]	de Probabilidade de não fatalidade [%]	de Probabilidade de abrigado [%]
6.64789	1	1.51894e+06	6423.77	100.00	100.00	
15.516	9.8681	164130	655.778	81.03	81.03	
24.3841	18.7362	41584.9	251.169	6.65	6.65	
33.2522	27.6043	22148.6	174.468	0.97	0.97	
42.1203	36.4724	15462.6	134.812	0.73	0.73	
50.9884	45.3405	11567.9	107.326	0.52	0.52	
59.8565	54.2086	9116.14	89.008	0.34	0.34	
68.7246	63.0767	7493.32	76.6575	0.20	0.20	
77.5927	71.9448	6409.62	69.1389	0.11	0.11	
86.4608	80.8129	5583.23	61.8008	0.00	0.00	
95.3289	89.681	4933.86	55.8433	0.00	0.00	
104.197	98.5491	4458.2	51.387	0.00	0.00	
113.065	107.417	4069.46	47.3122	0.00	0.00	
121.933	116.285	3741.62	43.8471	0.00	0.00	
130.801	125.153	3461.5	40.8637	0.00	0.00	

Explosão no instante t= 65.70 s

Distância da origem: 8.83716 m

Massa explosiva: 13.1991 kg

Fonte: *Riskan* (2018)

Tabela 4: Efeitos da explosão na distância a 65.7042 s

Distância ao ponto de liberação [m]	Distancia até o centro da nuvem [m]	Sobrepessão [Pa]	Impulso [Pa.s]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]	de Probabilidade de não fatalidade [%]	de Probabilidade de abrigado [%]
9.83716	1	1.51894e+06	6423.77	100.00	100.00	
18.7053	9.8681	164130	655.778	81.03	81.03	
27.5734	18.7362	41584.9	251.169	6.65	6.65	
36.4414	27.6043	22148.6	174.468	0.97	0.97	
45.3095	36.4724	15462.6	134.812	0.73	0.73	
54.1776	45.3405	11567.9	107.326	0.52	0.52	
63.0457	54.2086	9116.14	89.008	0.34	0.34	
71.9138	63.0767	7493.32	76.6575	0.20	0.20	
80.7819	71.9448	6409.62	69.1389	0.11	0.11	
89.65	80.8129	5583.23	61.8008	0.00	0.00	
98.5181	89.681	4933.86	55.8433	0.00	0.00	
107.386	98.5491	4458.2	51.387	0.00	0.00	
116.254	107.417	4069.46	47.3122	0.00	0.00	
125.122	116.285	3741.62	43.8471	0.00	0.00	
133.991	125.153	3461.5	40.8637	0.00	0.00	

Fonte: *Riskan* (2018)

Explosão no instante t= 89.03 s

Distância da origem: 13.9568 m

Massa explosiva: 13.1991 kg

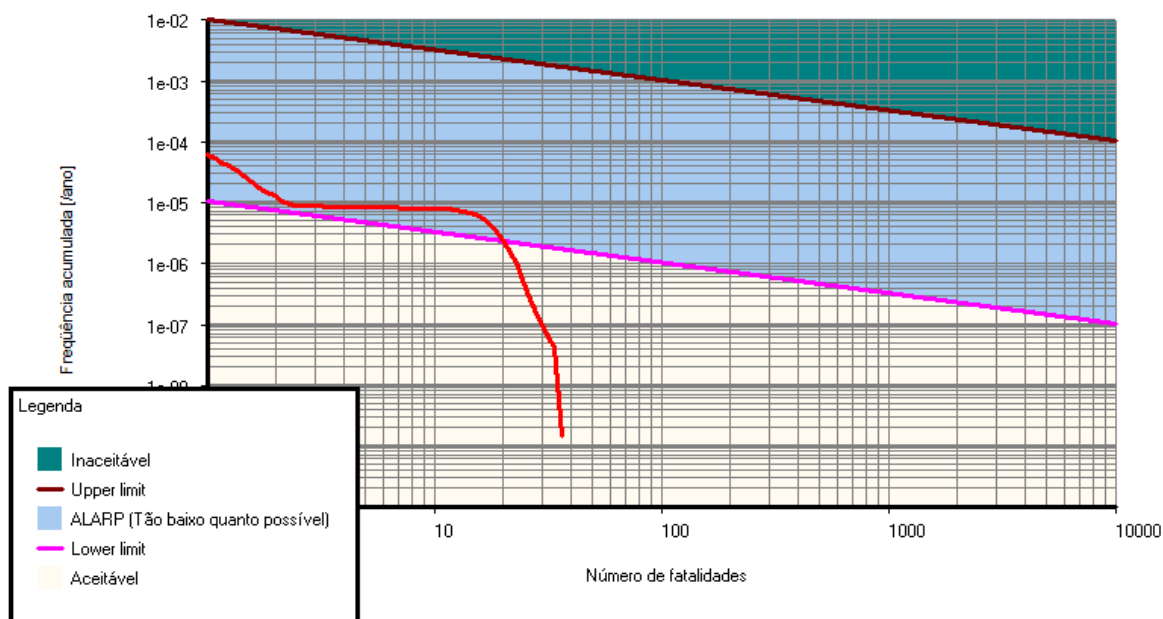
Tabela 5: Efeitos da explosão na distância a 89.0332 s

Distância ao ponto de liberação [m]	Distancia até o centro da nuvem [m]	Sobrepessão [Pa]	Impulso [Pa.s]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]	de Probabilidade não fatalidade [%]	de abrigado
14.9568	1	1.51894e+06	6423.77	100.00	100.00	
23.8248	9.8681	164130	655.778	81.03	81.03	
32.6929	18.7362	41584.9	251.169	6.65	6.65	
41.561	27.6043	22148.6	174.468	0.97	0.97	
50.4291	36.4724	15462.6	134.812	0.73	0.73	
59.2972	45.3405	11567.9	107.326	0.52	0.52	
68.1653	54.2086	9116.14	89.008	0.34	0.34	
77.0334	63.0767	7493.32	76.6575	0.20	0.20	
85.9015	71.9448	6409.62	69.1389	0.11	0.11	
94.7696	80.8129	5583.23	61.8008	0.00	0.00	
103.638	89.681	4933.86	55.8433	0.00	0.00	
112.506	98.5491	4458.2	51.387	0.00	0.00	
121.374	107.417	4069.46	47.3122	0.00	0.00	
130.242	116.285	3741.62	43.8471	0.00	0.00	
139.11	125.153	3461.5	40.8637	0.00	0.00	

Fonte: Riskan (2018)

1.8.2.13 Social Risk Result 'Risco social'

Figura 11: Resultado do Risco Social para evento EI-02



Risco Social Médio: **2.5939e-04 fat./ano**

Fonte: Riskan (2018)

Tabela 1: Contribuição do risco social por tipo de dano

Tipo de dano	Risco social médio [fat./ano]	Porcentagem do total [%]
Carga Térmica (Incêndio em poça)	1.1244e-04	43.35
Queima e asfixia (Incêndio em Nuvem)	5.9690e-07	0.23
Colapso estrutural, deslocamento do corpo, fratura na base do crânio, hemorragia pulmonar (explosão)	1.4635e-04	56.42
Dose tóxica (Nuvem tóxica)	0.0000e+00	0.00
Outro (desconhecido)	0.0000e+00	0.00
Total	2.5939e-04	100.00

Fonte: Riskan (2018)

Tabela 2: Contribuição do risco social por tipo de acidente

Tipo de acidente	Risco social médio [fat./ano]	Porcentagem do total [%]
Incêndio em poça	1.1244e-04	43.35
Tocha	0.0000e+00	0.00
Bola de fogo (BLEVE)	0.0000e+00	0.00
Explosão pontual	0.0000e+00	0.00
Explosão em nuvem	1.4635e-04	56.42
Incêndio em nuvem	5.9690e-07	0.23
Nuvem tóxica	0.0000e+00	0.00
<i>Other</i>	0.0000e+00	0.00
Total	2.5939e-04	100.00

Fonte: Riskan (2018)

Tabela 3: 1 (um) Evento iniciador de maior risco social médio

Evento iniciador	Risco social médio [fat./ano]	Porcentagem do total [%]
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleos Frequência: 1.8521e-04 /ano	2.5939e-04	100.00
Total	2.5939e-04	100.00

Fonte: Riskan (2018)

Tabela 4: 1 (um) Evento iniciador de maior frequência esperada

Evento iniciador	Frequência [/ano]
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo Risco social médio: 2.5939e-04 fat./ano	1.8521e-04
Total	1.8521e-04

Fonte: Riskan (2018)

Tabela 5: 1 (um) Cenário acidental de maior dano máximo esperado

Cenário acidental	Dano máximo
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo Risco social médio: 2.5939e-04 fat./ano Frequência: 1.8521e-04 /ano	3.6736e+01

Fonte: Riskan (2018)

Tabela 6: 25 (vinte e cinco) Cenários acidentais de maior risco social médio

Cenário acidental	Risco social médio [fat./ano]	Porcentagem do total [%]
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (2375.25) - Dia Frequência: 5.4120e-07 /ano	1.7612e-06	0.68
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (1934.28) - Dia Frequência: 5.4120e-07 /ano	1.2751e-06	0.49
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (912.02) - Dia Frequência: 5.4120e-07 /ano	1.2058e-06	0.46
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (2495.52) - Dia Frequência: 5.4120e-07 /ano	1.1982e-06	0.46
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (1834.06) - Dia Frequência: 5.4120e-07 /ano	1.1540e-06	0.44
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (2335.16) - Dia Frequência: 5.4120e-07 /ano	1.1335e-06	0.44
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (2595.74) - Dia Frequência: 5.4120e-07 /ano	1.1177e-06	0.43
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (1914.23) - Dia Frequência: 5.4120e-07 /ano	1.1175e-06	0.43
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (631.40) - Dia Frequência: 5.4120e-07 /ano	1.0981e-06	0.42
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (1753.88) - Dia Frequência: 5.4120e-07 /ano	1.0340e-06	0.40
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (1854.10) - Dia Frequência: 5.4120e-07 /ano	1.0065e-06	0.39
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (2856.32) - Dia Frequência: 5.4120e-07 /ano	9.8492e-07	0.38
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (1092.42) - Dia Frequência: 5.4120e-07 /ano	9.6280e-07	0.37
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (2014.45) - Dia Frequência: 5.4120e-07 /ano	9.5859e-07	0.37
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (451.00) - Dia Frequência: 5.4120e-07 /ano	9.5420e-07	0.37
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (1994.41) - Dia Frequência: 5.4120e-07 /ano	9.2797e-07	0.36

EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (1673.70) - Dia Frequência: 5.4120e-07 /ano	9.2165e-07	0.36
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (891.97) - Dia Frequência: 5.4120e-07 /ano	9.1710e-07	0.35
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (110.24) - Dia Frequência: 5.4120e-07 /ano	9.1191e-07	0.35
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (1172.59) - Dia Frequência: 5.4120e-07 /ano	8.8973e-07	0.34
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (1212.68) - Dia Frequência: 5.4120e-07 /ano	8.7555e-07	0.34
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (2054.54) - Dia Frequência: 5.4120e-07 /ano	8.7491e-07	0.34
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (731.62) - Dia Frequência: 5.4120e-07 /ano	8.6635e-07	0.33
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (430.95) - Dia Frequência: 5.4120e-07 /ano	8.5445e-07	0.33
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (2756.10) - Dia Frequência: 5.4120e-07 /ano	8.4149e-07	0.32
Total	2.5843e-05	9.96

Fonte: Riskan (2018)

Tabela 7: 25 (vinte e cinco) Cenários acidentais de maior frequência esperada

Cenário acidental	Frequência [/ano]
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (10.02) - Dia Risco social médio: 5.7529e-07 fat./ano	5.4120e-07
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (10.02) - Noite Risco social médio: 1.1506e-07 fat./ano	5.4120e-07
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (30.07) - Dia Risco social médio: 7.7392e-07 fat./ano	5.4120e-07
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (30.07) - Noite Risco social médio: 1.5478e-07 fat./ano	5.4120e-07
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (50.11) - Dia Risco social médio: 7.4619e-07 fat./ano	5.4120e-07

<p>EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (50.11) - Noite</p> <p>Risco social médio: 1.4924e-07 fat./ano</p>	5.4120e-07
<p>EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (70.16) - Dia</p> <p>Risco social médio: 4.0767e-07 fat./ano</p>	5.4120e-07
<p>EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (70.16) - Noite</p> <p>Risco social médio: 8.1534e-08 fat./ano</p>	5.4120e-07
<p>EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (90.20) - Dia</p> <p>Risco social médio: 4.8091e-07 fat./ano</p>	5.4120e-07
<p>EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (90.20) - Noite</p> <p>Risco social médio: 9.6181e-08 fat./ano</p>	5.4120e-07
<p>EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (110.24) - Dia</p> <p>Risco social médio: 9.1191e-07 fat./ano</p>	5.4120e-07
<p>EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (110.24) - Noite</p> <p>Risco social médio: 1.8238e-07 fat./ano</p>	5.4120e-07
<p>EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (130.29) - Dia</p> <p>Risco social médio: 4.8944e-07 fat./ano</p>	5.4120e-07
<p>EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (130.29) - Noite</p> <p>Risco social médio: 9.7888e-08 fat./ano</p>	5.4120e-07
<p>EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (150.33) - Dia</p> <p>Risco social médio: 5.9686e-07 fat./ano</p>	5.4120e-07
<p>EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (150.33) - Noite</p> <p>Risco social médio: 1.1937e-07 fat./ano</p>	5.4120e-07
<p>EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (170.38) - Dia</p> <p>Risco social médio: 5.8499e-07 fat./ano</p>	5.4120e-07
<p>EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (170.38) - Noite</p> <p>Risco social médio: 1.1700e-07 fat./ano</p>	5.4120e-07
<p>EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (190.42) - Dia</p> <p>Risco social médio: 5.8670e-07 fat./ano</p>	5.4120e-07
<p>EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (190.42) - Noite</p> <p>Risco social médio: 1.1734e-07 fat./ano</p>	5.4120e-07
<p>EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (210.47) - Dia</p> <p>Risco social médio: 4.7709e-07 fat./ano</p>	5.4120e-07
<p>EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (210.47) - Noite</p>	5.4120e-07

Risco social médio: 9.5418e-08 fat./ano	
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (230.51) - Dia	5.4120e-07
Risco social médio: 5.1893e-07 fat./ano	
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (230.51) - Noite	5.4120e-07
Risco social médio: 1.0379e-07 fat./ano	
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 16) (250.55) - Dia	5.4120e-07
Risco social médio: 8.0705e-07 fat./ano	
Total	1.3530e-05

Fonte: Riskan (2018)

Tabela 8: 25 Cenários acidentais de maior dano esperado

Cenário acidental	Dano
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 11) (1212.68) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Sul (S) Risco social médio: 5.1294e-08 fat./ano Frequência: 1.3963e-09 /ano	3.6736e+01
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 11) (1212.68) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Sudeste (SE) Risco social médio: 1.1430e-07 fat./ano Frequência: 3.1119e-09 /ano	3.6731e+01
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 11) (1232.73) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Oeste (W) Risco social médio: 3.6288e-08 fat./ano Frequência: 9.9039e-10 /ano	3.6640e+01
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 11) (1212.68) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Leste (E) Risco social médio: 3.1635e-07 fat./ano Frequência: 8.6591e-09 /ano	3.6534e+01
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 11) (1212.68) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Sudoeste (SW) Risco social médio: 4.0498e-08 fat./ano Frequência: 1.1257e-09 /ano	3.5977e+01
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 11) (1232.73) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Sudoeste (SW) Risco social médio: 4.0367e-08 fat./ano Frequência: 1.1257e-09 /ano	3.5860e+01
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 11) (1232.73) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Noroeste (NW) Risco social médio: 8.1495e-08 fat./ano Frequência: 2.3001e-09 /ano	3.5431e+01
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 11) (1212.68) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Nordeste (NE) Risco social médio: 2.4523e-07 fat./ano Frequência: 7.0356e-09 /ano	3.4856e+01
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 11) (1232.73) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Sul (S)	3.4701e+01

Risco social Frequência: 1.3963e-09 /ano	médio:	4.8453e-08	fat./ano	
El-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 11) (2355.21) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Noroeste (NW)				3.4663e+01
Risco social Frequência: 2.3001e-09 /ano	médio:	7.9729e-08	fat./ano	
El-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 11) (1232.73) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Norte (N)				3.4498e+01
Risco social Frequência: 2.4354e-09 /ano	médio:	8.4016e-08	fat./ano	
El-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 11) (1212.68) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Norte (N)				3.4459e+01
Risco social Frequência: 2.4354e-09 /ano	médio:	8.3921e-08	fat./ano	
El-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 11) (1212.68) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Oeste (W)				3.4359e+01
Risco social Frequência: 9.9039e-10 /ano	médio:	3.4029e-08	fat./ano	
El-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 11) (2375.25) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Noroeste (NW)				3.4115e+01
Risco social Frequência: 2.3001e-09 /ano	médio:	7.8468e-08	fat./ano	
El-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 11) (1212.68) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Noroeste (NW)				3.4053e+01
Risco social Frequência: 2.3001e-09 /ano	médio:	7.8325e-08	fat./ano	
El-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 11) (2355.21) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Norte (N)				3.3979e+01
Risco social Frequência: 2.4354e-09 /ano	médio:	8.2753e-08	fat./ano	
El-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 11) (2375.25) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Oeste (W)				3.2231e+01
Risco social Frequência: 9.9039e-10 /ano	médio:	3.1922e-08	fat./ano	
El-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 11) (1192.64) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Sudeste (SE)				3.2186e+01
Risco social Frequência: 3.1119e-09 /ano	médio:	1.0016e-07	fat./ano	
El-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 11) (1192.64) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Leste (E)				3.2037e+01
Risco social Frequência: 8.6591e-09 /ano	médio:	2.7742e-07	fat./ano	
El-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 11) (1232.73) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Nordeste (NE)				3.1891e+01
Risco social Frequência: 7.0356e-09 /ano	médio:	2.2437e-07	fat./ano	
El-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 11) (1232.73) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Sudeste (SE)				3.1860e+01
Risco social Frequência: 3.1119e-09 /ano	médio:	9.9145e-08	fat./ano	
El-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 11) (2375.25) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Norte (N)				3.1333e+01
Risco social Frequência: 2.4354e-09 /ano	médio:	7.6309e-08	fat./ano	

EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 11) (1232.73) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Leste (E) Risco social médio: 2.6683e-07 fat./ano Freqüência: 8.6591e-09 /ano	3.0815e+01
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 11) (1212.68) - Condição Atmosférica Padrão - Dia - Sul (S) Risco social médio: 6.9017e-08 fat./ano Freqüência: 2.2568e-09 /ano	3.0582e+01
EI-02 - Grande vazamento dutos de Óleo - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 11) (1212.68) - Condição Atmosférica Padrão - Dia - Sudeste (SE) Risco social médio: 1.3197e-07 fat./ano Freqüência: 4.3296e-09 /ano	3.0482e+01
Total	8.4701e+02

Fonte: Riskan (2018)

1.8.2.14 Individual Risk Results 'Risco individual'

Figura 12: Resultado do Risco Individual para evento EI-02



População	Risco individual médio [/ano]
População Suape/Maria Quitéria	3.33e-13
População Parque do Mirim	2.24e-13
População Fábrica de Asfalto 1	8.58e-13
População Fábrica de Asfalto 2	5.04e-11

Fonte: Riskan (2018)

1.8.3 Evento EI-03 (Grande vazamento dutos de gasolina, nafta e QAV)

Frequência: 4.5000e-08 /ano/m

Frequência total: 1.3891e-04 /ano

Consequências:

Simulação	Tipo de dano	Probabilidade	
		Dia	Noite
Dispersão de nuvem inflamável pesada constante (Simulação 19)	Flash Fire	0.0450	0.0450
Incêndio em poça (Simulação 21)	Pool Fire	0.9000	0.9000
Explosão multi-energia (Simulação 12)	UVCE - Multi-energy	0.0450	0.0450
Nenhum efeito	Nenhum efeito	0.0100	0.0100

Fator de exposição:

Situação	Fração do tempo exposto ao dano
Dia	1
Noite	1

Manual Riskan, Modelo 6.1.4, Página 185
 Modelo baseado na equação de Bernoulli para fluidos

Dados de entrada

Diâmetro do furo: 0.17 m
 Seção horizontal: 226.98 cm²
 Altura do líquido no vaso: 0.51 m
 Altura da descarga no reservatório: 0 m
 Coeficiente de descarga: 0.64
 Temperatura do reservatório: 24 °C
 Tempo máximo de descarga: 3600 s

Dados da substância

Nome: n-Pentano
 Densidade do líquido (24 °C): 622.319 kg/m³

Cálculo

Descarga inicial: 28.5967 kg/s

Tabela 1: Taxa de descarga transiente

Tempo [s]	Taxa de descarga [kg/s]	Altura do líquido [m]	Massa liberada [kg]
0.00	28.5967	0.51	0
324.17	28.0189	0.49	9176.48
743.67	27.4289	0.47	20806.6
1239.99	26.826	0.45	34270.7
1802.38	26.2093	0.43	49184
2423.52	25.5776	0.41	65267.4
3097.96	24.93	0.39	82299.6
3600.00	24.2651	0.37	94699.5

Taxa de descarga de líquido média: 26.3054 kg/s
 Massa total liberada: 94699.5 kg

Fonte: Riskan (2018)

1.8.3.1 Simulação 'Evaporação de líquido não criogênico (Simulação 18)'

Evaporação de líquidos em terra

Manual Riskan, Modelo 6.2.2, Página 206
 Modelo empírico baseado no arraste de vapor

Dados de entrada

Pressão atmosférica : 101325 N/m²
 Espessura mínima da poça : 0.01 m
 Altura do ponto de liberação : 0.1 m
 Temperatura do líquido : 25 °C
 Pressão de vapor parcial nas imediações : 0 N/m²
 Tempo de interesse : 3600 s
 Largura da tubovia : 10 m

Dados da substância

Nome: n-Pentano
 Peso molecular: 72.1503 kgmol
 Pressão de vapor do líquido 25 °C : 68478.3 N/m²

1.8.3.2 Simulação para Condição Atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão - Dia'

Evaporação de líquidos em terra

Manual Riskan, Modelo 6.2.2, Página 206
 Modelo empírico baseado no arraste de vapor

Dados de entrada

Pressão atmosférica : 101325 N/m²
 Espessura mínima da poça : 0.01 m
 Altura do ponto de liberação : 0.1 m
 Temperatura do líquido : 25 °C
 Pressão de vapor parcial nas imediações : 0 N/m²
 Tempo de interesse : 3600 s
 Largura da tubovia : 10 m

Dados da substância

Nome: n-Pentano
 Peso molecular: 72.1503 kgmol
 Pressão de vapor do líquido 25 °C : 68478.3 N/m²

Resultados para a condição atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão'

Velocidade do vento a 10 m : 3.8 m/s
 Classe de estabilidade atmosférica: D - Neutra
 Temperatura ambiente: 28.2 °C

Tabela 1: Taxa de evaporação transiente

Tempo [s]	Meia largura da poça [m]	Descarga de líquido para a poça [kg/s]	Massa na poça [kg]	Evaporação [kg/s]	Massa liberada [kg]
0	0	26.3	0	0	0
300	20.1052	26.3	5289.04	17.3398	2600.96
600	25.9844	26.3	6354.44	28.1576	9425.56
900	27.0143	26.3	5475.2	30.304	18194.8
1200	26.1673	26.3	4539.6	28.5333	27020.4
1500	25.2348	26.3	4153.3	26.642	35296.7
1800	24.8395	26.3	4168.16	25.8589	43171.8
2100	24.8549	26.3	4295.97	25.889	50934
2400	24.9862	26.3	4380.37	26.1483	58739.6
2700	25.0726	26.3	4400.22	26.3194	66609.8
3000	25.0929	26.3	4388.37	26.3596	74511.6
3300	25.0808	26.3	4374.09	26.3356	82415.9
3600	25.0662	26.3	4367.75	26.3067	90312.2

Taxa de evaporação média no intervalo : 25.0867 kg/s
 Massa liberada no intervalo : 90312.2 kg

Maximum pool área : 6378.4 m²

Fonte: *Riskan* (2018)

1.8.3.3 Simulação para Condição Atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão - Noite'

Evaporação de líquidos em terra

Manual Riskan, Modelo 6.2.2, Página 206
 Modelo empírico baseado no arraste de vapor

Dados de entrada

Pressão atmosférica : 101325 N/m²
 Espessura mínima da poça : 0.01 m
 Altura do ponto de liberação : 0.1 m
 Temperatura do líquido : 25 °C
 Pressão de vapor parcial nas imediações : 0 N/m²
 Tempo de interesse : 3600 s
 Largura da tubovia : 10 m

Dados da substância

Nome: n-Pentano
 Peso molecular: 72.1503 kg/mol
 Pressão de vapor do líquido 25 °C : 68478.3 N/m²

Resultados para a condição atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão'

Velocidade do vento a 10 m : 2.7 m/s
 Classe de estabilidade atmosférica: D - Neutra
 Temperatura ambiente: 26 °C

Tabela 1: Taxa de evaporação transiente

Tempo [s]	Meia largura da poça [m]	Descarga de líquido para a poça [kg/s]	Massa na poça [kg]	Evaporação [kg/s]	Massa liberada [kg]
0	0	26.3	0	0	0
300	20.1052	26.3	5897.64	13.2824	1992.36
600	26.5776	26.3	8418.94	22.509	7361.06
900	28.9057	26.3	8975.54	26.3803	14694.5
1200	29.3948	26.3	8823.94	27.2303	22736.1
1500	29.2624	26.3	8579.54	26.999	30870.5
1800	29.0477	26.3	8425.83	26.6257	38914.2
2100	28.9118	26.3	8363.34	26.3909	46866.7
2400	28.8564	26.3	8350.41	26.2953	54769.6
2700	28.8449	26.3	8354.78	26.2756	62655.2
3000	28.8488	26.3	8361.11	26.2822	70538.9
3300	28.8544	26.3	8364.99	26.2919	78425
3600	28.8579	26.3	8366.52	26.2978	86313.5

Taxa de evaporação média no intervalo : 23.976 kg/s
 Massa liberada no intervalo : 86313.5 kg

Maximum pool área : 6378.4 m²

Fonte: *Riskan* (2018)

1.8.3.4 Simulação 'Dispersão de nuvem inflamável pesada constante (Simulação 19)'

Dispersão de gás inflamável pesado constante a partir de poça

Manual Riskan, Modelo 6.4.7, Página 318

Modelo de dispersão de gás pesado do tipo caixa (SLAB)

Dados de entrada

Tipo de liberação: Evaporação da poça
 Altura da fonte: 0 m
 Comprimento de rugosidade: 0.33 m
 Tempo de amostragem: 20 s
 Umidade relativa do ar: 80 %
 Fração mássica inicial de líquido: 0 %

Dados da substância

Nome: n-Pentano
 Limite inferior de inflamabilidade: 0.0412893 kg/m³
 Limite superior de inflamabilidade: 0.230041 kg/m³

1.8.3.5 Simulação para Condição Atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão -Dia'

Dispersão de gás inflamável pesado constante a partir de poça

Manual Riskan, Modelo 6.4.7, Página 318

Modelo de dispersão de gás pesado do tipo caixa (SLAB)

Dados de entrada

Tipo de liberação: Evaporação da poça
 Altura da fonte: 0 m
 Comprimento de rugosidade: 0.33 m
 Tempo de amostragem: 20 s
 Umidade relativa do ar: 80 %
 Fração mássica inicial de líquido: 0 %

Dados da substância

Nome: n-Pentano
 Limite inferior de inflamabilidade: 0.0412893 kg/m³
 Limite superior de inflamabilidade: 0.230041 kg/m³

Resultados para a condição atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão'

Taxa de descarga mássica: 25.08 kg/s
 Duração da fonte contínua: 3600 s
 Área da fonte: 40 m²
 Temperatura do gás: 301.35 K

Velocidade do vento: 3.8 m/s
 Classe de estabilidade atmosférica: D - Neutra
 Temperatura ambiente: 25 °C

Tabela 1: Dispersão de nuvem inflamável – Consolidado

Distância na direção do vento [m]	Tempo da concentração [s]	maior Maior [kg/m ³]	concentração	Altura [m]	Duração nuvem [s]	da Meia-largura até o LII [m]
-6.09	1802.88	0.135848		0.00	3600.00	11.50
-4.57	1802.16	0.178663		0.00	3600.00	12.35
-3.05	1801.44	0.211594		0.00	3600.00	13.05
-1.52	1800.72	0.240252		0.00	3600.00	13.80
-0.00	1800.00	0.264659		0.00	3600.00	14.65
1.52	1800.72	0.284374		0.00	3600.00	15.59
3.05	1801.44	0.300256		0.00	3600.00	16.63
4.57	1802.16	0.312783		0.00	3600.00	17.78
6.09	1802.88	0.322264		0.00	3600.00	19.01

7.62	1803.60	0.32896	0.00	3600.00	20.31
7.70	1803.64	0.327627	0.00	3600.00	20.37
7.79	1803.68	0.326197	0.00	3600.00	20.43
7.89	1803.73	0.324661	0.00	3600.00	20.50
7.99	1803.78	0.322992	0.00	3600.00	20.57
8.11	1803.84	0.321148	0.00	3600.00	20.65
8.25	1803.90	0.319096	0.00	3600.00	20.75
8.39	1803.97	0.316804	0.00	3600.00	20.85
8.55	1804.04	0.314246	0.00	3600.00	20.96
8.73	1804.13	0.3111391	0.00	3600.00	21.08
8.93	1804.22	0.308206	0.00	3600.00	21.21
9.15	1804.32	0.304656	0.00	3600.00	21.35
9.39	1804.44	0.300703	0.00	3600.00	21.51
9.65	1804.56	0.296308	0.00	3600.00	21.68
9.95	1804.70	0.291431	0.00	3600.00	21.86
10.27	1804.86	0.286032	0.00	3600.00	22.07
10.63	1805.03	0.280074	0.00	3600.00	22.28
11.03	1805.21	0.273525	0.00	3600.00	22.51
11.47	1805.42	0.266359	0.00	3600.00	22.76
11.95	1805.65	0.25856	0.00	3600.00	23.02
12.49	1805.90	0.250124	0.00	3600.00	23.30
13.08	1806.18	0.241065	0.00	3600.00	23.58
13.73	1806.49	0.231412	0.00	3600.00	23.88
14.45	1806.83	0.221214	0.00	3600.00	24.18
15.25	1807.21	0.21054	0.00	3600.00	24.48
16.13	1807.62	0.199475	0.00	3600.00	24.79
17.10	1808.08	0.18812	0.00	3600.00	25.08
18.18	1808.59	0.176586	0.00	3600.00	25.35
19.36	1809.15	0.164991	0.00	3600.00	25.60
20.68	1809.77	0.153453	0.00	3600.00	25.82
22.13	1810.46	0.142087	0.00	3600.00	25.99
23.73	1811.22	0.130998	0.00	3600.00	26.09
25.50	1812.05	0.12028	0.00	3600.00	26.12
27.45	1812.98	0.110009	0.00	3600.00	26.04
29.61	1814.00	0.10025	0.00	3600.00	25.85
32.00	1815.13	0.0910469	0.00	3600.00	25.49
34.64	1816.37	0.0824304	0.00	3600.00	24.94
37.55	1817.75	0.0744155	0.00	3600.00	24.14
40.77	1819.27	0.0670047	0.00	3600.00	23.00
44.32	1820.95	0.0601891	0.00	3600.00	21.38
48.25	1822.81	0.0539514	0.00	3600.00	19.06
52.60	1824.86	0.0482671	0.00	3600.00	15.49
57.39	1827.13	0.0431071	0.00	3600.00	8.73
62.69	1829.64	0.0384387	0.00	3600.00	0.00
68.55	1832.41	0.0342276	0.00	3600.00	0.00
75.02	1835.46	0.030439	0.00	3600.00	0.00
82.16	1838.84	0.0270381	0.00	3600.00	0.00
90.06	1842.58	0.0239912	0.00	3600.00	0.00
98.79	1846.70	0.0212662	0.00	3600.00	0.00
108.43	1851.26	0.0188327	0.00	3600.00	0.00
119.08	1856.29	0.0166625	0.00	3600.00	0.00

Fonte: *Riskan* (2018)

Tabela 2: Dispersão de nuvem inflamável

Tempo [s]	Distância na direção do vento acima do LII [m]	Posição do centro do puff [m]	Maior concentração o no eixo [kg/m ³]	Maior concentração ao nível do solo [kg/m ³]	Altura do eixo da pluma [m]	Massa inflamável [kg]	Meia largura máxima até o LSI [m]	Meia largura máxima até o LII [m]
90.87	59.52	20.68	0.153526	0.153526	0.00	190.81	0.00	26.12

Distância máxima da fonte com concentração acima do LII: 59.5221 m

Meia largura máxima (Concentração acima do LII): 52.2423 m

Máxima massa nos limites de inflamabilidade: 190.81 kg

Fonte: *Riskan* (2018)

1.8.3.6 Simulação para Condição Atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão - Noite'

Dispersão de gás inflamável pesado constante a partir de poça

Manual Riskan, Modelo 6.4.7, Página 318

Modelo de dispersão de gás pesado do tipo caixa (SLAB)

Dados de entrada

Tipo de liberação: Evaporação da poça

Altura da fonte: 0 m

Comprimento de rugosidade: 0.33 m

Tempo de amostragem: 20 s

Umidade relativa do ar: 80 %

Fração mássica inicial de líquido: 0 %

Dados da substância

Nome: n-Pentano

Limite inferior de inflamabilidade: 0.0412893 kg/m³

Limite superior de inflamabilidade: 0.230041 kg/m³

Resultados para a condição atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão'

Taxa de descarga mássica: 23.97 kg/s

Duração da fonte contínua: 3600 s

Área da fonte: 40 m²

Temperatura do gás: 299.15 °K

Velocidade do vento: 2.7 m/s

Classe de estabilidade atmosférica: D - Neutra

Temperatura ambiente: 25 °C

Tabela 1– Dispersão de nuvem inflamável – Consolidado

Distância na direção do vento [m]	Tempo da maior concentração [s]	Maior concentração [kg/m ³]	Altura [m]
-13.69	1808.28	0.0576323	0.00
-10.27	1806.21	0.0738836	0.00
-6.84	1804.14	0.0865418	0.00
-3.42	1802.07	0.0970431	0.00
0.00	1800.00	0.105705	0.00
3.42	1802.07	0.11274	0.00
6.84	1804.14	0.118403	0.00
10.27	1806.21	0.12284	0.00
13.69	1808.28	0.12616	0.00
17.11	1810.35	0.12847	0.00
17.26	1810.45	0.127999	0.00
17.43	1810.55	0.12751	0.00
17.61	1810.65	0.127005	0.00
17.81	1810.77	0.126473	0.00

18.02	1810.90	0.125899	0.00
18.25	1811.04	0.125274	0.00
18.51	1811.20	0.124593	0.00
18.78	1811.36	0.12385	0.00
19.08	1811.54	0.123041	0.00
19.41	1811.74	0.122158	0.00
19.76	1811.96	0.121197	0.00
20.14	1812.19	0.12015	0.00
20.56	1812.44	0.11901	0.00
21.02	1812.72	0.11777	0.00
21.52	1813.02	0.116421	0.00
22.06	1813.34	0.114956	0.00
22.64	1813.70	0.113366	0.00
23.28	1814.09	0.111643	0.00
23.98	1814.51	0.109779	0.00
24.73	1814.96	0.107766	0.00
25.55	1815.46	0.105596	0.00
26.45	1816.00	0.103265	0.00
27.42	1816.59	0.100766	0.00
28.48	1817.23	0.0980983	0.00
29.63	1817.93	0.0952603	0.00
30.88	1818.68	0.0922547	0.00
32.24	1819.51	0.0890871	0.00
33.72	1820.40	0.0857666	0.00
35.34	1821.38	0.0823059	0.00
37.09	1822.44	0.0787217	0.00
39.00	1823.60	0.0750341	0.00
41.07	1824.85	0.0712665	0.00
43.33	1826.22	0.0674449	0.00
45.79	1827.70	0.0635974	0.00
48.46	1829.32	0.0597528	0.00
51.36	1831.08	0.0559401	0.00
54.53	1832.99	0.0521874	0.00
57.97	1835.07	0.0485209	0.00
61.71	1837.33	0.0449645	0.00
65.78	1839.80	0.0415387	0.00
70.20	1842.48	0.0382604	0.00
75.02	1845.39	0.0351431	0.00
80.26	1848.56	0.0321964	0.00
85.96	1852.01	0.0294262	0.00
92.16	1855.76	0.0268352	0.00
98.91	1859.84	0.0244233	0.00
106.24	1864.28	0.0221875	0.00
114.23	1869.11	0.0201232	0.00
122.91	1874.36	0.0182237	0.00
132.36	1880.08	0.0164814	0.00

Fonte: Riskan (2018)

Tabela 2: Dispersão de nuvem inflamável

Tempo [s]	Distância na direção do	Posição do centro do puff [m]	Maior concentração	Maior concentração ao	Altura do eixo da pluma [m]	Massa inflamável [kg]	Meia largura	Meia largura
-----------	-------------------------	-------------------------------	--------------------	-----------------------	-----------------------------	-----------------------	--------------	--------------

	vento acima do LII [m]		no eixo [kg/m ³]	nível do solo [kg/m ³]			máxima até o LSI [m]	máxima até o LII [m]
134.66	66.16	23.28	0.111685	0.111685	0.00	196.24	0.00	32.87

Distância máxima da fonte com concentração acima do LII: 66.1636 m

Meia largura máxima (Concentração acima do LII): 65.7412 m

Máxima massa nos limites de inflamabilidade: 196.237 kg

Fonte: *Riskan* (2018)

1.8.3.7 Simulação 'Incêndio em poça (Simulação 21)'

Incêndio em poça

Manual Riskan, Modelo 6.3.1, Página 218

Modelo semi-empírico baseado na literatura

Dados de entrada

Formato da poça: Retangular

Comprimento da poça: 30 m

Largura da poça: 10 m

Diâmetro equivalente da poça: 15 m

Temperatura ambiente: 298.15 K

Densidade do ar: 1.178 kg/m³

Umidade relativa do ar: 80 %

Dados da substância

Nome: n-Pentano

Temperatura de ebulição: 309.22 K

Calor de combustão: 4.49754e+07 J/kg

Calor de evaporação a (309.22 K): 4.49754e+07 J/kg

Capacidade calorífica do líquido a (309.22 K): 2345.57 J/kg/K

Intensidade de radiação média: 37.5 kW/m²

Cálculo

Líquido não criogênico

Taxa de combustão: 0.116459 kg/m²/s

Altura da chama: 33.5075 m

Pressão de vapor d'água saturado (298.15 °K): 3170.38 Pa

Pressão parcial de vapor d'água: 2536.31 Pa

Tabela 1: Carga térmica pela distância

Distância [m]	Coefficiente de transmissão atmosférica	Fator de vista	Fluxo térmico [W/m ²]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]	Probabilidade de fatalidade não abrigado [%]
0	1	1	37500	99.23	0.00
8.5781	0.790865	0.524556	15557	28.12	0.00
17.1562	0.665341	0.356566	8896.43	0.94	0.00
25.7343	0.628945	0.243726	5748.39	0.38	0.00
34.3124	0.60687	0.172094	3916.44	0.00	0.00
42.8905	0.590977	0.125871	2789.51	0.00	0.00
51.4686	0.578551	0.0950828	2062.89	0.00	0.00
60.0467	0.568347	0.0738759	1574.52	0.00	0.00
68.6248	0.559689	0.0588005	1234.13	0.00	0.00
77.2029	0.55217	0.0477752	989.251	0.00	0.00

85.781	0.545525	0.0395066	808.195	0.00	0.00
94.3591	0.539572	0.0331672	671.103	0.00	0.00
102.937	0.53418	0.0282116	565.128	0.00	0.00
111.515	0.529252	0.0242712	481.71	0.00	0.00
120.093	0.524715	0.0210906	414.995	0.00	0.00
128.672	0.520511	0.0184887	360.883	0.00	0.00
137.25	0.516595	0.0163347	316.442	0.00	0.00
145.828	0.512929	0.0145326	279.533	0.00	0.00
154.406	0.509485	0.0130104	248.572	0.00	0.00
162.984	0.506235	0.0117134	222.365	0.00	0.00
171.562	0.503161	0.0105997	200	0.00	0.00
180.14	0.500243	0.00963645	180.771	0.00	0.00

Maximum pool área : 176.715 m2

Fonte: Riskan (2018)

1.8.3.8 Área vulnerável 'Vulnerabilidade 18'

Figura 13: Área vulnerável para evento EI-03



Níveis de vulnerabilidade considerados:

Descrição	Distância máxima [m]
1% Probabilidade de fatalidade	16.6270
50% Probabilidade de fatalidade	7.4590
99% Probabilidade de fatalidade	0.4091

Fonte: Riskan (2018)

1.8.3.9 Simulação 'Explosão multi-energia (Simulação 12)'

Explosão em nuvem (VCE) multi-energia

Manual Riskan, Modelo 6.5.6, Página 500
Modelo semi-empírico baseado na literatura

Legenda do diagrama

a = Massa explosiva, em área com obstáculos, na concentração estequiométrica
 b = Velocidade da chama acima do limite
 c = Shockwave
 d = Sobrepressão
 e = Tempo
 f = Impulso total
 g = Sobrepressão máxima
 h = Obstáculos

Dados de entrada

Pressão ambiente: 101325 Pa
 Classe de densidade de obstáculos: Classe 10
 Menor sobrepressão de interesse: 5000 Pa

Dados da substância

Nome: n-Pentano
 Calor de combustão: 4.49754e+07 J/kg

1.8.3.10 Simulação para Condição Atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão - Dia'

Explosão em nuvem (VCE) multi-energia

Manual Riskan, Modelo 6.5.6, Página 500
Modelo semi-empírico baseado na literatura

Legenda do diagrama

a = Massa explosiva, em área com obstáculos, na concentração estequiométrica
 b = Velocidade da chama acima do limite
 c = Shockwave
 d = Sobrepressão
 e = Tempo
 f = Impulso total
 g = Sobrepressão máxima
 h = Obstáculos

Dados de entrada

Pressão ambiente: 101325 Pa
 Classe de densidade de obstáculos: Classe 10
 Menor sobrepressão de interesse: 5000 Pa

Dados da substância

Nome: n-Pentano
 Calor de combustão: 4.49754e+07 J/kg

Resultados para a condição atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão'

Velocidade do vento: 3.8 m/s

Classe de estabilidade atmosférica: D - Neutra

Temperatura ambiente: 28.2 °C

Explosão no instante t= 2.74 s

Distância da origem: 1.73 m

Massa explosiva: 8.65 kg

Tabela 1: Efeitos da explosão na distância a 2.74 s

Distância ao ponto de liberação [m]	Distancia até o centro da nuvem [m]	Sobrepessão [Pa]	Impulso [Pa.s]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]	de Probabilidade de não fatalidade abrigado [%]
2.73	1	1.51894e+06	5597.11	100.00	100.00
10.4569	8.72689	158253	555.035	67.89	67.89
18.1838	16.4538	40914	216.588	3.06	3.06
25.9107	24.1807	21997.2	151.38	0.84	0.84
33.6376	31.9076	15379.5	116.967	0.60	0.60
41.3644	39.6344	11517.8	93.1966	0.39	0.39
49.0913	47.3613	9083.13	77.3331	0.21	0.21
56.8182	55.0882	7472.54	66.6854	0.07	0.07
64.5451	62.8151	6394.03	60.1225	0.00	0.00
72.272	70.542	5571.14	53.753	0.00	0.00
79.9989	78.2689	4924.23	48.578	0.00	0.00
87.7258	85.9958	4451.13	44.7099	0.00	0.00
95.4527	93.7227	4063.54	41.1695	0.00	0.00
103.18	101.45	3736.59	38.1581	0.00	0.00
110.906	109.176	3457.18	35.5648	0.00	0.00

Explosão no instante t= 16.34 s

Distância da origem: 2.59 m

Massa explosiva: 49.28 kg

Fonte: Riskan (2018)

Tabela 2: Efeitos da explosão na distância a 16.34 s

Distância ao ponto de liberação [m]	Distancia até o centro da nuvem [m]	Sobrepessão [Pa]	Impulso [Pa.s]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]	de Probabilidade de não fatalidade abrigado [%]
3.59	1	1.51894e+06	9996.52	100.00	100.00
17.3903	14.8003	179685	1096.81	98.21	98.20
31.1907	28.6007	43277.5	401.113	35.83	35.83
44.991	42.401	22522.9	274.297	9.23	9.23
58.7913	56.2013	15667	211.967	2.53	2.53
72.5917	70.0017	11690.6	168.409	0.93	0.93
86.392	83.802	9196.9	139.475	0.76	0.76
100.192	97.6023	7544.06	119.76	0.62	0.62
113.993	111.403	6447.63	108.111	0.52	0.52
127.793	125.203	5612.69	96.5854	0.42	0.42
141.593	139.003	4957.31	87.2455	0.32	0.32
155.394	152.804	4475.38	80.2464	0.24	0.24

169.194	166.604	4083.85	73.8618	0.17	0.17
182.994	180.404	3753.83	68.4355	0.10	0.10
196.795	194.205	3471.99	63.7657	0.03	0.03

Explosão no instante t= 33.50 s

Distância da origem: 5.31 m

Massa explosiva: 49.28 kg

Fonte: Riskan (2018)

Tabela 3: Efeitos da explosão na distância a 33.5 s

Distância ao ponto de liberação [m]	Distancia até o centro da nuvem [m]	Sobrepessão [Pa]	Impulso [Pa.s]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]	de Probabilidade de não fatalidade abrigado [%]
6.31	1	1.51894e+06	9996.52	100.00	100.00
20.1103	14.8003	179685	1096.81	98.21	98.20
33.9107	28.6007	43277.5	401.113	35.83	35.83
47.711	42.401	22522.9	274.297	9.23	9.23
61.5113	56.2013	15667	211.967	2.53	2.53
75.3117	70.0017	11690.6	168.409	0.93	0.93
89.112	83.802	9196.9	139.475	0.76	0.76
102.912	97.6023	7544.06	119.76	0.62	0.62
116.713	111.403	6447.63	108.111	0.52	0.52
130.513	125.203	5612.69	96.5854	0.42	0.42
144.313	139.003	4957.31	87.2455	0.32	0.32
158.114	152.804	4475.38	80.2464	0.24	0.24
171.914	166.604	4083.85	73.8618	0.17	0.17
185.714	180.404	3753.83	68.4355	0.10	0.10
199.515	194.205	3471.99	63.7657	0.03	0.03

Explosão no instante t= 49.93 s

Distância da origem: 9.68 m

Massa explosiva: 49.28 kg

Fonte: Riskan (2018)

Tabela 4: Efeitos da explosão na distância a 49.93 s

Distância ao ponto de liberação [m]	Distancia até o centro da nuvem [m]	Sobrepessão [Pa]	Impulso [Pa.s]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]	de Probabilidade de não fatalidade abrigado [%]
10.68	1	1.51894e+06	9996.52	100.00	100.00
24.4803	14.8003	179685	1096.81	98.21	98.20
38.2807	28.6007	43277.5	401.113	35.83	35.83
52.081	42.401	22522.9	274.297	9.23	9.23
65.8813	56.2013	15667	211.967	2.53	2.53
79.6817	70.0017	11690.6	168.409	0.93	0.93
93.482	83.802	9196.9	139.475	0.76	0.76
107.282	97.6023	7544.06	119.76	0.62	0.62
121.083	111.403	6447.63	108.111	0.52	0.52
134.883	125.203	5612.69	96.5854	0.42	0.42
148.683	139.003	4957.31	87.2455	0.32	0.32
162.484	152.804	4475.38	80.2464	0.24	0.24

176.284	166.604	4083.85	73.8618	0.17	0.17
190.084	180.404	3753.83	68.4355	0.10	0.10
203.885	194.205	3471.99	63.7657	0.03	0.03

Fonte: *Riskan* (2018)

Explosão no instante t= 66.14 s

Distância da origem: 13.83 m

Massa explosiva: 49.28 kg

Tabela 5: Efeitos da explosão na distância a 66.14 s

Distância ao ponto de liberação [m]	Distancia até o centro da nuvem [m]	Sobrepessão [Pa]	Impulso [Pa.s]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]	Probabilidade de não fatalidade abrigado [%]
14.83	1	1.51894e+06	9996.52	100.00	100.00
28.6303	14.8003	179685	1096.81	98.21	98.20
42.4307	28.6007	43277.5	401.113	35.83	35.83
56.231	42.401	22522.9	274.297	9.23	9.23
70.0313	56.2013	15667	211.967	2.53	2.53
83.8317	70.0017	11690.6	168.409	0.93	0.93
97.632	83.802	9196.9	139.475	0.76	0.76
111.432	97.6023	7544.06	119.76	0.62	0.62
125.233	111.403	6447.63	108.111	0.52	0.52
139.033	125.203	5612.69	96.5854	0.42	0.42
152.833	139.003	4957.31	87.2455	0.32	0.32
166.634	152.804	4475.38	80.2464	0.24	0.24
180.434	166.604	4083.85	73.8618	0.17	0.17
194.234	180.404	3753.83	68.4355	0.10	0.10
208.035	194.205	3471.99	63.7657	0.03	0.03

Fonte: *Riskan* (2018)

1.8.3.11 Simulação para Condição Atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão - Noite'

Explosão em nuvem (VCE) multi-energia

Manual Riskan, Modelo 6.5.6, Página 500

Modelo semi-empírico baseado na literatura

Legenda do diagrama

a = Massa explosiva, em área com obstáculos, na concentração estequiométrica

b = Velocidade da chama acima do limite

c = Shockwave

d = Sobrepessão

e = Tempo

f = Impulso total

g = Sobrepessão máxima

h = Obstáculos

Dados de entrada

Pressão ambiente: 101325 Pa

Classe de densidade de obstáculos: Classe 10

Menor sobrepessão de interesse: 5000 Pa

Dados da substância

Nome: n-Pentano

Calor de combustão: 4.49754e+07 J/kg

Resultados para a condição atmosférica 'Condição Atmosférica Padrão'

Velocidade do vento: 2.7 m/s

Classe de estabilidade atmosférica: D - Neutra

Temperatura ambiente: 26 °C

Explosão no instante t= 5.89 s

Distância da origem: 8.19612 m

Massa explosiva: 23.0704 kg

Tabela 1: Efeitos da explosão na distância a 5.89375 s

Distância ao ponto de liberação [m]	Distância ao centro da nuvem [m]	Sobrepessão [Pa]	Impulso [Pa.s]	Probabilidade de fatalidade não abrigado [%]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]
9.19612	1	1.51894e+06	7762.06	100.00	100.00
19.9118	11.7156	171387	820.174	92.35	92.35
30.6274	22.4313	42388.9	307.227	15.70	15.70
41.343	33.1469	22327.8	211.856	2.71	2.71
52.0587	43.8625	15560.6	163.709	0.91	0.91
62.7743	54.5782	11626.8	130.205	0.70	0.70
73.4899	65.2938	9154.95	107.911	0.52	0.52
84.2056	76.0094	7517.72	92.8024	0.38	0.38
94.9212	86.7251	6427.9	83.7367	0.29	0.29
105.637	97.4407	5597.41	74.8302	0.18	0.18
116.352	108.156	4945.15	67.6058	0.09	0.09
127.068	118.872	4466.47	62.1971	0.01	0.01
137.784	129.588	4076.39	57.2571	0.00	0.00
148.499	140.303	3747.5	53.0574	0.00	0.00
159.215	151.019	3466.55	49.4423	0.00	0.00

Fonte: Riskan (2018)

Explosão no instante t= 30.08 s

Distância da origem: 10.2452 m

Massa explosiva: 49.7355 kg

Tabela 2: Efeitos da explosão na distância a 30.0781 s

Distância ao ponto de liberação [m]	Distância ao centro da nuvem [m]	Sobrepessão [Pa]	Impulso [Pa.s]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]	Probabilidade de fatalidade não abrigado [%]
11.2452	1	1.51894e+06	10027.2	100.00	100.00
25.0879	14.8427	179777	1100.62	98.23	98.23
38.9306	28.6854	43287.1	402.408	36.07	36.07
52.7733	42.5282	22525	275.155	9.34	9.34
66.616	56.3709	15668.1	212.63	2.57	2.57
80.4588	70.2136	11691.3	168.934	0.93	0.93
94.3015	84.0563	9197.35	139.909	0.76	0.76
108.144	97.8991	7544.34	120.13	0.62	0.62
121.987	111.742	6447.84	108.446	0.52	0.52

135.83	125.584	5612.86	96.8843	0.42	0.42
149.672	139.427	4957.44	87.5154	0.32	0.32
163.515	153.27	4475.48	80.4944	0.25	0.25
177.358	167.113	4083.93	74.09	0.17	0.17
191.201	180.955	3753.9	68.6469	0.10	0.10
205.043	194.798	3472.05	63.9625	0.03	0.03

Fonte: *Riskan* (2018)

Explosão no instante t= 58.50 s

Distância da origem: 10.2452 m

Massa explosiva: 49.7355 kg

Tabela 3 - Efeitos da explosão na distância a 58.5034 s

Distância ao ponto de liberação [m]	Distancia até o centro da nuvem [m]	Sobrepessão [Pa]	Impulso [Pa.s]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]	de Probabilidade de não fatalidade abrigado [%]
11.2452	1	1.51894e+06	10027.2	100.00	100.00
25.0879	14.8427	179777	1100.62	98.23	98.23
38.9306	28.6854	43287.1	402.408	36.07	36.07
52.7733	42.5282	22525	275.155	9.34	9.34
66.616	56.3709	15668.1	212.63	2.57	2.57
80.4588	70.2136	11691.3	168.934	0.93	0.93
94.3015	84.0563	9197.35	139.909	0.76	0.76
108.144	97.8991	7544.34	120.13	0.62	0.62
121.987	111.742	6447.84	108.446	0.52	0.52
135.83	125.584	5612.86	96.8843	0.42	0.42
149.672	139.427	4957.44	87.5154	0.32	0.32
163.515	153.27	4475.48	80.4944	0.25	0.25
177.358	167.113	4083.93	74.09	0.17	0.17
191.201	180.955	3753.9	68.6469	0.10	0.10
205.043	194.798	3472.05	63.9625	0.03	0.03

Fonte: *Riskan* (2018)

Explosão no instante t= 92.66 s

Distância da origem: 14.8799 m

Massa explosiva: 49.7355 kg

Tabela 4: Efeitos da explosão na distância a 92.6605 s

Distância ao ponto de liberação [m]	Distancia até o centro da nuvem [m]	Sobrepessão [Pa]	Impulso [Pa.s]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]	de Probabilidade de não fatalidade abrigado [%]
15.8799	1	1.51894e+06	10027.2	100.00	100.00
29.7227	14.8427	179777	1100.62	98.23	98.23
43.5654	28.6854	43287.1	402.408	36.07	36.07
57.4081	42.5282	22525	275.155	9.34	9.34
71.2508	56.3709	15668.1	212.63	2.57	2.57
85.0935	70.2136	11691.3	168.934	0.93	0.93

98.9363	84.0563	9197.35	139.909	0.76	0.76
112.779	97.8991	7544.34	120.13	0.62	0.62
126.622	111.742	6447.84	108.446	0.52	0.52
140.464	125.584	5612.86	96.8843	0.42	0.42
154.307	139.427	4957.44	87.5154	0.32	0.32
168.15	153.27	4475.48	80.4944	0.25	0.25
181.993	167.113	4083.93	74.09	0.17	0.17
195.835	180.955	3753.9	68.6469	0.10	0.10
209.678	194.798	3472.05	63.9625	0.03	0.03

Fonte: *Riskan* (2018)

Explosão no instante t= 118.17 s

Distância da origem: 19.8166 m

Massa explosiva: 49.7355 kg

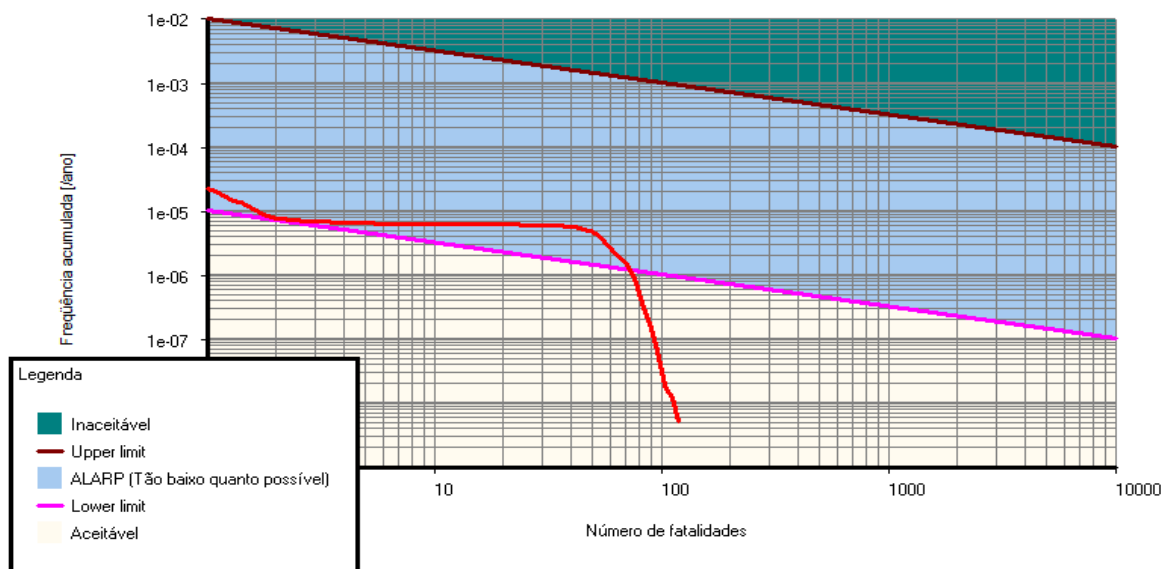
Tabela 5: Efeitos da explosão na distância a 118.171 s

Distância ao ponto de liberação [m]	Distancia até o centro da nuvem [m]	Sobrepessão [Pa]	Impulso [Pa.s]	Probabilidade de fatalidade abrigado [%]	Probabilidade de não fatalidade abrigado [%]
20.8166	1	1.51894e+06	10027.2	100.00	100.00
34.6593	14.8427	179777	1100.62	98.23	98.23
48.502	28.6854	43287.1	402.408	36.07	36.07
62.3448	42.5282	22525	275.155	9.34	9.34
76.1875	56.3709	15668.1	212.63	2.57	2.57
90.0302	70.2136	11691.3	168.934	0.93	0.93
103.873	84.0563	9197.35	139.909	0.76	0.76
117.716	97.8991	7544.34	120.13	0.62	0.62
131.558	111.742	6447.84	108.446	0.52	0.52
145.401	125.584	5612.86	96.8843	0.42	0.42
159.244	139.427	4957.44	87.5154	0.32	0.32
173.087	153.27	4475.48	80.4944	0.25	0.25
186.929	167.113	4083.93	74.09	0.17	0.17
200.772	180.955	3753.9	68.6469	0.10	0.10
214.615	194.798	3472.05	63.9625	0.03	0.03

Fonte: *Riskan* (2018)

1.8.3.12 Social Risk Result 'Risco social'

Figura 14: Resultado do Risco Social para evento EI-03

Risco Social Médio: $4.2168e-04$ fat./ano

Fonte: Riskan (2018)

Tabela 1: Contribuição do risco social por tipo de dano

Tipo de dano	Risco social médio[fat./ano]	Porcentagem do total [%]
Carga Térmica (Incêndio em poça)	5.8276e-05	13.82
Queima e asfixia (Incêndio em Nuvem)	7.1356e-07	0.17
Colapso estrutural, deslocamento do corpo, fratura na base do crânio, hemorragia pulmonar (explosão)	3.6269e-04	86.01
Dose tóxica (Nuvem tóxica)	0.0000e+00	0.00
Outro (desconhecido)	0.0000e+00	0.00
Total	4.2168e-04	100.00

Tabela 2: Contribuição do risco social por tipo de acidente

Tipo de acidente	Risco social médio [fat./ano]	Porcentagem do total [%]
Incêndio em poça	5.8276e-05	13.82
Tocha	0.0000e+00	0.00
Bola de fogo (BLEVE)	0.0000e+00	0.00
Explosão pontual	0.0000e+00	0.00
Explosão em nuvem	3.6269e-04	86.01
Incêndio em nuvem	7.1356e-07	0.17
Nuvem tóxica	0.0000e+00	0.00
Other	0.0000e+00	0.00
Total	4.2168e-04	100.00

Fonte: Riskan (2018)

Tabela 3: 1 (um) Evento iniciador de maior risco social médio

Evento iniciador	Risco social médio [fat./ano]	Porcentagem do total [%]
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta	4.2168e-04	100.00
Frequência: 1.3891e-04 /ano		

Total	4.2168e-04	100.00
--------------	------------	--------

Fonte: *Riskan* (2018)

Tabela 4: 1 (um) Evento iniciador de maior frequência esperada

Evento iniciador	Frequência [/ano]
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta	1.3891e-04
Risco social médio: 4.2168e-04 fat./ano	
Total	1.3891e-04

Fonte: *Riskan* (2018)

Tabela 5: 1 (um) Cenário acidental de maior dano máximo esperado

Cenário acidental	Dano máximo
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta	1.2959e+02
Risco social médio: 4.2168e-04 fat./ano	
Frequência: 1.3891e-04 /ano	

Fonte: *Riskan* (2018)

Tabela 6: 25 (vinte e cinco) Cenários acidentais de maior risco social médio

Cenário acidental	Risco social médio [fat./ano]	Porcentagem do total [%]
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (2375.25) - Dia Frequência: 4.0590e-07 /ano	1.1409e-06	0.27
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (1934.28) - Dia Frequência: 4.0590e-07 /ano	8.6106e-07	0.20
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (912.02) - Dia Frequência: 4.0590e-07 /ano	8.5183e-07	0.20
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (1192.64) - Condição Atmosférica Padrão - Dia - Leste (E) Frequência: 8.8607e-09 /ano	8.1288e-07	0.19
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (1212.68) - Condição Atmosférica Padrão - Dia - Leste (E) Frequência: 8.8607e-09 /ano	7.8596e-07	0.19
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (2595.74) - Dia Frequência: 4.0590e-07 /ano	7.8260e-07	0.19
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (1172.59) - Condição Atmosférica Padrão - Dia - Leste (E) Frequência: 8.8607e-09 /ano	7.6671e-07	0.18
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (631.40) - Dia Frequência: 4.0590e-07 /ano	7.6198e-07	0.18

<p>EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (2335.16) - Dia</p> <p>Frequência: 4.0590e-07 /ano</p>	7.5612e-07	0.18
<p>EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (1152.55) - Condição Atmosférica Padrão - Dia - Leste (E)</p> <p>Frequência: 8.8607e-09 /ano</p>	7.1383e-07	0.17
<p>EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (2856.32) - Dia</p> <p>Frequência: 4.0590e-07 /ano</p>	7.0466e-07	0.17
<p>EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (2475.47) - Condição Atmosférica Padrão - Dia - Leste (E)</p> <p>Frequência: 8.8607e-09 /ano</p>	6.8736e-07	0.16
<p>EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (2495.52) - Dia</p> <p>Frequência: 4.0590e-07 /ano</p>	6.8419e-07	0.16
<p>EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (1132.50) - Condição Atmosférica Padrão - Dia - Leste (E)</p> <p>Frequência: 8.8607e-09 /ano</p>	6.7605e-07	0.16
<p>EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (1834.06) - Dia</p> <p>Frequência: 4.0590e-07 /ano</p>	6.7253e-07	0.16
<p>EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (1112.46) - Condição Atmosférica Padrão - Dia - Leste (E)</p> <p>Frequência: 8.8607e-09 /ano</p>	6.6685e-07	0.16
<p>EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (1232.73) - Condição Atmosférica Padrão - Dia - Leste (E)</p> <p>Frequência: 8.8607e-09 /ano</p>	6.6600e-07	0.16
<p>EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (2014.45) - Dia</p> <p>Frequência: 4.0590e-07 /ano</p>	6.6530e-07	0.16
<p>EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (2495.52) - Condição Atmosférica Padrão - Dia - Leste (E)</p> <p>Frequência: 8.8607e-09 /ano</p>	6.6413e-07	0.16
<p>EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (1052.33) - Condição Atmosférica Padrão - Dia - Leste (E)</p> <p>Frequência: 8.8607e-09 /ano</p>	6.6248e-07	0.16
<p>EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (1072.37) - Condição Atmosférica Padrão - Dia - Leste (E)</p> <p>Frequência: 8.8607e-09 /ano</p>	6.6225e-07	0.16
<p>EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (972.15) - Condição Atmosférica Padrão - Dia - Leste (E)</p> <p>Frequência: 8.8607e-09 /ano</p>	6.6203e-07	0.16
<p>EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (992.19) - Condição Atmosférica Padrão - Dia - Leste (E)</p>	6.6190e-07	0.16

Frequência: 8.8607e-09 /ano		
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (1032.28) - Condição Atmosférica Padrão - Dia - Leste (E)	6.6122e-07	0.16
Frequência: 8.8607e-09 /ano		
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (1012.24) - Condição Atmosférica Padrão - Dia - Leste (E)	6.6015e-07	0.16
Frequência: 8.8607e-09 /ano		
Total	1.8291e-05	4.34

Fonte: *Riskan* (2018)

Tabela 7: 25 (vinte e cinco) Cenários acidentais de maior frequência esperada

Cenário acidental	Frequência [/ano]
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (10.02) - Dia Risco social médio: 3.0952e-07 fat./ano	4.0590e-07
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (10.02) - Noite Risco social médio: 6.1904e-08 fat./ano	4.0590e-07
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (30.07) - Dia Risco social médio: 4.6170e-07 fat./ano	4.0590e-07
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (30.07) - Noite Risco social médio: 9.2340e-08 fat./ano	4.0590e-07
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (50.11) - Dia Risco social médio: 4.2984e-07 fat./ano	4.0590e-07
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (50.11) - Noite Risco social médio: 8.5967e-08 fat./ano	4.0590e-07
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (70.16) - Dia Risco social médio: 1.7628e-07 fat./ano	4.0590e-07
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (70.16) - Noite Risco social médio: 3.5255e-08 fat./ano	4.0590e-07
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (90.20) - Dia Risco social médio: 2.0688e-07 fat./ano	4.0590e-07
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (90.20) - Noite Risco social médio: 4.1375e-08 fat./ano	4.0590e-07
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (110.24) - Dia Risco social médio: 5.9975e-07 fat./ano	4.0590e-07
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (110.24) - Noite	4.0590e-07

Risco social médio: 1.1995e-07 fat./ano	
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (130.29) - Dia	4.0590e-07
Risco social médio: 2.1292e-07 fat./ano	
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (130.29) - Noite	4.0590e-07
Risco social médio: 4.2584e-08 fat./ano	
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (150.33) - Dia	4.0590e-07
Risco social médio: 3.1794e-07 fat./ano	
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (150.33) - Noite	4.0590e-07
Risco social médio: 6.3589e-08 fat./ano	
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (170.38) - Dia	4.0590e-07
Risco social médio: 3.0589e-07 fat./ano	
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (170.38) - Noite	4.0590e-07
Risco social médio: 6.1178e-08 fat./ano	
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (190.42) - Dia	4.0590e-07
Risco social médio: 2.7082e-07 fat./ano	
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (190.42) - Noite	4.0590e-07
Risco social médio: 5.4165e-08 fat./ano	
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (210.47) - Dia	4.0590e-07
Risco social médio: 1.9634e-07 fat./ano	
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (210.47) - Noite	4.0590e-07
Risco social médio: 3.9269e-08 fat./ano	
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (230.51) - Dia	4.0590e-07
Risco social médio: 2.4259e-07 fat./ano	
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (230.51) - Noite	4.0590e-07
Risco social médio: 4.8517e-08 fat./ano	
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Incêndio em poça (Simulação 21) (250.55) - Dia	4.0590e-07
Risco social médio: 5.0428e-07 fat./ano	
Total	1.0147e-05

Fonte: *Riskan* (2018)

Tabela 8: 25 Cenários acidentais de maior dano esperado

Cenário acidental	Dano
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (2355.21) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Noroeste (NW) Risco social médio: 2.2355e-07 fat./ano Frequência: 1.7251e-09 /ano	1.2959e+02
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (2375.25) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Noroeste (NW)	1.2568e+02

Risco social Frequência: 1.7251e-09 /ano	médio:	2.1681e-07	fat./ano	
El-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (2335.16) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Noroeste (NW)				1.2198e+02
Risco social Frequência: 1.7251e-09 /ano	médio:	2.1043e-07	fat./ano	
El-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (2335.16) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Norte (N)				1.1807e+02
Risco social Frequência: 1.8265e-09 /ano	médio:	2.1566e-07	fat./ano	
El-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (2355.21) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Norte (N)				1.1793e+02
Risco social Frequência: 1.8265e-09 /ano	médio:	2.1540e-07	fat./ano	
El-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (2375.25) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Oeste (W)				1.1519e+02
Risco social Frequência: 7.4279e-10 /ano	médio:	8.5560e-08	fat./ano	
El-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (2395.30) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Noroeste (NW)				1.1442e+02
Risco social Frequência: 1.7251e-09 /ano	médio:	1.9738e-07	fat./ano	
El-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (2355.21) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Oeste (W)				1.1235e+02
Risco social Frequência: 7.4279e-10 /ano	médio:	8.3455e-08	fat./ano	
El-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (2315.12) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Noroeste (NW)				1.1094e+02
Risco social Frequência: 1.7251e-09 /ano	médio:	1.9138e-07	fat./ano	
El-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (2315.12) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Norte (N)				1.1028e+02
Risco social Frequência: 1.8265e-09 /ano	médio:	2.0144e-07	fat./ano	
El-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (2395.30) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Oeste (W)				1.1004e+02
Risco social Frequência: 7.4279e-10 /ano	médio:	8.1734e-08	fat./ano	
El-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (2375.25) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Norte (N)				1.0964e+02
Risco social Frequência: 1.8265e-09 /ano	médio:	2.0026e-07	fat./ano	
El-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (1212.68) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Sul (S)				1.0329e+02
Risco social Frequência: 1.0472e-09 /ano	médio:	1.0817e-07	fat./ano	
El-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (1212.68) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Sudoeste (SW)				1.0329e+02
Risco social Frequência: 8.4427e-10 /ano	médio:	8.7201e-08	fat./ano	
El-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (2335.16) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Oeste (W)				1.0319e+02
Risco social Frequência: 7.4279e-10 /ano	médio:	7.6651e-08	fat./ano	

EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (2355.21) - Condição Atmosférica Padrão - Dia - Noroeste (NW) Risco social médio: 6.9730e-08 fat./ano Freqüência: 6.7785e-10 /ano	1.0287e+02
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (1192.64) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Sul (S) Risco social médio: 1.0735e-07 fat./ano Freqüência: 1.0472e-09 /ano	1.0251e+02
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (1192.64) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Sudeste (SE) Risco social médio: 2.3868e-07 fat./ano Freqüência: 2.3339e-09 /ano	1.0226e+02
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (2295.08) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Noroeste (NW) Risco social médio: 1.7549e-07 fat./ano Freqüência: 1.7251e-09 /ano	1.0173e+02
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (1232.73) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Sudoeste (SW) Risco social médio: 8.5462e-08 fat./ano Freqüência: 8.4427e-10 /ano	1.0123e+02
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (2295.08) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Norte (N) Risco social médio: 1.8385e-07 fat./ano Freqüência: 1.8265e-09 /ano	1.0065e+02
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (2415.34) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Noroeste (NW) Risco social médio: 1.7296e-07 fat./ano Freqüência: 1.7251e-09 /ano	1.0027e+02
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (2375.25) - Condição Atmosférica Padrão - Dia - Noroeste (NW) Risco social médio: 6.7495e-08 fat./ano Freqüência: 6.7785e-10 /ano	9.9572e+01
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (1232.73) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Oeste (W) Risco social médio: 7.3788e-08 fat./ano Freqüência: 7.4279e-10 /ano	9.9338e+01
EI-03 - Grande vazamento dutos de Gasolina/Nafta - Resultado do risco social - Explosão multi-energia (Simulação 12) (2415.34) - Condição Atmosférica Padrão - Noite - Oeste (W) Risco social médio: 7.3523e-08 fat./ano Freqüência: 7.4279e-10 /ano	9.8981e+01
Total	2.7153e+03

Fonte: Riskan (2018)

1.8.3.13 Individual Risk Results 'Risco individual'

Figura 15: Resultado do Risco Individual para evento EI-03



Risco individual médio:

População	Risco individual médio [/ano]
População Suape/Maria Quitéria	4.30e-13
População Parque do Mirim	2.16e-13
População Fábrica de Asfalto 1	9.32e-13
População Fábrica de Asfalto 2	8.44e-11

Fonte: Riskan (2018)

1.8.4 Evento 'EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP'

Frequência: 1.2000e-08 /ano/m

Frequência total: 3.7032e-05 /ano

Conseqüências:

Simulação	Tipo de dano	Probabilidade	
		Dia	Noite
Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22)	BLEVE	1.0000	1.0000
Nenhum efeito	Nenhum efeito	0.0000	0.0000

Fator de exposição:

Situação	Fração do tempo exposto ao dano
Dia	1
Noite	1

1.8.4.1 Simulação 'Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22)'

Bola de fogo (BLEVE)

Manual Riskan, Modelo 6.3.3, Página 237
Modelo empírico baseado na literatura

Dados de entrada

Massa na bola de fogo: 10334 kg
Umidade relativa do ar: 80 %
Temperatura ambiente: 24 °C
Carga térmica mínima de interesse: 200 W/m²

Dados da substância

Nome: n-Butano
Calor de combustão: 4.57213e+07 W/m²
Pressão de vapor d'água saturado (24.00 °C): 2986.15 Pa

Cálculo

Diâmetro da bola de fogo: 130.681 m
Duração da bola de fogo: 9.12355 s
Altura do centro da bola de fogo: 98.0107 m

Emissividade térmica: 241318 W/m²

Tabela 1: Carga térmica pela distância

Distância [m]	Coefficiente de transmissão atmosférica	Fator de vista	Fluxo térmico [W/m ²]	Probabilidade de Fatalidade [%]
0	0.730875	0.444444	78388.1	97.09
89.8593	0.689222	0.24147	40161.6	35.11
179.719	0.647826	0.101883	15927.5	0.55
269.578	0.621301	0.0518895	7779.83	0.00
359.437	0.602572	0.030759	4472.7	0.00
449.296	0.588253	0.0201887	2865.91	0.00
539.156	0.576711	0.0142173	1978.63	0.00
629.015	0.567061	0.0105348	1441.6	0.00
718.874	0.558779	0.00811073	1093.68	0.00
808.733	0.551529	0.00643312	856.208	0.00
898.593	0.545085	0.0052252	687.315	0.00
988.452	0.539287	0.00432717	563.136	0.00
1078.31	0.534018	0.00364169	469.297	0.00
1168.17	0.52919	0.00310675	396.741	0.00
1258.03	0.524736	0.00268136	339.535	0.00
1347.89	0.520601	0.00233758	293.671	0.00
1437.75	0.516744	0.00205582	256.36	0.00
1527.61	0.513129	0.00182204	225.618	0.00
1617.47	0.509728	0.00162593	200	0.00
1707.33	0.506518	0.00145983	178.438	0.00

Fonte: Riskan (2018)

1.8.4.2 Área vulnerável 'Vulnerabilidade 19'

Figura 16: Área vulnerável para evento EI-04



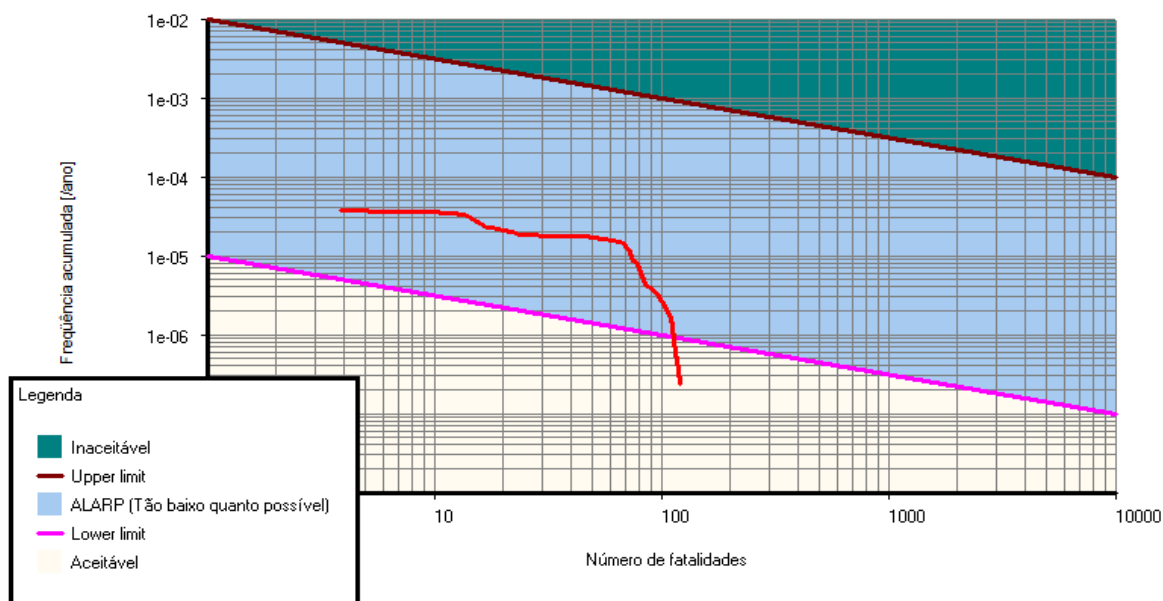
Níveis de vulnerabilidade considerados:

Descrição	Distância máxima [m]	Observação
1% Probabilidade de fatalidade	154.5060	
50% Probabilidade de fatalidade	78.5377	
99% Probabilidade de fatalidade	0.0000	

Fonte: Riskan (2018)

1.8.4.3 Social Risk Result 'Risco social'

Figura 17: Resultado do Risco Social para Evento EI-04



Risco Social Médio: $1.7050e-03$ fat./ano

Fonte: Riskan (2018)

Tabela 1: Contribuição do risco social por tipo de dano

Tipo de dano	Risco social médio [fat./ano]	Porcentagem do total [%]
Carga Térmica (Incêndio em poça)	$1.7050e-03$	100.00
Queima e asfixia (Incêndio em Nuvem)	$0.0000e+00$	0.00
Colapso estrutural, deslocamento do corpo, fratura na base do crânio, hemorragia pulmonar (explosão)	$0.0000e+00$	0.00
Dose tóxica (Nuvem tóxica)	$0.0000e+00$	0.00
Outro (desconhecido)	$0.0000e+00$	0.00
Total	$1.7050e-03$	100.00

Fonte: Riskan (2018)

Tabela 2: Contribuição do risco social por tipo de acidente

Tipo de acidente	Risco social médio [fat./ano]	Porcentagem do total [%]
Incêndio em poça	0.0000e+00	0.00
Tocha	0.0000e+00	0.00
Bola de fogo (BLEVE)	1.7050e-03	100.00
Explosão pontual	0.0000e+00	0.00
Explosão em nuvem	0.0000e+00	0.00
Incêndio em nuvem	0.0000e+00	0.00
Nuvem tóxica	0.0000e+00	0.00
Other	0.0000e+00	0.00
Total	1.7050e-03	100.00

Fonte: Riskan (2018)

Tabela 3: 1 (um) Evento iniciador de maior risco social médio

Evento iniciador	Risco social médio [fat./ano]	Porcentagem do total [%]
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP Frequência: 3.7042e-05 /ano	1.7050e-03	100.00
Total	1.7050e-03	100.00

Fonte: Riskan (2018)

Tabela 4: 1 (um) Evento iniciador de maior frequência esperada

Evento iniciador	Frequência [/ano]
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP Risco social médio: 1.7050e-03 fat./ano	3.7042e-05
Total	3.7042e-05

Fonte: Riskan (2018)

Tabela 5: 1 (um) Cenário acidental de maior dano máximo esperado

Cenário acidental	Dano máximo
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP Risco social médio: 1.7050e-03 fat./ano Frequência: 3.7042e-05 /ano	1.2247e+02

Fonte: Riskan (2018)

Tabela 6: 25 (vinte e cinco) Cenários acidentais de maior risco social médio

Cenário acidental	Risco social médio [fat./ano]	Porcentagem do total [%]
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (2375.25) - Dia Frequência: 1.2027e-07 /ano	1.4729e-05	0.86
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (2355.21) - Dia Frequência: 1.2027e-07 /ano	1.4623e-05	0.86
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (2395.30) - Dia Frequência: 1.2027e-07 /ano	1.4444e-05	0.85

<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (2335.16) - Dia</p> <p>Frequência: 1.2027e-07 /ano</p>	1.4281e-05	0.84
<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (2415.34) - Dia</p> <p>Frequência: 1.2027e-07 /ano</p>	1.4059e-05	0.82
<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (1152.55) - Dia</p> <p>Frequência: 1.2027e-07 /ano</p>	1.3814e-05	0.81
<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (1132.50) - Dia</p> <p>Frequência: 1.2027e-07 /ano</p>	1.3791e-05	0.81
<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (2315.12) - Dia</p> <p>Frequência: 1.2027e-07 /ano</p>	1.3705e-05	0.80
<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (1172.59) - Dia</p> <p>Frequência: 1.2027e-07 /ano</p>	1.3650e-05	0.80
<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (1112.46) - Dia</p> <p>Frequência: 1.2027e-07 /ano</p>	1.3623e-05	0.80
<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (2435.39) - Dia</p> <p>Frequência: 1.2027e-07 /ano</p>	1.3584e-05	0.80
<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (1092.42) - Dia</p> <p>Frequência: 1.2027e-07 /ano</p>	1.3342e-05	0.78
<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (1192.64) - Dia</p> <p>Frequência: 1.2027e-07 /ano</p>	1.3215e-05	0.78
<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (2455.43) - Dia</p> <p>Frequência: 1.2027e-07 /ano</p>	1.3147e-05	0.77
<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (2295.08) - Dia</p> <p>Frequência: 1.2027e-07 /ano</p>	1.3102e-05	0.77
<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (1072.37) - Dia</p> <p>Frequência: 1.2027e-07 /ano</p>	1.2982e-05	0.76
<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (1052.33) - Dia</p> <p>Frequência: 1.2027e-07 /ano</p>	1.2620e-05	0.74
<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (2475.47) - Dia</p> <p>Frequência: 1.2027e-07 /ano</p>	1.2550e-05	0.74
<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (2275.03) - Dia</p> <p>Frequência: 1.2027e-07 /ano</p>	1.2526e-05	0.73
<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (1212.68) - Dia</p>	1.2391e-05	0.73

Frequência: 1.2027e-07 /ano		
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (1032.28) - Dia	1.2369e-05	0.73
Frequência: 1.2027e-07 /ano		
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (1012.24) - Dia	1.2222e-05	0.72
Frequência: 1.2027e-07 /ano		
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (992.19) - Dia	1.2062e-05	0.71
Frequência: 1.2027e-07 /ano		
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (2254.99) - Dia	1.1973e-05	0.70
Frequência: 1.2027e-07 /ano		
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (972.15) - Dia	1.1907e-05	0.70
Frequência: 1.2027e-07 /ano		
Total	3.3071e-04	19.40

Fonte: *Riskan* (2018)

Tabela 7: 25 (vinte e cinco) Cenários acidentais de maior frequência esperada

Cenário acidental	Frequência [/ano]
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (10.02) - Dia Risco social médio: 5.7320e-06 fat./ano	1.2027e-07
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (10.02) - Noite Risco social médio: 1.1464e-06 fat./ano	1.2027e-07
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (30.07) - Dia Risco social médio: 6.1488e-06 fat./ano	1.2027e-07
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (30.07) - Noite Risco social médio: 1.2298e-06 fat./ano	1.2027e-07
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (50.11) - Dia Risco social médio: 6.3167e-06 fat./ano	1.2027e-07
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (50.11) - Noite Risco social médio: 1.2633e-06 fat./ano	1.2027e-07
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (70.16) - Dia Risco social médio: 6.2614e-06 fat./ano	1.2027e-07
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (70.16) - Noite Risco social médio: 1.2523e-06 fat./ano	1.2027e-07
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (90.20) - Dia Risco social médio: 6.4724e-06 fat./ano	1.2027e-07

<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (90.20) - Noite</p> <p>Risco social médio: 1.2945e-06 fat./ano</p>	1.2027e-07
<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (110.24) - Dia</p> <p>Risco social médio: 6.5003e-06 fat./ano</p>	1.2027e-07
<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (110.24) - Noite</p> <p>Risco social médio: 1.3001e-06 fat./ano</p>	1.2027e-07
<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (130.29) - Dia</p> <p>Risco social médio: 6.8263e-06 fat./ano</p>	1.2027e-07
<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (130.29) - Noite</p> <p>Risco social médio: 1.3653e-06 fat./ano</p>	1.2027e-07
<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (150.33) - Dia</p> <p>Risco social médio: 7.0881e-06 fat./ano</p>	1.2027e-07
<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (150.33) - Noite</p> <p>Risco social médio: 1.4176e-06 fat./ano</p>	1.2027e-07
<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (170.38) - Dia</p> <p>Risco social médio: 7.1215e-06 fat./ano</p>	1.2027e-07
<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (170.38) - Noite</p> <p>Risco social médio: 1.4243e-06 fat./ano</p>	1.2027e-07
<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (190.42) - Dia</p> <p>Risco social médio: 7.2972e-06 fat./ano</p>	1.2027e-07
<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (190.42) - Noite</p> <p>Risco social médio: 1.4594e-06 fat./ano</p>	1.2027e-07
<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (210.47) - Dia</p> <p>Risco social médio: 7.5857e-06 fat./ano</p>	1.2027e-07
<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (210.47) - Noite</p> <p>Risco social médio: 1.5171e-06 fat./ano</p>	1.2027e-07
<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (230.51) - Dia</p> <p>Risco social médio: 7.7197e-06 fat./ano</p>	1.2027e-07
<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (230.51) - Noite</p> <p>Risco social médio: 1.5439e-06 fat./ano</p>	1.2027e-07
<p>EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (250.55) - Dia</p> <p>Risco social médio: 7.7512e-06 fat./ano</p>	1.2027e-07
Total	3.0066e-06

Fonte: Riskan (2018)

Tabela 8: 25 Cenários acidentais de maior dano esperado

Cenário acidental	Dano
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (2375.25) - Dia Risco social médio: 1.4729e-05 fat./ano Freqüência: 1.2027e-07 /ano	1.2247e+02
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (2355.21) - Dia Risco social médio: 1.4623e-05 fat./ano Freqüência: 1.2027e-07 /ano	1.2159e+02
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (2395.30) - Dia Risco social médio: 1.4444e-05 fat./ano Freqüência: 1.2027e-07 /ano	1.2010e+02
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (2335.16) - Dia Risco social médio: 1.4281e-05 fat./ano Freqüência: 1.2027e-07 /ano	1.1874e+02
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (2415.34) - Dia Risco social médio: 1.4059e-05 fat./ano Freqüência: 1.2027e-07 /ano	1.1690e+02
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (1152.55) - Dia Risco social médio: 1.3814e-05 fat./ano Freqüência: 1.2027e-07 /ano	1.1486e+02
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (1132.50) - Dia Risco social médio: 1.3791e-05 fat./ano Freqüência: 1.2027e-07 /ano	1.1467e+02
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (2315.12) - Dia Risco social médio: 1.3705e-05 fat./ano Freqüência: 1.2027e-07 /ano	1.1395e+02
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (1172.59) - Dia Risco social médio: 1.3650e-05 fat./ano Freqüência: 1.2027e-07 /ano	1.1349e+02
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (1112.46) - Dia Risco social médio: 1.3623e-05 fat./ano Freqüência: 1.2027e-07 /ano	1.1328e+02
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (2435.39) - Dia Risco social médio: 1.3584e-05 fat./ano Freqüência: 1.2027e-07 /ano	1.1295e+02
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (1092.42) - Dia Risco social médio: 1.3342e-05 fat./ano Freqüência: 1.2027e-07 /ano	1.1094e+02
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22) (1192.64) - Dia	1.0989e+02

Risco social Freqüência: 1.2027e-07 /ano	médio:	1.3215e-05	fat./ano	
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22)	(2455.43)	-	Dia	1.0931e+02
Risco social Freqüência: 1.2027e-07 /ano	médio:	1.3147e-05	fat./ano	
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22)	(2295.08)	-	Dia	1.0894e+02
Risco social Freqüência: 1.2027e-07 /ano	médio:	1.3102e-05	fat./ano	
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22)	(1072.37)	-	Dia	1.0794e+02
Risco social Freqüência: 1.2027e-07 /ano	médio:	1.2982e-05	fat./ano	
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22)	(1052.33)	-	Dia	1.0493e+02
Risco social Freqüência: 1.2027e-07 /ano	médio:	1.2620e-05	fat./ano	
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22)	(2475.47)	-	Dia	1.0435e+02
Risco social Freqüência: 1.2027e-07 /ano	médio:	1.2550e-05	fat./ano	
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22)	(2275.03)	-	Dia	1.0416e+02
Risco social Freqüência: 1.2027e-07 /ano	médio:	1.2526e-05	fat./ano	
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22)	(1212.68)	-	Dia	1.0303e+02
Risco social Freqüência: 1.2027e-07 /ano	médio:	1.2391e-05	fat./ano	
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22)	(1032.28)	-	Dia	1.0285e+02
Risco social Freqüência: 1.2027e-07 /ano	médio:	1.2369e-05	fat./ano	
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22)	(1012.24)	-	Dia	1.0163e+02
Risco social Freqüência: 1.2027e-07 /ano	médio:	1.2222e-05	fat./ano	
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22)	(992.19)	-	Dia	1.0029e+02
Risco social Freqüência: 1.2027e-07 /ano	médio:	1.2062e-05	fat./ano	
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22)	(2254.99)	-	Dia	9.9552e+01
Risco social Freqüência: 1.2027e-07 /ano	médio:	1.1973e-05	fat./ano	
EI-04 - Bleve e bola de fogo dutos de GLP - Resultado do risco social - Bola de fogo (BLEVE) (Simulação 22)	(972.15)	-	Dia	9.9007e+01
Risco social Freqüência: 1.2027e-07 /ano	médio:	1.1907e-05	fat./ano	
Total				2.7498e+03

Fonte: Riskan (2018)

1.8.4.4 Individual Risk Results 'Risco individual'

Figura18: Resultado do Risco Individual para evento EI-04



Risco individual médio:

População	Risco individual médio [/ano]
População Suape/Maria Quitéria	1.0900e-12
População Parque do Mirim	1.1100e-12
População Fábrica de Asfalto 1	2.8000e-12
População Fábrica de Asfalto 2	1.9100e-10

Fonte: Riskan (2018)

APÊNDICE B

DADOS PARA AS SIMULAÇÕES E MODELOS PARA OS EVENTOS

1 ÁRVORES DE EVENTOS AMBIENTAL PARA OS EVENTOS INICIADORES

1.1 Árvore de evento ambiental conforme as probabilidades das direções do vento - condição dia

Tabela 1: Árvore de evento ambiental (Probabilidades das direções do vento) para o dia

Evento	Situação	Desdobramento	Condição Atmosférica	Direção do Vento
f(EI)	Dia	Conforme Vento	Padrão	
	p= 0,500	p= p (EI, n)	p= 1,000	Norte, p= 0,015
				Norte-Nordeste, p= 0,056
				Nordeste, p= 0,097
				Este - Nordeste, p=0,158
				Leste, p= 0,218
				Este - Sudeste, p= 0,149
				Sudeste, p= 0,080
				Sul - Sudeste, p= 0,061
				Sul, p= 0,042
				Sul - Sudoeste, p= 0,029
				Sudoeste, p= 0,017
				Oeste-Sudoeste, p= 0,016
				Oeste, p= 0,015
				Oeste-Noroeste, p= 0,016
				Noroeste, p= 0,017
				Norte - Noroeste, p= 0,016

Fonte: Riskan (2018)

1.2 Árvore de evento ambiental conforme as probabilidades das direções do vento - condição noite

Tabela 2: Árvore de evento ambiental (Probabilidade das direções do vento), para a noite

Evento	Situação	Desdobramento	Condição Atmosférica	Direção do Vento
F(EI)	Noite	Conforme Vento	Padrão	
	p= 0,500	p= p (EI, n)	p= 1,000	Norte, p= 0,045

Evento	Situação	Desdobramento	Condição Atmosférica	Direção do Vento
				Norte-Nordeste, p= 0,088
				Nordeste, p= 0,130
				Este - Nordeste, p=0,145
				Leste, p= 0,160
				Este - Sudeste, p= 0,109
				Sudeste, p= 0,058
				Sul - Sudeste, p= 0,042
				Sul, p= 0,026
				Sul - Sudoeste, p= 0,023
				Sudoeste, p= 0,021
				Oeste-Sudoeste, p= 0,020
				Oeste, p= 0,018
				Oeste-Noroeste, p= 0,030
				Noroeste, p= 0,043
				Norte - Noroeste, p= 0,044

Fonte: Riskan (2018)

2 CONSEQUÊNCIA PADRÃO PARA SIMULAÇÃO POR TIPO DEDANO

Em função da árvore de evento, constituída como padrão para grandes vazamentos a Tabela 3 resume a correlação entre a simulação e o tipo de dano correspondente com os valores probabilísticos das ocorrências para o dia e para a noite. Valores que foram adotados como padrões para as simulações para todos os eventos.

Tabela 3: Padrão de simulação tipo de dano na probabilidade de ocorrência dia e noite

Simulação por tipo de dano	Probabilidade	
	Dia	Noite
Incêndio em Nuvem	0,0450	0,0450
Incêndio em Poça	0,9000	0,9000
Multi - Energia	0,0450	0,0450
Nenhum efeito	0,0100	0,0100

Fonte: Riskan (2018)

3 TABELAS DAS SIMULAÇÕES E MODELOS PARA OS EVENTOS

As tabelas a seguir sintetizam os itens componentes do Apêndice A e definem os conteúdos das simulações a serem aplicadas para os eventos referentes ao Risco Social Médio e as respectivas modelagens matemáticas desenvolvidas pelo sistema computacional.

3.1 Evento EI-01 (Grande vazamento nos dutos de GLP)

Tabela 4: Simulação e modelo para evento EI-01 (Grande vazamento nos dutos de GLP)

Evento: EI-01 - Grande Vazamento nos Dutos de GLP		
APÊNDICE A	Simulação	Modelo
3.1.1	Descarga de líquido	Descarga de líquido adiabático
3.1.2	Evaporação de poça criogênica	Evaporação de líquido criogênico
3.1.3	Dispersão de nuvem inflamável pesada constante	Dispersão de gás inflamável pesado constante a partir de poça
3.1.3.1	1- Condição atmosférica: Padrão Dia	
3.1.3.2	2- Condição atmosférica: Padrão Noite	
3.1.4	Incêndio em poça	Incêndio em poça
3.1.4.1	Área vulnerável	
3.1.5	Explosão multi-energia	Explosão em nuvem (UVCE) multi-energia
3.1.5.1	1- Condição atmosférica: Padrão Dia	
3.1.5.2	2- Condição atmosférica: Padrão Noite	
3.1.6	Resultado do Risco Social	Risco Social
3.1.7	Resultado do Risco Individual	Risco Individual

Fonte: Autor (2018)

3.2. Evento EI-02 (Grande vazamento nos dutos de óleos)

Tabela 5: Simulação e modelo para evento EI-02 (Grande vazamento nos dutos de óleos)

Evento: EI-02 - Grande Vazamento nos Dutos de Óleos		
APÊNDICE A	Simulação	Modelo
3.2.1	Descarga de líquido de duto	Descarga de líquido de duto
3.2.2	Evaporação de líquido não criogênico	Evaporação de líquidos em terra
3.2.2.1	1- Condição atmosférica: Padrão Dia	
3.2.2.2	2- Condição atmosférica: Padrão Noite	
3.2.3	Dispersão de nuvem inflamável pesada constante	Dispersão de gás inflamável pesado constante a partir de poça
3.2.3.1	1- Condição atmosférica: Padrão Dia	
3.2.3.2	2- Condição atmosférica: padrão Noite	
3.2.4	Incêndio em poça	Incêndio em poça
3.2.4.1	Área vulnerável	
3.2.5	Explosão multi-energia	Explosão em nuvem (VCE) multi-energia
3.2.5.1	1- Condição atmosférica: Padrão Dia	
3.2.5.2	2- Condição atmosférica: Padrão Noite	
3.2.6	Resultado Risco Social	Risco Social
3.2.7	Resultado Risco Individual	Risco Individual

Fonte: Autor (2018)

3.3. Evento EI-03 (Grande vazamento nos dutos de gasolina, nafta e QAV)

Tabela 6: Simulação e modelo para evento EI-03 (Grande vazamento de dutos de gasolina, nafta e QAV)

Evento: EI-03 - Grande Vazamento nos Dutos de Gasolina, nafta e QAV		
APÊNDICE A	Simulação	Modelo
3.3.1	Descarga de líquido de duto	Descarga de líquido de duto
3.3.2	Evaporação de líquido não criogênico	Evaporação de líquidos em terra
3.3.2.1	1- Condição atmosférica: Padrão Dia	
3.3.2.2	2- Condição atmosférica: Padrão Noite	
3.3.3	Dispersão de nuvem inflamável pesada constante	Dispersão de gás inflamável pesado constante a partir de poça
3.3.3.1	1- Condição atmosférica: Padrão Dia	
3.3.3.2	2- Condição atmosférica: padrão Noite	
3.3.4	Incêndio em poça	Incêndio em poça
3.3.4.1	Área vulnerável	
3.4.5	Explosão multi-energia	Explosão em nuvem (VCE) multi-energia
3.4.5.1	1- Condição atmosférica: Padrão Dia	
3.4.5.2	2- Condição atmosférica: Padrão Noite	
3.4.6	Resultado do Risco Social	Risco Social
3.4.7	Resultado do Risco Individual	Risco Individual

Fonte: Autor (2018)

3.4. Evento EI-04 (*BLEVE* e bola de fogo nos dutos de GLP)

Tabela 7: Simulação e modelo para evento EI-04 (*BLEVE* e bola de fogo nos dutos de GLP)

Evento: EI - 04 – <i>BLEVE</i> e bola de fogo nos dutos de GLP		
APÊNDICE A	Simulação	Modelo
3.4.1	Bola de fogo (<i>BLEVE</i>)	Bola de fogo (<i>BLEVE</i>)
3.4.1.1	Área vulnerável	
3.4.2	Resultado do Risco Social	Risco Social
3.4.3	Resultado do Risco Individual	Risco Individual

Fonte: Autor (2018)

4 CARACTERIZAÇÃO DOS CENÁRIOS ACIDENTAIS PARA OS DUTOS

Para os eventos simulados na dutovia, foram estabelecidas as seguintes considerações:

- Para a ocorrência acidental, a partir de furo na parede dos dutos, foi adotado o critério estabelecido pelo *Health and Safety Executive (HSE)* (2012, p.47) que define a ocorrência acidental em dutos a partir de furo adotando um diâmetro correspondente a 1/3 do maior diâmetro entre os dutos transportando as substâncias GLP, álcool, óleos e gasolina, nafta e QAV. Exemplo: a dutovia é composta de cinco dutos transportando GLP com diâmetros entre 8 polegadas e 20 polegadas, logo o diâmetro do furo a ser considerado para o evento, corresponde a 1/3 do duto de 20 polegadas. Esse diâmetro de furo considerado pelo *HSE* corresponde a vazamentos médios. O valor de 1/3 do diâmetro é assumido, pela literatura mencionada, como um valor representativo para a estimativa da frequência com que o sistema de transporte de substâncias por duto pode falhar;
- O vazamento foi definido para um tempo máximo de descarga de 3600 segundos;
- Foi considerado para a evaporação na dutovia que possui em toda a extensão aproximadamente 4600,00 metros e largura média de 10,00 metros, como um ambiente não confinado e admitido um tempo médio para evaporação de 01 hora. Para a simulação de dispersão de gás, foi utilizado o modelo de dispersão de gás pesado e vazamento constante a partir de poça;

- Para caracterizar a dispersão como nuvem de gás pesado, foi utilizado o critério comparativo entre a densidade do gás em dispersão em relação à densidade média do ar de 1,15 kg/m³, ao nível do mar e a uma temperatura média de 25,00 °C;
- Na probabilidade de ocorrência de vazamento de substâncias líquidas foi estimado que a poça gerada alcançasse a metade do comprimento dos dutos.

4.1. Cálculo da frequência de vazamento nos dutos de GLP

Para a probabilidade de ocorrência acidental decorrente de vazamento nos dutos de GLP foram utilizadas as seguintes expressões que definem a frequência de ocorrência de vazamento nos dutos gerando nuvem e a frequência total de ocorrência de vazamento nos dutos:

$$F(\text{GLP}) = 1,5 \times 10^{-8} \text{ /ano/m} * nd \text{ (1)}$$

$$Ft(\text{GLP}) = F(\text{GLP}) * cd \text{ (2), onde:}$$

$F(\text{GLP})$ = frequência de ocorrência de vazamento nos dutos de GLP (/ano/m);

$Ft(\text{GLP})$ = frequência total de ocorrência de vazamento nos dutos de GLP (/ano);

nd = número de dutos transportando GLP;

cd = comprimento total do duto (m).

4.2. Frequência de vazamento nos dutos de líquidos inflamáveis

Para a probabilidade de ocorrência acidental decorrente de vazamento nos dutos de substâncias líquidas foram utilizadas as seguintes expressões que definem a frequência de ocorrência de vazamento nos dutos gerando um comprimento de poça estimado em metade do comprimento dos dutos e frequência total de ocorrência de vazamento nos dutos:

$$F(\text{líq}) = 1,5 \times 10^{-8} \text{ /ano/m} * 0,5 * nd \text{ (3)}$$

$$Ft(\text{líq}) = F(\text{líq}) * cd \text{ (4)}$$

Onde:

$F(\text{líq})$ = frequência de ocorrência de vazamento nos dutos de substâncias líquidas (/ano/m);

$Ft(\text{líq})$ = frequência total de ocorrência de vazamento nos dutos de substâncias líquidas (/ano);

nd = número de dutos transportando substâncias líquidas;

cd = comprimento total dos dutos (m).

5 FREQUÊNCIAS PARA OS EVENTOSSIMULADOS NA DUTOVIA

Para o cálculo dos riscos é necessário estabelecer a frequência de ocorrência accidental para cada evento. Para o desenvolvimento dos cálculos das frequências para os eventos a serem simulados na dutovia foram estabelecidas as seguintes condições:

- Para o presente estudo, a frequência de ocorrência para os cenários accidentais foi estimada a partir da referência bibliográfica *WASH - 1400 (NUREG-75/014), Reactor Safety Study*;
- Para eventos EI-01, EI-02 e EI-03 foram estabelecida como frequência a probabilidade de ocorrência do cenário accidental e caracterizado como grande vazamento o valor determinado pela *WASH – 1400 (NUREG 75/014)* no Anexo III, página III – 7/8, Tabela III 2-1;
- Para efeito do presente estudo, foi considerado o duto com diâmetro maior que 3 pol., sendo por esse motivo, adotado o valor mediano de $1,5 \times 10^{-8}$ /ano/m da *WASH - 1400*;
- Para a determinação da frequência para os eventos EI-01, EI-02 e EI-03 foram adotado para cálculo o valor referente ao número de dutos de cada substância transportada na dutovia, conforme expressões (1) para GLP e (3) para líquidos inflamáveis;
- Para caracterizar o tipo de vazamento foi definida para o GLP a condição de gerar nuvem de gás e do líquido inflamável a condição de gerar poça, conforme as expressões (1) e (3) de cálculos de frequências para ocorrência de GLP e líquido inflamável, respectivamente;
- Para definir o cálculo da frequência total para cada ocorrência accidental de vazamento de GLP e de líquido inflamável, foi utilizado o comprimento total dos dutos, conforme expressões (2) para GLP e (4) para líquidos inflamáveis.

Na Tabela 8 estão desenvolvidos os cálculos referentes às frequências de vazamentos para os eventos simulados na dutovia para substâncias líquidas inflamáveis.

Tabela 8– Cálculos das frequências para vazamento dos eventos simulados

Evento Iniciador	Cenário Acidental e Cálculo da Frequência
EI - 01	Grande vazamento nos dutos de GLP
	Frequência: $(1,5 \times 10^{-8} \text{ /ano/m}) * (5 \text{ dutos}) = 7,50 \times 10^{-8} \text{ /ano/m}$
	Frequência Total: $(7,5 \times 10^{-8} \text{ ano/m}) * (4,600 \times 10^3 \text{ m}) = 3,45 \times 10^{-4} \text{ /ano}$
EI - 02	Grande vazamento nos dutos de óleos
	Frequência: $(1,5 \times 10^{-8} \text{ /ano/m}) * (8 * 0,5) \text{ dutos} = 6,00 \times 10^{-8} \text{ /ano/m}$
	Frequência Total: $(6,0 \times 10^{-8} \text{ /ano/m}) * (4,600 \times 10^3 \text{ m}) = 2,76 \times 10^{-4} \text{ /ano}$
EI - 03	Grande vazamento nos dutos de gasolina, nafta e QAV
	Frequência: $(1,5 \times 10^{-8} \text{ /ano/m}) * (4 * 0,5) \text{ dutos} = 3,00 \times 10^{-8} \text{ /ano/m}$
	Frequência Total: $(3,0 \times 10^{-8} \text{ /ano/m}) * (4,600 \times 10^3 \text{ m}) = 1,38 \times 10^{-4} \text{ /ano}$

Fonte: Autor (2019)

5.1. Dados de entrada para os eventos simulados

Na Tabela 9 estão definidos os dados de entrada que foram utilizados para desenvolver os cálculos das simulações de vazamentos para os eventos simulados para substâncias líquidas inflamáveis.

Para a efetivação dos cálculos referentes aos eventos simulados foram utilizados os valores calculados na Tabela 8 para as frequências dos eventos, os dados de entrada para os eventos definidos na Tabela 9 e os valores referentes às consequências padrão para simulação por tipo de dano e pela probabilidade de ocorrência da Tabela 3, para o presente estudo de análise de risco.

Tabela 9– Dados de entrada para cálculo dos eventos simulados

Dados de Entrada	Evento Iniciador na Dutovia		
	EI-01	EI-02	EI-03
Diâmetro do Furo (m)	0,1016	0,12192	0,1016
Seção Horizontal (cm ²)	81,0732	116,745	81,0732
Altura do Líquido (m)	0,408	0,61	0,508
Posição do Furo no Duto (m)	0	0	0
Coefficiente de Descarga	0,64	0,64	0,64
Temperatura Inicial do Duto (°C)	24	24	24
Pressão Inicial do Duto (N/m ²)	236430	-	-
Pressão Atmosférica (N/m ²)	101325	-	-
Tempo Máximo de Descarga (s)	3600	3600	3600
Estimativa de Frequência (/ano/m)	7,50e-08	6,00e-08	3,00e-03
Frequência Total (/ano)	3,45e-04	2,76e-04	1,38e-04

Fonte: Autor (2019)

6 EVENTO EI-04

6.1 Cálculo das frequências para evento EI-04

Para a efetivação dos cálculos referentes ao evento EI-04, caracterizado como os fenômenos *BLEVE* e bola de fogo nos dutos de GLP, foi definida a frequência do evento através dos seguintes critérios:

- Foi considerada a possibilidade de ocorrência de incêndio em poça a partir de qualquer dos acidentes decorrentes dos eventos EI-01, EI-02 ou EI-03 com a combinação da probabilidade de 10% (dez por cento) de chance das medidas de mitigação não impedirem a ocorrência do *BLEVE*. Logo, a frequência para o evento EI-04 fica definida através do somatório das frequências dos eventos EI-01, EI-02 e EI-03, portanto:

Frequência (EI-04) = (7,50 + 6,00 + 3,00) 10⁻⁸/ano/m, logo:

Frequência (EI-04) = 1,65 x 10⁻⁷/ano/m

Atendendo ao critério estabelecido anteriormente para 10% de chance de não impedir o *BLEVE*:

Frequência (EI-04) = $(1,65 \times 10^{-7}) \cdot (0,1)$, portanto:

Frequência (EI-04) = $1,65 \times 10^{-8}/\text{ano}/\text{m}$, logo a frequência total é obtida pelo produto da frequência EI-04, pelo comprimento total do duto dentro do município, portanto:

Frequência Total (EI-04) = $(1,65 \times 10^{-8}/\text{ano}/\text{m}) \cdot (4600 \text{ m})$, logo:

- Frequência Total = $7,59 \times 10^{-5}/\text{ano}$

- Foi considerado para efeito da determinação da quantidade de massa de GLP, na condição estabelecida como substância pura n-Butano como líquido adiabático¹ participando na simulação do *BLEVE*, igual à massa no trecho abrangido pela maior poça gerada durante a simulação de vazamento ocorrida com o evento, estimada em 100 metros.

A determinação da massa de GLP participante do *BLEVE* fica então determinada a partir da densidade do n-Butano de $574,1 \text{ kg}/\text{m}^3$ e o volume correspondente a 100 m de duto de GLP:

Volume = $\pi r^2(cp)$, onde: (5)

r = raio interno do duto (m);

cp = comprimento da poça gerada (m);

Volume = $(3,1416) \cdot (0,240 \text{ m})^2 \cdot (100 \text{ m}) = 18 \text{ m}^3$.

A massa participante de GLP no *BLEVE*: $18\text{m}^3 \times 574,1 \text{ kg}/\text{m}^3 = 10334 \text{ kg}$.

6.2 Parâmetros para simulação do *BLEVE*

Foram utilizados os parâmetros estabelecidos para as consequências da simulação do *BLEVE* por tipo de dano e pela probabilidade de ocorrência da Tabela 10 para os períodos do dia e da noite.

Tabela 10–Simulação do *BLEVE* por tipo de dano e pela probabilidade de ocorrência dia e noite

Simulação	Tipo de dano	Probabilidade	
		Dia	Noite
Bola de fogo (<i>BLEVE</i>)	<i>BLEVE</i>	1,0000	1,0000
Nenhum efeito	Nenhum efeito	0,0000	0,0000

Fonte: Autor (2019)

6.3. Dados de entrada para evento EI-04

Para o desenvolvimento dos cálculos, foram utilizados os dados de entrada para o evento EI-04 definidos na Tabela 11 do presente estudo.

Tabela 11–Dados de entrada para o cálculo do evento EI-04.

Dados de Entrada	Evento Iniciador na Dutovia
	EI-04
Massa de GLP na bola de fogo (kg)	10334,00
Umidade relativa do ar (%)	80,00
Temperatura ambiente (°C)	24,00
Carga térmica mínima de interesse (W/m ²)	200,00
Estimativa de frequência (/ano/m)	1,65x10 ⁻⁸
Frequência total (/ano)	7,59x10 ⁻⁵

Fonte: Autor (2019)

APÊNDICE C**MODELO DO QUESTIONÁRIO****PERCEPÇÃO DE RISCO TECNOLÓGICO**

Nome: _____

Grau de instrução: _____

Idade: _____

Profissão: _____

Residência: _____

1 – O Sr. (a) está satisfeito em residir na cidade, zona urbana, de Madre de Deus?

() Sim () Não

2 - Por quê?

3 – O Sr. (a) tem conhecimento que a cidade tem problemas de segurança?

() Sim () Não

4 – Caso afirmativo, indique os principais problemas:

5 – A presença das instalações da dutovia, dutos que transportam produtos da refinaria, traz algum problema para a população da cidade?

() Sim () Não

6 – Por quê?

7 – Caso ocorra um acidente na dutovia, o que o Sr. (a) faria?

8 – A empresa responsável pela dutovia, ou até mesmo a prefeitura, explicaram o funcionamento e as substâncias transportadas pela dutovia que atravessa a cidade?

() Sim () Não

9 - Caso afirmativo, explique como foi realizada.

10 – A população conhece as medidas de prevenção e contenção dos riscos inerentes às instalações da dutovia na cidade?

() Sim () Não

11 - Caso afirmativo, responda. Você tem acesso às medidas a serem tomadas pela empresa, objetivando a diminuição dos riscos inerentes para a população?

12 – A empresa responsável pela dutovia, ou algum órgão da prefeitura ofereceu algum tipo de palestra sobre tema: “riscos de dutovia em área urbana”?

Sim Não

13- Caso afirmativo: Empresa e/ou prefeitura?

14 - Descreva a palestra e o quanto foi esclarecedora:

15 – O Sr. (a) conhece o número de telefone para o qual pode ligar em caso de emergência?

Sim Não

16 - Caso afirmativo, por exemplo:

ANEXO A

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DAS SUBSTÂNCIAS PURAS

1.0 PROPRIEDADES FÍSICO - QUÍMICAS DAS SUBSTÂNCIAS PURAS

Nas tabelas a seguir estão definidas as propriedades físico-químicas, das substâncias puras compatíveis com as substâncias derivadas do petróleo e álcool a serem utilizadas nas modelagens matemáticas deste estudo.

1.1 Características físico-químicas do n- Heptano - líquido

Na Tabela 1 estão definidas as características físico-químicas para a substância pura n - Heptano – líquido.

Tabela 1: Características físico-químicas do n – Heptano - Líquido

Dados da Substância	
Substância Pura: n – Heptano – Líquido	
Densidade do Líquido (24,00 °C)	682,44 kg/m ³
Capacidade Calorífica do Líquido (371,58 K)	2558,39 J/kg/K
Calor de Combustão	4,4558e+07 J/kg
Temperatura de Ebulição	371,58 K
Peso Molecular	100,204 kgmol
Pressão de Vapor do Líquido (25,00 °C)	6073,33 N/m ²
Intensidade de Radiação Média	37,5 kW/m ²
Limite Inferior de Inflamabilidade (LII)	0,0409597 kg/m ³
Limite superior de Inflamabilidade (LSI)	0,286718 kg/m ³
Calor de Evaporação (371,58 K)	4,4558e+07 J/kg

Fonte: Banco de Dados do Sistema *Riskan*.

1.2 Características físico-químicas do n- pentano - líquido

Na Tabela 2 estão definidas as características físico-químicas para a substância pura n - Pentano – líquido.

Tabela 2: Características físico-químicas do n - Pentano - Líquido

Dados da Substância	
Substância Pura: n – Pentano – Líquido	
Densidade do Líquido (24,00 °C)	622,319 kg/m ³
Capacidade Calorífica do Líquido (309,22 K)	2345,57 J/kg/K
Temperatura de Ebulição	309,22 K
Peso Molecular	72,1503 kgmol
Limite Inferior de Inflamabilidade (LII)	0,0412893 kg/m ³
Limite superior de Inflamabilidade (LSI)	0,230041 kg/m ³
Calor de Combustão	4,49754e+07 J/kg
Pressão de Vapor do Líquido (25,00 °C)	68478,3 N/m ²
Calor de Evaporação (309,22 K)	4,49754e+07 J/kg
Intensidade de Radiação Média	37,5 kW/m ²

Fonte: Banco de Dados do Sistema *Riskan*.

1.3 Características físico-químicas do n - Butano - líquido adiabático e n - Butano líquido criogênico

Na Tabela 3 estão definidas as características físico – químicas para as substâncias pura n - Butano como líquido adiabático e n – Butano como líquido criogênico.

Tabela 3: Características físico–químicas do n – Butano - Líquido Adiabático e Criogênico

Dados da Substância	
Substância Pura: n – Butano como Líquido Adiabático	
Densidade do Líquido (24,00 °C)	574,106 kg/m ³
Capacidade Calorífica do Líquido (24,00 °C)	2429,8 J/kg/K
Calor Latente de Vaporização (24,00 °C)	361346 J/kg
Temperatura de Ebulição	- 0,500006 °C / 272,65 K
Peso Molecular	58,1234 kgmol
Densidade – Fase Líquida	574,106 kg/m ³
Densidade – Fase Vapor	5,56248 kg/m ³
Limite Inferior de Inflamabilidade (LII)	0,0427657 kg/m ³
Limite superior de Inflamabilidade (LSI)	0,201949 kg/m ³
Calor de Combustão	4,57213e+07 J/kg
Calor de Evaporação (272,65 K)	4,57213e+07 J/kg
Capacidade Calorífica do Líquido (272,65 k)	2311,2 J/kg/K
Intensidade de Radiação Média	37,5 kW/m ²
Substância Pura: n – Butano como Líquido Criogênico	
Temperatura de Ebulição do Líquido	- 0,500006 °C
Calor de Evaporação do Líquido (- 0,500006 °C)	385990 J/kg
Densidade do Líquido (- 0,500006 °C)	601,982 kg/m ³

Fonte: Banco de Dados do Sistema *Riskan*.

ANEXO B

DISTRIBUIÇÃO POPULACIONAL DE MADRE DE DEUS/BA

PSF I – SUAPE/CAÇÃO	
MICROÁREA	POPULAÇÃO
1	248
2	173
3	234
4	221
5	395
6	301

PSF II – BARBEIRINHO	
MICROÁREA	POPULAÇÃO
1	218
2	201
3	261
4	173
5	194
6	193

PSF III – CAIS/MIRIM	
MICROÁREA	POPULAÇÃO
1	248
2	226
3	223
4	281
5	226

PSF IV – CENTRO/ORLA	
MICROÁREA	POPULAÇÃO
1	169
2	164
3	168
4	159
5	167
6	177
7	212

PSF V – ALTO DA MATRIZ	
MICROÁREA	POPULAÇÃO
1	174