

**UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**  
**MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**FERNANDO SOUZA DE ALMEIDA**

**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DO MEIO AMBIENTE DO TRABALHO EM  
INSTALAÇÕES PORTUÁRIAS (ELÉTRICAS, MECÂNICAS E QUÍMICAS):  
ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE SANTOS/SP.**

**SANTOS/SP**

**2018**

**FERNANDO SOUZA DE ALMEIDA**

**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DO MEIO AMBIENTE DO TRABALHO EM  
INSTALAÇÕES PORTUÁRIAS (ELÉTRICAS, MECÂNICAS E QUÍMICAS):  
ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE SANTOS/SP.**

Dissertação apresentada à Universidade Santa Cecília como parte dos requisitos para obtenção de título de mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, sob a orientação do Prof. Dr. Aureo Emanuel Pasqualetto Figueiredo e do Prof. Dr. Deovaldo de Moraes Júnior.

**SANTOS/SP**

**2018**

Autorizo a reprodução parcial ou total deste trabalho, por qualquer que seja o processo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos.

363.7 - A446a

Almeida, Fernando Souza.

Avaliação das Condições do Meio Ambiente do Trabalho em Instalações Portuárias (Elétricas, Mecânicas e Químicas): Estudo de Caso no Município de Santos/Fernando Souza de Almeida - 2018. 149 p.

Orientador: Dr. Aureo Emanuel Pasqualetto Figueiredo.

Orientador: Dr. Deovaldo de Moraes Junior

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Santos, SP, 2018.

1. Análise de Riscos. 2. Dióxido de Carbono. 3. Meio Ambiente do Trabalho. 4. Porto de Santos. 5. Terminal de Granéis Líquidos no Porto de Santos. I. Figueiredo, Aureo Emanuel Pasqualetto, orient. II. Júnior, Deovaldo de Moraes, orient. III. Avaliação das Condições do Meio Ambiente do Trabalho em Instalações Portuárias (Elétricas, Mecânicas e Químicas): Estudo de Caso no Município de Santos.

Elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas – Unisanta

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho à minha mãe, Maria Vitória de Souza de Almeida, por todo carinho, força e incentivo concedidos durante este ciclo; ao meu pai, José Evilázio Ribeiro de Almeida, por sempre me apoiar nos estudos e busca de conhecimento; ao Eng. Nilton Gomes Vasconcelos (in memoriam), pelos riquíssimos ensinamentos transmitidos enquanto professor e orientador; à minha querida amiga Aline, por todo incentivo e apoio na conclusão deste Mestrado e aos meus amigos e parentes que me apoiaram de diversas maneiras durante esta importante etapa de minha vida.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço,

Ao Prof. Dr. Eng. Aureo Emanuel Pasqualetto Figueiredo, pelo incentivo na escolha do tema de pesquisa, orientação, recomendações, bem como na contribuição neste processo construtivo de aprendizado.

Ao Prof. Dr. Eng. Deovaldo de Moraes Júnior, pela disponibilidade, orientação, recomendações e atenção.

Ao Prof. Me. Eng. Elio Lopes dos Santos, ao Prof. Dr. Eng. Aldo Ramos Santos, à Prof<sup>a</sup>. Dra. Eng<sup>a</sup>. Marlene Silva de Moraes e à Prof<sup>a</sup>. Dra. Eng<sup>a</sup>. Nathália Carolina Veríssimo pela disponibilidade, coorientação e atenção.

A Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria Cristina Pereira Matos, à Prof<sup>a</sup>. Esp. Josselia Fontoura e ao Eng. Marcos Oliveira Libório pela atenção, apoio e total incentivo para ingressar no mundo acadêmico.

Ao Eng. Nilton Gomes Vasconcelos (in memoriam), por todos os conselhos e orientações concedidas enquanto aluno e orientador da Esp. Lato Sensu em Engenharia de Segurança do Trabalho, cursada entre 2012 e 2013.

Aos colegas mestrandos e docentes dos Programas de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Mecânica, Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos e Direito da Saúde: Dimensões Individuais e Coletivas.

A Promotora de Meio Ambiente do Ministério Público do Estado de São Paulo – GAEMA/SP, Dra. Flávia Maria Gonçalves, pela autorização para consulta e disponibilização dos 42 (quarenta e dois) volumes que integram o Inquérito Civil – IC Nº 14.0703.0000028/2015-1 - MPSP-GAEMA/BS, documento oficial de domínio público, para realização do presente estudo.

## EPÍGRAFE

*“Prometo que,  
no cumprimento do meu dever de engenheiro,  
não me deixarei cegar  
pelo brilho excessivo  
da tecnologia,  
esquecendo-me completamente  
de que trabalho para o bem do homem  
e não para o da máquina;  
respeitarei a natureza,  
evitando projetar ou construir  
equipamentos que destruam  
o equilíbrio ecológico  
ou que o poluam;  
colocarei todo o meu conhecimento científico  
a serviço do conforto  
e desenvolvimento da humanidade;  
assim sendo,  
estarei em paz comigo  
e com Deus.”*

*JURAMENTO DO ENGENHEIRO*

## RESUMO

A ocorrência de acidentes no Porto de Santos na década de 2010, como por exemplo nas empresas COPERSUCAR (2013) e RUMO LOGÍSTICA - GRUPO COSAN (2014), ocasionaram impactos ambientais na Região Metropolitana da Baixada Santista. Paralelamente, entre 2012 e 2016, setores econômicos integrantes da cadeia produtiva do segmento portuário, como a gestão de portos e terminais portuários, o transporte rodoviário de cargas e o armazenamento de produtos diversos, apresentaram 2106 registros de acidentes com CAT - Comunicação de Acidentes do Trabalho. O estudo de caso em questão, teve como objetivo interpretar e investigar o incêndio de grandes proporções ocorrido em terminal de armazenamento de grânéis líquidos instalado no Porto de Santos em 2015, no que diz respeito a causa, consequências e impactos gerados, com o intuito de propor a aplicação de ferramentas de engenharia e gestão na redução de acidentes por meio de avaliação das condições do meio ambiente do trabalho em instalações portuárias (elétricas, mecânicas e químicas), na busca pela adequação de normas de segurança, dinâmica da aplicação de sistemas de gestão integrada e prevenção de acidentes e impactos ambientais na Baixada Santista. Trata-se do segundo maior acidente de impacto ambiental ocorrido no Brasil, e o segundo maior da história em terminais portuários de armazenamento de grânéis líquidos. Foram consultados documentos oficiais de domínio público na investigação da ocorrência. Realizaram-se as seguintes ações: avaliar as bombas B-2642, B-2644 e B-2678, que explodiram na Central de Transferência IV; aplicar a metodologia da Análise de Modos e Efeitos de Falhas – FMEA; calcular o potencial energético calorífico gerado pela queima dos volumes de combustível estocados nos tanques antes e depois do incêndio, comparando com 5 hipóteses sobre atividades e eventos nacionais e internacionais e calcular os indicadores de toxicidade referentes ao monóxido e dióxido de carbono emitidos na atmosfera. O potencial energético calorífico total do volume queimado dos tanques de combustível vale 178.653,09 MWh. Deste valor, 68.350,07 MWh correspondem aos tanques de Álcool Anidro ANP, 109.081,12 MWh aos de Gasolina A e 1.221,90 MWh ao de Óleo Diesel S10. E o potencial energético calorífico total do volume dos tanques antes do incêndio vale 303.737,24 MWh. Deste valor, 73.885,92 MWh correspondem aos tanques de Álcool Anidro ANP, 188.985,63 MWh aos de Gasolina A e 40.865,69 MWh ao de Óleo Diesel S10. A partir dos volumes totais de Gasolina A (3.294.947,37 m<sup>3</sup>), Álcool Anidro ANP (2.415.795,65 m<sup>3</sup>), e Óleo Diesel S10 (3.680.574,80 m<sup>3</sup>) armazenados antes do incêndio, quantificaram-se os efeitos relativos à energia liberada na queima, bem como indicadores de toxicidade referentes ao monóxido e dióxido de carbono. Concluindo-se, houve a emissão total de 43.851,70 toneladas de CO<sub>2</sub> e 1.468,71 toneladas de CO na atmosfera durante o incêndio; valores superiores aos limites máximos de exposição aceitos no Brasil: 9.000,00 mg/m<sup>3</sup> de dióxido de carbono e 55,00 mg/m<sup>3</sup> de monóxido de carbono.

**Palavras Chave:** Análise de riscos. Incêndio. Meio Ambiente do Trabalho. Porto de Santos. Terminal de grânéis líquidos.

## ABSTRACT

The occurrence of accidents in Santos Port of the decade of 2010, as for example in the companies COPERSUCAR and COURSE LOGISTICS - COSAN GROUP, leading to environmental impacts in the Metropolitan Region of Baixada Santista. In parallel, between 2012 and 2016, economic sectors, members of the productive chain of the port sector, such as management of ports and port terminals, freight transportation and storage of various products, presented 2106 records of accidents with CAT - Communication of Work-Related Injuries. The case study in question, had as its goal to interpret and investigate the fire of large proportions occurred in the terminal storage of bulk liquid products installed in Santos Port in 2015, in respect of the cause, consequences and impacts, in order to propose the application of tools from engineering and management in the reduction of accidents by means of evaluation of the conditions of the working environment in the port facilities (electrical, mechanical, and chemical), in the search for the suitability of safety standards, the dynamics of the application of integrated management systems and the prevention of accidents and environmental impacts in Baixada Santista. It is the second largest accident of the environmental impact occurred in Brazil, and the second largest in the history at port terminals for storage of bulk liquids. Were consulted official documents in the public domain in the investigation of the occurrence. Carried out the following actions evaluate the bombs B-2642, B-2644, and B-2678, which exploded in the Central Transfer IV; apply the methodology of the Analysis of Modes and Effects of Failures – FMEA; calculate the potential energy by heat generated by the combustion of the volumes of fuel stored in the tanks before and after fire, compared with 5 hypotheses about activities and national and international events and to calculate the indicators of toxicity related to the carbon monoxide and carbon dioxide emitted in the atmosphere. The energy potential total heat of volume the burnt of the fuel tanks worth 178.653,09 MWh. This value, 68.350,07 MWh correspond to the tanks of Anhydrous Alcohol ANP, 109.081,12 MWh to Gas and 1.221,90 MWh Oil Diesel S10. And the potential energy total heat volume of the tanks before the fire in the valley 303.737,24 MWh. This value, 73.885,92 MWh correspond to the tanks of Anhydrous Alcohol ANP, 188.985,63 MWh for Gas and 40.865,69 MWh Oil Diesel S10. From the total volumes of Gasoline (3.294.947,37 m<sup>3</sup>), Ethanol Anhydrous ANP (2.415.795,65 m<sup>3</sup>), and Oil Diesel S10 (3.680.574,80 m<sup>3</sup>) stored before the fire, quantificaram-if the effects related to the energy released in the burning, as well as indicators of toxicity related to the carbon monoxide and carbon dioxide. In conclusion, there was a total emission of 43.851,70 tonnes of CO<sub>2</sub> and 1.468,71 tons of CO in the atmosphere during the fire; values higher than the maximum limits of exposure accepted in Brazil: 9.000,00 mg/m<sup>3</sup> of carbon dioxide and 55,00 mg/m<sup>3</sup> of carbon monoxide.

**Key-words:** Risk analysis. Fire. Work environment. Santos Port. Liquid bulk terminal.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Incêndio em terminais de armazenamento de petróleo em Buncefield, Reino Unido.....	22
Figura 2 – Incêndio em terminal açucareiro na empresa Rumo Logística (Grupo Cosan), no município de Santos/SP.....	23
Figura 3 – Incêndio no terminal açucareiro da Copersucar, no Porto de Santos, Brasil.....	23
Figura 4 – Incêndio em terminal açucareiro localizado no município do Guarujá/SP.....	24
Figura 5 – Incêndio e explosões no terminal de contêineres da empresa Localfrio, localizado no município do Guarujá/SP.....	25
Figura 6 – Vista superior do terminal, com a localização do TIS I e TIS II.....	28
Figura 7 – Registro aéreo do perímetro do incêndio na empresa Ultracargo.....	30
Figura 8 – A) 10:06:11: Maior concentração de fumaça na região da Bomba 2678.....	31
Figura 9 – B) 10:07:29: Mais perceptível o segundo foco junto à região da Bomba 2642.....	31
Figura 10 – C) 10:07:38: Chamas visíveis acima dos tanques na região da Bomba 2678.....	31
Figura 11 – D) 10:08:32: Aumento da queima incompleta de inflamáveis no dique.....	31
Figura 12 – E) 10:08:44: Fenômenos de UVCE (Unconfined Vapor Cloud Explosion).....	31
Figura 13 – F) 10:09:00: Chamas dominando integralmente o dique da CETRAN IV..	31
Figura 14 – Propagação do incêndio nos tanques TQ 2638 e TQ 2639.....	32
Figura 15 – Utilização de LGE no combate ao incêndio aos tanques de combustível da empresa Ultracargo, em Santos/SP.....	33
Figura 16 – Brigada do Corpo de Bombeiros no combate às chamas do incêndio.....	34
Figura 17 – Vista aérea de região no Porto de Santos afetada pelo incêndio da empresa Ultracargo.....	36
Figura 18 – Vista aérea do combate ao fogo com jatos de espuma em tanques de combustível.....	36

Figura 19 – Vazamento de resíduos líquidos no Canal do Estuário no Porto de Santos.....	37
Figura 20 – Registro aéreo de área onde ocorreu o incêndio no Porto de Santos.....	38
Figura 21 – Índices de criticidade para cada par Cr (o,s).....	44
Figura 22 – Faixas de criticidade e tolerabilidade – Matriz de criticidade.....	44
Figura 23 – Carcaça da bomba B-2642 durante perícia na CETRAN IV.....	66
Figura 24 – Mancal da bomba B-2642 em diligência na empresa Ultracargo.....	66
Figura 25 - Remoção e transporte da bomba B-2642 para oficina mecânica.....	66
Figura 26 – Vista interna de mancal da bomba B-2642.....	66
Figura 27 – Vista frontal do interior da bomba B-2642.....	66
Figura 28 – Dispositivo de respiro na bomba B-2642, com queimadura na parte externa.....	66
Figura 29 – Remoção da bomba B-2644 em diligência na empresa Ultracargo.....	67
Figura 30 – Desmontagem completa da bomba B-2644.....	67
Figura 31 – Vista frontal interna de rotor da bomba B2644.....	67
Figura 32 – Dispositivo de respiro com queimadura na bomba B-2644.....	67
Figura 33 - Destroços da bomba B-2678 observados em diligência.....	68
Figura 34 – Carcaça da bomba B-2678 em diligência na empresa Ultracargo.....	68
Figura 35 – Vista externa de mancal da bomba B-2678.....	68
Figura 36 – Desmontagem completa da bomba B-2678.....	68
Figura 37 – Rotor da bomba B-2678.....	68
Figura 38 – Projeção de partes da bomba B-2678 antes de sua explosão.....	69
Figura 39 – Projeção de região na bomba B-2678 afetada pelo incêndio.....	69
Figura 40 – Mapa do Terminal Intermodal de Santos – TIS I.....	71
Figura 41 – Mapa da CETRAN IV com detalhamento das bombas instaladas.....	71
Figura 42 – Detalhamento de tubulações e conexões instaladas na CETRAN IV.....	73
Figura 43 – Registro de tubulações externas da CETRAN IV durante o incêndio.....	74
Figura 44 – Detalhamento de tubulações externas da CETRAN IV após o incêndio.....	74
Figura 45 – Estado de tanques na CETRAN IV após o incêndio.....	74
Figura 46 – Tipos de Riscos presentes na Situação I.....	76
Figura 47 – Tipos de Riscos presentes na Situação II.....	77
Figura 48 – Ordenamento do Uso e Ocupação do Solo na Área Continental de Santos.....	89
Figura 49 – Modelo conceitual de “Porto Sustentável”.....	91

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – As 10 (dez) atividades econômicas com maior emissão de CAT's em Santos, entre 2012 e 2016.....	21
Tabela 2 – Identificação, capacidade e tipo de combustível nos tanques instalados no TIS I.....	29
Tabela 3 – Informações do Parque de Tancagem do TIS I – TEAS.....	35
Tabela 4 – Classes e índices de ocorrências.....	42
Tabela 5 – Classes e índices de severidade.....	43
Tabela 6 – Índice de probabilidade de detecção.....	43
Tabela 7 – Descrição técnica das bombas B-2642, B-2644 e B-2678 na CETRAN IV.....	45
Tabela 8 – Informações sobre o combustível queimado no Tanque 2628.....	53
Tabela 9 – Informações sobre o combustível queimado nos tanques situados na CETRAN IV.....	53
Tabela 10 – Informações sobre o volume de combustível estocado no Tanque 2628, antes do incêndio.....	54
Tabela 11 – Informações sobre os tanques da CETRAN IV com volume inicial de combustível.....	55
Tabela 12 – Informações sobre as massas de substâncias geradas pelo combustível estocado e queimado no Tanque 2628.....	63
Tabela 13 – Densidades de substâncias geradas pelo combustível estocado e queimado no Tanque 2628.....	63
Tabela 14 – Informações sobre as massas de substâncias geradas pelo combustível estocado e queimado nos tanques afetados pelo incêndio na CETRAN IV.....	64
Tabela 15 – Densidades de substâncias geradas pelo combustível estocado e queimado nos tanques afetados pelo incêndio na CETRAN IV.....	64
Tabela 16 – Energia elétrica (em MWh) e volume queimado (em m <sup>3</sup> ) nos tanques de combustível próximos da CETRAN IV.....	78
Tabela 17 – Comparação do potencial energético calorífico apresentado no volume dos tanques queimados no incêndio de Santos, com hipóteses apontadas em atividades e eventos nacionais e internacionais.....	78

Tabela 18 – Energia elétrica (em MWh) e volume inicial (em m <sup>3</sup> ) nos tanques de combustível localizados próximos da CETRAN IV, antes do incêndio.....	80
Tabela 19 – Comparação do potencial energético calorífico apresentado no volume dos tanques antes do incêndio de Santos, com hipóteses apontadas em atividades e eventos nacionais e internacionais.....	80
Tabela 20 – Estimativas de Massa Total do volume queimado (em toneladas) e Densidade (mg/m <sup>3</sup> ) de CO <sub>2</sub> concentrado nos combustíveis estocados nos tanques afetados pelo incêndio.....	82
Tabela 21 – Densidade total e Limite Máximo de Exposição de CO <sub>2</sub> permitido no Brasil (mg/m <sup>3</sup> ) e Número de exposição relacionado à Densidade total, segundo o tipo de combustível e o número do tanque.....	83
Tabela 22 – Estimativas de Massa Total do volume queimado (em toneladas) e Densidade (mg/m <sup>3</sup> ) de CO concentrado nos combustíveis estocados nos tanques afetados pelo incêndio.....	84
Tabela 23 – Densidade total e Limite Máximo de Exposição de CO permitido no Brasil (mg/m <sup>3</sup> ) e Número de exposição relacionado à Densidade total, segundo o tipo de combustível e o número do tanque.....	85
Tabela 24 – Disposição das Áreas de Expansão Urbana e de Proteção Ambiental em território que compreende a Área Continental de Santos.....	90
Tabela 25 – Consumo energético e número de consumidores no Município de Santos em 2016.....	120

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Informações sobre o incêndio ocorrido no Reino Unido em 2005.....	22
Quadro 2 – Informações sobre incêndio ocorrido em 2014, em armazém da empresa Rumo Logística, no Porto de Santos.....	23
Quadro 3 – Informações sobre o incêndio ocorrido em 2013 na empresa Copersucar, no município de Santos/SP.....	23
Quadro 4 – Informações sobre o incêndio ocorrido em 2014 no Terminal Exportador de Açúcar do Guarujá, litoral do Estado de São Paulo.....	24
Quadro 5 – Informações sobre o incêndio ocorrido em 2016, no terminal de contêineres da empresa Localfrio, instalada no município do Guarujá/SP.....	25
Quadro 6 – Fatores que podem afetar ações de combate a incêndio em áreas portuárias.....	26
Quadro 7 – Análise de danos nas bombas B-2642, B-2644 e B-2678 no incêndio.....	47
Quadro 8 – Apresentação dos índices de frequência, severidade e de risco na situação I.....	48
Quadro 9 – Apresentação dos índices de frequência, severidade e de riscos na situação II.....	50
Quadro 10 – Identificação do tipo e cor de risco, de acordo com índices de frequência, severidade e de risco apresentados na situação I.....	75
Quadro 11 – Identificação do tipo e cor de risco, de acordo com índices de frequência, severidade e de risco apresentados na situação II.....	76
Quadro 12 – Apresentação de tipo de risco e recomendações propostas por técnicos da empresa Ultracargo na situação I.....	134
Quadro 13 – Apresentação de tipo de risco e recomendações propostas por técnicos da empresa Ultracargo na situação II.....	138
Quadro 14 – Apresentação de medidas de curto prazo ou para aplicação imediata.....	144
Quadro 15 – Apresentação de medidas de médio prazo.....	146
Quadro 16 – Apresentação de medidas de longo prazo.....	148
Quadro 17 – Cultura Fraca x Cultura Sólida.....	150

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	–	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEU	–	Área de Expansão Urbana
APA	–	Área de Proteção Ambiental
AR	–	Análise de Riscos
ANP	–	Agência Nacional de Petróleo
ANTAQ	–	Agência Nacional de Transportes Aquáticos
ASTM	–	American Society for Testing and Materials
AZUSC	–	Acervo Zoológico da UNISANTA
BA	–	Baixa
BTP	–	Brasil Terminais Portuários
BLEVE	–	Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion
CA	–	Catastrófica
CAT	–	Comunicação de Acidentes do Trabalho
CB	–	Corpo de Bombeiros
CBPMESP	–	Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo
CCM	–	Casa de Controle de Máquinas
CCO	–	Centro de Controle Operacional
CETESB	–	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CETRAN IV	–	Central de Transferência IV
CF	–	Constituição Federal
CIPA	–	Comissão Interna para Prevenção de Acidentes
CIRM	–	Comissão Interministerial para os Recursos do Mar
CLT	–	Consolidação das Leis do Trabalho
CODESP	–	Companhia Docas do Estado de São Paulo
CONAMA	–	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONIT	–	Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte
CR	–	Crítica
CREA/SP	–	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
CRQ	–	Conselho Regional de Química
CS	–	Certidão de Sinistro

CSSSO	–	Certificação do Sistema da Segurança e Saúde Ocupacional
DQO	–	Demanda Química de Oxigênio
EAR	–	Estudo de Análise de Risco
EDD	–	Estado Democrático de Direito
EPIA	–	Estudo Prévio de Impacto Ambiental
FMEA	–	Failure Mode and Effect Analysis
FR	–	Frequente
FUNGED	–	Fundo Nacional de Resposta a Grandes Emergências e Desastres
GAEMA	–	Grupo de Atenção Especial de Defesa do Meio Ambiente
GLP	–	Gás Liquefeito de Petróleo
GT	–	Grupo de Trabalho
HAZOP	–	Hazard and Operability Study
ISO	–	International Organization for Standardization
EPI's	–	Equipamentos de Proteção Individual
LGE	–	Líquido Gerador de Espuma
LIE	–	Limite Inferior de Explosividade
LSE	–	Limite Superior de Explosividade
LT	–	Laudo Técnico
MMA	–	Ministério de Estado de Meio Ambiente
MO	–	Moderada
MPSP	–	Ministério Público de São Paulo
MT	–	Ministério do Trabalho
MTPS	–	Ministério do Trabalho e Previdência Social
NR	–	Norma Regulamentadora
OC	–	Ocasional
OHSAS	–	Occupational Health and Safety Assesment Series
OIT	–	Organização Internacional do Trabalho
PAE	–	Plano de Ação de Emergência
PAM	–	Plano de Auxílio Mútuo
PAPS	–	Plano de Área do Porto de Santos
PA's	–	Planos de Área
PCI	–	Poder Calorífico Inferior
PIE	–	Plano Integrado de Emergência

PDCA	– Plan-Do-Check-Act
PNMA	– Política Nacional do Meio Ambiente
PPRA	– Programa de Prevenção de Riscos Ambientais Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta
P2R2	– Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Químicos Perigosos
PR	– Provável
RA	– Risco Alto
RB	– Risco Baixo
RE	– Remoto
RM	– Risco Moderado
RMBS	– Região Metropolitana da Baixada Santista
RPN	– Risk Priority Number
SABESP	– Companhia de Saneamento Básico de Estado de São Paulo
SAMU	– Serviço de Atendimento Móvel de Urgência
SCI	– Sistema de Combate à Incêndio
SGSST	– Sistema de Gestão de Segurança e Saúde no Trabalho
SINDAMAR	– Sindicato das Agências de Navegação Marítima do Estado de São Paulo
SSO	– Saúde e Segurança Ocupacional
SO	– Saúde Ocupacional
SST	– Segurança e Saúde no Trabalho
TEAS	– Terminal Exportador de Álcool de Santos S.A.
TEQUIMAR	– Terminal Químico de Aratu S/A
TIS	– Terminal Intermodal de Santos
TPA's	– Trabalhadores Portuários Avulsos
TRANSPETRO	– Petrobras Transporte S.A.
UNISANTA	– Universidade Santa Cecília
UVCE	– Unconfined Vapor Cloud Explosion
VCE	– Vapor Cloud Explosion

## LISTA DE SÍMBOLOS

$B_2H_6$	–	Gás Diborano
CO	–	Monóxido de Carbono
CO <sub>2</sub>	–	Dióxido de Carbono
ha	–	hectares
HCl	–	Cloreto de Hidrogênio
H <sub>2</sub> O	–	Água
l	–	Litros
kcal	–	Quilocaloria
kcal/kg	–	Quilocalorias por quilograma
kg/m <sup>3</sup>	–	Quilograma por metro cúbico
kg/litro	–	Quilograma por litro
km <sup>2</sup>	–	Quilômetros quadrados
kT	–	Quilotonelada
kWh	–	Quilowatt-hora
m <sup>3</sup>	–	Metros cúbicos
mg/litro	–	Miligramas por litro
mg/m <sup>3</sup>	–	Miligrama por metro cúbico
Mton	–	Megatoneladas
MWh	–	Megawatt-hora
N <sub>2</sub>	–	Gás Nitrogênio
NO <sub>x</sub>	–	Óxidos de Nitrogênio
O <sub>2</sub>	–	Gás Oxigênio
PH <sub>2</sub>	–	Gás Fosfina
Kt	–	Quilotoneladas
SiH <sub>4</sub>	–	Gás Silano
SO <sub>2</sub>	–	Dióxido de Enxofre
t	–	Tonelada

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	20
1.1. Generalidades .....	20
1.2. Histórico de alguns acidentes ocorridos na área operacional do Porto de Santos/SP, e em outras localidades nacionais e internacionais.....	22
1.3. Objetivo .....	27
1.4. Objetivos Secundários.....	27
1.5. Justificativa e Relevância do Tema .....	27
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	28
2.1. Fundamentação .....	28
2.2. Estudo de caso: Caracterização do Terminal Intermodal de Santos .....	28
2.2.1. A Causa do Incêndio .....	30
2.2.2. Fatores de contribuição à propagação do incêndio.....	33
2.2.3. Impactos e Danos Ambientais .....	36
2.3. Material.....	39
2.4. Método.....	40
2.4.1. Degradação Químico-Mecânica das Bombas .....	40
2.4.2. Análise dos Modos de Ruptura por Seus Efeitos (FMEA) e por sua Criticidade (FMECA). .....	41
2.4.2.1. Estimativa do Índice de Criticidade.....	42
2.4.2.1.1. Índice de ocorrência .....	42
2.4.2.1.2. Índices de severidade.....	43
2.4.2.1.3. Índices de detecção.....	43
2.4.2.1.4. Matriz de criticidade.....	43
3. RESULTADOS: .....	45
3.1. Análise das bombas B-2642, B-2644 e B-2678, localizadas na CETRAN IV. .	45
3.2. Análise dos riscos existentes na Central de Transferência IV, com aplicação da metodologia FMEA. ....	48
3.2.1. Situação I: Retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678 instaladas na Central de Transferência IV, com a utilização de caminhão munck. ....	48
3.2.2. Situação II: Montagem de estrutura para escoramento na Central de Transferência IV, com a utilização de material tubular e abraçadeiras para retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678. ....	50
3.3. Demonstração empírica sobre o potencial energético calorífico passível de explosão acumulada nos tanques que armazenavam combustíveis, próximos da CETRAN IV. ....	52
3.3.1. Estatísticas e Projeções do Incêndio.....	52
3.3.1.1. Dimensionamento do Volume Queimado: .....	52
3.3.1.2. Dimensionamento do volume inicial .....	54
3.4. Análise Toxicológica dos Gases Emitidos na Atmosfera.....	56
3.4.1 Dimensionamento do Volume das Substâncias Queimadas: .....	56
3.4.1.1. Álcool Anidro ANP: .....	56
3.4.1.2. Gasolina A: .....	58
3.4.1.3. Óleo Diesel S10:.....	60
3.4.2. Cálculo do Volume Queimado (Massa e Densidade): .....	62
4. DISCUSSÃO. ....	65

4.1. Análise das bombas B-2642, B-2644 e B-2678, localizadas na CETRAN IV. .	65
4.1.1. Bomba B-2642 / OP 395471 / KSB Megachem 150-315.....	66
4.1.2. Bomba B-2644 / OP 395473 / KSB Megachem 150-315.....	67
4.1.3. Bomba B-2678 / OP 395471 / KSB Meganorm 250-500 .....	68
4.2. Análise dos tipos de riscos existentes no local onde ocorreu o incêndio em 2 (duas) situações operacionais, com o emprego da metodologia FMEA - Análise de Modos e Efeitos de Falhas.....	70
4.2.1. Situação I: Retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678 instaladas na Central de Transferência IV, com a utilização de caminhão munck.....	75
4.2.2. Situação II: Montagem de estrutura para escoramento na Central de Transferência IV, com a utilização de material tubular e abraçadeiras para retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678. ....	76
4.3. Cálculo do potencial energético calorífico presente no volume dos tanques para estocagem de combustíveis, localizados na CETRAN IV. ....	78
4.3.1. Dimensionamento do Volume Queimado: .....	78
4.4. Análise Toxicológica dos Gases Emitidos na Atmosfera:.....	82
4.4.1. Dióxido de Carbono - CO <sub>2</sub> .....	82
4.4.2. Monóxido de Carbono - CO.....	84
4.5. Desenvolvimento Sustentável no Meio Ambiente Portuário .....	86
4.5.1. Volume de água gerado pela queima dos tanques de combustíveis no incêndio:.....	86
4.5.2. Sustentabilidade e os impactos ambientais portuários.....	88
5. CONCLUSÃO.....	93
5.1. Trabalhos futuros .....	94
6. VERSÃO COMPACTA .....	95
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	111
8. GLOSSÁRIO .....	119
9. APÊNDICES.....	120
9.1. Cálculo das hipóteses pelo dimensionamento do volume queimado: .....	120
9.2. Cálculo das hipóteses pelo dimensionamento do volume inicial: .....	125
10. ANEXOS .....	130
10.1. Legislação e Normas Técnicas .....	130
10.2. Descrição dos riscos apresentados na CETRAN IV após o incêndio.....	134
10.2.1. Situação I: Retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678 instaladas na Central de Transferência IV, com a utilização de caminhão munck.....	134
10.2.2. Situação II: Montagem de estrutura para escoramento na Central de Transferência IV, com a utilização de material tubular e abraçadeiras na retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678. ....	138
10.3. Medidas Preventivas .....	142
10.3.1. Generalidades .....	142
10.3.2. Análise de sugestões da “Carta de Santos” .....	143
10.3.2.1. Medidas de Curto Prazo.....	143
10.3.2.2. Medidas de Médio Prazo.....	146
10.3.2.3. Medidas de Longo Prazo.....	148
10.3.3. Cultura de Segurança.....	149
10.4. Check List de Leis, Decretos, Normativas Técnicas Internacionais e Resoluções.....	150

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1. Generalidades**

Segundo Costa (2015), os portos atualmente passam por um processo de modernização, devido à necessidade de atender às demandas do crescente comércio internacional, utilizando o modal aquaviário para transportar suas mercadorias e crescente utilização de embarcações maiores e mais modernas. Por consequência, com o passar dos anos, ocorrem o aperfeiçoamento das relações de trabalho no ambiente portuário e o aumento de complexidade da atividade.

Nos dias atuais persistem dificuldades para a aplicação de ferramentas técnicas e gerenciais nas atividades do setor portuário. A falta de investimentos na infraestrutura dos portos públicos e na qualificação dos trabalhadores e operadores portuários contribui no agravamento dessa situação.

Visando aprimorar a segurança no meio ambiente do trabalho, foi implementada a Norma Regulamentadora n.º 29, voltada para amparar tecnicamente segurança e a saúde dos trabalhadores do segmento, por meio da padronização dos procedimentos de segurança nas instalações, nas movimentações, armazenagens e serviços voltados ao segmento, como sinalização, instalação de equipamentos de segurança e utilização de equipamentos de proteção individual (EPI's).

Todavia, é notório que parte dos gestores apresenta uma visão unidimensional no planejamento de temáticas como a segurança do trabalho, tendo como reflexo a limitação de poucos investimentos na qualificação e reciclagem dos trabalhadores portuários.

Segundo Gomes e Santos (2013) os acidentes acontecem dentre outras causas, pela ação do homem: pela manipulação indevida de substâncias químicas ou não cumprimento de procedimentos pré-estabelecidos de segurança.

Nos terminais portuários situados na área do Porto de Santos, entre 2012 e 2016, as atividades econômicas relacionadas ao porto estão entre as com maior emissão de Comunicação de Acidentes de Trabalho (CAT), conforme detalha a Tabela 1. Tal fato, além de refletir no comprometimento dos atores componentes da cadeia produtiva do segmento, coloca em risco a própria população da Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS).

**Tabela 1 – As 10 (dez) atividades econômicas com maior emissão de CAT's em Santos, entre 2012 e 2016.**

<b>Atividade Econômica</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Porcentagem (%)</b>
Atividades de atendimento hospitalar	1.589	15,37
Gestão de portos e terminais portuários	916	8,86
Transporte rodoviário de cargas	679	6,57
Armazenamento de produtos diversos	511	4,94
Coleta de resíduos não-perigosos	342	3,31
Construção de edifícios	253	2,45
Atividades de tele atendimento	230	2,22
Comércio varejista de mercadorias em geral - hipermercados e supermercados	227	2,20
Administração pública em geral	203	1,96
Restaurantes e outros estabelecimentos de serviços de alimentação e bebidas	203	1,96
<b>Total</b>	<b>5.153</b>	<b>49,84</b>

**Adaptado pelo autor.  
Fonte: (OIT, 2017).**

Entre 2012 e 2016, os 10 (dez) setores econômicos com maior emissão de CAT's no município de Santos apresentaram 5.153 comunicados, correspondendo a 49,84%. Dentre as atividades econômicas citadas na Tabela 1, componentes da cadeia produtiva do segmento portuário em Santos pode-se citar a Gestão de portos e terminais portuários, o Transporte rodoviário de cargas e o Armazenamento de produtos diversos, cuja soma total compreende 2106 registros de acidentes com CAT (40,87% do total supracitado).

A ocorrência de acidentes no setor portuário no município de Santos nos últimos anos demonstra, neste cenário, quão importante é a implantação de uma eficiente política de prevenção de riscos e acidentes. O estudo de caso deste trabalho não está limitado ao número de vítimas, danos às pessoas e trabalhadores, mas aos elementos e a gravidade da ocorrência que o caracterizam.

No âmbito da Engenharia Mecânica, observou-se que as bombas B-2642, B-2644 e B-2678, avaliadas na Central de Transferência IV (CETRAN IV), evidenciam a importância da análise de riscos atrelados à segurança no meio ambiente do trabalho portuário, tanto pela utilização do método FMEA, quanto no cálculo do potencial energético calorífico dos volumes dos tanques de combustível afetados pelo incêndio. Tais fatores destacam a relevância na realização de ações preventivas e mitigadoras dos tipos de riscos existentes em instalações portuárias (elétricas, mecânicas e químicas).

## 1.2. Histórico de alguns acidentes ocorridos na área operacional do Porto de Santos/SP, e em outras localidades nacionais e internacionais

Há muitos casos de acidentes ocorridos em instalações onde são trabalhadas atividades de extração, produção, armazenagem, transferência, manuseio e/ou manipulação de produtos químicos capazes de potencializar reações químicas, explosões ou incêndios. A seguir, os Quadros de 1 a 5 apresentam descrições de alguns exemplos mais recentes, de acidentes nacionais e internacionais:

### Quadro 1 – Informações sobre o incêndio ocorrido no Reino Unido em 2005.

#### Incêndio em terminais de armazenamento de petróleo

**Data:** 11/12/2005

**Local:** Hertfordshire (Buncefield – Reino Unido), Figura 1

**Descrição do Incidente:** Considerado um dos maiores depósitos de petróleo do Reino Unido, houve uma série de explosões em 20 tanques de armazenagem do terminal, com capacidade aproximada de 270 milhões de litros de combustível. O combate às chamas exigiu o trabalho de 180 bombeiros, 25 caminhões de combate a incêndio, 20 veículos de suporte, além de 16 brigadas no local. Existe a suspeita de que o incêndio teve início após a mistura entre ar e combustível, resultando numa forte explosão. Explosões foram ouvidas em países vizinhos, como a França e a Holanda. Não houve vítimas. Era considerado o incêndio mais grave da história até meados de 2015.



Figura 1 – Incêndio em terminais de armazenamento de petróleo em Buncefield, Reino Unido.  
Fonte: (ASME, 2005).

**Quadro 2 – Informações sobre incêndio ocorrido em 2014, em armazém da empresa Rumo Logística, no Porto de Santos.**

**Incêndio em terminais de armazenamento portuário**

**Data:** 03/08/2014

**Local:** Armazém da Rumo Logística (empresa instalada na área do Porto de Santos), Figura 2

**Descrição do Incidente:** Incêndio de grandes proporções, que atingiu os armazéns V e X do terminal açucareiro da empresa Rumo Logística, do Grupo Cosan.



**Figura 2 – Incêndio em terminal açucareiro na empresa Rumo Logística (Grupo Cosan), no município de Santos/SP.  
Fonte: (FOLHA ONLINE, 2014).**

**Quadro 3 – Informações sobre o incêndio ocorrido em 2013 na empresa Copersucar, no município de Santos/SP.**

**Incêndio em terminais de armazenamento portuário**

**Data:** 18/10/2013

**Local:** Copersucar (empresa instalada na área do Porto de Santos, Brasil), Figura 3

**Descrição do Incidente:** Incêndio ocorrido no terminal açucareiro da Copersucar, atingindo 5 (cinco) armazéns. Houve uma vítima.



**Figura 3 – Incêndio no terminal açucareiro da Copersucar, no Porto de Santos, São Paulo, Brasil. Fonte: (FOLHA ONLINE, 2013).**

Quadro 4 – Informações sobre o incêndio ocorrido em 2014 no Terminal Exportador de Açúcar do Guarujá, litoral do Estado de São Paulo.

### Incêndio em terminais de armazenamento portuário

**Data:** 20/10/2014

**Local:** Terminal Exportador de Açúcar do Guarujá – TEAG – área do Porto de Guarujá), Figura 4

**Descrição do Incidente:** Incêndio ocorrido em um armazém de terminal açucareiro, rapidamente consumido pelo fogo.



Figura 4 – Incêndio em terminal açucareiro localizado no município do Guarujá/SP.  
Fonte: (GT – ALEMOA, 2016).

Quadro 5 – Informações sobre o incêndio ocorrido em 2016, no terminal de contêineres da empresa Localfrio, instalada no município do Guarujá/SP.

### Incêndio em terminal de contêineres

**Data:** 14/01/2016

**Local:** Porto de Santos, Área Portuária situada no município do Guarujá (LocalFrio); Figura 5

**Descrição do Incidente:** Segundo a CETESB, a ruptura de um contêiner contendo 20 toneladas de dicloroisocianurato de sódio dihidratado, permitiu a entrada de água das chuvas que, numa reação química, causou o incêndio. O fogo atingiu 66 contêineres. A fumaça tóxica atingiu os moradores do bairro, que foram obrigados a deixar suas casas, além de moradores de Guarujá, Santos, Cubatão e São Vicente. Segundo o Governo do Estado de São Paulo, foram registrados 170 casos de atendimento nos centros médicos. Segundo o CBPMESP, esse sinistro potencializou risco ainda maior do que o da Ultracargo. A interrupção da travessia das balsas marítimas Santos/Guarujá e o fechamento do Porto (canal de navegação) e de estabelecimentos comerciais e industriais da região (PORTAL G1 SANTOS & REGIÃO, 2016).



Figura 5 – Incêndio e explosões no terminal de contêineres da empresa Localfrio, localizado no município do Guarujá/SP.

Fonte: (A TRIBUNA ONLINE, 2016).

Os principais acidentes portuários ocorridos no Brasil apresentam fatores em comum, capazes de comprometer ações de prevenção e combate a incêndios.

Conforme apresentado no Quadro 6, podem ser citados os logísticos, os urbanísticos, os procedimentais, os culturais e os operacionais:

**Quadro 6 – Fatores que podem afetar ações de combate a incêndio em áreas portuárias.**

<b>Número</b>	<b>Tipo de fator</b>	<b>Descrição</b>
<b>1</b>	<b>Logísticos</b>	Os conflitos entre modais de transportes implantados, limitando a acessibilidade dos veículos no local do acidente.
		O posicionamento dos equipamentos de combate a incêndio limita a acessibilidade interna no local do acidente.
<b>2</b>	<b>Urbanísticos</b>	As empresas encontram-se próximas de áreas urbanas residenciais.
<b>3</b>	<b>Procedimentais</b>	Falta de procedimentos operacionais documentados.
		Falta de atendimento a procedimentos operacionais por funcionários diretos ou de empresas terceirizadas.
		Falta de informação imediata e confiável sobre produtos estocados e recursos de combate a sinistros disponíveis.
<b>4</b>	<b>Culturais</b>	Ausência de conscientização por parte dos atores envolvidos sobre a importância da segurança, não apenas como um procedimento funcional, mas como condição natural e necessária à preservação da saúde e da própria vida.
<b>5</b>	<b>Operacionais</b>	Falta de inventário atualizado de produtos armazenados.
		Falta de manutenção de sistemas de prevenção e combate a sinistros.
		Incompatibilidade entre sistemas e dispositivos (locais e/ou coletivos) de prevenção e combate a incêndio.
		Ausência de recursos físicos (veículos, acessórios e produtos específicos) para o enfrentamento de sinistros de grande porte.
		As brigadas de incêndio e do Corpo de Bombeiros não se encontravam preparados para o enfrentamento de sinistros de grande porte.

**Adaptado pelo autor.**

**Fonte: (GT – ALEMOA, 2016).**

As considerações e sugestões para implementação das recomendações podem ater-se a qualquer potencial situação de risco; sendo que qualquer iniciativa deva harmonizar e dinamizar aspectos normativos, operacionais e de fiscalização, relativos a instalações que extraiam, produzam, armazenem, transfiram, manuseiem e/ou manipulem produtos capazes de potencializar reações químicas, explosões ou incêndios.

### **1.3. Objetivo**

O objetivo principal do presente estudo foi interpretar e investigar o incêndio de grandes proporções ocorrido em terminal de armazenamento de grânéis líquidos instalado no Porto de Santos em 2015, no que diz respeito a causa, consequências e impactos gerados, com o intuito de propor a aplicação de ferramentas de engenharia e gestão na redução de acidentes por meio de avaliação das condições do meio ambiente do trabalho em instalações portuárias (elétricas, mecânicas e químicas), na busca pela dinâmica da aplicação de normas de segurança e prevenção de acidentes e impactos ambientais na Região Metropolitana da Baixada Santista.

### **1.4. Objetivos Secundários**

- a) Avaliar as bombas B-2642, B-2644 e B-2678, localizadas na CETRAN IV;
- b) Implantar metodologia específica para análise dos tipos de riscos existentes na CETRAN IV, em 2 (duas) situações operacionais ocorridas após o incêndio;
- c) Calcular o potencial energético calorífico (em MWh) apresentado nos volumes dos 8 (oito) tanques de combustível estocados antes e depois do incêndio;
- d) Comparar os valores obtidos no item c, adotando 5 (cinco) hipóteses correspondentes a atividades e eventos nacionais e internacionais;
- e) Quantificar os volumes de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e monóxido de carbono (CO) emitidos na atmosfera, gerados pela queima dos combustíveis estocados nos tanques afetados pelo incêndio.

### **1.5. Justificativa e Relevância do Tema**

O incêndio ocorrido em abril de 2015, no terminal de armazenamento de grânéis líquidos da empresa Ultracargo, no Porto de Santos, foi considerado o maior do Brasil e o segundo maior do gênero na história. Os cálculos do potencial energético calorífico apresentados pelos volumes dos tanques de combustível afetados pelo incêndio, poderão amparar tecnicamente a relevância deste estudo de caso, além de propor possibilidades para o desenvolvimento sustentável de uma política de segurança e prevenção de riscos no meio ambiente do trabalho portuário. Outros episódios se repetem no Porto de Santos, como os incêndios de grandes proporções nas empresas COPERSUCAR (2013) e RUMO LOGÍSTICA - GRUPO COSAN (2014); e vazamentos químicos na LOCALFRIO (2016) e VALE FERTILIZANTES (2017). Mesmo sendo o maior porto da América Latina em extensão e instalações, o Porto de Santos necessita de obras para melhoria na infraestrutura e logística, por refletir os números de acidentes de trabalho decorrentes nos últimos anos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Fundamentação

O estudo de caso analisado no presente trabalho, referente ao incêndio ocorrido no Porto de Santos em 2015, apresentou ênfase aos seguintes fatores: causa, fatores contribuintes para sua propagação e impactos ambientais.

### 2.2. Estudo de caso: Caracterização do Terminal Intermodal de Santos

A empresa Ultracargo está localizada no Porto de Santos, ocupando área aproximada de 184.000 m<sup>2</sup>, destinada para recebimento, estocagem e movimentação de produtos líquidos à granel, inflamáveis e não inflamáveis, mediante operações de carregamento e descarregamento de navios e caminhões tanques.

O Terminal Químico de Aratu S/A – TEQUIMAR está localizado na Avenida Engenheiro Augusto Barata s/nº, bairro da Alemoa, Santos, Brasil. Este terminal apresenta 3 (três) berços de atracação, 179 tanques de armazenagem, de produtos movimentados a granel líquidos (químicos, corrosivos, óleos lubrificantes, combustíveis e óleos vegetais). Cada tanque apresenta capacidade para armazenagem, variando entre 100 m<sup>3</sup> e 10.000 m<sup>3</sup>, além de área de 183.871 m<sup>2</sup>, com capacidade total de armazenagem de 338.300 m<sup>3</sup> (ULTRACARGO, 2017).

Conforme apresentado na Figura 6, o complexo encontra-se subdividido em dois terminais intermodais (TIS I e TIS II). A área de tancagem de combustíveis do Terminal Intermodal de Santos - TIS I, local do incêndio e objeto da investigação, foi resultado de parceria firmada em 2005, entre o Terminal Exportador de Álcool de Santos S.A, do grupo Raízen, com o Terminal Químico de Aratu S.A, empresa pertencente ao grupo Ultra.



Figura 6 – Vista superior do terminal, com a localização do TIS I e TIS II.  
Fonte: (SANTOS, FALCONI e CASTRO, 2016).

O TIS I é composto por 13 tanques de aço carbono e sistemas de recebimento e expedição dos produtos líquidos inflamáveis por meio dos modais marítimo e rodoviário, com capacidade estática total de 80.000 m<sup>3</sup>. A Tabela 2 apresenta a distribuição dos tanques no perímetro do TIS I, da seguinte forma:

**Tabela 2 – Identificação, capacidade e tipo de combustível nos tanques instalados no TIS I.**

<b>Identificação dos Tanques</b>	<b>Capacidade (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Combustível</b>
2628	5.000	Gasolina A
2629	5.000	Etanol Hidratado
2630	5.000	Etanol
2631	5.000	Gasolina A
2632	10.000	Óleo Diesel S10
2633	10.000	Óleo Diesel S10
2642	3.000	Gasolina A
2643	3.000	Gasolina A
2644	10.000	Gasolina A
2645	6.000	Álcool Anidro ANP
2646	6.000	Gasolina A
2647	6.000	Álcool Anidro ANP
2648	6.000	Gasolina A
<b>TOTAL</b>	<b>80.000</b>	-----

Adaptado pelo autor.

Fonte: (SANTOS, FALCONI e CASTRO, 2016).

Dos 13 (treze) tanques instalados no perímetro do TIS I, em 08 (oito) deles houve redução no combustível estocado devido ao consumo do volume no incêndio. Os tanques afetados pelas chamas estavam identificados como 2628, 2631, 2633, 2643, 2645, 2646, 2647 e 2648. Destes, 05 (cinco) estocavam Gasolina A, 02 (dois) estocavam Álcool Anidro ANP e 01 (um) estocava Óleo Diesel S10.

No dia 02 de abril de 2015, ocorreu um acidente de grandes proporções na área portuária no bairro da Alemoa, Santos (SP). Um incêndio começou por volta de 10 horas, período matutino, numa sequência de explosões em tanques de combustível do Terminal Químico de Aratu S/A – TEQUIMAR, localizado no porto de Santos. O fogo deflagrou-se em tanque contendo gasolina e progrediu rapidamente.

Segundo A Tribuna (2015), o atendimento perdurou por pelo menos mais de 197 horas, sendo este evento considerado o maior incidente ocorrido em área industrial na América Latina e o segundo maior do gênero no mundo, com o envolvimento de pelo menos 118 pessoas no combate ao incêndio. O maior do mundo

no gênero ocorreu na Inglaterra em 2005, com o envolvimento de pelo menos 180 pessoas.

### 2.2.1. A Causa do Incêndio

Segundo informações oficiais do Corpo de Bombeiros do Interior – 6º Grupamento de Bombeiros, da Polícia Militar do Estado de São Paulo, apontadas na Certidão de Sinistro nº GB-046/100/15, apresentadas no GAEMA – Grupo de Atenção Especial de Defesa do Meio Ambiente do Ministério Público de São Paulo/ Núcleo Baixada Santista - o atendimento da ocorrência no terminal de tanques da empresa TEQUIMAR – Terminal Químico Aratu S/A, sito à Avenida Engenheiro Augusto Barata s/nº, Distrito Industrial de Alemoa – Santos/SP, ocorreu a partir das 10 horas e 17 minutos do dia 2 de abril de 2015 (SANTOS, FALCONI e CASTRO, 2016).

Num primeiro momento, o incidente foi tratado como incêndio ocorrido em tubulações da CETRAN IV próxima do Tanque TQ-2646, que armazenava gasolina, além de abrigar plataformas de carga / descarga e dique de contenção à distância. A Figura 7 apresenta o registro aéreo do perímetro.



Figura 7 – Registro aéreo do perímetro no incêndio da empresa Ultracargo.  
Fonte: (PORTAL G1 SANTOS & REGIÃO, 2015).

Baseando-se em informações oficiais do Corpo de Bombeiros, o início do atendimento do incêndio ocorreu oficialmente às 10 horas e 17 minutos, enquanto a empresa informou que as primeiras equipes chegaram no local às 10 horas e 27 minutos, com a apresentação visual de grande proporção das chamas. A evolução das chamas ocorreu principalmente pela grande disponibilidade de combustível concentrada nos mangotes pressurizados de transferência em carga, e por colapsos ocorridos em tanques (SANTOS, FALCONI e CASTRO, 2016).

Por meio de registro visual, o incêndio foi iniciado na CETRAN IV, central de transferência dos combustíveis em operação no momento do acidente. As Figuras 8-13 apresentam sequência de imagens cedidas pela empresa STOLTHAVEN, contemplando evolução de fatos no intervalo de tempo aproximado de 2 minutos e 49 segundos:



**Figura 8 – A) 10:06:11:** Maior concentração de fumaça na região da Bomba 2678.  
Fonte: (MPSP GAEMA/BS, 2015).



**Figura 9 – B) 10:07:29:** Mais perceptível o segundo foco junto à região da Bomba 2642.  
Fonte: (MPSP GAEMA/BS, 2015).



**Figura 10 – C) 10:07:38:** Chamas visíveis acima dos tanques na região da Bomba 2678.  
Fonte: (MPSP GAEMA/BS, 2015).



**Figura 11 – D) 10:08:32:** Aumento da queima incompleta de inflamáveis no dique.  
Fonte: (MPSP GAEMA/BS, 2015).



**Figura 12 – E) 10:08:44:** Fenômenos de UVCE (Unconfined Vapor Cloud Explosion).  
Fonte: (MPSP GAEMA/BS, 2015).



**Figura 13 – F) 10:09:00:** Chamas dominando integralmente o dique da CETRAN IV.  
Fonte: (MPSP GAEMA/BS, 2015).

Conforme observado nas Figuras 8-13, nota-se a rápida evolução do incêndio no intervalo de 5 (cinco) minutos, passível de atingir grandes proporções tornando-se contínuo em seu alastramento e por consequência, incontrolável.

Torna-se possível afirmar que o maior estoque de combustíveis estava próximo ao dique da CETRAN IV (contendo grandes concentrações de gasolina, óleo diesel e álcool hidratado). As condições observadas durante o incêndio foram a fonte de ignição (calor do incêndio em curso), a existência de quantidade mínima de vapores de gases e a faixa de inflamabilidade do produto, entre o Limite Inferior de Explosividade (LIE) e o limite superior de explosividade (LSE). No momento do incêndio ocorria a transferência de gasolina do tanque TQ 2646, por meio do conjunto motor - bomba 2642, para o tanque TQ 12-3302. Após ser atingido pelo fogo, o tanque TQ-2646 tornou-se o ponto central de toda a propagação catastrófica do incêndio, avançando a CETRAN IV (SANTOS, FALCONI e CASTRO, 2016).

O excesso de pressão gerado pela elevação da temperatura resultou no rompimento das soldas, com a abertura do teto do tanque, além do lançamento de diversos fragmentos metálicos. Por consequência, a propagação tornou-se inevitável nos demais tanques, conforme aponta a Figura 14:



**Figura 14 – Propagação do incêndio nos tanques TQ 2638 e TQ 2639.**  
Fonte: (FOLHA ONLINE, 2015).

A explosão da bomba n.º 2678 ocorreu em função da tentativa de exportação de combustível do local do incêndio para o porto. Nesta fase, as válvulas de sucção e descarga estavam fechadas no acionamento indevido da bomba, com a liberação de combustível em autoignição (SANTOS, FALCONI e CASTRO, 2016).

Fatores como a temperatura ambiente elevada no momento da transferência do fluido e a grande concentração de vapor provocaram sua explosão, com a consequente ruptura da carcaça da bomba. Esta falha operacional caracteriza o

fenômeno BLEVE - Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (Explosão de Vapor em Expansão de Líquido em Ebulição).

As chamas se propagaram continuamente pelo interior da CETRAN IV, por decorrência da ruptura dos mangotes pressurizados e/ou alinhados aos tanques de armazenamento de combustíveis, tornando-se incontroláveis. Por consequência, a permanência do conjunto em operação em circuito fechado, com as válvulas de sucção e de descarga, propiciou o excessivo aquecimento da estrutura e a consequente explosão (SANTOS, FALCONI e CASTRO, 2016).

### 2.2.2. Fatores de contribuição à propagação do incêndio.

O incêndio ganhou grandes proporções num curto espaço de tempo, condicionando a estratégia de combate ao incêndio apenas na manutenção da eficácia nos sistemas de proteção dos demais tanques, devido à expansão do fogo a outros tanques. Complementando a ineficiência dos sistemas de alimentação de espumas (LGE), a técnica de resfriamento dos tanques mostrou-se insuficiente para evitar o superaquecimento dos líquidos combustíveis nos demais tanques.

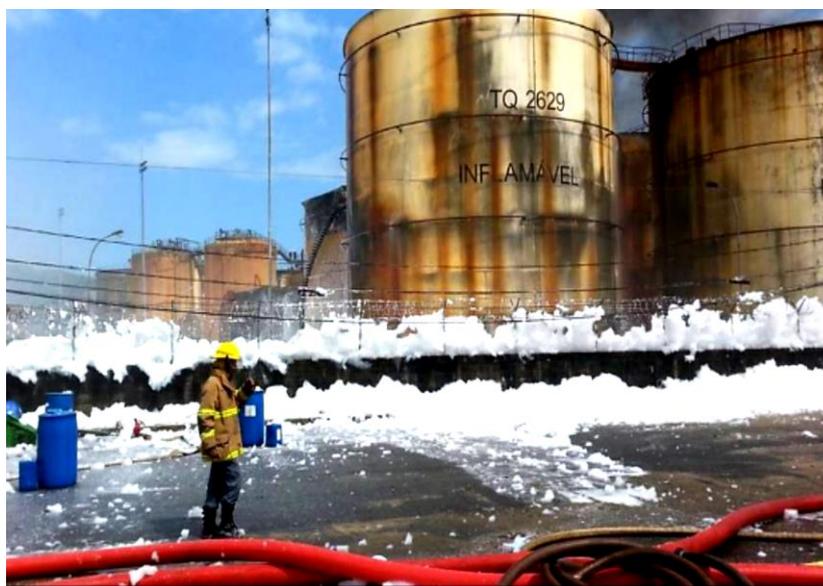


Figura 15 – Utilização de LGE no combate ao incêndio aos tanques de combustível da empresa Ultracargo, em Santos/SP. Fonte: (FOLHA DE SÃO PAULO ONLINE, 2015).

O Líquido Gerador de Espuma (LGE) é um detergente líquido e concentrado, especialmente formulado para produzir uma espuma em mistura com a água pura, do mar ou salobra. Apresenta características especiais de resistência química e a temperaturas elevadas (ULTRACARGO, 2015).

De acordo com Relatório de Inspeção da CETESB, foram utilizados 426.000 litros de espuma LGE, além de 4.000 litros de espuma “Cold Fire” e mais 4.000 litros

de espuma F-500. Todos estes compostos orgânicos apresentam capacidade eficaz na redução do oxigênio presente no ambiente. O objetivo desses líquidos é eliminar o oxigênio presente nas chamas dos incêndios (BORGES, 2016).

Seu funcionamento ocorre à jusante das seguintes etapas: separação da chama das superfícies combustíveis, eliminação dos vapores de superfície do combustível, retenção de ar nos vapores inflamáveis e resfriamento da superfície combustível e adjacentes. Sem margem de dúvidas, os SCI – Sistemas de Combate a Incêndio, em especial quanto a ações para impedir a sua propagação aos demais tanques por arrefecimento de suas paredes foram ineficientes. Fatores como a falta de eficiência na contenção do fogo, com ênfase ao dique da CETRAN IV, a consequente propagação para o dique de contenção do tanque TQ-2646; e a ausência de ações descentralizadas no combate ao incêndio, como a redução de temperatura nos tanques provocaram a propagação descontrolada e sequencial do fogo (SANTOS, FALCONI e CASTRO, 2016).



**Figura 16 – Brigada do Corpo de Bombeiros no combate às chamas do incêndio.**  
**Fonte: (AGÊNCIA BRASIL - EBC, 2015).**

A proporção alcançada pelo incêndio induz o debate da seguinte pergunta: se a capacidade do sistema de combate a incêndio implantado na empresa era capaz de suprir adequada e simultaneamente elementos como sistemas de espuma, hidrantes, canhões monitores e sistema de arrefecimento dos tanques. O sistema não supriu as necessidades de vazão e pressão de água nos momentos iniciais do incêndio, aliando-se ao combate deficitário do fogo originário (SANTOS, FALCONI e CASTRO, 2016). A Tabela 3 apresenta informações como a capacidade nominal dos tanques, os volumes estocados antes e após o incêndio, o volume queimado e informações complementares.

Tabela 3 – Informações do Parque de Tancagem do TIS I - TEAS.

Prefixo dos tanques	Volume máximo do tanque (m <sup>3</sup> )	Descrição do produto estocado	Volume antes do incêndio (m <sup>3</sup> )	Volume após o incêndio (m <sup>3</sup> )	Volume queimado (m <sup>3</sup> )	OBSERVAÇÕES:
<b>2628</b>	5.000	GASOLINA A	4.880	4.636	244	Perda (queima) pelos "vents".
<b>2631</b>	5.000	GASOLINA A	4894	1713	3.181	O combustível foi transferido para o tanques 2656 e 2659, além de diluído em água. Houve colapso no tanque.
2633	10.000	ÓLEO DIESEL S10	3.913	3.796	117	Perda (queima) pela linha do tanque.
2643	3.000	GASOLINA A	2.975	2.350	625	Perda (queima) pela linha do tanque.
<b>2645</b>	6.000	ANIDRO ANP	5.943	891	5.052	Ao contato com as chamas, o combustível confinado provocou queima no tanque. Parte foi transferido para o tanque 2636, diluído em água.
<b>2646</b>	6.000	GASOLINA A	2409	0	2.409	Queima total do combustível confinado. Houve colapso no tanque.
<b>2647</b>	6.000	ANIDRO ANP	5949	0	5.949	Queima total do combustível confinado. Houve colapso no tanque.
<b>2648</b>	6.000	GASOLINA A	5.958	229	5.729	Houve queima parcial de combustível no tanque. Foi encontrada água com residual de gasolina.
<b>TOTAL</b>	<b>47.000</b>	-----	<b>36.921</b>	<b>13.615</b>	<b>23.306</b>	<b>Total: 4 tanques colapsados.</b>

Adaptado pelo autor.

Fonte: (SANTOS, FALCONI e CASTRO, 2016).

Vale ressaltar que **63,12%** do volume total de combustíveis armazenados antes do incêndio foram queimados. Entre gasolina, álcool e óleo diesel, chegou-se ao consumo do volume total de **23.306 m<sup>3</sup>** (metros cúbicos) no incêndio.

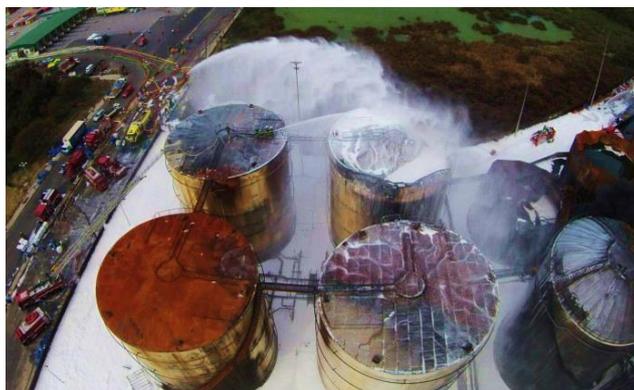
### 2.2.3. Impactos e Danos Ambientais

Conforme apresentado na Tabela 3, aproximadamente 23.000.000 de litros de combustível foram queimados no incêndio, entre óleo diesel, gasolina e álcool anidro. No decorrer do incêndio, formou-se uma espessa coluna de fumaça negra produzida pela queima de combustíveis armazenados nos tanques da CETRAN IV, com emissão de material particulado na atmosfera. A Figura 17 apresenta vista aérea do incêndio ocorrido na empresa.



**Figura 17 – Vista aérea de região no Porto de Santos afetada pelo incêndio da empresa Ultracargo. Fonte: (RÁDIO JOVEM PAN ONLINE, 2015).**

Numa busca exitosa no combate ao incêndio, foram utilizadas diversas fontes de água: do reservatório localizado no perímetro, da lagoa, de caminhões-pipa e do estuário do Porto de Santos. A excessiva quantidade de água utilizada acumulou-se no entorno dos focos de incêndio, atingindo o estuário e a lagoa. A Figura 18 apresenta vista aérea do volume de espuma utilizada no combate ao incêndio nos tanques de combustíveis.



**Figura 18 – Vista aérea do combate ao fogo com jatos de espuma em tanques de combustível. Fonte: (JORNAL O GLOBO ONLINE, 2015).**

Houve a emissão de resíduos (óleo diesel, gasolina, álcool e substâncias componentes dos LGE's – Líquidos Geradores de Espuma, com altas concentrações de detergentes) escoado e drenados pelas águas, originários do controle das chamas e esfriamento dos tanques (SANTOS, FALCONI e CASTRO, 2016).

Consoante ao apresentado na Figura 19, são visualmente perceptíveis os corpos d'água, formados pela lagoa localizada próxima do Terminal Exportador de Álcool de Santos (TEAS), bem como das águas do Canal do Piaçaguera e Estuário de Santos, tomadas por camada de espuma utilizada no combate ao incêndio.



**Figura 19 – Vazamento de resíduos líquidos no Canal do Estuário no Porto de Santos.**  
**Fonte: (REVISTA AMBIENTE LEGAL, 2015).**

A área invadida pelas águas, próxima ao local do incêndio, recebeu efluentes extravasadas do combate ao incêndio, contaminadas pela espuma e resíduos derivados de petróleo e álcool. As condições ambientais da região foram agravadas devido aos despejos resultantes da retirada de oxigênio das águas, tornando-a anóxica. Devido ao excessivo volume de efluentes líquidos gerados no combate ao incêndio, boa parte foi escoada pelo Estuário por meio de canaletas de águas pluviais. As águas atingiram áreas de bosque e manguezal, localizadas no perímetro de canal, ladeado pela empresa Brasil Terminais Portuários (BTP), desaguando nas águas estuarinas de Santos, provocando a mortandade de quase 8.900 kg de peixes, recolhidos e enviados para o aterro sanitário "Sítio das Neves", no município de Santos (SANTOS, FALCONI e CASTRO. LT 1815-16 MPSP/CAEX, 2016).

Conforme informado na Portaria nº. 028/2015 do GAEMA/BS, o incêndio também provocou alteração na qualidade do ar devido à emissão de grande quantidade de fumaça preta, com forte odor, visualizada a quilômetros de distância, com fuligem que se espalhou pelo ar e arredores do local do sinistro, conforme medições realizadas pela CETESB na área do entorno do local (BORGES, 2016).

Segundo o Prof. Élio Lopes dos Santos, especialista engenheiro industrial e de segurança, docente da Universidade Santa Cecília, trata-se de "fumaça tóxica", tendo em vista que *"a combustão incompleta produz substâncias como o benzopireno, produto altamente cancerígeno"*. Ou seja, segundo ele, a substância *"está presente na fumaça do cigarro, por exemplo. E a fumaça preta indica sua presença"* (SANTOS, FALCONI e CASTRO. LT 1815-16 MPSP/CAEX, 2016).

Foram observados reflexos do incêndio no perímetro urbano, afetando o trânsito de veículos nas rodovias Anchieta e Imigrantes, congestionando áreas de circulação localizadas na região central de Santos. O mesmo processo ocorreu no transporte rodoviário de cargas, em que o trânsito alcançou parte da região do planalto, dificultando a movimentação de cargas no Porto de Santos. As atividades portuárias apresentaram problemas na movimentação e transporte de carga. A Figura 20 apresenta vista aérea de área na empresa onde ocorreu o incêndio:



**Figura 20 – Registro aéreo de área onde ocorreu o incêndio no Porto de Santos.  
Fonte: (G1 SANTOS, 2015)**

Segundo o SINDAMAR, o incêndio gerou pelo menos US\$ 6 milhões em prejuízos no setor de navegação, referentes aos atrasos na atracação de navios no complexo marítimo, além de alterações na programação de navios cargueiros (A TRIBUNA ONLINE, 2015).

Após investigação documental, a Promotoria do Meio Ambiente do Ministério Público do Estado de São Paulo – GAEMA/BS, realizou avaliação dos danos ambientais do episódio em estudo de caso, envolvendo queima superior a 23 milhões de litros de combustíveis e abrangendo os impactos ambientais no ar, na água e no solo. O valor total estipulado da multa ficou em torno de **R\$ 1.989.368.859,20** (um bilhão, novecentos e oitenta e nove milhões, trezentos e sessenta e oito mil, oitocentos e cinquenta e nove reais e vinte centavos). Quanto à reparação dos danos referentes à mortandade de peixes, tomando como base o peso dos peixes mortos recolhidos no estuário, ficou na ordem de **R\$ 1.630.765.371,07** (um bilhão seiscentos e trinta milhões, setecentos e sessenta e cinco mil, trezentos e setenta e um reais e sete centavos). Isso posto, o valor total estimado pelos danos ambientais decorrentes do incidente ficou em **R\$ 3.620.134.230,27** (três bilhões, seiscentos e vinte milhões, cento e trinta e quatro mil, duzentos e trinta reais e vinte e sete centavos).

### 2.3. Material

Para consecução dos objetivos e investigação da ocorrência, este trabalho foi desenvolvido pela consulta dos seguintes documentos oficiais de domínio público:

- I) **Inquérito Civil – IC Nº 14.0703.0000028/2015-1, sob responsabilidade do Ministério Público do Estado de São Paulo - Grupo de Atuação Especial de Defesa do Meio Ambiente / Núcleo Baixada Santista.** “Danos Ambientais decorrentes de incêndio em tanques de armazenagem na empresa Ultracargo, em Santos” (2015). Volumes 02 (fls. 270-279), 03 (fls. 419-467), 10 (fls. 2.056-2.088 e 2.198-2.200), 11 (fls. 2.286-2.311), 16 (fls. 3.619-3.652) e 17 (fls. 3.675-3.700);
- II) **Laudo Técnico 1815-16 MPSP/CAEX:** Valoração e danos ambientais decorrentes do incêndio na ULTRACARGO, município de Santos (2016)
- III) **Relatório Final do GT–CREA/SP:** Estudo de Implementação das Recomendações da "CARTA DE SANTOS – 2015", derivado do "SEMINÁRIO EM TERMINAIS PORTUÁRIOS, RETROPORTUÁRIOS, E INSTALAÇÕES QUE MANIPULEM PRODUTOS PERIGOSOS" (2016).

Neste estudo de caso, analisaram-se as condições de meio ambiente do trabalho apresentadas na CETRAN IV, área onde estavam instalados os tanques de armazenagem de combustíveis tomados pelas chamas do incêndio. Os itens explorados foram:

- I. Análise das bombas B-2642, B-2644 e B-2678, localizadas na área onde ocorreu o incêndio;
- II. Análise dos tipos de riscos apresentados na CETRAN IV em 2 (duas) situações operacionais, com o emprego da metodologia FMEA - Análise de Modos e Efeitos de Falhas;
- III. Análise do potencial energético calorífico (em MWh) apresentado nos volumes dos 8 (oito) tanques de combustível estocados antes e depois do incêndio na empresa, comparando com 5 (cinco) hipóteses apontadas em atividades e/ou eventos nacionais e internacionais;
- IV. Toxicologia do incêndio para quantificar os volumes de dióxido e monóxido de carbono emitidos na atmosfera, resultantes da queima dos combustíveis estocados nos 8 (oito) tanques afetados pelo incêndio;
- V. Desenvolvimento sustentável no meio ambiente portuário e o cálculo do volume de água gerado pela queima dos tanques de combustíveis afetados pelo incêndio.

## 2.4. Método

O item II corresponde ao cálculo do potencial energético calorífico (em MWh) apresentado nos volumes dos 8 (oito) tanques de combustível estocados antes e depois do incêndio. Os mesmos podem ser aproveitados no dimensionamento de outros processos elétricos, mecânicos e químicos, como por exemplo no fornecimento e consumo energético, ou na iluminação elétrica de uma cidade como Santos, assim como nas 5 (cinco) hipóteses apontadas no presente trabalho, em atividades e eventos nacionais e internacionais.

E o item III compreende aos indicadores de toxicidade referentes ao monóxido e dióxido de carbono, resultantes da queima de combustíveis estocados nos tanques da CETRAN IV. O desenvolvimento de ambos teve como base teórica os cálculos para obtenção de massa (em toneladas), potencial energético calorífico (em MWh) e densidades ( $\text{mg/m}^3$ ), semelhantes ao apresentado no exemplo 2.6 - “Combustão completa. Heptano”, do livro “Laboratório de Operações Unitárias II”, dos autores MORAES Jr., D.; MORAES, M.S. (2012).

Em relação ao item I, após pesquisa do “Memorial Descritivo da Ampliação da Tancagem de Armazenamento e Sistemas de Movimentação de Produtos Inflamáveis do Parque de Combustíveis do Tequimar – Área de Combustíveis”, documento anexado a Laudo Técnico, houve análise das bombas B-2642, 2644 e 2678, que explodiram na área onde ocorreu o incêndio, e dos riscos apresentados em 2 (duas) situações operacionais ocorridas na CETRAN IV após o incêndio.

Dentre os métodos existentes, normalmente utilizados na prevenção de acidentes químicos ampliados, o autor avaliou que a FMEA seria a mais adequada análise de riscos voltada para estimar as mais diversas possibilidades na avaliação das condições ocupacionais em instalações portuárias (elétricas, mecânicas e químicas), identificação e projeção dos riscos no meio ambiente do trabalho portuário.

### 2.4.1. Degradação Químico-Mecânica das Bombas

A corrosão do ferro é um processo influenciado por fatores como a qualidade e composição da água, condições térmicas elevadas, atividade e inibidores de corrosão (AWWARF e DVGW, 1996 e McNeill e Edwards, 2001).

Ao avaliar a corrosão do ferro, são trabalhados parâmetros de qualidade da água (pH, alcalinidade, intensidade tampão, oxigênio dissolvido) e índices de corrosão (Larson Índice (Larson e Skold, 1957; Larson e Skold, 1958; Larson, 1975), Langelier

Index (Langelier, 1936; Merrill and Sanks, 1977a, b, 1978, 1979), Ryznar Index (Ryznar, 1944), Índice de agressividade (Millette et al., 1980), excesso momentâneo (Dye, 1958), Índice de Força Motriz (Rossum e Merrill, 1983) e precipitação de carbonato de cálcio potencial (Merrill and Sanks, 1977a, b, 1978).

Vale ressaltar que a qualidade da água nem sempre pode explicar variações no comportamento de corrosão. Estudos recentes apontaram mudanças nos parâmetros da qualidade da água, onde o pH e a alcalinidade não poderiam explicar completamente as mudanças observadas na corrosão do ferro. Segundo McNeill e Edwards (2001), fatores como a temperatura são considerados fatores potencialmente importantes no processo de corrosão do ferro, raramente levados em consideração.

Segundo McNeill and Edwards (2002), a corrosão pode ser influenciada por fatores que possam variar com a temperatura, como o oxigênio dissolvido, a solubilidade, propriedades como a viscosidade, a taxa de oxidação do ferro ferroso, propriedades termodinâmicas da escala de ferro (levando à formação de diferentes fases ou compostos) e atividade biológica.

A escala de ferro heterogênea pode ter grandes diferenças nas propriedades físicas, como a densidade da escala e coeficientes de expansão térmica. No caso das estruturas metálicas estarem exposta à temperatura gradientes, essas diferenças podem causar estresses mecânicos na escala, levando a “spalling” ou “sloughing” de escala na água como subprodutos de corrosão (McNeill and Edwards, 2002).

#### **2.4.2. Análise dos Modos de Ruptura por Seus Efeitos (FMEA) e por sua Criticidade (FMECA).**

Segundo Nogueira e Toledo (1999), dentro da estratégia de aumento da confiabilidade, a adoção de medidas preventivas tornou-se indispensável e, como suporte a esta ação, a utilização do método FMEA foi considerado o mais adequado dada característica de adotar ações preventivas baseadas e prioridades.

A FMEA é um método de análise utilizado na definição e identificação dos possíveis modos potenciais de falha e identificar as causas de cada modo de falha e os efeitos sobre o desempenho do sistema. O método permite organizar e classificar os riscos de forma a identificar a relevância de cada um e identificar as soluções mais eficientes em termos de custos, a fim de prevenir potenciais problemas (PARDO, 2009).

Dessa forma, a análise deve ocorrer em termos da funcionalidade de cada item componente do sistema e das causas dos modos de falhas, podendo resultar em

diferentes tipos de consequência sobre o desempenho do sistema principal. A FMEA é uma técnica interativa e sistemática que garante que os modos de ruptura sejam analisados em termos de: causas potenciais, possíveis consequências, efeitos sobre o desempenho do sistema, formas de detecção das causas do modo de falha e, as formas disponíveis para controlar ou minimizar os efeitos no sistema (PARDO, 2009).

#### 2.4.2.1. Estimativa do Índice de Criticidade

Visando estipular estimativas, são adotados métodos parcialmente quantitativos que apontam a probabilidade de ocorrência dos potenciais eventos e a severidade das consequências, por meio da coleta de informações. Visando estabelecer hierarquia no impacto dos eventuais riscos acerca do desempenho do sistema, a FMECA possibilita determinar a criticidade do risco de acordo com a utilização dos índices de ocorrência (o), severidade (s) e detecção (d). O grau de criticidade de cada índice pode ser definido à jusante do cálculo do fator RPN (Risk Priority Number), que pode ser desenvolvido por meio de 2 (duas) situações: a primeira representa o produto entre os índices de ocorrência (o), severidade (s) e detecção (d); e a segunda, utilizada pelo autor no presente estudo de caso, que demonstra os modos de ruptura por intermédio de matriz bidimensional que agrega os indicadores de ocorrência e severidade (s), conhecida como matriz de criticidade.

##### 2.4.2.1.1. Índice de ocorrência

O índice de ocorrência está relacionado com a frequência em que apareceram as causas da falha. Sempre que possível, a falha deve ser estimada com a adoção de procedimentos estatísticos aos dados históricos coletados em processos similares. A Tabela 4 apresenta as classes de ocorrências e um exemplo de escala para os índices de ocorrência:

**Tabela 4 – Classes e índices de ocorrências.**

<b>Classes</b>	<b>Níveis</b>	<b>Valor</b>	<b>Crítérios</b>
<b>A</b>	<b>Improvável</b>	01-02	Falha improvável, sem ocorrência histórica.
<b>B</b>	<b>Remoto</b>	03-04	Baixo número de falhas.
<b>C</b>	<b>Ocasional</b>	05-06	Algumas falhas podem surgir.
<b>D</b>	<b>Provável</b>	07-08	Alto número de falhas.
<b>E</b>	<b>Frequente</b>	09-10	Ocorrência frequente de falhas.

Adaptado pelo autor.  
Fonte: (PARDO, 2009).

#### 2.4.2.1.2. Índices de severidade

Define-se índice de severidade como impacto das consequências sobre o desempenho do sistema. Os índices de severidade devem refletir um conjunto de situações, desde a condição mais catastrófica à mais insignificante. A descrição dos índices de severidade deve ser clara, objetiva e bem definida, com o intuito de não criar polêmica no uso dos critérios. A Tabela 5 demonstra as classes de severidade e um exemplo de escala para os índices de severidade:

**Tabela 5 – Classes e índices de severidade.**

<b>Classes</b>	<b>Níveis</b>	<b>Valor</b>	<b>Critérios</b>
<b>I</b>	<b>Mínima</b>	01-02	Nenhum efeito sobre os produtos ou processos.
<b>II</b>	<b>Baixa</b>	03-04	Causa pequeno incômodo na segurança do sistema.
<b>III</b>	<b>Moderada</b>	05-06	Resulta em falha sobre o componente não-vital que demanda reparo.
<b>IV</b>	<b>Grande/ Extrema/ Crítica</b>	07-09	Estrutura fortemente afetada, mas ainda operacional e com critérios mínimos de segurança.
<b>V</b>	<b>Catastrófica</b>	10	Não atende aos critérios mínimos de segurança.

Adaptado pelo autor.  
Fonte: (PARDO, 2009).

#### 2.4.2.1.3. Índices de detecção

A estimativa da habilidade do controle e monitoramento da estrutura em detectar os modos potenciais de falha considerados antes de o evento ocorrer, é denominada como índice de detecção. A Tabela 6 apresenta as escalas usualmente usadas para avaliar a capacidade de detecção dos eventos. O índice considera a influência indireta que o controle e o monitoramento desempenham na probabilidade de ocorrência dos eventos e/ou na severidade das consequências.

**Tabela 6 – Índice de probabilidade de detecção.**

<b>Tipos de Risco</b>	<b>Valor</b>	<b>Critérios</b>
<b>Muito alto</b>	01-02	Controles atuais detectam quase sempre a falha.
<b>Alto</b>	03-04	Grandes chances de detecção.
<b>Médio</b>	05-06	Média chance de detecção.
<b>Baixo</b>	07-09	Chance muito baixa de detecção.
<b>Muito baixo</b>	10	Não há controles que detectem a falha.

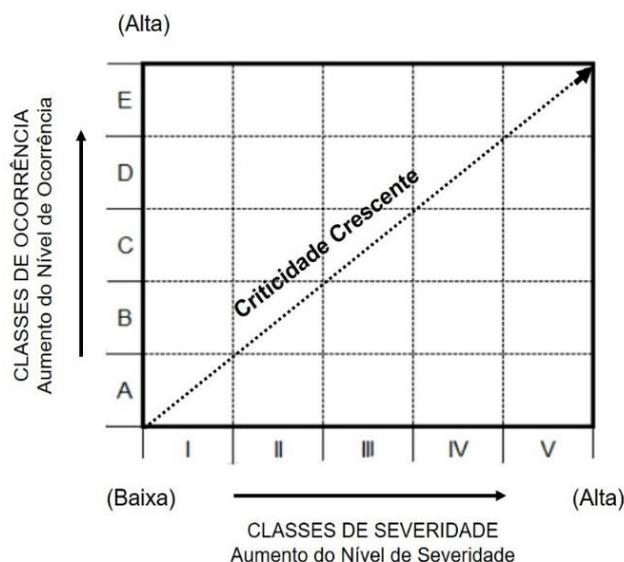
Adaptado pelo autor.  
Fonte: (PARDO, 2009).

#### 2.4.2.1.4. Matriz de criticidade

Na matriz de criticidade, as linhas estão associadas às classes de ocorrência e as colunas às classes de severidade e, desta forma, os índices da matriz são obtidos por meio da relação  $[Cr] = Cr(o, s)$ .

**Sendo:** s = índice de severidade / o = índice de ocorrência.

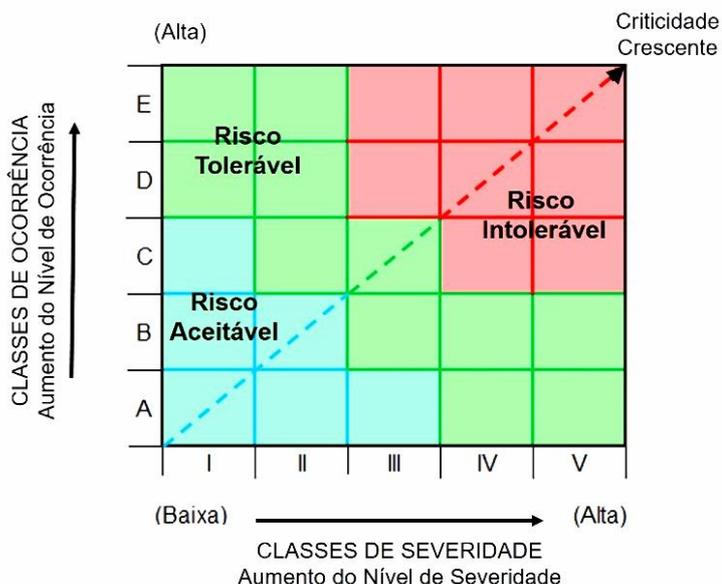
Na Figura 21, a matriz de criticidade proporciona uma representação gráfica dos modos de falha mais relevantes e que precisam de ações corretivas ou preventivas mais urgentes para minimizar os riscos:



**Figura 21 – Índices de criticidade para cada par.  
Feito pelo autor.**

**Fonte: (Modificado por Santos, 2007).**

A Figura 22 apresenta representação gráfica da matriz de criticidade, modos de ruptura de alta ocorrência e baixa severidade e modos de ruptura de baixa ocorrência e alta severidade equidistantes da linha de criticidade. Tal fato dificulta a hierarquização dos riscos, tornando-se necessário criar faixas de criticidade e tolerabilidade no interior da matriz:



**Figura 22 – Faixas de criticidade e tolerabilidade – Matriz de criticidade.  
Feito pelo autor.**

**Fonte: (Modificado por Santos, 2007).**

### 3. RESULTADOS:

Os resultados apresentados pelo autor do presente trabalho, estão relacionados ao incêndio ocorrido na instalação da Ultracargo, CETRAN IV, no Porto de Santos em 2015, atendendo aos fatores I, II e III, pontuados no capítulo “Material”:

- I) Análise das bombas B-2642, B-2644 e B-2678, localizadas na área onde ocorreu o incêndio;
- II) Análise dos tipos de riscos apresentados na CETRAN IV em 2 (duas) situações operacionais, com o emprego da metodologia FMEA - Análise de Modos e Efeitos de Falhas;
- III) Análise do potencial energético calorífico (em MWh) apresentado nos volumes dos 8 (oito) tanques de combustível estocados antes e depois do incêndio na empresa, comparando com 5 (cinco) hipóteses apontadas em atividades e/ou eventos nacionais e internacionais;
- IV) Toxicologia do incêndio para quantificar os volumes de dióxido e monóxido de carbono emitidos na atmosfera, resultantes da queima dos combustíveis estocados nos 8 (oito) tanques afetados pelo incêndio.

#### 3.1. Análise das bombas B-2642, B-2644 e B-2678, localizadas na CETRAN IV.

Durante a diligência ocorrida em meados de 2016, dentre as hipóteses apontadas como eventuais causas do incêndio deste estudo de caso, houveram explosões em 3 (três) bombas cuja utilização era voltada para o bombeamento de líquidos combustíveis armazenados na CETRAN IV. A Tabela 7 apresenta descrição sucinta das referidas bombas, intituladas como B-2642, B-2644 e 2678:

**Tabela 7 – Descrição técnica das bombas B-2642, B-2644 e B-2678 na CETRAN IV.**

Informações das bombas						
Carcaça do motor			Carcaça do impelidor			
Bomba	Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Potência do motor (CV/RPM)	Material	Especificação	Material	Especificação
B-2642	300	60/1.780	Ferro Fundido Nodular	ASTM A536 Gr. 60-40-18	Aço Inoxidável	ASTM A743 CF8M
B-2644	300	60/1.780	Ferro Fundido Nodular	ASTM A536 Gr. 60-40-18	Aço Inoxidável	ASTM A743 CF8M
B-2678	700	175/1.780	Ferro Fundido Cinzento	ASTM A48CL30	Aço Cromo	A743 CA6NM

Adaptado pelo autor.  
Fonte: (SANTOS et al, 2016).

A bomba B-2642 / OP 395471 / KSB Megachem 150-315 foi selecionada para bombeamento de combustível com vazão de 300 m<sup>3</sup>/h, fabricada com carcaça em Ferro Fundido Nodular (ASTM A536 Gr. 60-40-18) e impelidor de Aço Inoxidável (ASTM A743 CF8M), com selo mecânico EagleBurgmann e acionado por motor WEG de 60 CV /1.780 rpm.

A bomba B-2644 / OP 395473 / KSB Megachem 150-315 foi selecionada para bombeamento de combustível com vazão de 300 m<sup>3</sup>/h, fabricada com carcaça em Ferro Fundido Nodular (ASTM A536 Gr. 60-40-18) e impelidor de Aço Inoxidável (ASTM A743 CF8M), com selo mecânico EagleBurgmann e acionado por motor WEG de 60 CV /1.780 rpm.

A bomba B-2678 / OP 395471 / KSB Meganorm 250-500 foi selecionada para bombeamento de combustível com vazão de 700 m<sup>3</sup>/h e AMT de 57 m, fabricada por meio de carcaça de Ferro Fundido Cinzento (ASTM A48CL30) e impelidor (rotor) de diâmetro de 360 mm produzido em aço cromo (A743 CA6NM), com selo mecânico EagleBurgmann e acionado por motor WEG de 175 CV /1.780 rpm.

Dias antes do incêndio houve uma enchente na CETRAN IV, que resultou na paralisação das atividades no local. Tendo em vista real necessidade para o retorno dos trabalhos na planta, visando cumprir prazos com o menor tempo possível, os responsáveis da área onde encontravam-se as referidas bombas, autorizaram o redimensionamento dos motores para 75 CV /1.780 rpm (bombas B-2642 e 2644) e 200 CV /1.780 rpm (bomba B-2678). A perícia teve como objetivo, avaliar os aspectos mecânicos e de manutenção da bomba, seguindo as recomendações a seguir:

- a) Verificação inicial no local da instalação com identificação do equipamento e análise da base metálica, tubulações e válvulas;
- b) Remoção da proteção do acoplamento para verificação do alinhamento de eixo do conjunto;
- c) Drenagem do cavalete de mancal da bomba para análise visual do óleo lubrificante;
- d) Abertura da caixa de ligação do motor para inspeção visual;
- e) Liberação para remoção do equipamento da planta e envio para oficina; desmontagem completa da bomba com registro fotográfico;
- f) Limpeza dos componentes e realização de medições com registro dimensional e;
- g) Emissão de relatório.

As bombas B-2642, 2644 e 2678 explodiram na Central de Transferência IV e a energia liberada desencadeou no início do incêndio dos tanques. O Quadro 7 apresenta análise dos danos sofridos pelas bombas:

**Quadro 7 – Análise de danos nas bombas B-2642, B-2644 e B-2678 no incêndio.**

<b>Análise de danos nas bombas B-2642, B-2644 e B-2678</b>			
<b>Peça</b>	<b>Bomba 2642</b>	<b>Bomba 2644</b>	<b>Bomba 2678</b>
Caixa de ligação do motor	Encontrava-se cheia de líquido e sem marcas aparentes de curto circuito no momento da diligência.		
Selo mecânico	Sem marcas superficiais nas faces estacionárias e rotativas, como riscos e/ou trincas.	Marcas externas superficiais de queimaduras, em função da exposição às chamas e oxidação excessiva na parte interna.	
Oxidação das bombas	Extremamente acentuada devido ao longo período de ausência no funcionamento da bomba (concentração de contaminantes).		
Mancal	Travado	Destravado	
Tampa do mancal, anel retentor e junta plana.	Não apresentavam marcas de queimadura. Sinais de chamas na parte externa da bomba.		
Rolamentos LOA e LA	Travado. Alta quantidade de incrustação gerada pela oxidação. Sem marcas de operação em regime de superaquecimento.	Montados em posição inversa em relação ao projeto KSB. Problemas de vibração excessiva e superaquecimento.	
Rotor	Em bom estado. Com folga na região dos anéis de desgaste, sem marcas de cavitação.		
Tipos de marcas no rotor	Marcas “azuladas” e riscos superficiais na região frontal. Indícios de possível contato metálico com o anel de desgaste do corpo da bomba. Eventual operação da bomba a seco por determinado período.	Marca na entrada. Causas apresentadas: toque de corpo estranho em algum momento durante a operação, ajustes em processos de manutenção, eliminação de rebarbas, dentre outras.	
Dispositivo de respiro	Apresentava queimadura na parte externa. O anel “O” existente na região de encaixe estava sem danos.		
Sinais de vazamentos pela carcaça	Sem sinais. Juntas de vedação da bomba perfeitas e montadas e corretamente.		
Junta de vedação	Vedações primárias e secundárias adequadas, perfeitamente montadas.		
Travamento da bomba	Relacionado com a acentuada oxidação dos rolamentos e marcas de superaquecimento		

### 3.2. Análise dos riscos existentes na Central de Transferência IV, com aplicação da metodologia FMEA.

No estudo de caso em questão, foram realizadas análises de riscos em 2 (duas) situações ocorridas após o acidente na empresa:

- I) Retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678 instaladas na Central de Transferência IV, com a utilização de caminhão munck;
- II) Montagem de estrutura para escoramento na Central de Transferência IV, com a utilização de material tubular e abraçadeiras na retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678.

As análises de ambos os casos ocorreram por intermédio de consulta à documentação oficial emitida pela empresa Ultracargo, anexada ao Volume 17 de Inquérito Civil de numeração 14.0703.0000028/2015-1, processo de consulta pública sob responsabilidade do MPSP/GAEMA. Após realização de consulta aos autos supracitados, o autor apresentou as informações mais relevantes das Análises de Riscos nas situações I e II, por intermédio dos Quadros 8, 9, 10 e 11.

#### 3.2.1. Situação I: Retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678 instaladas na Central de Transferência IV, com a utilização de caminhão munck.

A situação I compreendeu na retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678 da CETRAN IV com auxílio de caminhão munck. O autor do presente trabalho atribuiu valores aos índices de ocorrência, severidade e detecção dos 22 (vinte e dois) critérios apresentados na situação I. O Quadro 8 apresenta as descrições dos riscos observados, de possíveis causas e índices de frequência, severidade e risco:

**Quadro 8 – Apresentação dos índices de frequência, severidade e de risco na situação I.**

<b>TEQUIMAR – Análise de Riscos (AR)</b>				
<b>Situação I: Retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678 instaladas na Central de Transferência IV, com a utilização de caminhão munck.</b>				
<b>Cenário</b>	<b>Possíveis Riscos e Causas</b>	<b>Índice de Ocorrência</b>	<b>Índice de Severidade</b>	<b>Índice de Detecção</b>
<b>1</b>	Risco de queda de materiais soltos.	<b>E</b>	<b>IV</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	Choques contra materiais ou peças sem fixação ou fixados, porém obstruindo a passagem.	<b>D</b>	<b>II</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	Queda de pessoas em piso escorregadio, tropeço, espaço vazio ou em desnível.	<b>D</b>	<b>III</b>	<b>6</b>

**Quadro 8 – Apresentação dos índices de frequência, severidade e de risco na situação I (continuação).**

<b>TEQUIMAR – Análise de Riscos (AR)</b>				
<b>Situação I: Retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678 instaladas na Central de Transferência IV, com a utilização de caminhão munck.</b>				
<b>Cenário</b>	<b>Possíveis Riscos e Causas</b>	<b>Índice de Ocorrência</b>	<b>Índice de Severidade</b>	<b>Índice de Detecção</b>
4	Queda de material solto na estrutura ou de ferramental.	E	III	4
5	Queda ou tropeço de pessoas em piso escorregadio.	C	III	8
6	Pessoas atingidas por queda de materiais soltos.	E	IV	3
7	Queda de materiais ou ferramentas.	D	III	6
8	Utilização de ferramenta inadequada.	E	III	4
9	Contaminação com produtos insalubres e/ou perigosos.	C	II	9
10	Contato com equipamento e/ou superfície energizada (Choque elétrico).	C	IV	6
11	Incêndio por geração de centelha.	C	III	8
12	Incêndio provocado por ambiente com eletricidade estática, utilização de ferramental inadequado, presença de fonte de ignição ou vazamento de produtos.	E	III	3
13	Contato com equipamento e/ou superfície energizada (Choque elétrico).	C	IV	6
14	Prensamento de membros por uso de ferramenta inadequada ou corte de parafuso a frio.	E	III	3
15	Atingido por deslocamento do scool durante a desconexão.	D	III	6
16	Liberação de substância perigosa (inflamável, tóxica) por emanção, gotejamento e/ou conexões da tubulação.	E	II	6
17	Exposição das pessoas em piso escorregadio, tropeço, espaço vazio ou desnível.	E	III	4
18	Incêndio provocado por uso de ferramenta inadequada.	C	III	9
19	Tombamento da máquina de carga.	D	III	6
20	Queda da carga por cinta ou lingamento inadequados.	C	III	8
21	Bater contra falta de corda guia.	B	III	8
22	Atingido por balanço da carga.	B	III	8

### 3.2.2. Situação II: Montagem de estrutura para escoramento na Central de Transferência IV, com a utilização de material tubular e abraçadeiras para retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678.

A situação II compreendeu a montagem de escoramento de estrutura da CETRAN IV para retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678, com a utilização de material tubular e abraçadeiras. O autor do presente trabalho atribuiu valores aos índices de ocorrência, severidade e detecção dos 18 (dezoito) critérios referentes à situação II. Ocorrem as descrições dos riscos, possíveis causas e índices de frequência, severidade e de risco. O Quadro 9 apresenta os respectivos valores:

**Quadro 9 – Apresentação dos índices de frequência, severidade e de risco na situação II.**

<b>Situação II: Montagem de estrutura para escoramento na Central de Transferência IV, com a utilização de material tubular e abraçadeiras para retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678.</b>				
<b>Cenário</b>	<b>Possíveis Riscos e Causas</b>	<b>Índice de Ocorrência</b>	<b>Índice de Severidade</b>	<b>Índice de Detecção</b>
<b>1</b>	Atingido por queda de materiais soltos.	<b>E</b>	<b>IV</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	Bater contra materiais / peças com ou sem fixação, com obstrução de passagem.	<b>E</b>	<b>III</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	Queda de pessoas em piso escorregadio, tropeço, espaço vazio ou em desnível.	<b>D</b>	<b>II</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	Queda de material solto na estrutura ou de ferramental.	<b>E</b>	<b>III</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	Prensamento e/ou esmagamento de membros, por meio da queda de materiais (tubos, vigas, forçado, base ajustável, ferramentas, prancha de madeira, abraçadeira).	<b>E</b>	<b>III</b>	<b>3</b>
<b>6</b>	Presença inadvertida de pessoas no local da movimentação e/ou arremesso de material.	<b>B</b>	<b>II</b>	<b>9</b>
<b>7</b>	Queda de materiais por escapar das mãos, tropeço ou piso escorregadio.	<b>B</b>	<b>III</b>	<b>6</b>
<b>8</b>	Queda de pessoas em níveis iguais e/ou diferentes, seja por piso escorregadio, tropeço, espaço vazio ou em desnível.	<b>B</b>	<b>III</b>	<b>8</b>
<b>9</b>	Perfuração de membros e contato com cantos vivos e/ou objetos pontiagudos.	<b>D</b>	<b>II</b>	<b>7</b>
<b>10</b>	Prensamento de membro por queda de materiais (tubos, vigas, forçado, base ajustável, ferramentas, prancha de madeira, abraçadeira)	<b>E</b>	<b>II</b>	<b>5</b>
<b>11</b>	Presença inadvertida de pessoas no local, nos instantes de movimentação e/ou arremesso de material.	<b>E</b>	<b>III</b>	<b>4</b>

**Quadro 9 – Apresentação dos índices de frequência, severidade e de risco na situação II (continuação).**

<b>Situação II: Montagem de estrutura para escoramento na Central de Transferência IV, com a utilização de material tubular e abraçadeiras para retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678.</b>				
<b>Cenário</b>	<b>Possíveis Riscos e Causas</b>	<b>Índice de Ocorrência</b>	<b>Índice de Severidade</b>	<b>Índice de Detecção</b>
<b>12</b>	Queda de materiais por escapar das mãos, piso escorregadio, tropeço e/ou deslocamento da estrutura.	<b>D</b>	<b>IV</b>	<b>5</b>
<b>13</b>	Queda de pessoas em nível igual e/ou diferente, por piso escorregadio, tropeço, espaço vazio ou desnível, ou trabalho de montagem da estrutura de escoramento.	<b>D</b>	<b>IV</b>	<b>4</b>
<b>14</b>	Contato com cantos vivos, objetos pontiagudos	<b>D</b>	<b>II</b>	<b>7</b>
<b>15</b>	Presença inadvertida de pessoas na movimentação, queda ou arremesso de material no meio ambiente do trabalho.	<b>D</b>	<b>III</b>	<b>6</b>
<b>16</b>	Liberação de substâncias perigosas (inflamáveis, tóxicas, corrosivas e outras), por meio da emissão, gotejamento, conexões, válvulas ou tubulações.	<b>B</b>	<b>II</b>	<b>7</b>
<b>17</b>	Contato com superfície ou equipamento energizado (choque elétrico).	<b>C</b>	<b>IV</b>	<b>5</b>
<b>18</b>	Ruídos por impacto entre ferramentas / equipamentos / tubos.	<b>E</b>	<b>III</b>	<b>3</b>

### 3.3. Demonstração empírica sobre o potencial energético calorífico passível de explosão acumulada nos tanques que armazenavam combustíveis, próximos da CETRAN IV.

#### 3.3.1. Estatísticas e Projeções do Incêndio

O cálculo para dimensionar o volume de combustível queimado nos tanques instalados próximos à Central de Transferência IV, foi desenvolvido da seguinte forma:

##### 3.3.1.1. Dimensionamento do Volume Queimado:

###### A) Tanque 2628:

###### Dados:

Produto estocado: Gasolina A

Volume queimado ( $V_G$ ): 244 m<sup>3</sup> (MPSP GAEMA/BS, 2016).

Densidade Gasolina A ( $d_G$ ): 0,74 kg/litro = 740 kg/m<sup>3</sup> (MPSP GAEMA/BS, 2016).

PCI Gasolina A: 10.400 kcal/kg (MPSP GAEMA/BS, 2016).

###### I) Massa:

Sendo  $m_G$  o produto entre a densidade da Gasolina A ( $d_G$ ) e o volume queimado:

$$d_G = \frac{m_G}{V_G} \Rightarrow m_G = d_G \cdot V_G \quad (01)$$

$$m_G = 0,74 \frac{\text{kg}}{\text{l}} \cdot 1000 \frac{\text{l}}{\text{m}^3} \cdot 244 \text{ m}^3 \Rightarrow m_G = 740 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 244 \text{ m}^3 \Rightarrow$$

$$m_G = 180.560 \text{ kg} \quad (02)$$

###### II) Energia:

Em que  $\varepsilon$  é o produto entre  $m_G$  e o Poder Calorífico Inferior da Gasolina A ( $d_G$ ):

$$\varepsilon = m_G \cdot \text{PCI}_{\text{Gasolina A}} \Rightarrow \varepsilon = 180.560 \text{ kg} \cdot 10.400 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \Rightarrow \varepsilon = 1.877.824.000,00 \text{ kcal} \quad (03)$$

$$1 \text{ kWh} = 859,9 \text{ kcal}$$

$$\varepsilon_{\text{kWh}} = \frac{1.877.824.000,00 \text{ kcal} \cdot 1 \text{ kWh}}{859,9 \text{ kcal}} \Rightarrow \varepsilon_{\text{kWh}} = 2.183.770,21 \text{ kWh} \quad (04)$$

$$1 \text{ MWh} = 1000 \text{ kWh}$$

$$\varepsilon_{MWh} = 2.183.770,21 \text{ kWh} \cdot 0,001 \frac{\text{MWh}}{\text{kWh}} \Rightarrow \varepsilon_{MWh} = 2.183,77 \text{ MWh} \quad (05)$$

**Tabela 8 – Informações sobre o combustível queimado no Tanque 2628.**

Tanque	Produto	Volume (m <sup>3</sup> )	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	PCI (kcal/kg)	Massa (kg)*	Energia (MWh)**
2628	Gasolina A	244	740	10.400	180.560	2.183,77

$$* m_G = d_G \cdot V_G \Rightarrow m_G = 740 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 244 \text{ m}^3 \Rightarrow m_G = 180.560 \text{ kg}$$

$$** \varepsilon = m_G \cdot \text{PCI}_{\text{GasolinaA}} \Rightarrow \varepsilon = 180.560 \text{ kg} \cdot 10.400 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \Rightarrow \varepsilon = 1.877.824.000,00 \text{ kcal}$$

$$** \varepsilon_{\text{kWh}} = \frac{1.877.824.000,00 \text{ kcal} \cdot 1 \text{ kWh}}{859,9 \text{ kcal}} \Rightarrow \varepsilon_{\text{kWh}} = 2.183.770,21 \text{ kWh}$$

$$** \varepsilon_{\text{MWh}} = 2.183.770,21 \text{ kWh} \cdot 0,001 \frac{\text{MWh}}{\text{kWh}} \Rightarrow \varepsilon_{\text{MWh}} = 2.183,77 \text{ MWh}$$

A mesma sequência de cálculos fora aplicada no dimensionamento do volume queimado estimado nos demais tanques, numerados como: 2628, 2631, 2633, 2643, 2645, 2646, 2647 e 2648. A Tabela 9 apresenta os cálculos realizados sobre o volume queimado dos tanques de combustível queimados, levando em consideração as seguintes informações:

- Tipo de produto estocado (Gasolina A, Álcool Anidro ANP e Óleo Diesel S10);
- Valor do volume queimado (em m<sup>3</sup>);
- Valor da densidade do combustível (em kg/m<sup>3</sup>); e
- Valor do Poder Calorífico Inferior (PCI) de cada combustível (em kcal/kg).

**Tabela 9 – Informações sobre o combustível queimado nos tanques situados na CETRAN IV.**

Tanque	Produto	Volume (m <sup>3</sup> )	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	PCI (kcal/kg)	Massa (kg)*	Energia (MWh)**
2628	Gasolina A	244	740,00	10.400	180.560,00	2.183,77
2631	Gasolina A	3.181	740,00	10.400	2.353.940,00	28.469,56
2633	Óleo Diesel S10	117	835,00	10.755	97.695,00	1.221,90
2643	Gasolina A	625	740,00	10.400	462.500,00	5.593,68
2645	Álcool Anidro ANP	5.052	791,50	6.750	3.998.658,00	31.388,47
2646	Gasolina A	2.409	740,00	10.400	1.782.660,00	21.560,26
2647	Álcool Anidro ANP	5.949	791,50	6.750	4.708.633,50	36.961,60
2648	Gasolina A	5.729	740,00	10.400	4.239.460,00	51.273,85

### 3.3.1.2. Dimensionamento do volume inicial

#### A) Tanque 2628:

##### Dados:

Produto estocado: Gasolina A

Volume inicial ( $V_G$ ): 4.880 m<sup>3</sup> (MPSP GAEMA/BS, 2016).

Densidade Gasolina A ( $d_G$ ): 0,74 kg/litro = 740 kg/m<sup>3</sup> (MPSP GAEMA/BS, 2016).

PCI Gasolina A: 10.400 kcal/kg (MPSP GAEMA/BS, 2016).

##### I) Massa:

Sendo  $m_G$  o produto entre a densidade da Gasolina A ( $d_G$ ) e o volume queimado:

$$d_G = \frac{m_G}{V_G} \Rightarrow m_G = d_G \cdot V_G \quad (01)$$

$$m_G = 0,74 \frac{\text{kg}}{\text{l}} \cdot 1000 \frac{\text{l}}{\text{m}^3} \cdot 4880 \text{ m}^3 \Rightarrow m_G = 740 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 4880 \text{ m}^3 \Rightarrow$$

$$m_G = 3.611.200 \text{ kg} \quad (02)$$

##### II) Energia:

Em que  $\varepsilon$  é o produto entre  $m_G$  e o Poder Calorífico Inferior da Gasolina A ( $d_G$ ):

$$\varepsilon = m_G \cdot \text{PCI}_{\text{GasolinaA}} \Rightarrow \varepsilon = 3.611.200 \text{ kg} \cdot 10.400 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \Rightarrow \varepsilon =$$

$$37.556.480.000,00 \text{ kcal} \quad (03)$$

$$1 \text{ kWh} = 859,9 \text{ kcal}$$

$$\varepsilon_{\text{kWh}} = \frac{37.556.480.000,00 \text{ kcal} \cdot 1\text{kWh}}{859,9 \text{ kcal}} \Rightarrow \varepsilon_{\text{kWh}} = 43.675.404,12 \text{ kWh} \quad (04)$$

$$1 \text{ MWh} = 1000 \text{ kWh}$$

$$\varepsilon_{\text{MWh}} = 43.675.404,12 \text{ kWh} \cdot 0,001 \frac{\text{MWh}}{\text{kWh}} \Rightarrow \varepsilon_{\text{MWh}} = 43.675,41 \text{ MWh} \quad (05)$$

**Tabela 10 – Informações sobre o volume de combustível estocado no Tanque 2628, antes do incêndio.**

Tanque	Produto	Volume (m <sup>3</sup> )	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	PCI (kcal/kg)	Massa (kg)*	Energia (MWh)**
2628	Gasolina A	4.880	740	10.400	3.611.200	43.675,41

$$* m_G = d_G \cdot V_G \Rightarrow m_G = 740 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 4880 \text{ m}^3 \Rightarrow m_G = 3.611.200 \text{ kg} \quad (06)$$

$$** \varepsilon = m_G \cdot \text{PCI}_{\text{GasolinaA}} \Rightarrow \varepsilon = 3.611.200 \text{ kg} \cdot 10.400 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \Rightarrow \varepsilon = 37.556.480.000,00 \text{ kcal} \quad (07)$$

$$** \varepsilon_{\text{kWh}} = \frac{37.556.480.000,00 \text{ kcal} \cdot 1 \text{ kWh}}{859,9 \text{ kcal}} \Rightarrow \varepsilon_{\text{kWh}} = 43.675.404,12 \text{ kWh} \quad (08)$$

$$** \varepsilon_{\text{MWh}} = 43.675.404,12 \text{ kWh} \cdot 0,001 \frac{\text{MWh}}{\text{kWh}} \Rightarrow \varepsilon_{\text{MWh}} = 43.675,41 \text{ MWh} \quad (09)$$

Da mesma forma, a sequência de cálculos para o dimensionamento do volume inicial, antes do incêndio, também ocorreu nos demais tanques, numerados como: 2648, 2631, 2633, 2643, 2645, 2646, 2647 e 2648. A Tabela 11 apresenta os cálculos realizados sobre os volumes dos tanques de combustíveis estocados antes do incêndio, levando em consideração as seguintes informações:

Em cada tanque, os cálculos foram realizados tendo em vista as seguintes informações:

- Tipo de produto estocado (Gasolina A, Álcool Anidro ANP e Óleo Diesel S10);
- Valor do volume queimado (em m<sup>3</sup>);
- Valor da densidade do combustível (em kg/m<sup>3</sup>); e
- Valor do Poder Calorífico Inferior (PCI) de cada combustível (em kcal/kg).

**Tabela 11 – Informações sobre os tanques da CETRAN IV com volume inicial de combustível.**

Tanque	Produto	Volume (m <sup>3</sup> )	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	PCI (kcal/kg)	Massa (kg)*	Energia (MWh)**
2628	Gasolina A	4.880	740,00	10.400	3.611.200,00	43.675,41
2631	Gasolina A	4.894	740,00	10.400	3.621.560,00	43.800,70
2633	Óleo Diesel S10	3.913	835,00	10.755	3.267.355,00	40.865,69
2643	Gasolina A	2.975	740,00	10.400	2.201.500,00	26.625,89
2645	Álcool Anidro ANP	5.943	791,50	6.750	4.703.884,50	36.924,32
2646	Gasolina A	2.409	740,00	10.400	1.782.660,00	21.560,26
2647	Álcool Anidro ANP	5.949	791,50	6.750	4.708.633,50	36.961,60
2648	Gasolina A	5.958	740,00	10.400	4.408.920,00	53.323,37

### 3.4. Análise Toxicológica dos Gases Emitidos na Atmosfera.

#### 3.4.1 Dimensionamento do Volume das Substâncias Queimadas:

O cálculo para dimensionar o volume das substâncias tóxicas queimadas nos tanques instalados próximos da CETRAN IV, foi desenvolvido da seguinte forma:

##### 3.4.1.1. Álcool Anidro ANP:

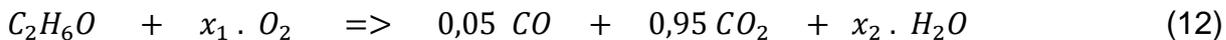
Adotando o seguinte cálculo:



Considerando  $n = 2$ :



Fazendo o cálculo:



Número de mols do CO:

$$0,05 \cdot 2 = 0,1 \quad (13)$$

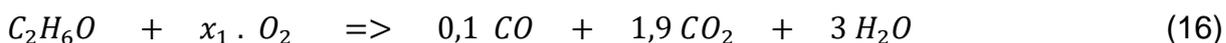
Número de mols do CO<sub>2</sub>:

$$0,95 \cdot 2 = 1,9 \quad (14)$$

Balanceamento do Hidrogênio:

$$1 \cdot 6 = x_2 \cdot 2 \Rightarrow 6 = 2x_2 \Rightarrow x_2 = 6 \div 2 \Rightarrow x_2 = 3 \quad (15)$$

Dimensionamento da Equação:



Balanceamento do Oxigênio:

$$1 \cdot 1 + x_1 \cdot 2 = 0,1 \cdot 1 + 1,9 \cdot 2 + 3 \cdot 1 \Rightarrow 1 + 2x_1 = 0,1 + 3,8 + 3$$

$$2x_1 = 6,9 - 1 \Rightarrow x_1 = \frac{5,9}{2} = 2,95 \quad (17)$$

Dimensionamento da Equação:



**I) Cálculo das Massas Molares:****A) Cálculo da Massa Molar do Álcool Anidro ANP - C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O**

Massa atômica do C (Ma<sub>C</sub>): 12

Massa atômica do H (Ma<sub>H</sub>): 01

Massa atômica do O (Ma<sub>O</sub>): 16

$$\begin{aligned} Mm \text{ C}_2\text{H}_6\text{O} &= 2 \cdot Ma_C + 6 \cdot Ma_H + 1 \cdot Ma_O \\ Mm \text{ C}_2\text{H}_6\text{O} &= 2 \cdot 12 + 6 \cdot 1 + 1 \cdot 16 \Rightarrow 24 + 6 + 16 \Rightarrow 46 \text{ g/mol} \end{aligned} \quad (19)$$

**B) Cálculo da Massa Molar do Monóxido de Carbono – CO**

Massa atômica do C (Ma<sub>C</sub>): 12

Massa atômica do O (Ma<sub>O</sub>): 16

$$\begin{aligned} Mm \text{ CO} &= 1 \cdot Ma_C + 1 \cdot Ma_O \\ Mm \text{ CO} &= 1 \cdot 12 + 1 \cdot 16 \Rightarrow 12 + 16 \Rightarrow 28 \text{ g/mol} \end{aligned} \quad (20)$$

**C) Cálculo da Massa Molar do Dióxido de Carbono - CO<sub>2</sub>**

Massa atômica do C (Ma<sub>C</sub>): 12

Massa atômica do O (Ma<sub>O</sub>): 16

$$\begin{aligned} Mm \text{ CO}_2 &= 1 \cdot Ma_C + 2 \cdot Ma_O \\ Mm \text{ CO}_2 &= 1 \cdot 12 + 2 \cdot 16 \Rightarrow 12 + 32 \Rightarrow 44 \text{ g/mol} \end{aligned} \quad (21)$$

**D) Cálculo da Massa Molar da Água - H<sub>2</sub>O**

Massa atômica do H (Ma<sub>H</sub>): 01

Massa atômica do O (Ma<sub>O</sub>): 16

$$\begin{aligned} Mm \text{ H}_2\text{O} &= 2 \cdot Ma_H + 1 \cdot Ma_O \\ Mm \text{ H}_2\text{O} &= 2 \cdot 1 + 1 \cdot 16 \Rightarrow 2 + 16 \Rightarrow 18 \text{ g/mol} \end{aligned} \quad (22)$$

**II) Cálculo da Massa (em gramas):****A) Álcool Anidro ANP - C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O**

$$1 \text{ mol} \cdot 46 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 46 \text{ g} \quad (23)$$

**C) Dióxido de Carbono - CO<sub>2</sub>**

$$1,9 \text{ mol} \cdot 44 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 83,6 \text{ g} \quad (25)$$

**B) Monóxido de Carbono – CO**

$$0,1 \text{ mol} \cdot 28 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 2,8 \text{ g} \quad (24)$$

**D) Água - H<sub>2</sub>O**

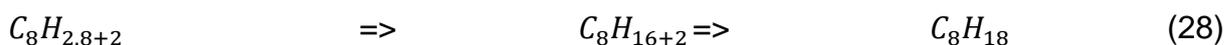
$$3 \text{ mol} \cdot 18 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 54 \text{ g} \quad (26)$$

### 3.4.1.2. Gasolina A:

Adotando o seguinte cálculo:



Considerando  $n = 8$ :



Fazendo o cálculo:



Número de mols do CO:

$$0,05 \cdot 8 = 0,40 \quad (30)$$

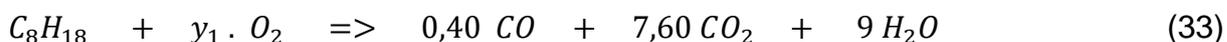
Número de mols do CO<sub>2</sub>:

$$0,95 \cdot 8 = 7,60 \quad (31)$$

Balanceamento do Hidrogênio:

$$1 \cdot 18 = y_2 \cdot 2 \quad \Rightarrow \quad \frac{18}{2} = y_2 \quad \Rightarrow \quad y_2 = 9 \quad (32)$$

Dimensionamento da equação:

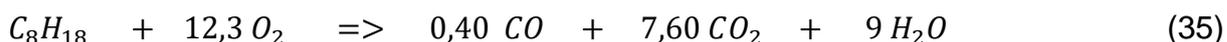


Balanceamento do Oxigênio:

$$y_1 \cdot 2 = 0,40 \cdot 1 + 7,60 \cdot 2 + 9 \cdot 1 \quad \Rightarrow \quad 2y_1 = 0,40 + 15,2 + 9$$

$$2y_1 = 24,6 \quad \Rightarrow \quad y_1 = \frac{24,6}{2} \quad \Rightarrow \quad 12,3 \quad (34)$$

Dimensionamento da equação:



**I) Cálculo das Massas Molares:****A) Cálculo da Massa Molar da Gasolina A - C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>**

Massa atômica do C (Ma<sub>C</sub>): 12

Massa atômica do H (Ma<sub>H</sub>): 01

$$Mm \text{ C}_8\text{H}_{18} = 8 \cdot Ma_C + 18 \cdot Ma_H$$

$$Mm \text{ C}_8\text{H}_{18} = 8 \cdot 12 + 18 \cdot 1 \Rightarrow 96 + 18 \Rightarrow 114 \text{ g/mol} \quad (36)$$

**B) Cálculo da Massa Molar do Monóxido de Carbono - CO**

Massa atômica do C (Ma<sub>C</sub>): 12

Massa atômica do O (Ma<sub>O</sub>): 16

$$Mm \text{ CO} = 1 \cdot Ma_C + 1 \cdot Ma_O$$

$$Mm \text{ CO} = 1 \cdot 12 + 1 \cdot 16 \Rightarrow 12 + 16 \Rightarrow 28 \text{ g/mol} \quad (37)$$

**C) Cálculo da Massa Molar do Dióxido de Carbono - CO<sub>2</sub>**

Massa atômica do C (Ma<sub>C</sub>): 12

Massa atômica do O (Ma<sub>O</sub>): 16

$$Mm \text{ CO}_2 = 1 \cdot Ma_C + 2 \cdot Ma_O$$

$$Mm \text{ CO}_2 = 1 \cdot 12 + 2 \cdot 16 \Rightarrow 12 + 32 \Rightarrow 44 \text{ g/mol} \quad (38)$$

**D) Cálculo da Massa Molar da Água - H<sub>2</sub>O**

Massa atômica do H (Ma<sub>H</sub>): 01

Massa atômica do O (Ma<sub>O</sub>): 16

$$Mm \text{ H}_2\text{O} = 2 \cdot Ma_H + 1 \cdot Ma_O$$

$$Mm \text{ H}_2\text{O} = 2 \cdot 1 + 1 \cdot 16 \Rightarrow 2 + 16 \Rightarrow 18 \text{ g/mol} \quad (39)$$

**II) Cálculo da Massa (em gramas):****A) Gasolina A: C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>**

$$1 \text{ mol} \cdot 114 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 114 \text{ g} \quad (40)$$

**C) Dióxido de Carbono: CO<sub>2</sub>**

$$7,6 \text{ mol} \cdot 44 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 334,4 \text{ g} \quad (42)$$

**B) Monóxido de Carbono: CO**

$$0,04 \text{ mol} \cdot 28 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 11,2 \text{ g} \quad (41)$$

**D) Água: H<sub>2</sub>O**

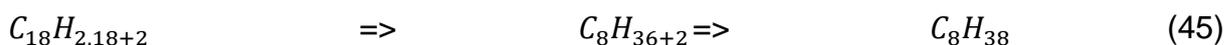
$$9 \text{ mol} \cdot 18 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 162 \text{ g} \quad (43)$$

### 3.4.1.3. Óleo Diesel S10:

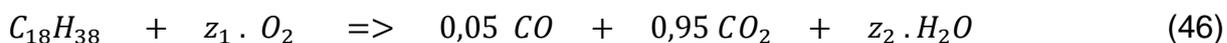
Adotando o seguinte cálculo:



Considerando  $n = 18$ :



Fazendo o cálculo:



**Número de mols do CO:**

$$0,05 \cdot 18 = 0,9 \quad (47)$$

**Número de mols do CO<sub>2</sub>:**

$$0,95 \cdot 18 = 17,1 \quad (48)$$

**Balanceamento do Hidrogênio:**

$$1 \cdot 38 = z_2 \cdot 2 \quad \Rightarrow \quad 2z_2 = 38 \quad \Rightarrow \quad z_2 = 38 \div 2 \quad \Rightarrow \quad z_2 = 19 \quad (49)$$

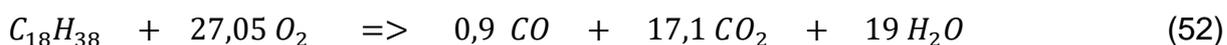
**Dimensionamento da equação:**



**Balanceamento do Oxigênio:**

$$\begin{aligned} z_1 \cdot 2 &= 0,9 \cdot 1 + 17,1 \cdot 2 + 19 \cdot 1 \quad \Rightarrow \quad 2z_1 = 0,9 + 34,2 + 19 = 54,1 \\ 2z_1 &= 54,1 \quad \Rightarrow \quad z_1 = \frac{54,1}{2} \quad \Rightarrow \quad z_1 = 27,05 \end{aligned} \quad (51)$$

**Dimensionamento da equação:**



**I) Cálculo das Massas Molares:****A) Cálculo da Massa Molar do Óleo Diesel S10 - C<sub>18</sub>H<sub>38</sub>**

Massa atômica do C (M<sub>aC</sub>): 12

Massa atômica do H (M<sub>aH</sub>): 01

$$\begin{aligned} Mm \text{ C}_{18}\text{H}_{38} &= 18 \cdot M_{aC} + 38 \cdot M_{aH} \\ Mm \text{ C}_{18}\text{H}_{38} &= 18 \cdot 12 + 38 \cdot 1 \Rightarrow 216 + 38 \Rightarrow 254 \text{ g/mol} \end{aligned} \quad (53)$$

**B) Cálculo da Massa Molar do Monóxido de Carbono – CO**

Massa atômica do C (M<sub>aC</sub>): 12

Massa atômica do O (M<sub>aO</sub>): 16

$$\begin{aligned} Mm \text{ CO} &= 1 \cdot M_{aC} + 1 \cdot M_{aO} \\ Mm \text{ CO} &= 1 \cdot 12 + 1 \cdot 16 \Rightarrow 12 + 16 \Rightarrow 28 \text{ g/mol} \end{aligned} \quad (54)$$

**C) Cálculo da Massa Molar do Dióxido de Carbono - CO<sub>2</sub>**

Massa atômica do C (M<sub>aC</sub>): 12

Massa atômica do O (M<sub>aO</sub>): 16

$$\begin{aligned} Mm \text{ CO}_2 &= 1 \cdot M_{aC} + 2 \cdot M_{aO} \\ Mm \text{ CO}_2 &= 1 \cdot 12 + 2 \cdot 16 \Rightarrow 12 + 32 \Rightarrow 44 \text{ g/mol} \end{aligned} \quad (55)$$

**D) Cálculo da Massa Molar da Água - H<sub>2</sub>O**

Massa atômica do H (M<sub>aH</sub>): 01

Massa atômica do O (M<sub>aO</sub>): 16

$$\begin{aligned} Mm \text{ H}_2\text{O} &= 2 \cdot M_{aH} + 1 \cdot M_{aO} \\ Mm \text{ H}_2\text{O} &= 2 \cdot 1 + 1 \cdot 16 \Rightarrow 2 + 16 \Rightarrow 18 \text{ g/mol} \end{aligned} \quad (56)$$

**II) Cálculo da Massa (em gramas):****A) Óleo Diesel S10 - C<sub>18</sub>H<sub>38</sub>**

$$1 \text{ mol} \cdot 254 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 254 \text{ g} \quad (57)$$

**C) Dióxido de Carbono - CO<sub>2</sub>**

$$17,1 \text{ mol} \cdot 44 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 752,4 \text{ g} \quad (59)$$

**B) Monóxido de Carbono – CO**

$$0,9 \text{ mol} \cdot 28 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 25,2 \text{ g} \quad (58)$$

**D) Água - H<sub>2</sub>O**

$$19 \text{ mol} \cdot 18 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 342 \text{ g} \quad (60)$$

### 3.4.2. Cálculo do Volume Queimado (Massa e Densidade):

#### A) TANQUE 2628:

##### Dados:

Volume queimado ( $V_G$ ): 244 m<sup>3</sup> (MPSP GAEMA/BS, 2016).

Densidade Gasolina A ( $d_G$ ): 0,74 kg / litro = 740 kg / m<sup>3</sup> (MPSP GAEMA/BS, 2016).

$$244 \text{ m}^3 \cdot 740 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 180.560 \text{ kg} \quad (61)$$

$$180.560 \text{ kg} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = 180.560.000,00 \text{ g} \quad (62)$$

#### I) Cálculo das Massas:

a) Cálculo da massa total de CO<sub>2</sub> ( $m_{TOTAL CO_2}$ ) do volume queimado no Tanque 2628:

$$m_{TOTAL CO_2} = \frac{m_{TANQUE 2628} \cdot m_{CO_2}}{m_{C_8H_{18}}} \Rightarrow \frac{180.560.000,00 \text{ g} \cdot 334,4 \text{ g}}{114 \text{ g}} = 529.642.666,67 \text{ g} \quad (63)$$

$$m_{TOTAL CO_2} = 529.642.666,67 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ t}}{1.000.000 \text{ g}} = 529,64 \text{ toneladas} \quad (64)$$

b) Cálculo da massa total de CO ( $m_{TOTAL CO}$ ) do volume queimado no Tanque 2628:

$$m_{TOTAL CO} = \frac{m_{TANQUE 2628} \cdot m_{CO}}{m_{C_8H_{18}}} \Rightarrow \frac{180.560.000,00 \text{ g} \cdot 11,2 \text{ g}}{114 \text{ g}} = 17.739.228,07 \text{ g} \quad (65)$$

$$m_{TOTAL CO} = 17.739.228,07 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ t}}{1.000.000 \text{ g}} = 17,74 \text{ toneladas} \quad (66)$$

c) Cálculo da massa total de H<sub>2</sub>O ( $m_{TOTAL H_2O}$ ) do volume queimado no Tanque 2628:

$$m_{TOTAL H_2O} = \frac{m_{TANQUE 2628} \cdot m_{H_2O}}{m_{C_8H_{18}}} \Rightarrow \frac{180.560.000,00 \text{ g} \cdot 162 \text{ g}}{114 \text{ g}} = 256.585.263,16 \text{ g} \quad (67)$$

$$m_{TOTAL H_2O} = 256.585.263,16 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ t}}{1.000.000 \text{ g}} = 256,59 \text{ toneladas} \quad (68)$$

Portanto, a massa total ( $m_{TOTAL}$ ) do volume queimado no Tanque 2628:

$$m_{TOTAL} = m_{TOTAL CO_2} + m_{TOTAL CO} + m_{TOTAL H_2O} \quad (69)$$

$$m_{TOTAL} = 529,64 \text{ t} + 17,74 \text{ t} + 256,59 \text{ t} \Rightarrow 803,97 \text{ toneladas} \quad (70)$$

$$m_{TOTAL (g)} = 803,97 \text{ toneladas} \cdot \frac{1.000.000 \text{ g}}{1 \text{ tonelada}} = 803.970.000,00 \text{ g} \quad (71)$$

**Tabela 12 – Informações sobre as massas de substâncias geradas pelo combustível estocado e queimado no Tanque 2628.**

Tanque	Produto	Massa Total de CO <sub>2</sub> (em t)	Massa Total de CO (em t)	Massa Total de H <sub>2</sub> O (em t)	Massa Total (em t)
2628	Gasolina A	529,64	17,74	256,59	803,97

## II) Cálculo das Densidades:

a) Cálculo da densidade máxima total de CO<sub>2</sub> ( $d_{TOTAL_{CO_2}}$ ) no Tanque 2628:

$$x_{2628} = \frac{m_{TOTAL_{CO_2}} \cdot 100\%}{m_{TOTAL(g)}} \Rightarrow \frac{529.642.666,67 \text{ g} \cdot 100\%}{803.970.000,00 \text{ g}} = 65,88 \% \quad (72)$$

$$d_{TOTAL_{CO_2}} = \frac{\frac{m_{TOTAL_{CO_2}} \cdot 1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}}}{\frac{x_{2628}}{100\%} \cdot V_{GT2628}} = \frac{529.642.666,67 \text{ g} \cdot 1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} \Rightarrow \frac{65,88 \%}{100\%} \cdot 244 \text{ m}^3$$

$$d_{TOTAL_{CO_2}} = \frac{\frac{529.642.666,67 \text{ g} \cdot 1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}}}{0,6588 \cdot 244 \text{ m}^3} = 3.294.879.579,05 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \quad (73)$$

b) Cálculo da densidade máxima total de CO ( $d_{TOTAL_{CO}}$ ) no Tanque 2628:

$$y_{2628} = \frac{m_{TOTAL_{CO}} \cdot 100\%}{m_{TOTAL}} \Rightarrow \frac{17.739.228,07 \text{ g} \cdot 100\%}{803.970.000,00 \text{ g}} = 2,21 \% \quad (74)$$

$$d_{TOTAL_{CO}} = \frac{\frac{m_{TOTAL_{CO}} \cdot 1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}}}{\frac{y_{2628}}{100\%} \cdot V_{GT2628}} = \frac{17.739.228,07 \text{ g} \cdot 1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} \Rightarrow \frac{2,21 \%}{100\%} \cdot 244 \text{ m}^3$$

$$d_{TOTAL_{CO}} = \frac{\frac{17.739.228,07 \text{ g} \cdot 1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}}}{0,0221 \cdot 244 \text{ m}^3} = 3.289.672.144,13 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \quad (75)$$

**Tabela 13 – Densidades de substâncias geradas pelo combustível estocado e queimado no Tanque 2628.**

Tanque	Produto	Densidade Máxima Total de CO <sub>2</sub> (em mg/m <sup>3</sup> )	Densidade Máxima Total de CO (em mg/m <sup>3</sup> )
2628	Gasolina A	3.294.879.579	3.289.672.144

Da mesma forma, também foi realizado o dimensionamento dos demais tanques, numerados como: 2631, 2633, 2643, 2645, 2646, 2647 e 2648. A Tabela 14

apresenta valores calculados das massas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) e água (H<sub>2</sub>O), substâncias geradas pela queima dos combustíveis queimados nos tanques afetados pelo incêndio:

- Tipo de produto estocado (Gasolina A, Álcool Anidro ANP e Óleo Diesel S10);
- Valor da Massa Total de CO<sub>2</sub> (em t);
- Valor Massa Total de CO (em t);
- Valor da Massa Total de H<sub>2</sub>O (em t); e
- Valor da Massa Total (em t).

**Tabela 14 – Informações sobre as massas de substâncias geradas pelo combustível estocado e queimado nos tanques afetados pelo incêndio na CETRAN IV.**

Tanque	Produto	Massa Total de CO <sub>2</sub> (em t)	Massa Total de CO (em t)	Massa Total de H <sub>2</sub> O (em t)	Massa Total das substâncias (em t)
2645	Álcool Anidro ANP	8.548,80	286,32	5.521,95	14.357,07
2647		8.557,43	286,61	5.527,53	14.371,57
2628	Gasolina A	529,64	17,74	256,59	803,97
2631		6.904,89	231,26	3.345,07	10.481,22
2643		1.356,67	45,44	657,24	2.059,35
2646		5.229,13	175,14	2.533,26	7.937,53
2648		12.435,75	416,51	6.024,50	18.876,75
2633	Óleo Diesel S10	289,39	9,69	131,54	430,62

E a Tabela 15 apresenta os valores calculados das densidades máximas totais de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e monóxido de carbono (CO) gerados pela queima dos tanques de combustível afetados pelo incêndio na CETRAN IV (em mg/m<sup>3</sup>):

**Tabela 15 – Densidades de substâncias geradas pelo combustível estocado e queimado nos tanques afetados pelo incêndio na CETRAN IV.**

Tanque	Produto	Densidade Máxima Total de CO <sub>2</sub> (em mg/m <sup>3</sup> )	Densidade Máxima Total de CO (em mg/m <sup>3</sup> )
2645	Álcool Anidro ANP	2.415.964.422	2.421.018.134
2647		2.415.964.422	2.421.018.134
2628	Gasolina A	3.294.879.579	3.289.672.144
2631		3.294.879.579	3.289.672.144
2643		3.294.879.579	3.289.672.144
2646		3.294.879.579	3.289.672.144
2648		3.294.879.579	3.289.672.144
2633	Óleo Diesel S10	3.680.715.691	3.681.889.762

#### **4. DISCUSSÃO.**

O autor do presente estudo avaliou as condições de segurança no meio ambiente do trabalho disponibilizadas no perímetro da CETRAN IV após o incêndio. Além da disposição dos resultados obtidos, referentes aos apontamentos realizados no tópico de material e métodos, seguem análises dos seguintes tópicos:

- I) Análise das bombas B-2642, B-2644 e B-2678, localizadas na CETRAN IV;
- II) Análise dos tipos de riscos existentes no local onde ocorreu o incêndio em 2 (duas) situações operacionais, com o emprego da metodologia FMEA - Análise de Modos e Efeitos de Falhas;
- III) Análise do potencial energético calorífico (em MWh) apresentado nos volumes dos 8 (oito) tanques de combustível estocados antes e depois do incêndio na empresa, comparando com 5 (cinco) hipóteses apontadas em atividades e/ou eventos nacionais e internacionais;
- IV) Toxicologia do incêndio para quantificar os volumes de dióxido e monóxido de carbono emitidos na atmosfera, resultantes da queima dos combustíveis estocados nos 8 (oito) tanques afetados pelo incêndio;
- V) Desenvolvimento sustentável no meio ambiente portuário e o cálculo do volume de água gerado pela queima dos tanques de combustíveis afetados pelo incêndio.

##### **4.1. Análise das bombas B-2642, B-2644 e B-2678, localizadas na CETRAN IV.**

Na área em que ocorreu o incêndio, foi encontrado óleo lubrificante contaminado nos mancais das bombas B-2642, B-2644 e B-2678, com uma mistura de água salobra e combustível. Esta análise apresenta como princípio a possibilidade das bombas terem entrado em operação de forma indevida, sem advertir com os registros de sucção e recalque fechados.

A transferência contínua de energia da bomba em funcionamento ao líquido confinado eleva sua temperatura e, conseqüentemente, há formação de vapor. Se o processo teve continuidade ao longo de um período, a temperatura e a vaporização do líquido aumentam, gerando uma elevação de pressão no interior da carcaça (que dependem do tempo decorrido e do líquido contido) que, ao exceder a pressão máxima admissível, causaria provavelmente o rompimento ou explosão da carcaça da bomba. Os subcapítulos a seguir apresentam análise dos danos e diagnóstico dos equipamentos:

#### 4.1.1. Bomba B-2642 / OP 395471 / KSB Megachem 150-315.

Segundo Relatório da Engenharia de Assistência Técnica, elaborado pela empresa KSB SERVICE, a bomba foi selecionada para bombeamento de combustível com vazão de 300 m<sup>3</sup>/h, fabricada com carcaça em Ferro Fundido Nodular (ASTM A536 Gr. 60-40-18) e impelidor de Aço Inoxidável (ASTM A743 CF8M) e acionado por motor WEG de 60 CV /1.780 rpm. As Figuras 23-28 detalham análise visual do local das instalações dos equipamentos e detalhes da situação e ambiente onde foram encontrados:



**Figura 23** – Carcaça da bomba B-2642 durante perícia na CETRAN IV.  
Fonte: (SCABBIA, BERTO e VITTORINO, 2016).



**Figura 24** – Mancal da bomba B-2642 em diligência na empresa Ultracargo.  
Fonte: (SCABBIA, BERTO e VITTORINO, 2016).



**Figura 25** - Remoção e transporte da bomba B-2642 para oficina mecânica.  
Fonte: (SCABBIA, BERTO e VITTORINO, 2016).



**Figura 26** – Vista interna de mancal da bomba B-2642.  
Fonte: (SCABBIA, BERTO e VITTORINO, 2016).



**Figura 27** – Vista frontal do interior da bomba B-2642.  
Fonte: (SCABBIA, BERTO e VITTORINO, 2016).



**Figura 28** – Dispositivo de respiro na bomba B-2642, com queimadura na parte externa.  
Fonte: (SCABBIA, BERTO e VITTORINO, 2016).

#### 4.1.2. Bomba B-2644 / OP 395473 / KSB Megachem 150-315.

Segundo Relatório da Engenharia de Assistência Técnica, elaborado pela empresa KSB SERVICE, a bomba foi selecionada para bombeamento de combustível com vazão de 300 m<sup>3</sup>/h, fabricada com carcaça em Ferro Fundido Nodular (ASTM A536 Gr. 60-40-18) e impelidor de Aço Inoxidável (ASTM A743 CF8M) e acionado por motor WEG de 60 CV /1.780 rpm. As Figuras 29-32 detalham análise visual do local das instalações dos equipamentos e detalhes da situação e ambiente onde foram encontrados:



**Figura 29** – Remoção da bomba B-2644 em diligência na empresa Ultracargo.  
Fonte: (SCABBIA, BERTO e VITTORINO, 2016).



**Figura 30** – Desmontagem completa da bomba B-2644.  
Fonte: (SCABBIA, BERTO e VITTORINO, 2016).



**Figura 31** – Vista frontal interna de rotor da bomba B-2644.  
Fonte: (SCABBIA, BERTO e VITTORINO, 2016).



**Figura 32** – Dispositivo de respiro com queimadura na bomba B-2644.  
Fonte: (SCABBIA, BERTO e VITTORINO, 2016).

Talvez haja necessidade de substituição do eixo nas bombas B-2642 e B-2644, dependendo do tipo de deflexão que o mesmo fora apresentando. Após devidas correções, a bomba poderá operar normalmente, com atendimento às condições operacionais para as quais a mesma fora selecionada, projetada e fabricada.

#### 4.1.3. Bomba B-2678 / OP 395471 / KSB Meganorm 250-500

Segundo Relatório da Engenharia de Assistência Técnica elaborado pela empresa KSB SERVICE, a bomba foi selecionada para bombeamento de combustível com vazão de 700 m<sup>3</sup>/h e AMT de 57 m, fabricada por meio de carcaça de Ferro Fundido Cinzento (ASTM A48CL30) e impelidor (rotor) de diâmetro de 360 mm produzido em aço cromo (A743 CA6NM) e acionado por motor WEG de 175 CV /1.780 rpm. As Figuras 33-37 detalham análise visual do local das instalações dos equipamentos e detalhes da situação em que foram encontrados:



**Figura 33** - Destroços da bomba B-2678 observados em diligência.

Fonte: (SCABBIA, BERTO e VITTORINO, 2016).



**Figura 34** - Carcaça da bomba B-2678 em diligência na empresa Ultracargo.

Fonte: (SCABBIA, BERTO e VITTORINO, 2016).



**Figura 35** - Vista externa de mancal da bomba B-2678.

Fonte: (SCABBIA, BERTO e VITTORINO, 2016).



**Figura 36** - Desmontagem completa da bomba B-2678.

Fonte: (SCABBIA, BERTO e VITTORINO, 2016).



**Figura 37** - Rotor da bomba B-2678.

Fonte: (SCABBIA, BERTO e VITTORINO, 2016).

A carcaça da bomba B-2678 apresentou ruptura vertical e separação das partes em mais de 210 mm, sendo algumas fragmentadas com sua explosão. No ato da desmontagem, foram notadas pequenas marcas superficiais na face estacionária, devido à utilização do selo rotativo, destruído provavelmente durante a desmontagem.

A fratura da carcaça da bomba fora decorrente do deslocamento de três pedaços, que não sofreram qualquer ação alusiva à concentração de calor. Dessa forma, aponta-se o início do incêndio na bomba após a fragmentação. A Figura 38 apresenta ruptura e projeção das partes da bomba antes do incêndio e a Figura 39 demonstra que a bomba aquecida sofre deformação plástica notadamente pela região do flange, em função de movimentação gerada pelo pipeline:



**Figura 38** – Projeção de partes da bomba B-2678 antes de sua explosão.

**Fonte: (SCABRIA, BERTO e VITTORINO, 2016).**



**Figura 39** – Projeção de região na bomba B-2678 afetada pelo incêndio.

**Fonte: (SCABRIA, BERTO e VITTORINO, 2016).**

O autor avaliou que a fragmentação da bomba tenha ocorrido devido à elevação abrupta de pressão resultante no sistema de transporte e deslocamento de combustíveis. Vale ressaltar que dias antes do acidente, houve uma parada na CETRAN IV voltada para o redimensionamento da bomba, fato que aliado à falta de manutenção na estrutura da bomba, propiciaram potencial ruptura. O flange e o pescoço da bomba sofreram deformações plásticas devido a incêndio severo resultante de grande derramamento de combustível, submetidos a esforços resultantes dos deslocamentos do pipeline.

O ponto fundamental na análise da bomba B-2678 é o fato de partes da carcaça

terem sido encontradas a aproximadamente 5 metros de distância da bomba e com pintura original do equipamento. Desta forma, pode-se discutir a possível ruptura da carcaça ter ocorrido antes do fogo atingir a região onde a bomba está instalada, pois o restante do equipamento teve sua pintura praticamente toda danificada pelo incêndio (SCABBIA, BERTO e VITTORINO, 2016).

Outro ponto importante a ser considerado na bomba foi a quebra dos dentes do acoplamento, que teria sido causada pelo desalinhamento do conjunto. Este fato muito provavelmente ocorreu em função do esforço causado no momento da ruptura da carcaça da bomba. No caso da ruptura da bomba B-2678, equipamento extremamente relevante na exportação e carregamento de combustíveis para navios transportadores de carga, o fato ocorreu com a realização de dois eventos: fratura na carcaça e incêndio da bomba.

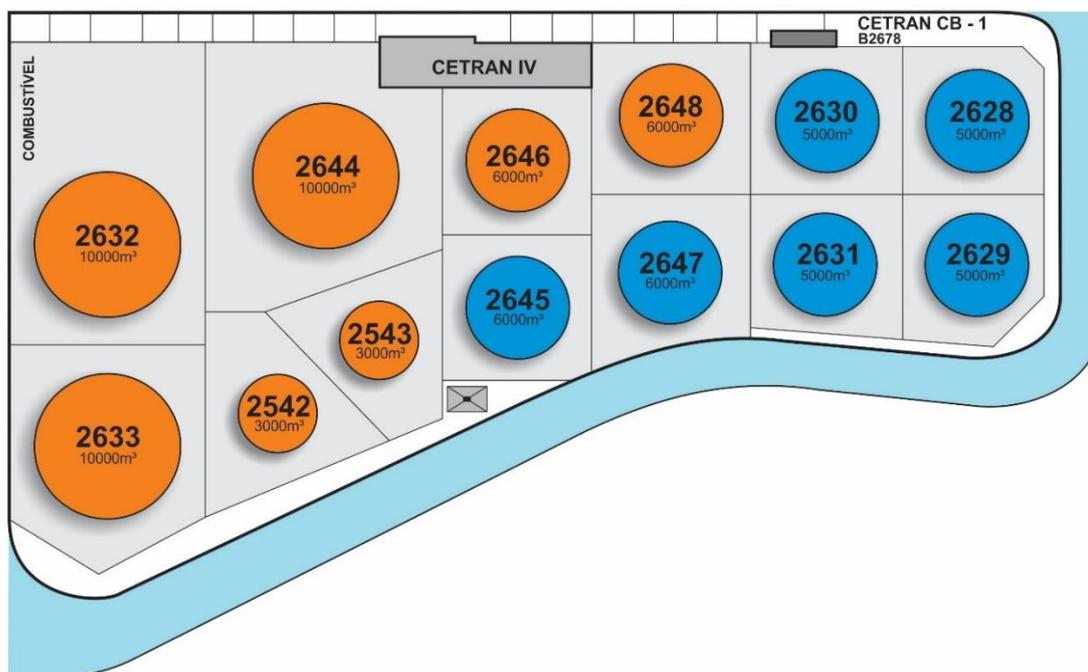
#### **4.2. Análise dos tipos de riscos existentes no local onde ocorreu o incêndio em 2 (duas) situações operacionais, com o emprego da metodologia FMEA - Análise de Modos e Efeitos de Falhas.**

O perímetro do Terminal Intermodal de Santos – TIS I apresentava 13 (treze) tanques para estocagem de combustíveis como a Gasolina, o Álcool Anidro ANP e o Óleo Diesel S10. Segundo o “Memorial Descritivo da Ampliação da Tancagem de Armazenamento e Sistemas de Movimentação de Produtos Inflamáveis do Parque de Combustíveis do Tequimar – Área de Combustíveis”, estava prevista a realização das seguintes operações no local do acidente:

- a) Transferência de produtos entre tanques dentro do próprio parque de armazenamento;
- b) Transferência de produtos entre os tanques e as plataformas rodoviárias; e
- c) Transferência de produtos entre os tanques e os píeres 3 e 4 de Alemoa (carga de navios / exportações).

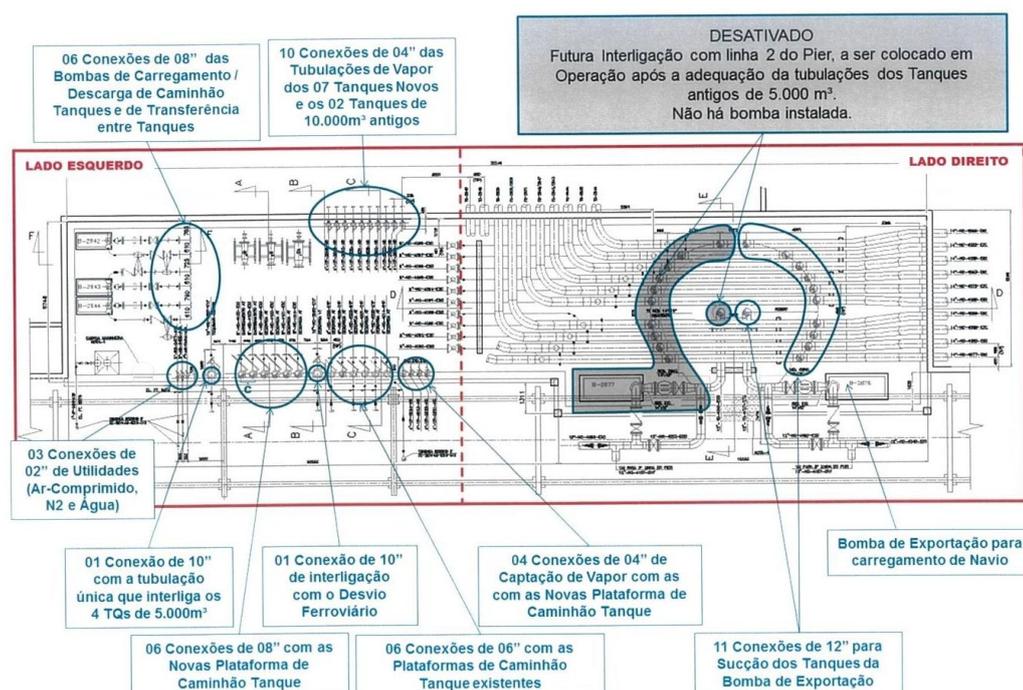
A Figura 40 apresenta o mapa do local atingido pelo incêndio, denominado como TIS – I, com a disposição dos treze tanques de combustíveis afetados pelas chamas. A mesma também apresenta a disposição da CETRAN IV e a bomba identificada como 2678, que se encontrava muito próxima dos tanques 2628, 2630, 2631 e 2648. Vale ressaltar que destes, apenas a segunda não explodiu.

## Mapa do Terminal Intermodal de Santos - TIS I



**Figura 40 – Mapa do Terminal Intermodal de Santos – TIS I**  
Adaptado de SCABRIA, BERTO e VITTORINO (2016).

As bombas instaladas deveriam apresentar as seguintes especificações: três bombas centrífugas horizontais, identificadas como 2642, 2643 e 2644; e duas bombas de exportação, identificadas como 2677 e 2678. A Figura 41 apresenta a CETRAN IV, com as localizações das bombas e tubulações e indicação de quais eram responsáveis pelas transferências de combustíveis.



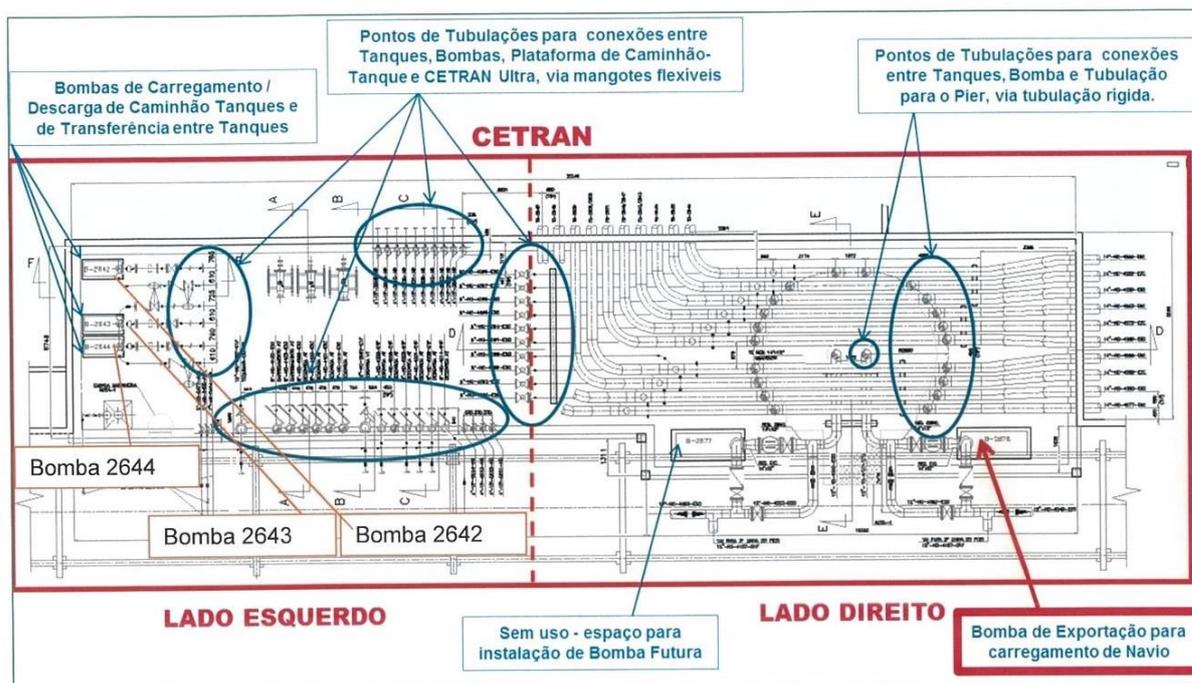
**Figura 41 – Mapa da CETRAN IV com detalhamento das bombas instaladas.**  
Fonte: (SCABRIA, BERTO e VITTORINO, 2016).

Conforme apresentado na Figura 41, a CETRAN IV apresenta em seu perímetro 3 (três) bombas de carregamento, descarga de caminhões tanque e de transferência entre tanques, identificadas por 2642, 2643 e 2644. Estas encontram-se conectadas a pontos de tubulações para conexões entre tanques, bombas, plataforma de caminhão-tanque e CETRAN IV, por meio de mangotes flexíveis.

As conexões se convergem nos pontos de tubulações para conexões entre tanques, bombas e tubulação para o píer, por meio de tubulação rígida. Existem diversas conexões intermitentes que transportam o combustível à única bomba de exportação de todo o sistema, voltada para o carregamento do navio.

Vale ressaltar que o Relatório Técnico nº. 148 500-205 descreve a existência de 2 (duas) bombas de exportação instaladas no referido sistema de identificações 2677 e 2678. Entretanto, a bomba 2677 não se encontrava em funcionamento no dia do acidente, de forma que a Figura 41 apresenta espaço para instalação de futura bomba. Ou seja, apenas a bomba de exportação 2678 encontrava-se em funcionamento. O autor deste trabalho compreende que fatores como a falta de manutenção periódica, sobrecarga das bombas após o redimensionamento e a exposição dos trabalhadores responsáveis pela operacionalização da área onde as bombas encontravam-se instaladas, propiciaram condições adversas no meio ambiente do trabalho. Duas das três bombas que explodiram na CETRAN IV, identificadas como 2642 e 2644, encontravam-se instaladas próximas de equipamentos expostos a condições perigosas, com potencial risco de explosão.

De acordo com o Memorial Descritivo, a Central de Transferência IV é considerada “Área Classificada” ABNT NBR IEC 60079:2013 Versão Corrigida 2014 – Classe I – divisão I. Todos os equipamentos elétricos, incluindo motores elétricos devem ter especificações, procedimentos de instalação, operação e manutenção adequados para “Atmosferas Explosivas” (SCABRIA, BERTO e VITTORINO, 2016). A norma ABNT NBR IEC 60079-10-2:2016 - *Atmosferas explosivas - Parte 10-2: Classificação de áreas - Atmosferas de poeiras explosivas*, está relacionada com a identificação e a classificação de áreas onde atmosferas de poeiras explosivas e camadas de poeiras combustíveis estejam presentes, de forma a permitir uma adequada avaliação das fontes de ignição que possam estar presentes em tais áreas. Trata-se de revisão da norma ABNT NBR IEC 60079-10-2:2013, elaborada pelo Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-003). A Figura 42 apresenta o detalhamento das tubulações e conexões instaladas na CETRAN IV:



**Figura 42 – Detalhamento de tubulações e conexões instaladas na CETRAN IV.**  
**Fonte: (SCABRIA, BERTO e VITTORINO, 2016).**

As bombas de carregamento, descarga de caminhão tanques e de transferência de tanques, identificadas como 2642, 2643 e 2644, apresentam 06 (seis) conexões de 08" cada. Estas conectam-se a 03 (três) conexões de 02" de utilidades, de com transporte de ar-comprimido, gás nitrogênio e água; além de 01 (uma) conexão de 10" com a tubulação única que interliga os 4 (quatro) tanques de 5.000 m<sup>3</sup> cada. O excesso de tubulações e conexões instaladas nas adjacências da CETRAN IV propiciou condições insalubres e perigosas ao trabalhador, como campos elétricos, magnéticos e excesso de umidade no meio ambiente do trabalho.

Segundo o item 10.4.2 da Norma Regulamentadora nº.10, devem ser adotadas medidas preventivas nos trabalhos destinados ao controle de riscos adicionais, especialmente quanto à altura, confinamento, campos elétricos e magnéticos, explosão, umidade, poeira, fauna e flora e outros agravantes, adotando-se a sinalização de segurança.

Por haverem tão somente 4 (quatro) bombas em funcionamento no perímetro analisado, com pontuais mudanças no dimensionamento e elevação da máxima capacidade volumétrica dos combustíveis transportados, estes fatores propiciaram sua ebulição e por consequência, na inevitável explosão. As Figuras 43 e 44 apresentam as condições das tubulações durante e após o acidente:



Figura 43 – Registro de tubulações externas da CETRAN IV durante o incêndio.  
Fonte: (SCABRIA, BERTO e VITTORINO, 2016).

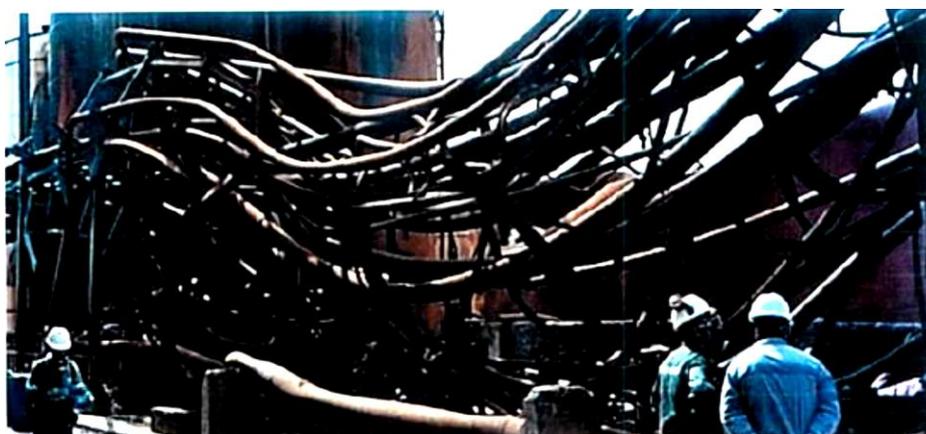


Figura 44 - Detalhamento de tubulações externas da CETRAN IV após o incêndio.  
Fonte: (SCABRIA, BERTO e VITTORINO, 2016).

Considerando o efeito dominó provocado pela explosão das bombas, com a temperatura em ebulição pela qual encontravam-se os combustíveis transportados pelas inúmeras conexões e tubulações instaladas na CETRAN IV, nota-se o resultado deste processo na Figura 45, com a estrutura retorcida após o incêndio.



Figura 45 – Estado de tanques na CETRAN IV após o incêndio.  
Fonte: (SCABRIA, BERTO e VITTORINO, 2016).

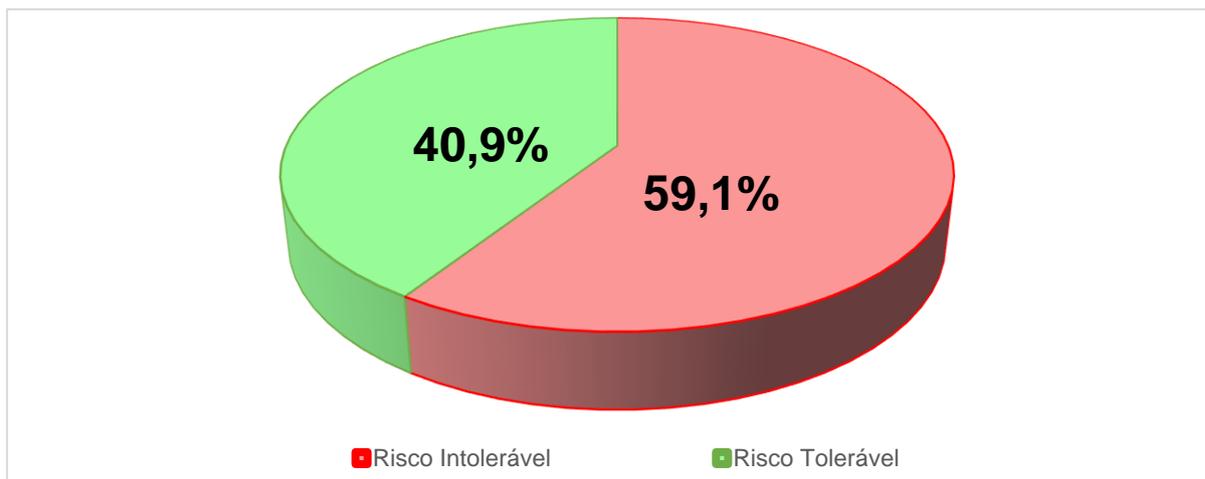
#### 4.2.1. Situação I: Retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678 instaladas na Central de Transferência IV, com a utilização de caminhão munck.

Analisaram-se informações nos Quadros 8 e 12 (Anexo 10.2.1.), como os índices de ocorrência, severidade e detecção apresentados na situação I. O Quadro 10 identifica os tipos de riscos expostos na Figura 22:

**Quadro 10 – Identificação do tipo e cor de risco, de acordo com índices de frequência, severidade e de risco apresentados na situação I.**

<b>Situação I: Retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678 instaladas na Central de Transferência IV, com a utilização de caminhão munck.</b>					
<b>Cenário</b>	<b>Índice de Ocorrência</b>	<b>Índice de Severidade</b>	<b>Índice de Detecção</b>	<b>Tipo de Risco</b>	<b>Cor do Risco</b>
1	E	IV	3	Intolerável	Vermelha
2	D	II	8	Tolerável	Verde
3	D	III	6	Intolerável	Vermelha
4	E	III	4	Intolerável	Vermelha
5	C	III	8	Tolerável	Verde
6	E	IV	3	Intolerável	Vermelha
7	D	III	6	Intolerável	Vermelha
8	E	III	4	Intolerável	Vermelha
9	C	II	9	Tolerável	Verde
10	C	IV	6	Intolerável	Vermelha
11	C	III	8	Tolerável	Verde
12	E	III	3	Intolerável	Vermelha
13	C	IV	6	Intolerável	Vermelha
14	E	III	3	Intolerável	Vermelha
15	D	III	6	Intolerável	Vermelha
16	E	II	6	Tolerável	Verde
17	E	III	4	Intolerável	Vermelha
18	C	III	9	Tolerável	Verde
19	D	III	6	Intolerável	Vermelha
20	C	III	8	Tolerável	Verde
21	B	III	8	Tolerável	Verde
22	B	III	8	Tolerável	Verde

Após exposição das informações no Quadro 10, o autor do presente trabalho conclui o seguinte panorama dos critérios analisados na situação I: 59,10% de risco intolerável; 40,9% de risco tolerável e 0,0% de risco aceitável. A Figura 46 apresenta as informações supracitadas no formato de gráfico:



**Figura 46 – Tipos de Riscos presentes na Situação I. Feito pelo autor.**

Isso representa elevadas condições de insalubridade e periculosidade apresentadas no meio ambiente de trabalho da CETRAN IV após o incêndio, na retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678 com auxílio de caminhão munck.

#### **4.2.2. Situação II: Montagem de estrutura para escoramento na Central de Transferência IV, com a utilização de material tubular e abraçadeiras para retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678.**

Quanto à situação II, analisaram-se informações nos Quadros 9 e 13 (Anexo 10.2.2.), como os índices de ocorrência, severidade e detecção apresentados. O Quadro 11 identifica os tipos de riscos expostos na Figura 22:

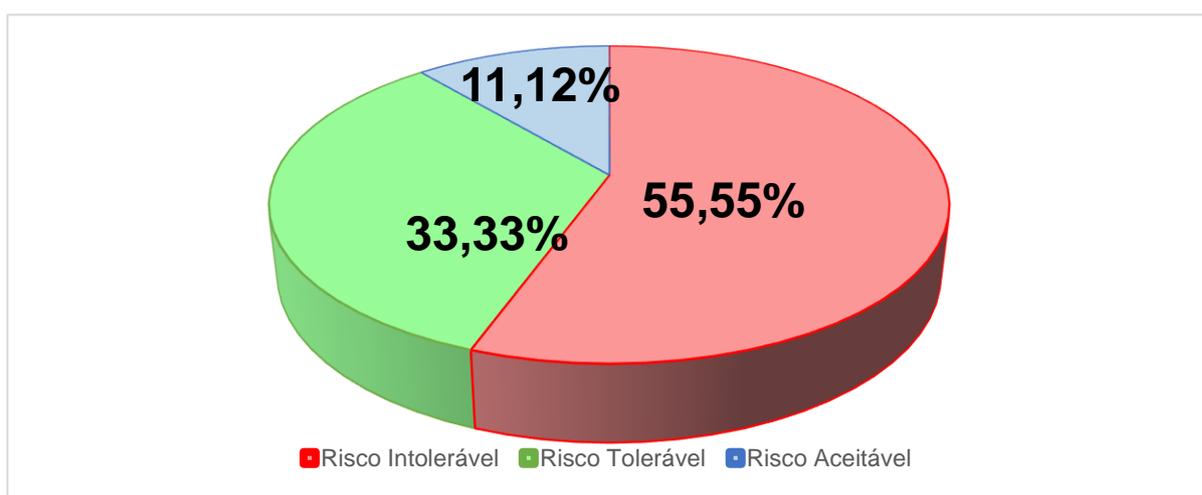
**Quadro 11 – Identificação do tipo e cor de risco, de acordo com índices de frequência, severidade e de risco apresentados na situação II.**

<b>Situação II: Montagem de estrutura para escoramento na Central de Transferência IV, com a utilização de material tubular e abraçadeiras para retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678.</b>					
<b>Cenário</b>	<b>Índice de Ocorrência</b>	<b>Índice de Severidade</b>	<b>Índice de Detecção</b>	<b>Tipo de Risco</b>	<b>Cor do Risco</b>
1	E	IV	4	Intolerável	Vermelha
2	E	III	4	Intolerável	Vermelha
3	D	II	8	Tolerável	Verde
4	E	III	4	Intolerável	Vermelha
5	E	III	3	Intolerável	Vermelha
6	B	II	9	Aceitável	Azul
7	B	III	6	Tolerável	Verde
8	B	III	8	Tolerável	Verde

**Quadro 11 – Identificação do tipo e cor de risco, de acordo com índices de frequência, severidade e de risco apresentados na situação II (continuação).**

<b>Situação II: Montagem de estrutura para escoramento na Central de Transferência IV, com a utilização de material tubular e abraçadeiras para retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678.</b>					
<b>Cenário</b>	<b>Índice de Ocorrência</b>	<b>Índice de Severidade</b>	<b>Índice de Detecção</b>	<b>Tipo de Risco</b>	<b>Cor do Risco</b>
9	D	II	7	Tolerável	Verde
10	E	II	5	Tolerável	Verde
11	E	III	4	Intolerável	Vermelha
12	D	IV	5	Intolerável	Vermelha
13	D	IV	4	Intolerável	Vermelha
14	D	II	7	Tolerável	Verde
15	D	III	6	Intolerável	Vermelha
16	B	II	7	Aceitável	Azul
17	C	IV	5	Intolerável	Vermelha
18	E	III	3	Intolerável	Vermelha

Após exposição das informações do Quadro 11, o autor do presente trabalho conclui o seguinte panorama dos critérios analisados na situação II: 55,55% de risco intolerável; 33,33% de risco tolerável e 11,12% de risco aceitável. A Figura 47 apresenta as informações supracitadas no formato de gráfico:



**Figura 47 – Tipos de Riscos presentes na Situação II. Feito pelo autor.**

Isso representa elevadas condições de insalubridade e periculosidade apresentadas no meio ambiente de trabalho da CETRAN IV após o incêndio, na montagem de escoramento de estrutura no momento de retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678 com uso de material tubular e abraçadeiras.

### 4.3. Cálculo do potencial energético calorífico presente no volume dos tanques para estocagem de combustíveis, localizados na CETRAN IV.

#### 4.3.1. Dimensionamento do Volume Queimado:

Após realização dos cálculos, a Tabela 16 apresenta o valor total do potencial energético calorífico (em MWh) presente no volume gerado pela queima de combustível estocado nos oito tanques instalados no TIS I, afetados pelo incêndio:

**Tabela 16 – Energia elétrica (em MWh) e volume queimado (em m<sup>3</sup>) nos tanques de combustível próximos da CETRAN IV.**

Combustível	Tanque	Volume queimado (m <sup>3</sup> )	Energia elétrica (MWh)	%
Álcool Anidro ANP	2645	5.052	31.388,47	38,26
	2647	5.949	36.961,60	
Gasolina A	2628	244	2.183,77	61,06
	2631	3.181	28.469,56	
	2643	625	5.593,68	
	2646	2.409	21.560,26	
	2648	5.729	51.273,85	
Óleo Diesel S10	2633	117	1.221,90	0,68
TOTAL	-----	23.306	178.653,09	100,00

A Tabela 17 elucida comparação do potencial energético calorífico presente no volume dos tanques queimados no incêndio deste estudo de caso, com hipóteses apresentadas em atividades e eventos nacionais e internacionais:

**Tabela 17 – Comparação do potencial energético calorífico apresentado no volume dos tanques queimados no incêndio de Santos, com hipóteses apontadas em atividades e eventos nacionais e internacionais.**

Evento / atividade		Base de cálculo				
		Potencial energético calorífico Por hipótese (MWh/ano)	Queima dos tanques (MWh)	Período estimado		
Nº	Descrição da hipótese			Horas	Dias	%
1.1	Energia elétrica consumida no Município de Santos em 2016.	1.359.996,78	178.653,09	1.151	48	13,14
2.1	Consumo elétrico da Iluminação Pública de Santos em 2016.	31.363,47		49.899	2.079	569,62
3.1	Geração de energia elétrica pela Usina Hidrelétrica de Itaipu Binacional em 2016.	103.098.366,00		6,58	----	0,172

Conforme informado na Tabela 17, o potencial energético calorífico gerado pela queima dos oito tanques instalados nas proximidades da CETRAN IV e afetados pelo incêndio, correspondeu a 178.653,09 MWh. Tal valor era equivalente ao fornecimento de energia elétrica para consumo no município de Santos por 1.151 horas (ou 48 dias) no ano de 2016; da mesma forma que o consumo de energia elétrica destinada para a Iluminação Pública em Santos por 49.899 horas (ou 2.079 dias) em 2016; além do fornecimento de quase 7 horas de eletricidade geradas pela Usina Hidrelétrica de Itaipu Binacional em 2016.

Numa quarta hipótese, o potencial energético calorífico gerado pela queima dos oito tanques (valor equivalente a 153,72 quilotoneladas), corresponde a 1.024,78% do potencial destrutivo da bomba de urânio lançada na cidade japonesa de Hiroshima (15 quilotoneladas). O valor trata-se de potencial para geração, transmissão, distribuição e consumo de 3.741 dias e/ou 89.771 horas de energia elétrica no Município de Santos.

E numa quinta hipótese, o potencial energético calorífico gerado pela queima dos oito tanques (valor equivalente a 0,15 megatoneladas), correspondia a 0,27% do potencial destrutivo apresentado pelo Tsar-Bomb, bomba atômica planejada e confeccionada na antiga União Soviética durante a Guerra Fria, testada em território russo no dia 30 de outubro de 1961. Lembrando que esta última apresentava o potencial energético calorífico de 57 megatons (57.000.000,00 milhões de toneladas), valor 1.500 vezes superior ao apresentado pela bomba de urânio lançada sobre Hiroshima (BBC, 2017). O valor é proporcional ao potencial para geração, transmissão, distribuição e consumo de 24 horas (aproximadamente 1 dia) de energia elétrica no Município de Santos.

#### 4.3.2. Dimensionamento do volume inicial

Após a realização dos cálculos, a Tabela 18 apresenta o valor total do potencial energético calorífico (em MWh) mensurado nos tanques de combustíveis instalados no TIS I, tendo em vista seus volumes iniciais (antes do incêndio):

**Tabela 18 – Energia elétrica (em MWh) e volume inicial (em m³) nos tanques de combustível localizados próximos da CETRAN IV, antes do incêndio.**

Combustível	Tanque	Volume inicial (m³)	Energia elétrica (MWh)	%
Álcool Anidro ANP	2645	5.943	36.924,32	24,33
	2647	5.949	36.961,60	
Gasolina A	2628	4.880	43.675,41	62,22
	2631	4.894	43.800,70	
	2643	2.975	26.625,89	
	2646	2.409	21.560,26	
	2648	5.958	53.323,37	
Óleo Diesel S10	2633	3.913	40.865,69	13,45
TOTAL	-----	36.921	303.737,24	100,00

A Tabela 19 também elucida comparação do potencial energético calorífico apresentado no volume dos tanques antes do incêndio ocorrido no município de Santos em 2015, com as mesmas hipóteses apresentadas na Tabela 17, descrevendo atividades e eventos nacionais e internacionais:

**Tabela 19 – Comparação do potencial energético calorífico apresentado no volume dos tanques antes do incêndio de Santos, com hipóteses apontadas em atividades e eventos nacionais e internacionais.**

Evento / atividade		Base de cálculo				
		Potencial energético calorífico		Período estimado		
Nº	Descrição da hipótese	Por hipótese (MWh/ano)	Volume dos tanques antes do incêndio (MWh)	Horas	Dias	%
1.2	Energia elétrica consumida no Município de Santos em 2016	1.359.996,78	303.737,24	1.956	81	22,33
2.2	Consumo elétrico da Iluminação Pública de Santos em 2016.	31.363,47		84.835	3.535	968,44
3.2	Geração de energia elétrica pela Usina Hidrelétrica de Itaipu Binacional em 2016.	103.098.366,00		3,87	-----	0,295

Conforme apresentado na Tabela 19, o potencial energético calorífico apresentado no volume dos oito tanques instalados nas proximidades da CETRAN IV e afetados pelo acidente - só que antes do incêndio - correspondia a 303.737,24 MWh. Tal valor poderia equivaler ao fornecimento de energia elétrica para consumo no município de Santos por 1.956 horas (ou 81 dias) no ano de 2016; da mesma forma que o consumo de energia elétrica destinada para a Iluminação Pública em Santos por 84.835 horas (ou 3.535 dias) em 2016; além do fornecimento de quase 4 horas de eletricidade potencialmente geradas pela Usina Hidrelétrica de Itaipu Binacional em 2016.

Numa quarta hipótese, o potencial energético calorífico gerado pela queima dos oito tanques (valor equivalente a 261,34 quilotoneladas), correspondendo a 1.742,28% do potencial destrutivo da bomba de urânio lançada na cidade japonesa de Hiroshima (15 quilotoneladas). O valor trata-se de potencial para geração, transmissão, distribuição e consumo de 6.359 dias e/ou 152.624 horas de energia elétrica no Município de Santos.

E numa quinta hipótese, o potencial energético calorífico gerado pela queima dos oito tanques (valor equivalente a 0,26 megatoneladas), corresponde a 0,46% do potencial destrutivo apresentado pelo Tsar-Bomb, bomba atômica planejada e confeccionada na antiga União Soviética durante a Guerra Fria, testada em território russo no dia 30 de outubro de 1961. Lembrando que esta última apresentava o potencial energético calorífico de 57 megatons (57.000.000,00 milhões de toneladas), valor 1.500 vezes superior ao apresentado pela bomba de urânio lançada sobre Hiroshima (BBC, 2017). O valor é proporcional ao potencial para geração, transmissão, distribuição e consumo de 40 horas (aproximadamente 1 dia e 16 horas) de energia elétrica no Município de Santos.

Vale ressaltar o fato dos tanques de combustíveis afetados pelas chamas do incêndio (instalados no TIS-I), estarem próximos da entrada de Santos, às margens da Rodovia Anchieta – região de circulação diária de veículos originários de cidades vizinhas (Cubatão, São Vicente, Praia Grande e outros), além de regiões como por exemplo a Grande São Paulo. Situações como a proximidade dos tanques a bairros adjacentes do município de Santos como Alemoa e Chico de Paula, além da sensação térmica de calor acima dos 800°C no perímetro do local onde ocorreu o incêndio eram propícias para risco iminente de potencial explosão em cadeia sem precedentes, que poderia envolver tanques de combustíveis situados em terminais vizinhos aos da empresa Ultracargo.

#### 4.4. Análise Toxicológica dos Gases Emitidos na Atmosfera:

Os volumes queimados nos tanques instalados na instalados no TIS I, expandiram gases tóxicos ao ser humano, como o monóxido de carbono (CO) e o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Após a realização dos cálculos para determinação da Massa Total (m<sub>T</sub>) do combustível estocado antes do incêndio e do volume queimado, além da densidade máxima total do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e do monóxido de carbono (CO), de acordo com o tipo de combustível e tanque de confinamento dos mesmos, foram apresentadas as seguintes informações:

##### 4.4.1. Dióxido de Carbono - CO<sub>2</sub>

A Tabela 20 apresenta os valores calculados da Massa Total (m<sub>T</sub>) do combustível estocado antes do incêndio e do volume queimado, além da densidade máxima total do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), de acordo com o tipo de combustível e a identificação do tanque afetado:

**Tabela 20 – Estimativas de Massa Total do volume queimado (em toneladas) e Densidade (mg/m<sup>3</sup>) de CO<sub>2</sub> concentrado nos combustíveis estocados nos tanques afetados pelo incêndio.**

Número do Tanque	Tipo de Combustível	Massa Total (m <sub>T</sub> ) do volume queimado (em t)	Massa Total de CO <sub>2</sub> (em t)	%	Densidade máxima total do CO <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> )
2628	Gasolina A	803,97	529,64	65,88	3.294.879.579,00
2631		10.481,22	6.904,89		
2643		2.059,35	1.356,67		
2646		17.937,53	5.229,13		
2648		18.876,75	12.435,75		
2645	Álcool Anidro ANP	14.357,07	8.548,80	59,54	2.415.964.422,00
2647		14.371,57	8.557,43		
2633	Óleo Diesel S10	430,62	289,39	67,20	3.680.715.691,00

Conforme apresentado na Tabela 20, o volume de dióxido de carbono formado pela queima de Gasolina A estocada nos tanques 2628, 2631, 2643, 2646 e 2648; corresponde a 65,88% da massa total gerada após sua combustão. E a densidade máxima de CO<sub>2</sub> gerado pela queima, corresponde aproximadamente 3.294.879.579,00 mg/m<sup>3</sup>. Já o volume constituído pela queima do Álcool Anidro ANP presente nos tanques 2645 e 2647 corresponde a aproximadamente 59,54% da massa total gerada após sua combustão. A densidade máxima de CO<sub>2</sub> gerado pela queima gira em torno de 2.415.964.422,00 mg/m<sup>3</sup>.

E o volume formado pela queima de Óleo Diesel S10 confinado no tanque 2633 corresponde a 67,20% da massa total gerada após sua combustão. A densidade máxima de CO<sub>2</sub> gerado pela queima, corresponde a 3.680.715.691,00 mg/m<sup>3</sup>.

A Tabela 21 apresenta os valores calculados da Densidade máxima total do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), do Limite Máximo de Exposição do CO<sub>2</sub> permitido no Brasil, além do Número de exposição de CO<sub>2</sub>, relacionado com a Densidade máxima total e de acordo com o tipo de combustível e a identificação do tanque afetado:

**Tabela 21 – Densidade total e Limite Máximo de Exposição de CO<sub>2</sub> permitido no Brasil (mg/m<sup>3</sup>) e Número de exposição relacionado à Densidade total, segundo o tipo de combustível e o número do tanque.**

<b>Número do Tanque</b>	<b>Tipo de Combustível</b>	<b>Densidade máxima total do CO<sub>2</sub> (mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Limite Máximo de Exposição do CO<sub>2</sub> aceito no Brasil (mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Número de exposição de CO<sub>2</sub>, em relação à densidade máxima total por tipo de combustível</b>
2628	Gasolina A	3.294.879.579,00	9.000,00	366.097,73
2631				
2643				
2646				
2648				
2645	Álcool Anidro ANP	2.415.964.422,00		268.440,49
2647				
2633	Óleo Diesel S10	3.680.715.691,00		408.968,41

No Brasil, o Limite de Exposição ao dióxido de carbono permitido é de 5.000 ppm (9.000 mg/m<sup>3</sup>). Concentrações de 10% (100.000 ppm) podem produzir inconsciência e morte por deficiência de oxigênio. Uma concentração de 5% pode causar falta de ar e dor de cabeça. A exposição contínua a 1,5% de CO<sub>2</sub> pode causar alterações em algum processo fisiológico. A concentração de dióxido de carbono no sangue afeta a taxa de respiração (M. KEY, HENSCHER, BUTLER, et al., 1977).

Conforme apresentado na Tabela 21, o volume limite máximo aceito no Brasil, na exposição do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) gerado pela queima de Gasolina A, Álcool Anidro A e Óleo Diesel S10, equivalem a 9.000,00 mg/m<sup>3</sup>.

A densidade máxima de CO<sub>2</sub> gerado pela queima da Gasolina A estocada nos tanques 2628, 2631, 2643, 2646 e 2648, corresponde a 3.294.879.579,00 mg/m<sup>3</sup>; ou aproximadamente 366 (trezentos e sessenta e seis) mil vezes o limite apresentado. Já na queima de Álcool Anidro A estocado nos tanques 2645 e 2647, a densidade máxima de CO<sub>2</sub> gerado pela queima equivale a 2.415.964.422,00 mg/m<sup>3</sup>;

correspondendo a aproximadamente 268 (duzentos e sessenta e oito) mil vezes o limite apresentado. E a densidade máxima de CO<sub>2</sub> gerado pela queima de Óleo Diesel S10 estocado no tanque 2633, corresponde a 3.680.715.691,00 mg/m<sup>3</sup>; ou aproximadamente 409 (quatrocentos e nove) mil vezes o limite estabelecido no Brasil.

#### 4.4.2. Monóxido de Carbono - CO

A Tabela 22 apresenta os valores calculados da Massa Total (m<sub>T</sub>) do combustível estocado antes do incêndio e do volume queimado, além da Densidade máxima total do monóxido de carbono (CO), de acordo com o tipo de combustível e a identificação do tanque afetado:

**Tabela 22 – Estimativas de Massa Total do volume queimado (em toneladas) e Densidade (mg/m<sup>3</sup>) de CO concentrado nos combustíveis estocados nos tanques afetados pelo incêndio.**

Número do Tanque	Tipo de Combustível	Massa Total (m <sub>T</sub> ) do volume queimado (em t)	Massa Total de CO (em t)	%	Densidade máxima total do CO (mg/m <sup>3</sup> )
2628	Gasolina A	803,97	17,74	2,21	3.289.672.144,00
2631		10.481,22	231,26		
2643		2.059,35	45,44		
2646		7.937,53	175,14		
2648		18.876,75	416,51		
2645	Álcool Anidro ANP	14.357,07	286,32	1,99	2.421.018.134,00
2647		14.371,57	286,61		
2633	Óleo Diesel S10	430,63	9,69	2,25	3.681.889.762,00

Conforme apresentado na Tabela 22, o volume de monóxido de carbono formado pela queima de Gasolina A estocada nos tanques 2628, 2631, 2643, 2646 e 2648; corresponde a 2,21% da massa total gerada após sua combustão. A densidade máxima de CO gerado pela queima, corresponde a 3.289.672.144,00 mg/m<sup>3</sup>.

Já o volume constituído pela queima do Álcool Anidro ANP presente nos tanques 2645 e 2647 corresponde a 1,99% da massa total gerada após sua combustão. A densidade máxima de CO gerado pela queima, corresponde a 2.421.018.134,00 mg/m<sup>3</sup>.

E o volume formado pela queima de Óleo Diesel S10 confinado no tanque 2633 corresponde a 2,25% da massa total gerada após sua combustão. A densidade máxima de CO gerado pela queima gira em torno de 3.681.889.762,00 mg/m<sup>3</sup>.

A Tabela 23 apresenta os valores calculados da Densidade máxima total do monóxido de carbono (CO), do Limite Máximo de Exposição do CO permitido no

Brasil, além do Número de exposição de CO, relacionado com a Densidade máxima total e de acordo com o tipo de combustível e a identificação do tanque afetado:

**Tabela 23 – Densidade total e Limite Máximo de Exposição de CO permitido no Brasil (mg/m<sup>3</sup>) e Número de exposição relacionado à Densidade total, segundo o tipo de combustível e o número do tanque.**

Número do Tanque	Tipo de Combustível	Densidade máxima total do CO (mg/m <sup>3</sup> )	Limite Máximo de Exposição do CO aceito no Brasil (em mg/m <sup>3</sup> )	Número de exposição de CO, em relação à densidade máxima total por tipo de combustível
2628	Gasolina A	3.289.672.144,00	55,00	59.812.220,80
2631				
2643				
2646				
2648				
2645	Álcool Anidro ANP	2.421.018.134,00		44.018.511,52
2647				
2633	Óleo Diesel S10	3.681.889.762,00		66.943.450,22

No Brasil, o Limite de Exposição ao monóxido de carbono permitido é de 50 ppm (55,00 mg/m<sup>3</sup>). O padrão recomendado pelo NIOSH em 35 ppm com um valor de teto em 200 ppm. Este valor posterior é limitar a formação de carboxihemoglobina em um não fumante envolvido em atividade sedentária no estado normal (M. KEY, HENSCHER, BUTLER, et al., 1977).

Conforme apresentado na Tabela 23, o volume limite máximo aceito no Brasil, na exposição do monóxido de carbono (CO) gerado pela queima de Gasolina A, Álcool Anidro A e Óleo Diesel S10, equivale a 55,00 mg/m<sup>3</sup>.

A densidade máxima de CO<sub>2</sub> gerado pela queima da Gasolina A estocada nos tanques 2628, 2631, 2643, 2646 e 2648, corresponde a 3.289.672.144,00 mg/m<sup>3</sup>; ou aproximadamente 59.812.220,80 (cinquenta e nove milhões, oitocentos e doze mil) vezes o limite apresentado. Já na queima de Álcool Anidro A estocado nos tanques 2645 e 2647, a densidade máxima de CO<sub>2</sub> gerado pela queima equivale a 2.421.018.134,00 mg/m<sup>3</sup>; correspondendo a aproximadamente 44.018.511,52 (quarenta e quatro milhões e dezoito mil) vezes o limite apresentado. E a densidade máxima de CO<sub>2</sub> gerado pela queima de Óleo Diesel S10 estocado no tanque 2633, corresponde a 3.681.889.762,00 mg/m<sup>3</sup>; ou aproximadamente 66.943.450,22 (sessenta e seis milhões, novecentos e quarenta e três mil) vezes o limite estabelecido no Brasil.

## 4.5. Desenvolvimento Sustentável no Meio Ambiente Portuário

### 4.5.1. Volume de água gerado pela queima dos tanques de combustíveis no incêndio:

Além do potencial energético calorífico estimado por intermédio do volume de dos tanques queimados de combustível estocados e a consequente geração de material particulado (monóxido e dióxido de carbono) emitidos na atmosfera; a combustão do Álcool Anidro ANP, Gasolina A e Óleo Diesel S10 armazenados também propiciou na composição de água.

Uma das premissas da sustentabilidade é a proteção e conservação dos recursos naturais. A água cobre 70% da superfície do planeta. Mas apenas 3% do total pode ser aproveitada para o consumo humano. Atualmente, mais de 1 bilhão de pessoas enfrentam problemas de acesso à água potável e outros 2,7 bilhões de pessoas sofrem por sua falta pelo menos um mês por ano (PORTAL G1 MUNDO, 2018).

Devido à problemática da escassez de água afligir bilhões de pessoas no planeta, o autor do presente trabalho analisa o quanto volume de água gerada pela queima dos combustíveis armazenados nos tanques afetados pelo incêndio, corresponde em comparação com o consumo anual de Santos.

A Tabela 14 apresenta os valores das massas de água calculados pela geração da queima dos combustíveis estocados nos tanques afetados pelo incêndio (em toneladas): 256,59 (Tanque 2628 - Gasolina A), 3.345,07 (Tanque 2631 - Gasolina A), 131,54 (Tanque 2633 - Óleo Diesel S10), 657,24 (Tanque 2643 - Gasolina A), 5.521,95 (Tanque 2645 - Álcool Anidro ANP), 2.533,26 (Tanque 2646 - Gasolina A), 5.527,53 (Tanque 2647 - Álcool Anidro ANP) e 6.024,50 (Tanque 2648 - Gasolina A). Dessa forma, segue somatória das massas de água calculadas por tanque (em toneladas):

$$m_{TOTAL H_2O} = m_{T_{2628} H_2O} + m_{T_{2631} H_2O} + m_{T_{2633} H_2O} + m_{T_{2643} H_2O} + m_{T_{2645} H_2O} + m_{T_{2646} H_2O} + m_{T_{2647} H_2O} + m_{T_{2648} H_2O} \quad (76)$$

$$m_{TOTAL H_2O} = 256,59 t + 3.345,07 t + 131,54 t + 657,24 t + 5.521,95 t + 2.533,26 t + 5.527,53 t + 6.024,50 t \quad (77)$$

$$m_{TOTAL H_2O} = 23.997,68 \text{ toneladas}$$

Segundo UFGO (2018), o valor aproximado da densidade da água, adotado nos cálculos foi de  $1.000 \text{ kg} / \text{m}^3$ . Diante das informações, segue desenvolvimento do cálculo do volume total de água gerada pela queima (combustão) dos tanques de combustível afetados pelo incêndio:

### Dados

- Massa total de água gerada pela queima (combustão) dos tanques de combustível afetados pelo incêndio (em toneladas): **23.997,68 toneladas**.

- Densidade da água:  **$1.000 \text{ kg} / \text{m}^3$**  (UFGO, 2018).

$$\text{Volume (m}^3\text{)} = \frac{\text{Massa (kg)}}{\text{Densidade (}\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\text{)}} \Rightarrow \frac{23.997,68 \text{ toneladas} \cdot \frac{1.000 \text{ kg}}{1 \text{ tonelada}}}{1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \Rightarrow \frac{23.997.680 \text{ kg}}{1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \quad (78)$$

$$\text{Volume (m}^3\text{)} = 23.997,68 \text{ m}^3 \quad (79)$$

### Cálculos da hipótese 6:

- Consumo total de água consumida no município de Santos em 2016 (indústria, comércio, agricultura e doméstico):  **$36.268.073,00 \text{ m}^3$**  (PREFEITURA DE SANTOS, 2018).

### Fazendo a conversão em dias:

Dados: 1 ano = 365 dias =  $36.268.073,00 \text{ m}^3$

Comparativo entre o volume total de água gerado pela combustão dos tanques de Álcool Anidro ANP, Gasolina A e Óleo Diesel S10 afetados no acidente ocorrido em abril de 2015; e do consumo total de água potável consumida no município de Santos em 2016 (indústria, comércio, agricultura e doméstico):

$$x_6 = \frac{23.997,68 \text{ m}^3 \cdot 365 \text{ dias}}{36.268.073 \text{ m}^3} = \frac{8.759.153,20 \text{ m}^3}{36.268.073 \text{ m}^3} \Rightarrow 0,24 \text{ dias} \quad (80)$$

### Conversão de dias para horas:

Dados: 1 mês = 30 dias / 1 dia = 24 horas

$$mc_6 = \frac{0,242 \text{ dias} \cdot 24 \text{ horas}}{1 \text{ dia}} \Rightarrow 5,81 \text{ horas} \quad (81)$$

O volume total dos 08 (oito) tanques de combustíveis queimados durante o incêndio propiciou a formação da massa total de 23.997,68 toneladas de água ou o

volume total de 23.997,68 metros cúbicos de água, valores equivalentes ao consumo total de aproximadamente 6 horas (0,24 dias) de água potável no município de Santos em 2016 (indústria, comércio, agricultura e doméstico).

#### **4.5.2. Sustentabilidade e os impactos ambientais portuários**

Além da observância de riscos ambientais e ergonômicos apresentados no presente estudo, ressalta-se a importância de eventuais medidas na mitigação de impactos ambientais decorrentes dos acidentes portuários.

Segundo o artigo 1º da Resolução 001/1986, “considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I) a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II) as atividades sociais e econômicas; III) a biota; IV) as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e V) a qualidade dos recursos ambientais.

Partindo pelo conceito abordado, Benjamin (1999) avalia que as atividades portuárias exemplificam hipótese para presunção de significativa degradação, descrita na Resolução 001/1986; conceito jurídico indeterminado sem definição em *numerus clausus* na legislação. Ou seja, neste caso há potencialidade de “significativa” degradação do meio ambiente, resultando na elaboração de Estudo Prévio de Impacto Ambiental (EPIA).

Dessa forma, faz-se o apontamento de potenciais ações voltadas na melhoria nas condições do meio ambiente do trabalho portuário, com ênfase ao desenvolvimento sustentável. Uma delas, voltada no incentivo das empresas portuárias na instalação de terminais de armazenamento de granéis líquidos e sólidos em regiões de grande potencial sustentável, como a Área Continental de Santos.

Tais medidas reduziram as possibilidades da população residente às adjacências de terminais portuários, ser impactada devido a potenciais riscos de intoxicação e/ou explosão. A proposta está amparada pela Lei Complementar nº. 1.005, de 16 de julho de 2018, que institui o Plano Diretor de Desenvolvimento e Expansão Urbana do Município de Santos, com ênfase no incentivo à transferência de atividades portuárias, retroportuárias e logísticas da área insular para a Macroárea Continental do Município, de forma a garantir qualidade de vida à população (PREFEITURA DE SANTOS, 2018).

De acordo com A TRIBUNA ONLINE (2018), o Município de Santos apresenta área total de 271 km<sup>2</sup>, sendo 39,4 km<sup>2</sup> de área insular (que concentra 99,32% de sua população) e 231,6 km<sup>2</sup> de Área Continental (0,68% da população). A Figura 48 apresenta o ordenamento do Uso e Ocupação do Solo na Área Continental de Santos:

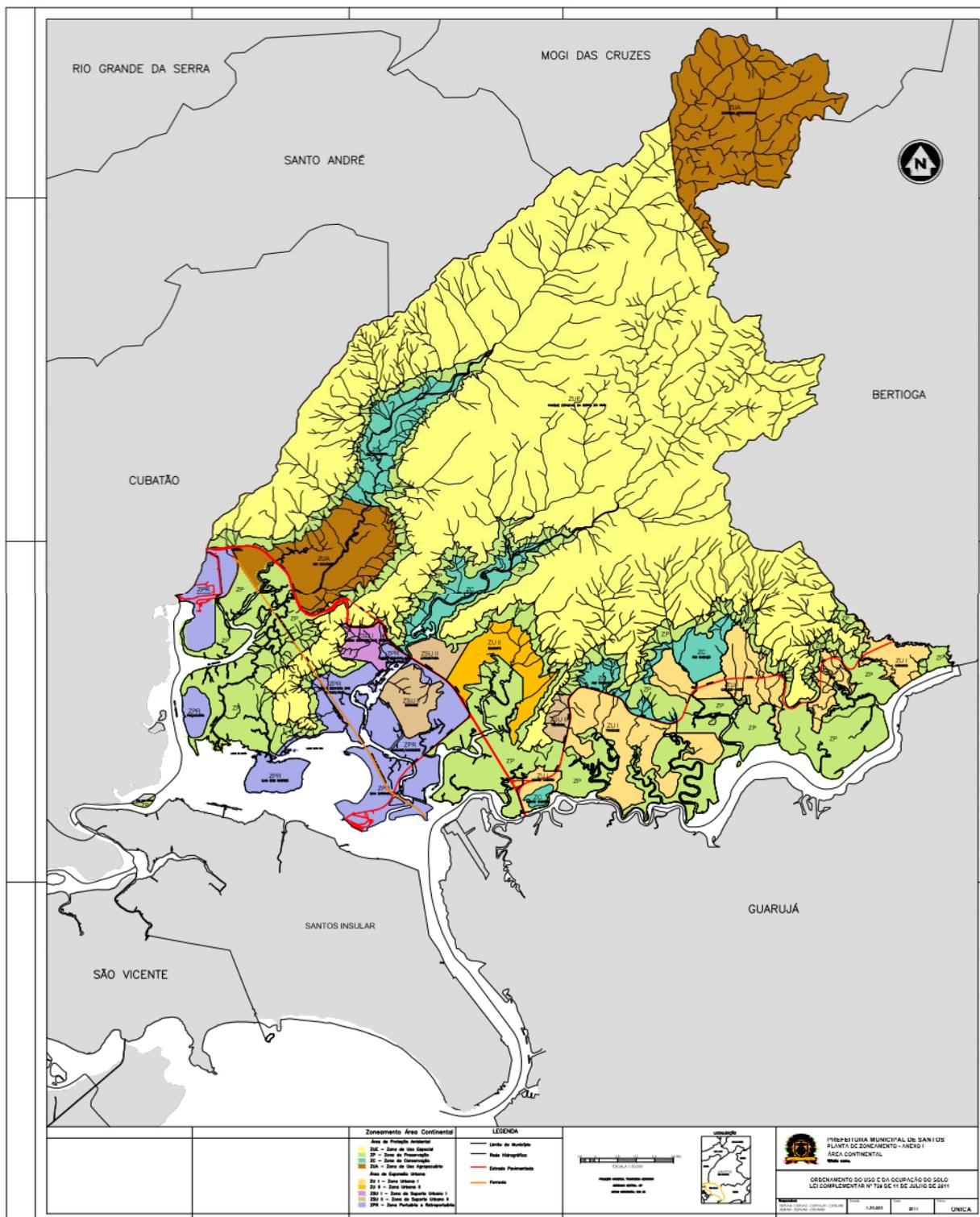


Figura 48 – Ordenamento do Uso e Ocupação do Solo na Área Continental de Santos.  
Fonte: (Prefeitura de Santos, 2018).

Os impactos ambientais causados pela atividade portuária em área urbana podem ser mitigados através da definição do passivo ambiental existente e do levantamento dos riscos e vulnerabilidades relacionados à sua operação. Com a realização de diagnóstico acerca de legislações existentes, torna-se possível definir quais são as estratégias e ações a serem realizadas nos municípios, em prol do desenvolvimento sustentável.

O município de Santos, à jusante da Lei Complementar nº. 729, de 11 de julho de 2011, disciplina o Ordenamento do Uso e da Ocupação do Solo na Área Continental do município, dá nova disciplina à Área de Proteção Ambiental – APA, e dá outras providências. A Tabela 24 apresenta disposição do zoneamento estabelecido nas Áreas de Expansão Urbana – AEU e Áreas de Proteção Ambiental – APA na Área Continental de Santos:

**Tabela 24 – Disposição das Áreas de Expansão Urbana e de Proteção Ambiental em território que compreende a Área Continental de Santos.**

<b>Nº.</b>	<b>Tipo de área</b>	<b>Zoneamento</b>	<b>Área em hectares (ha)</b>	<b>Área em quilômetros quadrados (km<sup>2</sup>)</b>	<b>% Total</b>
<b>1</b>	<b>Área de Expansão Urbana - AEU</b>	Zona Urbana I	1.194,11	11,94	<b>5,16</b>
		Zona Urbana II	351,21	3,51	<b>1,52</b>
		Zona de Suporte Urbano I	104,76	1,05	<b>0,45</b>
		Zona de Suporte Urbano II	315,03	3,15	<b>1,36</b>
		Zona Portuária e Retroportuária	1.231,00	12,31	<b>5,32</b>
<b>2</b>	<b>Área de Proteção Ambiental - APA</b>	Zona de Uso Especial	11.397,78	113,98	<b>49,21</b>
		Zona de Uso Agropecuário	2.003,65	20,04	<b>8,65</b>
		Zona de Conservação	938,64	9,38	<b>4,05</b>
		Zona de Preservação	5.624,00	56,24	<b>24,28</b>
<b>SOMA TOTAL</b>		-----	<b>23.160,18</b>	<b>231,60</b>	<b>100,00</b>

Adaptado pelo autor.

Fonte: (PREFEITURA DE SANTOS, 2011).

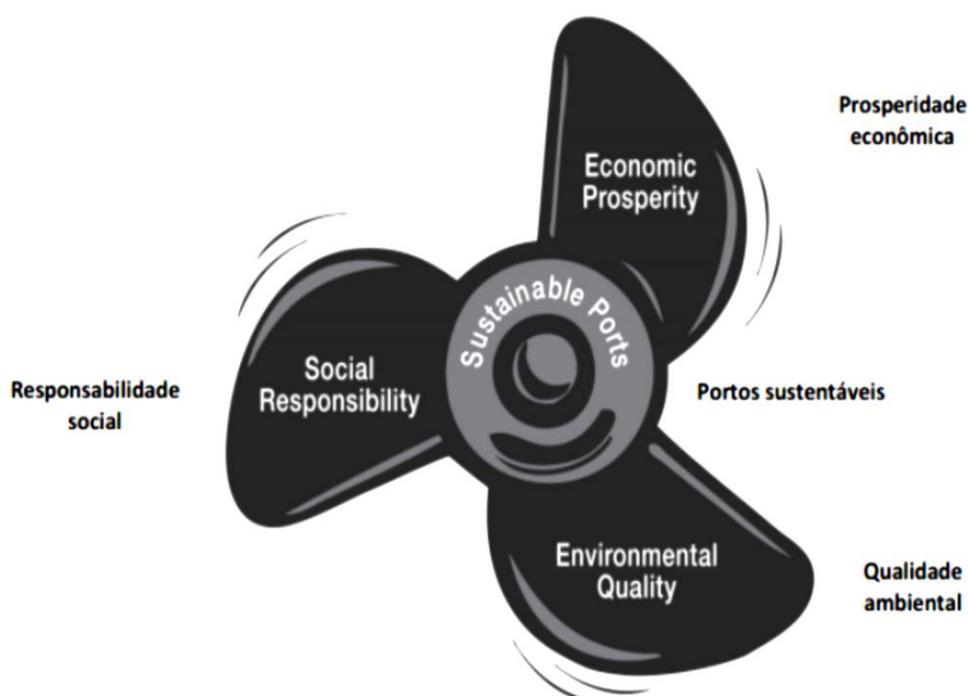
Neles são adotadas práticas de sustentabilidade, tais como a conservação dos recursos naturais na sua implantação e funcionamento; eficiência energética nas operações; gestão eficaz dos resíduos produzidos e monitoramento ambiental, para o controle das emissões, que representam um grande impacto urbano no modelo de porto existente, no qual ocorrem lançamentos de material particulado e odores provenientes do transporte de grãos e de outras matérias primas.

Fatores como o curto calado do Porto de Santos e a limitação de profundidade do Canal do Estuário, além do aumento nas dimensões das embarcações de granéis

líquidos e sólidos poderão provocar restrições operacionais futuramente. Estudos recomendados pela Codesp demonstram que em até 2024, o cais santista deverá ter mais restrições operacionais do que hoje. Não somente nos acessos terrestre, mas também no aquaviário, devido ao aumento das dimensões dos navios e da demanda das empresas marítimas. Nessa situação, a construção dos terminais de águas profundas na costa é uma solução para garantir a expansão das operações portuárias na região (SANTOS et al.,2017).

O risco agregado à atividade portuária sempre existirá, mesmo que sejam tomadas as precauções cabíveis para se evitar os acidentes ambientais. Porém, é essencial que as questões ambientais inerentes à atividade portuária sejam tratadas pelas organizações no âmbito do planejamento, com estratégias proativas, evitando ações reativas e dispendiosas, muitas vezes ineficazes do ponto de vista socioambiental (PORTO & TEIXEIRA, 2013).

As demandas ambientais sobre o sistema portuário são imensas, por conta de passivos herdados (ambientais, culturais, estruturais) e de ativos continuamente criados. Ambos os casos geram inconformidades, que devem ser enfrentadas para que as conformidades possam ser alcançadas, garantindo o pleno funcionamento dos portos sem prejuízos econômicos e socioambientais (KITZMANN & ASMUS, 2006). A Figura 49 apresenta o modelo conceitual de “Porto Sustentável”:



**Figura 49 – Modelo conceitual de “Porto Sustentável”**  
Fonte: (BAILEY, 2009).

Diante da preocupação com a sustentabilidade, na promoção de ações voltadas para o desenvolvimento sustentável no meio ambiente do trabalho portuário no Brasil, foram sancionados instrumentos e ferramentas legais específicas com detalhes que amparam legalmente tais iniciativas.

De acordo com BRASIL (2000), a **Lei nº. 9.966/2000** dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências. A especificidade acerca de ações voltadas para o desenvolvimento sustentável na atividade portuária encontra-se no artigo 7º da legislação:

*“Os portos organizados, instalações portuárias e plataformas, bem como suas instalações de apoio, deverão dispor de planos de emergência individuais para o combate à poluição por óleo e substâncias nocivas ou perigosas, os quais serão submetidos à aprovação do órgão ambiental competente.” (art. 7º).*

Entretanto, mais importante que qualquer outra ação no sentido de melhorar as instalações portuárias existentes, atendendo às questões trabalhistas e proporcionando um ambiente seguro, saudável e que respeite as diretrizes de uma Agenda Ambiental, deve-se considerar uma mudança profunda nas relações produtivas e comerciais do Brasil, agregando valor às commodities nacionais, para que, deste modo os impactos ambientais decorrentes desse tipo de exportação sejam reduzidos (SANTOS et al., 2017).

Assim como no setor portuário, toda atividade produtiva envolve riscos, com a concentração de atividades em complexos, condomínios e/ou clusters deva ser promovida e mantida, privilegiando aspectos como segurança, produtividade, geração de empregos e o desenvolvimento regional. O envolvimento de todos os atores envolvidos é a chave para concretizar ações em prol do desenvolvimento sustentável.

Por consequência, a premissa potencializa o fortalecimento do desenvolvimento local, regional, estadual e nacional, além da redução ou compensação de eventuais impactos ambientais e como consequência, na melhoria da qualidade de vida na Região Metropolitana da Baixada Santista.

## 5. CONCLUSÃO

O presente trabalho concluiu que a explosão das bombas B-2642, B-2644 e B-2678 ocorrida na CETRAN IV deram-se por equívoco no aumento da rotação, gerando superaquecimento. Também houve no redimensionamento das vazões máximas dos equipamentos. As deformações plásticas observadas nas carcaças das bombas ocorreram devido à temperatura ambiente superior a 800°C. As válvulas de sucção e recalque encontravam-se fechadas. Também houve queima de combustível no interior das bombas.

A Central de Transferência IV também apresentou condições elevadas de insalubridade e periculosidade. A situação I apresenta 59,10% de condições intoleráveis e 40,9% de condições toleráveis. A situação II demonstra 55,55% de condições intoleráveis, 33,33% de tolerabilidade e 11,12% de condições aceitáveis.

Calculou-se o valor do potencial energético calorífico apresentado no volume queimado (em m<sup>3</sup>) gerado nos tanques de combustível próximos da CETRAN IV. Do total de 178.653,09 MWh: 68.350,07 MWh (38,26%) corresponderiam aos 2 (dois) tanques de Álcool Anidro ANP; 109.081,12 MWh (61,06%), aos 5 (cinco) tanques de Gasolina A e 1.221,90 MWh (0,68%), ao tanque de Óleo Diesel S10.

O potencial energético calorífico apresentado no volume dos tanques queimados no incêndio, corresponde a 1151 horas (48 dias) da energia elétrica consumida no Município de Santos em 2016; 49899 horas (2079 dias) do consumo elétrico da Iluminação Pública de Santos em 2016; e quase 7 horas de eletricidade gerada pela Usina Hidrelétrica de Itaipu Binacional em 2016.

Também foi calculado o valor do potencial baseado no volume inicial (em m<sup>3</sup>) dos tanques de combustível antes do incêndio. Do valor total de 303.737,24 MWh de energia elétrica: 73.885,92 MWh (24,33%) corresponderiam aos 2 (dois) tanques de Álcool Anidro ANP; 188.985,63 MWh (62,22%), aos 5 (cinco) tanques de Gasolina A e 40.865,69 MWh (13,45%), ao tanque de Óleo Diesel S10. Vale ressaltar que a proximidade dos oito tanques afetados pelo incêndio aos bairros da Alemoa e Chico de Paula, no município de Santos, além de temperatura superior aos 800°C no perímetro do incêndio, eram propícias para potencial risco de explosão em cadeia sem precedentes, envolvendo tanques de combustíveis em terminais vizinhos.

O potencial energético calorífico presente no volume dos tanques antes do incêndio, corresponde a: 1956 horas (81 dias) da energia elétrica consumida no Município de Santos em 2016; 84835 horas (3535 dias) do consumo elétrico da

Iluminação Pública de Santos em 2016; e quase 4 horas da eletricidade gerada pela Usina Hidrelétrica de Itaipu Binacional em 2016.

Por intermédio de cálculos, concluiu-se que o volume total dos gases emitidos na atmosférica pela queima de combustível estocado nos 8 (oito) tanques afetados no incêndio, gerou 43.851,70 toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e 1.468,71 toneladas de monóxido de carbono (CO). Também foram calculadas as densidades máximas geradas pela queima dos tanques de combustível afetados pelo incêndio, sendo 3.294.879.579,00 mg/m<sup>3</sup> de Gasolina A, 2.415.964.422,00 mg/m<sup>3</sup> de Álcool Anidro ANP e 3.681.889.762,00 mg/m<sup>3</sup> de Óleo Diesel S10.

O volume total dos tanques de combustíveis afetados no incêndio propiciou a formação de 23.997,68 toneladas ou 23.997,68 metros cúbicos de água potável equivale ao consumo aproximado de 6 horas de água no município de Santos em 2016 (indústria, comércio, agricultura e doméstico).

### **5.1. Trabalhos futuros**

O autor propõe a realização de futuros trabalhos para avaliação de acidentes portuários de grandes proporções ocorridos na Região Metropolitana da Baixada Santista entre 2013 e 2017, com ênfase aos seguintes:

- a) Em 2013, terminais açucareiros da empresa COPERSUCAR;
- b) Em 2014, na empresa RUMO LOGÍSTICA - GRUPO COSAN;
- c) Em 2016, vazamento químico no terminal alfandegário da empresa LOCALFRIO, no Guarujá;
- d) Em 2017, vazamento químico de gases derivados do Nitrogênio, na empresa Vale Fertilizantes, no Parque Industrial de Cubatão.

O autor também sugere a propositura de programa didático e informativo sobre os riscos ambientais existentes nas atividades portuárias, com ênfase às empresas responsáveis pelo armazenamento e transporte de granéis líquidos e sólidos, na realização de exercícios simulados para situações de emergência, voltados à população residente nas adjacências dos terminais portuários.

O mesmo também propõe a realização de futuros trabalhos e projetos para a segurança do meio ambiente do trabalho portuário, propiciando o desenvolvimento de sistema específico para captação de água estuarina em utilização no combate a incêndios. Além da criação de produto que apresente composição química similar ao LGE (Líquido Gerador de Espuma), propiciando mínimo impacto ambiental.

## 6. VERSÃO COMPACTA

### **Análise de riscos e toxicológica das condições do meio ambiente do trabalho em instalações portuárias (mecânicas, químicas e de segurança): estudo de caso no município de Santos, Brasil.**

Risk and toxicological analysis of environmental conditions of work in port facilities (mechanical, chemical and safety): case study in Santos City, Brazil.

Fernando Souza de Almeida<sup>1,2</sup>, Aureo Emanuel Pasqualeto Figueiredo<sup>2</sup>, Deovaldo de Moraes Júnior<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Prefeitura Municipal de Santos Estância Balneária, Santos-SP, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Santa Cecília – UNISANTA, Santos-SP, Brasil

E-mail: [peritoengenheiro.fernando7@gmail.com](mailto:peritoengenheiro.fernando7@gmail.com) / [quimecara@hotmail.com](mailto:quimecara@hotmail.com)

#### **Resumo**

*Introdução:* analisou-se no presente trabalho incêndio de grandes proporções ocorrido em abril de 2015, em terminal de armazenamento de graneis líquidos situado no Porto de Santos, Estado de São Paulo, Brasil. *Objetivo:* propor a aplicação de ferramentas para engenharia e gestão na redução de acidentes para avaliação das condições do meio ambiente do trabalho em instalações portuárias (mecânicas, químicas e segurança). *Métodos:* empregou-se a metodologia FMEA - Análise de Modos e Efeitos de Falhas na área onde estavam as bombas que explodiram na Central de Transferência IV. Analisaram-se os indicadores de toxicidade do monóxido e dióxido de carbono emitidos na atmosfera, gerados pela queima dos tanques de combustíveis estocados na CETRAN IV. *Resultados:* Tipos de riscos na situação I (59,10% intolerável e 40,9% tolerável) e na situação II (55,55% intolerável, 33,33% tolerável e 11,12% aceitável). Emissão total de 43.851,70 toneladas de CO<sub>2</sub> e 1.468,71 toneladas de CO na atmosfera. *Discussão/Conclusão:* Foram observadas condições de insalubridade e periculosidade apresentados no meio ambiente de trabalho da CETRAN IV, pela análise de riscos e concentração de material particulado disperso na atmosfera, superior ao limite máximo de exposição aceito no Brasil: 9.000 mg/m<sup>3</sup> de CO<sub>2</sub> e 55 mg/m<sup>3</sup> de CO.

**Palavras-chave:** análise de riscos; dióxido de carbono; meio ambiente do trabalho; Porto de Santos; terminal de graneis líquidos.

#### **Abstract**

*Introduction:* It was analyzed in present study, major fire occurred in April 2015, at terminal for storage of bulk liquids located in Santos Port, São Paulo State, Brazil. *Objective:* It propose the application of tools for engineering and management in the reduction of accidents for assessment of environmental conditions of work in port facilities (mechanical, chemical and safety properties). *Methods:* The methodology employed FMEA - Analysis of Modes and Effects of Failures in area where they're installed the pumps which exploded in Central Transfer IV. *Results:* Risk typs in situation I (59.10% intolerable and 40.9% of tolerability) and situation II (55.55%, 33.33% intolerable, tolerability and 11.12% of acceptable). Total emition of 43,851.70

tons of CO<sub>2</sub> and 1,468.71 tons of CO into the atmosphere. *Conclusion:* Unsanitary conditions were observed and dangerousness in environment of work the CETRAN IV, for risk analysis presented by the concentration of particulate material present in the atmosphere, higher values for maximum exposure limits accepted in Brazil: 9,000 mg/m<sup>3</sup> carbon dioxide and 55 mg/m<sup>3</sup> for carbon monoxide.

**Key-words:** risk analysis; carbon dioxide; work environment; Santos Port; liquid bulk terminal.

## Introdução

Os acidentes acontecem dentre outras causas, pela ação do homem: pela manipulação indevida de substâncias químicas ou não cumprimento de procedimentos pré-estabelecidos de segurança<sup>1</sup>.

Inúmeros incidentes ocorreram nos terminais localizados na área do Porto de Santos, refletindo diretamente no desenvolvimento da cadeia produtiva do segmento, apresentando risco a população dos municípios da Baixada Santista.

Em 02 de abril de 2015, ocorreu incidente de grandes proporções na área portuária situada no bairro da Alemoa, Santos (SP). Um incêndio começou por volta de 10 horas, período matutino, numa sequência de explosões ocorridas nos tanques de combustível no Terminal Químico de Aratu – TEQUIMAR<sup>2</sup>.

Neste local, com área aproximada de 184.000 m<sup>2</sup>, destinada ao recebimento, estocagem e movimentação de produtos líquidos à granel, inflamáveis e não inflamáveis, mediante operações de carregamento e descarregamento de navios e caminhões tanques.

O complexo encontra-se subdividido em dois setores: o Terminal Intermodal de Santos - I (local do incêndio) e o Terminal Intermodal de Santos - II<sup>3</sup>. O terminal apresenta três berços de atracação, cento e setenta e nove tanques para estocagem de óleos vegetais, produtos químicos e combustíveis (álcool, gasolina, óleos e lubrificantes). A capacidade nominal de armazenamento é de 338.300 m<sup>3</sup> de graneis líquidos<sup>4</sup>.

Dos 13 tanques instalados no perímetro do TIS I, 08 deles apresentaram alguma perda no volume de combustível estocado. Estavam identificados como 2628, 2631, 2633, 2643, 2645, 2646, 2647 e 2648. Destes, 05 estocavam Gasolina A, 02 estocavam Álcool Anidro ANP e 01 estocava Óleo Diesel S10<sup>2</sup>.

O atendimento perdurou por pelo menos mais de 197 horas, considerado este evento o maior incidente ocorrido em área industrial na América Latina; e o segundo maior do gênero no mundo, com o envolvimento de pelo menos 118 pessoas no

combate ao incêndio<sup>5</sup>.

Assim sendo, este estudo tem por objetivo propor a aplicação de ferramentas de engenharia e gestão na redução de acidentes por meio de avaliação das condições do meio ambiente do trabalho em instalações portuárias (mecânicas, químicas e segurança), na busca pela prevenção de acidentes na Região Metropolitana da Baixada Santista, por intermédio de estudo de caso ocorrido no Porto de Santos em 2015.

## **Métodos**

Este estudo aliou-se à vertente dos estudos operários italianos que asseguram a importância da produção de conhecimento em segurança ocupacional e condições apresentadas no meio ambiente do trabalho<sup>6</sup>.

O desenvolvimento deste trabalho ocorreu a partir de consulta de documentos oficiais de domínio público, como o Inquérito Civil – IC Nº 14.0703.0000028/2015-1, sob responsabilidade do Ministério Público do Estado de São Paulo - Grupo de Atuação Especial de Defesa do Meio Ambiente / Núcleo Baixada Santista. “Danos Ambientais decorrentes de incêndio em tanques de armazenagem na empresa Ultracargo, em Santos” (2015)<sup>3</sup>; o Laudo Técnico 1815-16 MPSP/CAEX (2016)<sup>3</sup> e o RELATÓRIO FINAL do GT-CREA/SP: Estudo de Implementação das Recomendações da “CARTA DE SANTOS – 2015” (2016)<sup>7</sup>.

Neste estudo de caso, analisaram-se as condições de meio ambiente do trabalho apresentadas na Central de Transferência IV, área de estocagem dos tanques de combustíveis tomados pelo incêndio e a iminente combustão, gerando monóxido e dióxido de carbono emitidos na atmosfera. Os 2 itens estudados foram:

- I) Análise dos tipos de riscos apresentados na área onde ocorreu o incêndio em 2 situações operacionais, com o emprego da metodologia FMEA – Análise de Modos e Efeitos de Falhas;
- II) Análise toxicológica do incêndio para quantificar o volume de dióxido e monóxido de carbono emitidos na atmosfera, resultantes da queima dos combustíveis estocados nos tanques afetados pelo incêndio.

Quanto ao item I, dentro da estratégia de aumento na confiabilidade, a adoção de medidas preventivas tornou-se indispensável, sendo que a utilização do método

FMEA – Análise de Modos e Efeitos de Falhas foi considerada a mais adequada, dada característica de adotar ações preventivas baseadas em prioridades<sup>8</sup>.

A FMEA trata-se de método para análise, com utilização na definição e identificação dos possíveis modos potenciais de falha e identificação das causas de cada modo de falha e os efeitos sobre o desempenho do sistema. O método permite organizar e classificar os riscos de forma a identificar a relevância de cada um e identificar as soluções mais eficientes em termos de custos, a fim de prevenir potenciais problemas<sup>9</sup>.

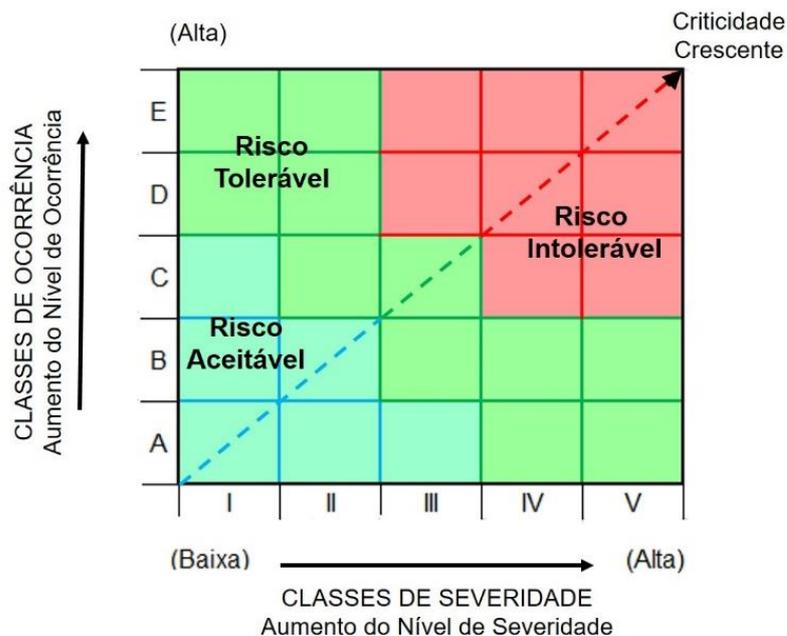
O índice de ocorrência está relacionado com a frequência em que apareceram as causas da falha. As classes e índices de ocorrências apresentam as seguintes variações: Classe A (valor: 01-02), nível improvável; Classe B (valor: 03-04), nível remoto; Classe C (valor: 05-06), nível ocasional; Classe D (valor: 07-08), nível provável; e Classe E (valor: 09-10), nível frequente<sup>9</sup>.

O índice de severidade é definido como impacto das consequências sobre o desempenho do sistema. A descrição deve ser clara, objetiva e bem definida, com o intuito de não criar polêmica no uso dos critérios. As classes e índices de severidade apresentam as seguintes variações: Classe I (valor: 01-02), nível mínimo; Classe II (valor: 03-04), nível baixo; Classe III (valor: 05-06), nível moderado; Classe IV (valor: 07-09), nível grande/extremo/crítico; e Classe V (valor: 10), nível catastrófico<sup>9</sup>.

O índice de probabilidade de detecção é a estimativa da habilidade do controle e monitoramento da estrutura para detectar os modos potenciais de falha antes do evento ocorrer, considerando a influência indireta que o controle e o monitoramento desempenham na probabilidade de ocorrência dos eventos e/ou na severidade das consequências. As classes e índices de detecção apresentam as seguintes variações de risco: muito alto (valor: 01-02); alto (valor: 03-04); médio (valor: 05-06); baixo (valor: 07-09) e muito baixo (valor: 10)<sup>9</sup>.

Na matriz de criticidade, as linhas estão associadas às classes de ocorrência e as colunas às classes de severidade e, desta forma, os índices da matriz são obtidos por meio da relação entre o índice de severidade e o índice de ocorrência<sup>10</sup>. Tal fato dificulta a hierarquização dos riscos, tornando-se necessário criar faixas de criticidade e tolerabilidade no interior da matriz.

A Figura 1 apresenta representação gráfica da matriz de criticidade, modos de ruptura de alta ocorrência e baixa severidade e modos de ruptura de baixa ocorrência e alta severidade equidistantes da linha de criticidade:



**Figura 1** - Faixas de criticidade e tolerabilidade – Matriz de criticidade.  
 Fonte: Adaptado de Santos RNC<sup>10</sup>

A situação I apresenta os 22 tipos de riscos nela identificados: 1) Risco de queda de materiais soltos; 2) Choques contra materiais ou peças sem fixação ou fixados, porém obstruindo a passagem; 3) Queda de pessoas em piso escorregadio, tropeço, espaço vazio ou em desnível; 4) Queda de material solto na estrutura ou de ferramental; 5) Queda ou tropeço de pessoas em piso escorregadio; 6) Pessoas atingidas por queda de materiais soltos; 7) Queda de materiais ou ferramentas; 8) Utilização de ferramenta inadequada; 9) Contaminação com produtos insalubres e/ou perigosos; 10) Contato com equipamento e/ou superfície energizada (choque elétrico); 11) Incêndio por geração de centelha; 12) Incêndio provocado por ambiente com eletricidade estática, utilização de ferramental inadequado, presença de fonte de ignição ou vazamento de produtos; 13) Contato com equipamento e/ou superfície energizada (choque elétrico); 14) Prensamento de membros por uso de ferramenta inadequada ou corte de parafuso a frio; 15) Liberação de substância perigosa (inflamável, tóxica) por emanção, gotejamento e/ou conexões da tubulação; 16) Atingido por deslocamento do scool durante a desconexão; 17) Exposição das pessoas em piso escorregadio, tropeço, espaço vazio ou desnível; 18) Incêndio provocado por uso de ferramenta inadequada; 19) Tombamento da máquina de carga; 20) Queda da carga por cinta ou lingamento inadequados; 21) Bater contra falta de corda guia; e 22) Atingido por balanço da carga<sup>3</sup>.

E a situação II apresenta os 18 tipos de riscos nela identificados: 1) Atingido

por queda de materiais soltos; 2) Bater contra materiais / peças com ou sem fixação, com obstrução de passagem; 3) Queda de pessoas em piso escorregadio, tropeço, espaço vazio ou em desnível; 4) Queda de material solto na estrutura ou de ferramental; 5) Prensamento e/ou esmagamento de membros, por meio da queda de materiais (tubos, vigas, forçado, base ajustável, ferramentas, prancha de madeira, abraçadeira); 6) Presença inadvertida de pessoas no local da movimentação e/ou arremesso de material; 7) Queda de materiais por escapar das mãos, tropeço ou piso escorregadio; 8) Queda de pessoas em níveis iguais e/ou diferentes, seja por piso escorregadio, tropeço, espaço vazio ou em desnível; 9) Perfuração de membros e contato com cantos vivos e/ou objetos pontiagudos; 10) Prensamento de membro por queda de materiais (tubos, vigas, forçado, base ajustável, ferramentas, prancha de madeira, abraçadeira); 11) Presença inadvertida de pessoas no local, nos instantes de movimentação e/ou arremesso de material; 12) Queda de materiais por escapar das mãos, piso escorregadio, tropeço e/ou deslocamento da estrutura; 13) Queda de pessoas em nível igual e/ou diferente, por piso escorregadio, tropeço, espaço vazio ou desnível, ou trabalho de montagem da estrutura de escoramento; 14) Contato com cantos vivos, objetos pontiagudos; 15) Presença inadvertida de pessoas na movimentação, queda ou arremesso de material no meio ambiente do trabalho; 16) Liberação de substâncias perigosas (inflamáveis, tóxicas, corrosivas e outras), por meio da emanação, gotejamento, conexões, válvulas ou tubulações; 17) Contato com superfície ou equipamento energizado (choque elétrico); e 18) Ruídos por impacto entre ferramentas/equipamentos/tubos<sup>3</sup>.

Para o atendimento do item II, os cálculos para obtenção dos indicadores de toxicidade do monóxido e dióxido de carbono, resultantes da queima dos combustíveis estocados na CETRAN IV; foram desenvolvidos tendo como referencial teórico, o exemplo 2.6 - “Combustão completa. Heptano”, do livro “Laboratório de Operações Unitárias II”, dos autores MORAES Jr., D.; MORAES, M.S. (2012)<sup>11</sup>.

## **Resultados e Discussão**

### **Análise dos riscos existentes na CETRAN IV, com aplicação da metodologia FMEA (Failure Mode and Effect Analysis).**

O entendimento dos fenômenos de propagação de chama é indispensável para realizar a análise consequente de explosões acidentais<sup>12</sup>. A existência de alguns problemas ocultos não é estática, mas em contínuos processos de mudança, que

também requisitos mais altos para supervisão, inspeção e gerenciamento de incêndio<sup>13-16</sup>.

A análise de risco deve preceder o trabalho e contemplar todas as etapas, elementos e sequências de operações que compõem uma determinada atividade a ser realizada pelo trabalhador<sup>18</sup>. Isso deve ser feito para identificar riscos potenciais de acidentes físicos e materiais, identificação e correção dos problemas operacionais e implementação da maneira correta para execução de cada etapa de trabalho com segurança<sup>17</sup>.

Independente da ocorrência do incidente abordado neste estudo de caso, Central de Transferência IV deveria contemplar a seguinte configuração: três bombas centrífugas horizontais, identificadas como 2642, 2643 e 2644; e duas bombas de exportação, identificadas como 2677 e 2678<sup>19</sup>.

As avaliações comparativas de segurança são amplamente aplicadas na engenharia de segurança contra incêndio e podem ser uma ferramenta muito valiosa em circunstâncias bem definidas<sup>20-21</sup>. No estudo de caso em questão, foram realizadas análises de riscos em 2 situações ocorridas após o incidente na empresa:

- I. Retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678 instaladas na Central de Transferência IV, com a utilização de caminhão munck;
- II. Montagem de estrutura para escoramento na Central de Transferência IV, com a utilização de material tubular e abraçadeiras na retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678.

As análises de ambos os casos ocorreram por intermédio de consulta à documentação oficial emitida pela empresa Ultracargo, anexada ao Volume 17 do Inquérito Civil de numeração 14.0703.0000028/2015-1, processo de consulta pública sob responsabilidade do Ministério Público do Estado de São Paulo - Grupo de Atuação Especial de Defesa do Meio Ambiente / Núcleo Baixada Santista. Após realização de consulta aos autos supracitados, o autor apresentou as informações mais relevantes das Análises de Riscos realizadas nas situações I e II:

**Situação I: Retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678 instaladas na Central de Transferência IV, com a utilização de caminhão munck.**

A situação I compreendeu na retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678, ocorrida no dia 03 de dezembro de 2015 na Central de Transferência IV, com auxílio de caminhão munck. O autor atribuiu valores aos índices de ocorrência, severidade e

detecção nos 22 critérios observados na situação I. O Quadro 1 correlaciona os critérios supracitados com a identificação do tipo e cor de risco (vermelha, verde ou azul):

**Quadro 1** - Identificação do tipo e cor de risco, de acordo com índices de frequência, severidade e de risco apresentados na situação I.

<b>Situação I: Retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678 instaladas na Central de Transferência IV, com a utilização de caminhão munck.</b>					
<b>Cenário</b>	<b>Índice de Ocorrência</b>	<b>Índice de Severidade</b>	<b>Índice de Detecção</b>	<b>Tipo de Risco</b>	<b>Cor do Risco</b>
1	E	IV	3	Intolerável	Vermelha
2	D	II	8	Tolerável	Verde
3	D	III	6	Intolerável	Vermelha
4	E	III	4	Intolerável	Vermelha
5	C	III	8	Tolerável	Verde
6	E	IV	3	Intolerável	Vermelha
7	D	III	6	Intolerável	Vermelha
8	E	III	4	Intolerável	Vermelha
9	C	II	9	Tolerável	Verde
10	C	IV	6	Intolerável	Vermelha
11	C	III	8	Tolerável	Verde
12	E	III	3	Intolerável	Vermelha
13	C	IV	6	Intolerável	Vermelha
14	E	III	3	Intolerável	Vermelha
15	D	III	6	Intolerável	Vermelha
16	E	II	6	Tolerável	Verde
17	E	III	4	Intolerável	Vermelha
18	C	III	9	Tolerável	Verde
19	D	III	6	Intolerável	Vermelha
20	C	III	8	Tolerável	Verde
21	B	III	8	Tolerável	Verde
22	B	III	8	Tolerável	Verde

Após exposição das informações no Quadro 1, o autor conclui o seguinte panorama da situação I: 59,10% de risco intolerável; 40,9% de risco tolerável e 0,0% de risco aceitável. Os dados representam elevadas condições de insalubridade e periculosidade no meio ambiente de trabalho da Central de Transferência IV após o

incêndio, no momento de retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678.

**Situação II: Montagem de estrutura para escoramento na Central de Transferência IV, com a utilização de material tubular e abraçadeiras na retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678.**

A situação II compreendeu a montagem de escoramento para utilização de material tubular e abraçadeiras na Central de Transferência IV, para retirada da retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678 no dia 02 de dezembro de 2015. O autor atribuiu valores aos índices de ocorrência, severidade e detecção nos 18 critérios observados na situação II. O Quadro 2 correlaciona os critérios supracitados com a identificação do tipo e cor de risco (vermelha, verde ou azul):

**Quadro 2** - Identificação do tipo e cor de risco, de acordo com índices de frequência, severidade e de risco apresentados na situação II.

<b>Situação II: Montagem de estrutura para escoramento na Central de Transferência IV, com a utilização de material tubular e abraçadeiras para retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678.</b>					
<b>Cenário</b>	<b>Índice de Ocorrência</b>	<b>Índice de Severidade</b>	<b>Índice de Detecção</b>	<b>Tipo de Risco</b>	<b>Cor do Risco</b>
1	E	IV	4	Intolerável	Vermelha
2	E	III	4	Intolerável	Vermelha
3	D	II	8	Tolerável	Verde
4	E	III	4	Intolerável	Vermelha
5	E	III	3	Intolerável	Vermelha
6	B	II	9	Aceitável	Azul
7	B	III	6	Tolerável	Verde
8	B	III	8	Tolerável	Verde
9	D	II	7	Tolerável	Verde
10	E	II	5	Tolerável	Verde
11	E	III	4	Intolerável	Vermelha
12	D	IV	5	Intolerável	Vermelha
13	D	IV	4	Intolerável	Vermelha
14	D	II	7	Tolerável	Verde
15	D	III	6	Intolerável	Vermelha
16	B	II	7	Aceitável	Azul
17	C	IV	5	Intolerável	Vermelha
18	E	III	3	Intolerável	Vermelha

Após apresentação das informações no Quadro 2, o autor conclui o seguinte panorama da situação II: 55,55% de risco intolerável; 33,33% de risco tolerável e 11,12% de risco aceitável. Os dados representam elevadas condições de insalubridade e periculosidade no meio ambiente de trabalho da Central de Transferência IV após o incêndio, no momento de retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678 com a utilização de material tubular e abraçadeiras.

### **Análise Toxicológica dos Gases Emitidos na Atmosfera.**

Os cálculos para o dimensionamento dos volumes e densidades do dióxido e monóxido de carbono e água gerados pela queima dos combustíveis estocados nos 8 tanques afetados pelo incêndio na Central de Transferência IV, foram desenvolvidos da seguinte forma (Adaptado de MPSP GAEMA/BS<sup>3</sup> e Moraes Jr D, Moraes MS<sup>11</sup>):

#### **Volumes dos Tanques Queimados:**

##### **A) TANQUE 2628:**

###### **Dados:**

Volume queimado ( $V_G$ ): 244 m<sup>3</sup>

Densidade Gasolina A ( $d_G$ ): 0,74 kg / litro = 740 kg / m<sup>3</sup>

$$244 \text{ m}^3 \cdot 740 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 180.560 \text{ kg} \quad (01)$$

$$180.560 \text{ kg} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = 180.560.000,00 \text{ g} \quad (02)$$

##### **I) Cálculo das Massas:**

a) Cálculo da massa total de CO<sub>2</sub> ( $m_{TOTAL CO_2}$ ) do volume queimado no Tanque 2628:

$$m_{TOTAL CO_2} = \frac{m_{TANQUE 2628} \cdot m_{CO_2}}{m_{C_8H_{18}}} \Rightarrow \frac{180.560.000,00 \text{ g} \cdot 334,4 \text{ g}}{114 \text{ g}} = 529.642.666,67 \text{ g} \quad (03)$$

$$m_{TOTAL CO_2} = 529.642.666,67 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ t}}{1.000.000 \text{ g}} = 529,64 \text{ toneladas} \quad (04)$$

b) Cálculo da massa total de CO ( $m_{TOTAL CO}$ ) do volume queimado no Tanque 2628:

$$m_{TOTAL CO} = \frac{m_{TANQUE 2628} \cdot m_{CO}}{m_{C_8H_{18}}} \Rightarrow \frac{180.560.000,00 \text{ g} \cdot 11,2 \text{ g}}{114 \text{ g}} = 17.739.228,07 \text{ g} \quad (05)$$

$$m_{TOTAL CO} = 17.739.228,07 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ t}}{1.000.000 \text{ g}} = 17,74 \text{ toneladas} \quad (06)$$

c) Cálculo da massa total de H<sub>2</sub>O ( $m_{TOTAL H_2O}$ ) do volume queimado no Tanque 2628:

$$m_{TOTAL H_2O} = \frac{m_{TANQUE 2628} \cdot m_{H_2O}}{m_{C_8H_{18}}} \Rightarrow \frac{180.560.000,00 \text{ g} \cdot 162 \text{ g}}{114 \text{ g}} = 256.585.263,16 \text{ g} \quad (07)$$

$$m_{TOTAL H_2O} = 256.585.263,16 g \cdot \frac{1 t}{1.000.000 g} = 256,59 \text{ toneladas} \quad (08)$$

Portanto, a massa total ( $m_{TOTAL}$ ) do volume queimado no Tanque 2628:

$$m_{TOTAL} = m_{TOTAL CO_2} + m_{TOTAL CO} + m_{TOTAL H_2O} \quad (09)$$

$$m_{TOTAL} = 529,64 t + 17,74 t + 256,59 t \Rightarrow 803,97 \text{ toneladas} \quad (10)$$

$$m_{TOTAL (g)} = 803,97 \text{ toneladas} \cdot \frac{1.000.000 g}{1 \text{ tonelada}} = 803.970.000,00 g \quad (11)$$

Portanto, a massa total ( $m_{TOTAL}$ ) do volume queimado no Tanque 2628:

$$m_{TOTAL} = m_{TOTAL CO_2} + m_{TOTAL CO} + m_{TOTAL H_2O} \quad (12)$$

$$m_{TOTAL} = 529,64 t + 17,74 t + 256,59 t \Rightarrow 803,97 \text{ toneladas} \quad (13)$$

$$m_{TOTAL (g)} = 803,97 \text{ toneladas} \cdot \frac{1.000.000 g}{1 \text{ tonelada}} = 803.970.000,00 g \quad (14)$$

## II) Cálculo das Densidades:

a) Cálculo da densidade máxima total de  $CO_2$  ( $d_{TOTAL CO_2}$ ) no Tanque 2628:

$$x_{2628} = \frac{m_{TOTAL CO_2} \cdot 100\%}{m_{TOTAL (g)}} \Rightarrow \frac{529.642.666,67 g \cdot 100\%}{803.970.000,00 g} = 65,88 \% \quad (15)$$

$$d_{TOTAL CO_2} = \frac{\frac{m_{TOTAL CO_2} \cdot 1000 mg}{1 g}}{\frac{x_{2628}}{100\%} \cdot V_{GT2628}} = \frac{\frac{529.642.666,67 g \cdot 1000 mg}{1 g}}{\frac{65,88 \%}{100\%} \cdot 244 m^3} \Rightarrow$$

$$d_{TOTAL CO_2} = \frac{\frac{529.642.666,67 g \cdot 1000 mg}{1 g}}{0,6588 \cdot 244 m^3} = 3.294.879.579,05 \frac{mg}{m^3} \quad (16)$$

b) Cálculo da densidade máxima total de CO ( $d_{TOTAL CO}$ ) no Tanque 2628:

$$y_{2628} = \frac{m_{TOTAL CO} \cdot 100\%}{m_{TOTAL}} \Rightarrow \frac{17.739.228,07 g \cdot 100\%}{803.970.000,00 g} = 2,21 \% \quad (17)$$

$$d_{TOTAL CO} = \frac{\frac{m_{TOTAL CO} \cdot 1000 mg}{1 g}}{\frac{y_{2628}}{100\%} \cdot V_{GT2628}} = \frac{\frac{17.739.228,07 g \cdot 1000 mg}{1 g}}{\frac{2,21 \%}{100\%} \cdot 244 m^3} \Rightarrow$$

$$d_{TOTAL CO} = \frac{\frac{17.739.228,07 g \cdot 1000 mg}{1 g}}{0,0221 \cdot 244 m^3} = 3.289.672.144,13 \frac{mg}{m^3} \quad (18)$$

Da mesma forma, também houve o dimensionamento dos tanques numerados como 2631, 2633, 2643, 2645, 2646, 2647 e 2648. Assim como os valores calculados das densidades máximas totais de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) e monóxido de carbono (CO) gerados pela queima dos tanques de combustível afetados pelo incêndio na CETRAN IV (em  $mg/m^3$ ).

### Volume do Dióxido de Carbono - CO<sub>2</sub>:

A Tabela 1 apresenta os volumes estimados de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) gerados pela queima dos combustíveis estocados nos tanques afetados pelo incêndio em questão, assim como os valores calculados de massa total (em toneladas), densidade máxima (em mg/m<sup>3</sup>), grau máximo de exposição do referido gás, permitido no Brasil (em mg/m<sup>3</sup>) e sua relação com a densidade estimada, de acordo com o tipo de combustível (valor adimensional):

**Tabela 1** - Estimativas do volume de CO<sub>2</sub> gerado pela queima dos combustíveis estocados nos tanques afetados pelo incêndio, pela massa total, densidade máxima, grau de exposição no Brasil e sua relação com a densidade estimada.

Número do Tanque	Tipo de Combustível	Massa Total de CO <sub>2</sub> (em toneladas)	Densidade máxima do CO <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	Grau de Exposição do CO <sub>2</sub> no Brasil (mg/m <sup>3</sup> )	Relação entre o grau de exposição de CO <sub>2</sub> e a densidade por tipo de combustível
2628	Gasolina A	529,64	3.294.879.579	9.000	366.097
2631		6.904,89			
2643		1.356,67			
2646		5.229,13			
2648		12.435,75			
2645	Álcool Anidro ANP	8.548,80	2.415.964.422	9.000	268.440
2647		8.557,43			
2633	Óleo Diesel S10	289,39	3.680.715.691	9.000	408.968

Conforme apresentado na Tabela 1, o volume de dióxido de carbono formado pela queima de Gasolina A, estocada nos tanques 2628, 2631, 2643, 2646 e 2648; corresponde a 65,88% da massa total gerada após a combustão. O volume constituído pela queima do Álcool Anidro ANP presente nos tanques 2645 e 2647, corresponde a 59,54% da massa total gerada. E o volume formado pela queima de Óleo Diesel S10 confinado no tanque 2633 corresponde a 67,20% da massa total gerada após sua combustão.

No Brasil, o Limite de Exposição ao dióxido de carbono permitido é de 9.000 mg/m<sup>3</sup>, gerado pela queima de Gasolina A, Álcool Anidro A e Óleo Diesel S10. Concentrações de 10% (100.000 ppm) podem produzir inconsciência e morte por deficiência de oxigênio. Uma concentração de 5% provoca falta de ar e dor de cabeça. A exposição contínua a 1,5% de CO<sub>2</sub> pode causar alterações fisiológicas. A concentração de dióxido de carbono no sangue afeta a taxa de respiração<sup>22</sup>.

A densidade máxima gerada pela queima da Gasolina A estocada nos tanques 2628, 2631, 2643, 2646 e 2648, corresponde a 3.294.879.579 mg/m<sup>3</sup>; ou cerca de 366 mil vezes o limite apresentado. Já na queima de Álcool Anidro A estocado nos tanques 2645 e 2647, a densidade equivale a 2.415.964.422 mg/m<sup>3</sup>; corresponde a 268 mil vezes o limite apresentado. E na queima de Óleo Diesel S10 estocado no tanque 2633, a densidade vale 3.680.715.691 mg/m<sup>3</sup>; ou cerca de 409 mil vezes o limite estabelecido no Brasil.

### Volume do Monóxido de Carbono – CO:

A Tabela 2 apresenta os volumes estimados de monóxido de carbono (CO) gerados pela queima dos combustíveis estocados nos tanques afetados pelo incêndio em questão, bem como os valores calculados de massa total (em toneladas), densidade máxima (em mg/m<sup>3</sup>), grau máximo de exposição do referido gás, permitido no Brasil (em mg/m<sup>3</sup>) e sua relação com a densidade estimada, de acordo com o tipo de combustível (valor adimensional):

**Tabela 2** - Estimativas do volume de CO gerado pela queima dos combustíveis estocados nos tanques afetados pelo incêndio, pela massa total, densidade máxima, grau de exposição no Brasil e sua relação com a densidade estimada.

Número do Tanque	Tipo de Combustível	Massa Total de CO (em toneladas)	Densidade máxima total do CO (mg/m <sup>3</sup> )	Limite de Exposição do CO no Brasil (mg/m <sup>3</sup> )	Relação entre o grau de exposição de CO e a densidade por tipo de combustível
2628	Gasolina A	17,74	3.289.672.144	55	59.812.220
2631		231,26			
2643		45,44			
2646		175,14			
2648		416,51			
2645	Álcool Anidro ANP	286,32	2.421.018.134	55	44.018.511
2647		286,61			
2633	Óleo Diesel S10	9,69	3.681.889.762	55	66.943.450

Conforme apresentado na Tabela 2, o volume de monóxido de carbono formado pela queima de Gasolina A estocada nos tanques 2628, 2631, 2643, 2646 e 2648; corresponde a 2,21% da massa total gerada após sua combustão. Já o volume constituído pela queima do Álcool Anidro ANP presente nos tanques 2645 e 2647 corresponde a 1,99% da massa total gerada após sua combustão. O volume formado

pela queima de Óleo Diesel S10 confinado no tanque 2633 corresponde a 2,25% da massa total gerada após sua combustão.

No Brasil, o Limite de Exposição ao monóxido de carbono permitido é 55 mg/m<sup>3</sup>, gerado pela queima de Gasolina A, Álcool Anidro A e Óleo Diesel S10. O padrão recomendado pelo NIOSH em 35 ppm com um valor de teto em 200 ppm, que limita formação de carboxihemoglobina em um não fumante envolvido em atividade sedentária no estado normal<sup>22</sup>.

A densidade máxima de CO<sub>2</sub> gerado pela queima da Gasolina A estocada nos tanques 2628, 2631, 2643, 2646 e 2648, corresponde a 3.289.672.144 mg/m<sup>3</sup>; ou aproximadamente 59.812.220 vezes o limite apresentado. Já na queima de Álcool Anidro A estocado nos tanques 2645 e 2647, a densidade máxima de CO<sub>2</sub> gerado pela queima equivale a 2.421.018.134 mg/m<sup>3</sup>; correspondendo a aproximadamente 44.018.511 vezes o limite apresentado. E a densidade máxima de CO<sub>2</sub> gerado pela queima de Óleo Diesel S10 estocado no tanque 2633, corresponde a 3.681.889.762 mg/m<sup>3</sup>; ou aproximadamente 66.943.450 vezes o limite estabelecido no Brasil.

### **Considerações Finais**

O primeiro tópico do presente trabalho analisou os seguintes panoramas da situação I: 59,10% de risco intolerável e 40,9% de tolerabilidade; e da situação II: 55,55% de risco intolerável, 33,33% de tolerabilidade e 11,12% de risco aceitável. Isso posto, observaram-se elevadas condições de insalubridade e periculosidade no meio ambiente de trabalho, encontrados na Central de Transferência IV.

O segundo tópico apresentou a partir de cálculos do volume de combustível queimado nos tanques afetados pelo incêndio, que foram emitidos na atmosfera durante o período de incêndio ocorrido em abril de 2015, o total de 43.851,70 toneladas de dióxido de carbono e 1.468,71 toneladas de monóxido de carbono.

Concluindo, foram observadas condições de insalubridade e periculosidade no meio ambiente de trabalho da CETRAN IV, devido à análise dos riscos existentes e pela concentração de material particulado originário da queima de combustíveis estocados nos tanques afetados pelo incêndio. Com vistas à análise toxicológica dos gases emitidos na atmosfera, o perímetro do local onde ocorreu o incêndio no Porto de Santos elucidava condições totalmente inadequadas de trabalho, na circulação e/ou concentração de pessoas, principalmente para a população itinerante diária na região designada como “Entrada de Santos”.

## Referências Bibliográficas

1. Gomes LAC, Santos HAP. Prevenção de acidentes químicos e planos de ação: o que devemos saber? *Ambients*, 2013. Disponível em: <[http://www.ambiensconsultoria.com.br/prevencao\\_de\\_acidentes\\_quimicos\\_e\\_planos\\_de\\_acao\\_o\\_que\\_devemos\\_saber.html](http://www.ambiensconsultoria.com.br/prevencao_de_acidentes_quimicos_e_planos_de_acao_o_que_devemos_saber.html)>. Acesso em 09 de outubro de 2017.
2. Santos EL, Falconi JRR, Castro FCC. Laudo Técnico 1815-16 CAEX - Centro de Apoio Operacional à Execução. Ministério Público do Estado de São Paulo e ULTRACARGO Terminais Ltda. Valoração e danos ambientais decorrentes do incêndio na ULTRACARGO, município de Santos (2016).
3. MPSP GAEMA/BS. Ministério Público do Estado de São Paulo - Grupo de Atuação Especial de Defesa do Meio Ambiente / Núcleo Baixada Santista. Inquérito Civil – IC Nº 14.0703.0000028/2015-1. Volume 17. Danos Ambientais decorrentes de incêndio em tanques de armazenagem na empresa Ultracargo, em Santos – Dra. Flávia M. Gonçalves. Fls. 3675 – 3699.
4. Ultracargo. Revista Conexão – Unidos somos mais fortes. Especial Santos. Disponível em: <[https://extranet.ultracargo.com.br/subportais/raiz/popup/REVISTA\\_CONEXAO/Conexao\\_Agosto\\_2015/Conexao\\_EspecialSantos.pdf](https://extranet.ultracargo.com.br/subportais/raiz/popup/REVISTA_CONEXAO/Conexao_Agosto_2015/Conexao_EspecialSantos.pdf)>. Acesso em 19 de novembro de 2017.
5. A Tribuna Online. Fogo já é o segundo maior da história mundial. Disponível em: <<http://www.tribuna.com.br/noticias/noticias-detalle/cidades/fogo-ja-e-o-segundo-maior-da-historia-mundial/?cHash=98bf011fff5c13a8467d26b2a3116f5c>>. Acesso em 06 de novembro de 2017.
6. Oddone I, Marri G, Gloria S. Ambiente de trabalho: a luta dos trabalhadores pela saúde. São Paulo: Hucitec; 1986.
7. CREA/SP. Estudo de Implementação das Recomendações da “CARTA DE SANTOS - 2015” – Relatório Final. São Paulo, 2016.
8. Nogueira MA, Toledo JC. Uma abordagem para o Uso do FMEA. *Banas Qualidade*, Ano VIII, Nº. 90. 1999.
9. Pardo JAR. Metodologia para análise e gestão de riscos em projetos de pavimentos ferroviários. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Minas. NUGEO, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, p. 83-91. 2009.
10. Santos RNC. Enquadramento das Análises de Risco em Geotecnia. Laboratório Nacional de Engenharia Civil – LNEC: Dissertação de Mestrado, Lisboa, 2007.
11. Moraes Jr D, Moraes MS. 2012. Laboratório de Operações Unitárias II. Santos: Universidade Santa Cecília, 536 p.
12. Dobashi R. Studies on accidental gas and dust explosions. *Fire Safety Journal*, 91 (2017), pp 21-27.
13. Bakshi N, Gans N. 2010. Securing the containerized supply chain: analysis of government incentives for private investment. *Manage. Sci.* 56, p. 219–233.
14. Doron C-O. A experiência do 'risco': genealogia e transformações. A. Burgess, A. Alemanno, JO Zinn (Eds.), Routledge. Manual de Estudos de Risco, Routledge, Nova York (2016).
15. Hopkins D, Van Coile R e Lange D. Certas incertezas - demonstrando a segurança na engenharia de incêndio e a necessidade de metas de segurança. SFPE, Europa (2017), page 07.

16. Xue L, Villalobos, R. 2012. A multi-objective optimization primary planning model for POE (Port-of-Entry) inspection. *J. Transport. Secur.* 5, p. 217–237.
17. Health and Safety Executive. United Kingdom Legislation. Falls from height: prevention and risk control effectiveness. United Kingdom; 2003 [citado em 8 dez 2013]. Disponível em: <http://bit.ly/2jZlwUh>
18. Hayashide JM, Buschinelli JTP. 2017. Critérios de decisão para a definição de exames médicos ocupacionais em atividades críticas: proposição de modelo e exemplos de aplicação no trabalho em altura. *RBSO. São Paulo.* 42, p. 72–87.
19. Scabbia ALG, Berto AF, Vittorino F. Anexo A - Relatório Técnico Nº. 148.500-205. Análise da dinâmica da ruptura da bomba de exportação instalada na CETRAN IV a partir de análise por tomografia via raio-X de suas partes constituintes. IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. CETAC - Centro Tecnológico do Ambiente Construído / LSFEx - Laboratório de Segurança ao Fogo e a Explosões. LT 1815-16 MPSP/CAEX. Valoração e danos ambientais decorrentes do incêndio na ULTRACARGO, município de Santos (2016).
20. Lundin J. Safety in Case of Fire – the Effect of Changing Regulations, Doctoral thesis, Lund University, 2005.
21. Hansen ND, Steffensen FB, Valkvist M, Van. Colle R. A fire risk assessment model for residential high-rises with a single stairwell. *Fire Safety Journal*, 95 (2018), pp 160-169.
22. M Key M, Henschel AF, Butler J. et al. Occupational Diseases – A Guide to Their Recognition. U. S. Department of Health, Education, and Welfare. Public Health Service. Center for a Disease Control. National Institute for Occupational Safety and Health. Revised Edition, Washington, p. 415-419, jun, 1977.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Atmosferas Explosivas – Parte 10-2: Classificação de áreas – Atmosferas de poeiras explosivas**. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/noticias/4804-atmosferas-explosivas-parte-10-2-classificacao-de-areas-atmosferas-de-poeiras-explosivas>>. Acesso em 20 de novembro de 2017.

ACERVO FOLHA. **Do café às greves, Porto de Santos faz 125 anos**. Folha de São Paulo, São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://acervofolha.blogfolha.uol.com.br/2017/02/02/do-cafe-as-greves-porto-de-santos-faz-125-anos/>>. Acesso em 02 de novembro de 2017.

AGÊNCIA BRASIL - EBC. **Bombeiros continuam trabalhando para apagar incêndio em Santos**. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2015-04/bombeiros-continuam-trabalhando-para-apagar-incendio-em-santos>>. Acesso em 03 de fevereiro de 2018.

AICHE. **Building Process Safety Culture: Tools to Enhance Process Safety Performance**, Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, USA 2005. Disponível em: <[http://www.aiche.org/uploadedFiles/CCPS/Resources/KnowledgeBase/Culture\\_front\\_matter\\_Rev3.pdf](http://www.aiche.org/uploadedFiles/CCPS/Resources/KnowledgeBase/Culture_front_matter_Rev3.pdf)>. Acesso em 13 de outubro de 2017.

AICHE. **Guidelines for Risk Based Process Safety**. Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New Jersey, USA. 2007.

ASME. The American Society of Mechanical Engineers. **Incêndio em terminais de armazenamento de petróleo em Buncefield, Reino Unido**. Disponível em: <<http://www.asme.eng.br/caso-009-incendio-em-terminal-de-oleo-de-buncefield-2005/>>. Acesso em 10 de setembro de 2016.

A TRIBUNA ONLINE. **Com história e peculiaridades, Santos completa 469 anos**. Disponível em: <<http://www.tribuna.com.br/noticias/detalhe/noticia/com-historia-e-peculiaridades-santos-completa-469-anos/?cHash=f590447e44bdf2f49748566ca213eeec>>. Acesso em 04 de agosto de 2018.

A TRIBUNA ONLINE. **Fogo já é o segundo maior da história mundial**. Disponível em: <<http://www.tribuna.com.br/noticias/noticias-detalhe/cidades/fogo-ja-e-o-segundo-maior-da-historia-mundial/?cHash=98bf011fff5c13a8467d26b2a3116f5c>>. Acesso em 06 de novembro de 2017.

A TRIBUNA ONLINE. **Incêndio em terminal açucareiro mobiliza bombeiros em Santos**. Disponível em: <<http://www.tribuna.com.br/noticias/detalhe/noticia/incendio-em-terminal-acucareiro-mobiliza-bombeiros-em-santos/cHash=39bcfb332544f9c66b8a6a882cbea7ad>>. Acesso em 27 de novembro de 2017.

A TRIBUNA ONLINE. **Incêndio na Ultracargo gera prejuízo de US\$ 6 mi**. Disponível em: <<http://www.tribuna.com.br/noticias/noticias-detalhe/porto%26mar/incendio-na-ultracargo-gera-prejuizo-de-us-6mi1/cHash=771be4698e711a36c98c89f39c813f56>>. Acesso em 12 de novembro de 2017.

A TRIBUNA ONLINE. **Produto que vazou é tóxico e pode causar danos, diz engenheiro químico.** Disponível em: <<http://www.tribuna.com.br/noticias/noticias-detalle/cubatao/vale-fertilizantes-confirma-vazamento-de-nitrato-de-amonio/cHash=ec336a8799b9c86dc4eba1b2184cba25>>. Acesso em 27 de novembro de 2017.

A TRIBUNA ONLINE. **Vazamento de químico e incêndio atingem terminal portuário em Guarujá.** Disponível em: <<http://www.tribuna.com.br/noticias/noticias-detalle/porto&mar/incendio-atinge-patio-de-cargas-do-terminal-da-localfrio/cHash=9cb8495b5bffe2a3cc4d0f32ab1d25fc>>. Acesso em 27 de novembro de 2017.

AWWARFD. **American Water Works Association Research Foundation and DVGW.** Technologiezentrum Wasser: 1996, *Internal Corrosion of Water Distribution Systems*, American Water Works Association, Denver, CO.

BAILEY, K. **Sustainable Port Communities.** Select U.S. Resources for Ports. 1<sup>st</sup> Hemispheric Convention on Port Environmental Protection. In July 23, 2009.

BBC. **A bomba atômica monstro que era grande demais para ser usada. 2017.** Disponível em: <<http://www.bbc.com/future/story/20170816-the-monster-atomic-bomb-that-was-too-big-to-use>>. Acesso em 03 de julho de 2018.

BENJAMIN, A. H. V. E. **Introdução ao Direito Ambiental Brasileiro.** Revista de Direito Ambiental, Vol. 4, pág. 48-82, 1999.

BORGES, R. P. **Anexo D – Parecer Técnico. Apuração de danos ambientais relacionados ao incêndio ocorrido no TEQUIMAR Terminal Químico de Aratú S.A./ Valoração dos danos às populações de peixes do Sistema Estuarino de Santos.** (2016).

BRASIL. **Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). 2012.** Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/turismo/conteudos-excedentes/agencia-nacional-de-transporte-aquaviarios-antaq/entidades/agencia-nacional-de-transporte-aquaviarios-antaq>>. Acesso em 10 de novembro de 2017.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil. 1988.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em 20 de outubro de 2017.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 4.871, de 07 de novembro de 2003. Dispõe sobre a Instituição dos Planos de Áreas para o Combate à Poluição por Óleo em Águas sob Jurisdição Nacional, e dá outras providências.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2003/d4871.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/d4871.htm)>. Acesso em 01 de novembro de 2017.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 5.098, de 3 de junho de 2004. Dispõe sobre a criação do Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Químicos Perigosos - P2R2, e dá outras providências.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/decreto/d5098.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5098.htm)>. Acesso em 23 de outubro de 2017.

BRASIL. **Lei nº. 9.966, de 28 de abril de 2000. Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9966.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9966.htm)>. Acesso em 12 de novembro de 2017.

BUDEL, D. G. O. **Acidente do Trabalho: caracterização, conceito e competência.** Revista Direto UNIFACS, Salvador, 2012.

COSTA. E. D. P. **Trabalho Portuário e Modernização dos Portos: Empobrecimento e Riqueza no mesmo contexto.** Jundiaí, Paco Editorial: 2015.

CREA/SP. **Estudo de Implementação das Recomendações da “CARTA DE SANTOS - 2015” – Relatório Final.** São Paulo, 2016.

DYE, J. F. **Correlation of the two principal methods of calculating the three kinds of alkalinity.** 1958. J. Am. Water Works Assoc. 50(6), 801–819.

FANTAZINNI, M. & De CICCIO, F., 1988. **Introdução à Engenharia de Segurança de Sistemas.** São Paulo: Fundacentro.

FLOTHMAN, D. & MJAAVATTEN, A., 1993. **Qualitative mehoden der störfall-identification – praktische erfahrungen aus der anwendung auf flüssiggas – lagerung.** *Der Maschinenchaden*, 58:90-95.

FOLHA ONLINE. **Fogo em Santos usou todo o líquido anti-incêndio do país, diz empresa.** Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2015/04/1615898-fogo-em-santos-usou-todo-o-liquido-anti-incendio-do-pais-diz-empresa.shtml>>. Acesso em 03 de outubro de 2017.

FOLHA ONLINE. **Incêndio destrói armazém de açúcar da Cosan no porto de Santos.** Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2014/08/1495462-incendio-destroi-armazem-de-acucar-da-cosan-no-porto-de-santos.shtml>>. Acesso em 03 de setembro de 2017.

FOLHA ONLINE. **Maior incêndio da história do porto de Santos faz preço do açúcar.** Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2013/10/1358565-porto-de-santos-registra-seu-maior-incendio.shtml>>. Acesso em 03 de setembro de 2017.

GADD, S., COLLINS, A. M. **Safety Culture: A review of the literature.** Health and Safety Laboratory. Sheffield, Inglaterra, 2002. Disponível em: <[http://www.hse.gov.uk/research/hsl\\_pdf/2002/hsl02-25.pdf](http://www.hse.gov.uk/research/hsl_pdf/2002/hsl02-25.pdf)>. Acesso em 13 de outubro de 2017.

GAEMA/BS. **Grupo de Atenção Especial de Defesa do Meio Ambiente – Núcleo Baixada Santista. Portaria nº. 28/2015.** Disponível em: <[http://www.mpsp.mp.br/portal/pls/portal/!PORTAL.wwpob\\_page.show?\\_docname=2561373.PDF](http://www.mpsp.mp.br/portal/pls/portal/!PORTAL.wwpob_page.show?_docname=2561373.PDF)>. Acesso em 19 de novembro de 2017.

GOMES, L. A. C.; SANTOS, H. A. P. **Prevenção de acidentes químicos e planos de ação: o que devemos saber?** Ambiens, 2013. Disponível em: <[http://www.ambiensconsultoria.com.br/prevencao\\_de\\_acidentes\\_quimicos\\_e\\_planos\\_de\\_acao\\_o\\_que\\_devemos\\_saber.html](http://www.ambiensconsultoria.com.br/prevencao_de_acidentes_quimicos_e_planos_de_acao_o_que_devemos_saber.html)>. Acesso em 09 de outubro de 2017.

GT – Incêndio Alemoa. **Estudo de Implementação das Recomendações da "CARTA DE SANTOS – 2015". Segurança em Terminais Portuários, Retroportuários e Instalações que Manipulem Produtos Perigosos.** Disponível em: <http://www.abtl.org.br/wp-content/themes/abtl/arquivos/GT%20-%20INC%C3%80NDIO%20ALEMOA%20-%20RELAT%C3%93RIO%20FINAL%20-%20Vers%C3%A3o%20final%2019.07.16.pdf>>. Acesso em 20 de agosto de 2017.

ISO - Organização Internacional para Padronização. **Grandes coisas acontecem quando o mundo concorda. ISO 31.000 – Gerenciamento de Riscos.** Disponível em: <<https://www.iso.org/iso-31000-risk-management.html>>. Acesso em 14 de agosto de 2017.

ISO/DIS 45.001 – Compreendendo a nova norma internacional para a saúde e segurança no trabalho. 2016. **Manual da BSI - Mapping Guide: making excellence a habit. PRINT CODE – BSI/UK/770/SC/0216/en/BSS.** Disponível em: <<https://www.bsigroup.com/LocalFiles/ptBR/Whitepapers/Mapping%20Guid%20ISO%2045001.pdf>>. Acesso em 12 de novembro de 2017.

ITAIPU BINACIONAL. **Itaipu fecha ano batendo recorde em dezembro e tem produção histórica de 103,09 milhões de MWH.** Disponível em: <<https://www.itaipu.gov.br/sala-de-imprensa/noticia/itaipu-fecha-ano-batendo-recorde-em-dezembro-e-tem-producao-historica-de-10>>. Acesso em 10 de dezembro de 2017.

KITZMANN, D.; ASMUS, M. **Gestão ambiental portuária: desafios e possibilidades.** RAP Rio de Janeiro 40(6): 1041-60, Nov./Dez. 2006.

LANGELIER, W. F. 1936. **The analytical control of anti-corrosion water treatment.** J. Am. Water Works Assoc. 28(10), 1500–1521.

LARSON, T. E. 1975. **Corrosion by Domestic Waters.** State of Illinois Department of Registration and Education, Illinois State Water Survey, Urbana, IL.

LARSON, T. E. and SKOLD, R. V. 1957. **Corrosion and tuberculation of cast iron.** J. Am. Water Works Assoc. 49(10), 1294–1302.

LARSON, T. E. and SKOLD, R. V. 1958. **Laboratory studies relating mineral quality of water to corrosion of steel and cast iron.** Corrosion 14, 285–288.

McNEILL, L. S. and EDWARDS, M. 2001. **Review of iron pipe corrosion in drinking water distribution systems.** J. AWWA 93(7), 88–100.

McNEILL, L. S. and EDWARDS, M. 2001. **The importance of temperature in assessing iron pipe corrosion in water distribution systems.** EMA. KAP 77(14), 229–242.

McNEILL, L. S. and EDWARDS, M. 2002. **CHAPTER 4: Temperature Effects on Iron Corrosion.** J. AWWA 93(7), 66–76.

MERHY, E. E. **Saúde: a cartografia do trabalho vivo.** 3ª. Ed. São Paulo: Editora Hucitec; 2002.

MERRILL, D. T. and SANKS, R. L. 1977a. **Corrosion control by deposition of CaCO<sub>3</sub> films: Part 1, A practical approach for plant operators.** J. Am. Water Works Assoc. 69(11), 592–599.

MERRILL, D. T. and SANKS, R. L. 1977b. **Corrosion control by deposition of CaCO<sub>3</sub> films: Part 2, A practical approach for plant operators.** J. Am. Water Works Assoc. 69(12), 634–640.

MERRILL, D. T. and SANKS, R. L. 1978. **Corrosion control by deposition of CaCO<sub>3</sub> films: Part 3, A practical approach for plant operators.** J. Am. Water Works Assoc. 70(1), 12–18.

MERRILL, D. T. and SANKS, R. L. 1979. **Notes and comments: More on protection by CaCO<sub>3</sub> films.** J. Am. Water Works Assoc. 71(4), 227–228.

MILLETTE, J. R.; HAMMONDS, A. F.; PANSING, M. F., HANSEN, E. C. and CLARK, P. J. **Aggressive water: Assessing the extent of the problem. 1980.** J. Am. Water Works Assoc. 72(5), 262–266.

M. KEY, M.; HENSCHER, A. F.; BUTLER, J. et al. **Occupational Diseases – A Guide to Their Recognition.** U. S. Department of Health, Education, and Welfare. Public Health Service. Center for a Disease Control. National Institute for Occupational Safety and Health. Revised Edition, Washington, p. 415-419, jun, 1977.

MMA – Ministério de Estado do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Químicos Perigosos – P2R2.** In: Brasília/DF. Secretaria de Qualidade Ambiental. 2007. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_p2r2\\_1/\\_arquivos/livro\\_2007\\_106.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_p2r2_1/_arquivos/livro_2007_106.pdf)>. Acesso em 23 de outubro de 2017.

MMA – Ministério de Estado do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº. 001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>>. Acesso em 11 de novembro de 2017.

MMA – Ministério de Estado do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº. 398, de 11 de junho de 1988. Dispõe sobre o conteúdo mínimo do plano de Emergência individual para incidentes de poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional, originados em portos organizados, instalações portuárias, terminais, dutos, sondas terrestres, plataformas e suas instalações de apoio, refinarias, estaleiros, marinas, clubes náuticos e instalações similares, e orienta a sua elaboração.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=575>>. Acesso em: 12 de novembro de 2017.

MORAES Jr., D.; MORAES, M. S. 2012. Laboratório de Operações Unitárias II. Santos: Universidade Santa Cecília, 536 p.

MPSP GAEMA/BS. Ministério Público do Estado de São Paulo - Grupo de Atuação Especial de Defesa do Meio Ambiente / Núcleo Baixada Santista. **Inquérito Civil – IC Nº 14.0703.000028/2015-1. Volume 17. Danos Ambientais decorrentes de incêndio em tanques de armazenagem na empresa Ultracargo, em Santos – Dra. Flávia M. Gonçalves.** Fls. 3675 – 3699.

MPT – Ministério Público do Trabalho. **Observatório Digital de Saúde e Segurança do Trabalho – Comunicações de Acidentes de Trabalho (2012-2016).** Disponível em: <<https://observatoriosst.mpt.mp.br/>>. Acesso em 03 de novembro de 2017.

MTPS – Ministério de Estado do Trabalho e Previdência Social. **Norma Regulamentadora NR-09 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA.** Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR09/NR-09-2016.pdf>>. Acesso em 24 de outubro de 2017.

MTPS – Ministério de Estado do Trabalho e Previdência Social. **Norma Regulamentadora NR-10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.** Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR-10-atualizada-2016.pdf>>. Acesso em 18 de novembro de 2017.

MTPS – Ministério de Estado do Trabalho e Previdência Social. **Norma Regulamentadora NR-20 – Segurança e Saúde com Inflamáveis e Combustíveis.** Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR20.pdf>>. Acesso em 02 de novembro de 2017.

MTPS – Ministério de Estado do Trabalho e Previdência Social. **Norma Regulamentadora NR-23 – Proteção contra Incêndios.** Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR23.pdf>>. Acesso em 30 de outubro de 2017.

MTPS – Ministério de Estado do Trabalho e Previdência Social. **Norma Regulamentadora NR-29 – Segurança e Saúde no Trabalho Portuário.** Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR29.pdf>>. Acesso em 02 de novembro de 2017.

NOGUEIRA, M.A., TOLEDO, J.C. **Uma abordagem para o Uso do FMEA.** Banas Qualidade, Ano VIII, Nº. 90. 1999.

O GLOBO ONLINE. **Corpo de Bombeiros anuncia fim de incêndio em tanques de combustível em Santos.** Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/brasil/corpo-de-bombeiros-anuncia-fim-de-incendio-em-tanques-de-combustivel-em-santos-15837461>>. Acesso em 08 de outubro de 2017.

OHSAS 18.001/2017. **Sistemas de gestão da segurança e da saúde do trabalho – Requisitos.** ICS 03.100.01: 13.100. Série da Avaliação da Saúde e da Segurança do Trabalho. Tradução: LS2007R1. 35 p.

OIT – Organização Internacional do Trabalho – Escritório no Brasil. **Convenção sobre a Prevenção de Acidentes Industriais Maiores.** Disponível em: <<http://www.oit.org.br/node/517>>. Acesso em 26 de setembro de 2017.

PARDO, J. A. R. **Metodologia para análise e gestão de riscos em projetos de pavimentos ferroviários.** Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Minas. NUGEO, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, p. 83-91. 2009.

PORTAL G1 MUNDO. **SP e outras 10 cidades do mundo que podem ficar sem água como a Cidade do Cabo.** Disponível em: <<https://g1.globo.com/mundo/noticia/sp-e-outras-10-cidades-do-mundo-que-podem-ficar-sem-agua-como-a-cidade-do-cabo.ghtml>>. Acesso em 04 de agosto de 2018.

PORTAL G1 SANTOS & REGIÃO. **Bombeiros já usaram 5 bi de litros d'água em incêndio; fogo continua.** Disponível em: <<http://g1.globo.com/sp/santos-regiao/noticia/2015/04/bombeiros-ja-usaram-5-bi-de-litros-dagua-em-incendio-fogo-continua.html>>. Acesso em 08 de outubro de 2017.

PORTAL G1 SANTOS & REGIÃO. **Cilindros com gases tóxicos 'esquecidos' no Porto de Santos geram polêmica e preocupação.** Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/santos-regiao/porto-mar/noticia/cilindros-com-gases-toxicos-esquecidos-no-porto-de-santos-geram-polemicae preocupacao.ghtml>>. Acesso em 19 de novembro de 2017.

PORTAL G1 SANTOS & REGIÃO. **Incêndio provoca explosões em área industrial de Santos, SP.** Disponível em: <<http://g1.globo.com/sp/santos-regiao/noticia/2015/04/incendio-atinge-industria-no-bairro-alemoa-em-santos-litoral-de-sp.html>>. Acesso em 08 de outubro de 2017.

PORTAL G1 SANTOS & REGIÃO. **Vazamento de gás no Porto de Santos libera nuvem tóxica.** Disponível em: <<http://g1.globo.com/sp/santos-regiao/noticia/2016/01/corpo-de-bombeiros-registra-vazamento-de-gas-em-guaruja-sp.html>>. Acesso em 16 de setembro de 2018.

PORTAL UOL. **Bomba H, infinitamente mais poderosa do que a de Hiroshima.** Disponível em: <<https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/afp/2017/09/22/bomba-h-infinitamente-mais-poderosa-do-que-a-de-hiroshima.htm>>. Acesso em 10 de dezembro de 2017.

PORTO, M. M.; TEIXEIRA, S. G. **Portos e Meio Ambiente. Aduaneiras.** São Paulo, 2013.

PREFEITURA DE SANTOS. **Anexo I – Ordenamento do Uso e da Ocupação do Solo. Lei Complementar nº. 729, de 11 de julho de 2011. Disciplina o Ordenamento do Uso e da Ocupação do Solo na Área Continental do município, dá nova disciplina à Área de Proteção Ambiental – APA, e dá outras providências.** Disponível em: <[http://www.santos.sp.gov.br/static/files\\_www/conteudo/Anexo%20I%20-%20Zoneamento%20AC%20LC729\\_0.pdf](http://www.santos.sp.gov.br/static/files_www/conteudo/Anexo%20I%20-%20Zoneamento%20AC%20LC729_0.pdf)>. Acesso em: 24 de agosto de 2018.

PREFEITURA DE SANTOS. **Anexo III – Memorial Descritivo da Área Continental de Santos. Lei Complementar nº. 729, de 11 de julho de 2011. Disciplina o Ordenamento do Uso e da Ocupação do Solo na Área Continental do município, dá nova disciplina à Área de Proteção Ambiental – APA, e dá outras providências.** Disponível em: <[http://www.santos.sp.gov.br/static/files\\_www/conteudo/Anexo%20III%20%20Descric%3%A7%C3%A3o%20das%20Zonas.pdf](http://www.santos.sp.gov.br/static/files_www/conteudo/Anexo%20III%20%20Descric%3%A7%C3%A3o%20das%20Zonas.pdf)>. Acesso em: 24 de agosto de 2018.

PREFEITURA DE SANTOS. **Planta da Divisão Territorial do Município de Santos em Macrozonas. Documentação do Plano Diretor de Desenvolvimento e Expansão Urbana do Município de Santos.** Disponível em: <[http://www.santos.sp.gov.br/static/files\\_www/conteudo/planodiretor/LC%20821\\_2013\\_Plano%20Diretor\\_Anexo%20III\\_Macrozonas%20INSULAR%20%2B%20AC-A0.pdf](http://www.santos.sp.gov.br/static/files_www/conteudo/planodiretor/LC%20821_2013_Plano%20Diretor_Anexo%20III_Macrozonas%20INSULAR%20%2B%20AC-A0.pdf)>. Acesso em: 04 de agosto de 2018.

PREFEITURA DE SANTOS. **Programa Cidades Sustentáveis. CS66. Consumo total de água (indústria, comércio, agricultura e doméstico), em metros cúbicos (m³).** Disponível em: <<https://egov1.santos.sp.gov.br/pdm/Dashboard/Dashboard/CidadesSustentaveis>>. Acesso em 03 de agosto de 2018.

RÁDIO JOVEM PAN ONLINE. **Bombeiros controlam incêndio em Santos, mas combate ao fogo continua.** Disponível em: <<http://jovempan.uol.com.br/noticias/bombeiros-controlam-incendio-em-santos-mas-combate-ao-fogo-continua-2015-04-09.html>>. Acesso em 04 de outubro de 2017.

REVISTA AMBIENTE LEGAL. **O incêndio, o rescaldo e os resíduos.** Disponível em: <<http://www.ambientelegal.com.br/o-incendio-o-rescaldo-e-os-residuos/>>. Acesso em 03 de fevereiro de 2018.

ROSSUM, J. R. and MERRILL, D. T. **An evaluation of the calcium carbonate saturation indexes.** 1983. J. Am. Water Works Assoc. 75(2), 95–100.

RYZNAR, J. W. **A new index for determining amount of calcium carbonate scale formed by a water.** 1944. J. Am. Water Works Assoc. 36(4), 472–486.

SANTA PORTAL. **Materiais poluentes devem levar dias para serem retirados da Ultracargo.** Disponível em: <<http://santaportal.com.br/8777-materiais-poluentes-devem-levar-dias-para-serem-retirados-do-terminal-da-ultracargo>>. Acesso em 08 de outubro de 2017.

SANTOS, A. P. M.; CRETE, J. P.; SANTANA, M. A.; PINTO JR, M. A.; HABIB, M. E. M. **Interferências do Complexo Portuário em meio urbano.** UNISANTA BIOSCIENCE, v. 6, p. 188-197, 2017.

SANTOS, A. S. **Fundamentos do direito ambiental do trabalho.** São Paulo: LTr, 2010.

SANTOS, E. L.; FALCONI, J. R. R; CASTRO, F. C. C. **Anexo C – Evolução das Chamas – Evolução das Chamas das 10:07 horas às 11:00 horas – Câmeras da BTP. LT 1815-16 MPSP/CAEX.** Valoração e danos ambientais decorrentes do incêndio na ULTRACARGO, município de Santos (2016).

SANTOS, E. L.; FALCONI, J. R. R; CASTRO, F. C. C. **Laudo Técnico 1815-16 CAEX - Centro de Apoio Operacional à Execução. Ministério Público do Estado de São Paulo e ULTRACARGO Terminais Ltda.** Valoração e danos ambientais decorrentes do incêndio na ULTRACARGO, município de Santos (2016).

SANTOS, R. N. C. **Enquadramento das Análises de Risco em Geotecnia.** Laboratório Nacional de Engenharia Civil – LNEC: Dissertação de Mestrado, Lisboa, 2007.

SÃO PAULO (ESTADO). SECRETARIA DE ENERGIA E MINERAÇÃO. **Anuário de Energéticos por Município no Estado de São Paulo - 2017 ano base 2016.** SECRETARIA DE ENERGIA E MINERAÇÃO - São Paulo, 2017. 120 p. - (Série Informações Energéticas). Disponível em: <[http://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalcev2/intranet/BiblioVirtual/diversos/anuario\\_energetico\\_municipio.pdf](http://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalcev2/intranet/BiblioVirtual/diversos/anuario_energetico_municipio.pdf)>. Acesso em 10 de dezembro de 2017.

UFGO. ESCOLA DE AGRONOMIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS – SETOR DE ENGENHARIA RURAL. **Propriedades Fundamentais dos Fluidos.** Disponível em: <[https://www.agro.ufg.br/up/68/o/1.1.2\\_\\_Propriedades\\_dos\\_fluidos.pdf](https://www.agro.ufg.br/up/68/o/1.1.2__Propriedades_dos_fluidos.pdf)>. Acesso em 03 de agosto de 2018.

ULTRACARGO. **Revista Conexão – Unidos somos mais fortes. Especial Santos 2015.** Disponível em: <[https://extranet.ultracargo.com.br/subportais/raiz/popup/REVISTA\\_CONEXAO/Conexao\\_Agosto\\_2015/Conexao\\_EspecialSantos.pdf](https://extranet.ultracargo.com.br/subportais/raiz/popup/REVISTA_CONEXAO/Conexao_Agosto_2015/Conexao_EspecialSantos.pdf)>. Acesso em 19 de novembro de 2017.

ULTRACARGO. **Terminal de Santos. 2017.** Disponível em: <<http://www.ultracargo.com.br/br/localidades/santos-sp>>. Acesso em 20 de novembro de 2017.

## 8. GLOSSÁRIO

**colapso:** Ruína. Estado daquilo que está desmoronando, do que está em crise ou prestes a acabar, esgotar.

**efluente:** Tipo de resíduo líquido que sai no decorrer de processo industrial; que refere-se à corrente de fluido expelida por motor e/ou equipamento industrial.

**estuarino:** Que se encontra em um estuário, ponto onde o rio desemboca (foz).

**explosividade:** Palavra derivada de explosivo. Potencialidade apresentada por um determinado material ao produzir e/ou provocar explosão sob a influência do calor ou de um choque.

**extravasada:** Adjetivo derivado do verbo extravasar. Derramado, entornado, manifestado, transbordado, trasbordado, vertido.

**inflamável:** Tipo de substância e/ou matéria capaz de encontrar-se no estado de combustão, necessitando de baixo potencial energético calorífico. De fácil queima.

**insalubridade:** Qualificação ou estado daquilo que é insalubre, prejudicial à saúde.

**mitigação:** Ato, desenvolvimento ou consequência de mitigar, diminuir e/ou atenuar; alívio.

**particulado:** Tipo de material reduzido a partículas, partes por milhão (ppm).

**periculosidade:** Característica ou condição do que é perigoso; particularidade de perigoso.

**propagação:** Ação e/ou efeito de aumentar, multiplicar, estender.

**salvaguarda:** Termo derivado do verbo salvaguardar. Aquilo ou aquele que serve de garantia, defesa.

**sucção:** Aspiração. Ação de aspirar ou de sugar. Tipo de bomba e/ou válvula.

## 9. APÊNDICES

### 9.1. Cálculo das hipóteses pelo dimensionamento do volume queimado:

#### Hipótese 1.1:

A Tabela 25 apresenta informações sobre o número de consumidores e consumo energético no Município de Santos, no ano de 2016:

**Tabela 25 – Consumo energético e número de consumidores no Município de Santos em 2016.**

Tipo de consumo (por região, atividade e/ou setor econômico)	Número de consumidores (pessoa física e jurídica)	Energia consumida (em MWh)
Residencial	192.098	545.001,35
Comercial	18.473	599.339,24
Rural	0	0,00
Industrial	400	133.012,48
Iluminação Pública	218	31.363,47
Poder Público	1.340	36.809,69
Serviço Público	73	14.193,95
Consumo Próprio	6	276,60
TOTAL	212.608	1.359.996,78

Adaptado pelo autor.  
Fonte: (SÃO PAULO (ESTADO), 2017).

#### Cálculos da hipótese 1.1:

- Consumo de energia elétrica no Município de Santos em 2016: **1.359.996,78 MWh** (SÃO PAULO (ESTADO), 2017).

$$x_{1.1} = \frac{178.653,09 \text{ MWh} \cdot 100\%}{1.359.996,78 \text{ MWh}} \Rightarrow 13,14 \% \quad (82)$$

#### Fazendo a conversão para horas:

Dados: 1 dia = 24 horas / 1 ano = 365 dias

$$y_{1.1} = 1 \text{ ano} \cdot \frac{365 \text{ dias}}{1 \text{ ano}} \cdot \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ dia}} \Rightarrow 8.760 \text{ horas} \quad (83)$$

#### Cálculo das horas consumidas:

$$tc_{1.1} = \frac{y_{1.1} \cdot 13,14 \%}{100 \%} \Rightarrow \frac{8.760 \text{ horas} \cdot 13,14 \%}{100 \%} \Rightarrow 1.151 \text{ horas} \quad (84)$$

#### Conversão de horas para dias:

Dados: 1 dia = 24 horas

$$mc_{1.1} = \frac{tc_{1.1} \cdot 1 \text{ dia}}{24 \text{ horas}} = \frac{1.151 \text{ horas} \cdot 1 \text{ dia}}{24 \text{ horas}} \Rightarrow 48 \text{ dias} \quad (85)$$

O volume total dos 08 (oito) tanques de combustíveis estocados e queimados pelo incêndio, apresentava energia com potencial energético calorífico na geração, transmissão e distribuição de aproximadamente 48 dias (1 mês e 18 dias e/ou 1.151 horas) de energia elétrica no Município de Santos, tendo como referência o Anuário de Energéticos por Município do Estado de São Paulo - 2017 ano base 2016.

### Hipótese 2.1:

- Energia potencial elétrica máxima dos tanques afetados pelo incêndio, e localizados próximos da CETRAN IV: **178.653,09 MWh**.
- Consumo total de energia elétrica voltada para a Iluminação Pública no Município de Santos, no ano de 2016: **31.363,47 MWh** (SÃO PAULO (ESTADO), 2017).

### Cálculos da hipótese 2.1:

$$x_{2.1} = \frac{178.653,09 \text{ MWh} \cdot 100\%}{31.363,47 \text{ MWh}} \Rightarrow 569,62 \% \quad (86)$$

### Fazendo a conversão em horas:

**Dados:** 1 dia = 24 horas / 1 ano = 365 dias

$$y_{2.1} = 1 \text{ ano} \cdot \frac{365 \text{ dias}}{1 \text{ ano}} \cdot \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ dia}} \Rightarrow 8760 \text{ horas} \quad (87)$$

### Cálculo das horas consumidas:

$$tc_{2.1} = \frac{y_{2.1} \cdot 569,62 \%}{100 \%} \Rightarrow \frac{8.760 \text{ horas} \cdot 569,62 \%}{100 \%} \Rightarrow 49.899 \text{ horas} \quad (88)$$

### Conversão de horas para dias:

**Dados:** 1 mês = 30 dias / 1 dia = 24 horas

$$mc_{2.1} = \frac{tc_{2.1} \cdot 1 \text{ dia}}{24 \text{ horas}} = \frac{49.899 \text{ horas} \cdot 1 \text{ dia}}{24 \text{ horas}} \Rightarrow 2.079 \text{ dias} \quad (89)$$

O volume total dos 08 (oito) tanques de combustíveis estocados e queimados pelo incêndio, apresentava energia com potencial energético calorífico na geração, transmissão e distribuição de aproximadamente 2.079 dias (49.899 horas) de energia elétrica no Município de Santos, tendo como referência o Anuário de Energéticos por Município do Estado de São Paulo - 2017 ano base 2016.

### Hipótese 3.1:

Analisou-se o potencial energético calorífico presente no volume de combustível dos tanques de combustível estocados antes do incêndio, comparando com a geração de energia elétrica na Usina Hidrelétrica de Itaipu Binacional. Segundo

ITAIPU BINACIONAL (2017), a usina fechou 2016 com uma produção histórica de 103.098.366,00 de megawatts-hora (MWh), registrando o melhor dezembro de todos os tempos. Diante das informações supracitadas, seguem os cálculos comparativos:

- Energia potencial elétrica máxima dos tanques afetados pelo incêndio, e localizados próximos da CETRAN IV: **178.653,09 MWh**.

- Geração total máxima de energia elétrica na Usina Hidrelétrica de Itaipu Binacional em 2016: **103.098.366,00 MWh** (ITAIPU BINACIONAL, 2017).

### Cálculos da hipótese 3.1:

$$x_{3.1} = \frac{178.653,09 \text{ MWh} \cdot 100 \%}{103.098.366,00 \text{ MWh}} \Rightarrow \frac{17.875.309,00 \text{ MWh}}{103.098.366,00 \text{ MWh}} \Rightarrow 0,172 \% \quad (90)$$

### Fazendo a conversão em horas:

**Dados:** 1 dia = 24 horas / 1 ano = 365 dias

$$y_{3.1} = 1 \text{ ano} \cdot \frac{365 \text{ dias}}{1 \text{ ano}} \cdot \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ dia}} \Rightarrow 8760 \text{ horas} \quad (91)$$

### Cálculo da geração diária de energia:

Dados: 1 ano = 365 dias / 1 dia = 24 horas / 1 hora = 60 minutos / 1 minuto = 60 segundos.

### Conversão de horas para minutos:

$$z_{3.1} = \frac{103.098.366,00 \text{ MWh}}{365 \text{ dias}} \Rightarrow 282.461,28 \frac{\text{MWh}}{\text{dia}} \cdot \frac{1 \text{ dia}}{24 \text{ horas}} \Rightarrow 11.769,22 \frac{\text{MWh}}{\text{h}} \quad (92)$$

$$tc_{3.1} = \frac{z_{3.1} \cdot 100 \%}{178.653,09 \text{ MWh}} = \frac{11.769,22 \text{ MWh}}{178.653,09 \text{ MWh}} \cdot 100\% \Rightarrow 6,58 \text{ horas} \quad (93)$$

O volume total dos 08 (oito) tanques de combustíveis estocados e queimados no incêndio, apresentavam potencial energético calorífico para geração, transmissão, distribuição e consumo de aproximadamente 6 horas e 35 minutos de energia elétrica no Brasil, comparando com a produção da Usina Hidrelétrica de Itaipu Binacional em 2016.

### Hipótese 4.1:

Analisou-se o potencial energético calorífico do volume de combustível nos tanques de combustível estocados antes do incêndio, comparando-se com a bomba de urânio lançada na cidade japonesa de Hiroshima, em 06 de agosto de 1945. Segundo o PORTAL UOL (2017), a mesma apresentava potencial energético

calorífico de 15 quilotoneladas (0,015 megatoneladas). Seguem os cálculos comparativos:

- Energia potencial elétrica máxima dos tanques afetados pelo incêndio, e localizados próximos da CETRAN IV: **178.653,09 MWh**.
- Poder energético da bomba atômica de urânio lançada na cidade japonesa de Hiroshima: **15 quilotoneladas** (PORTAL UOL, 2017).

#### **Cálculos da hipótese 4.1:**

Fazendo a conversão em kT (quilotoneladas):

Dados: 1 kT = 1.162,22 MWh

$$15 \text{ kT} = 15 \times 1.162,22 \text{ MWh} \Rightarrow 17.433,30 \text{ MWh}$$

Comparativo entre os potenciais energéticos do acidente ocorrido na empresa Ultracargo, em abril de 2015; e a bomba atômica de urânio lançada na cidade japonesa de Hiroshima:

$$x_{4.1} = \frac{178.653,09 \text{ MWh} \cdot 100\%}{17.433,30 \text{ MWh}} \Rightarrow 1.024,78 \% \quad (94)$$

$$z_{4.1} = \frac{178.653,09 \text{ MWh} \cdot 15\text{kT}}{17.433,30 \text{ MWh}} \Rightarrow 153,72 \text{ kT} \quad (95)$$

#### **Fazendo a conversão em horas:**

Dados: 1 dia = 24 horas / 1 ano = 365 dias

$$y_{4.1} = 1 \text{ ano} \cdot \frac{365 \text{ dias}}{1 \text{ ano}} \cdot \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ dia}} \Rightarrow 8760 \text{ horas} \quad (96)$$

#### **Cálculo das horas consumidas:**

$$tc_{4.1} = \frac{y_{4.1} \cdot 1.024,78 \%}{100 \%} \Rightarrow \frac{8.760 \text{ horas} \cdot 1.024,78 \%}{100 \%} \Rightarrow 89.771 \text{ horas} \quad (97)$$

#### **Conversão de horas para dias:**

Dados: 1 mês = 30 dias / 1 dia = 24 horas

$$mc_{4.1} = \frac{tc_{4.1} \cdot 1 \text{ dia}}{24 \text{ horas}} = \frac{89.770,79 \text{ horas} \cdot 1 \text{ dia}}{24 \text{ horas}} \Rightarrow 3.741 \text{ dias} \quad (98)$$

O volume total dos 08 (oito) tanques de combustíveis queimados durante o incêndio corresponde a 153,72 kT (quilotoneladas), com potencial para geração, transmissão e distribuição de 3.741 dias e/ou 89.771 horas consumidas no Município

de Santos, equivalentes a 1.024,78% do potencial energético calorífico apresentado na bomba atômica de urânio lançada sobre a cidade japonesa de Hiroshima.

### Hipótese 5.1:

Fora analisado o potencial energético calorífico no volume de combustível dos tanques de combustível estocados antes do incêndio, comparando com o Tsar-Bomb, bomba atômica planejada e confeccionada na antiga União Soviética durante a Guerra Fria, testada em território russo no dia 30 de outubro de 1961.

Segundo BBC (2017), o Tsar-Bomb apresentava o potencial energético calorífico de 57 megatons (57.000.000,00 milhões de toneladas), valor 1.500 vezes maior que o apresentado pela bomba de urânio lançada sobre Hiroshima. Diante das informações, seguem os cálculos comparativos:

- Energia potencial elétrica máxima dos tanques afetados pelo incêndio, localizados próximos da CETRAN IV: **178.653,09 MWh**.
- Poder energético do Tsar-Bomb: **57 megatons** (BBC, 2017).

### Cálculos da hipótese 5.1:

Fazendo a conversão em Mton (megaton):

Dados: 1 Mton = 1.162.222,22 MWh

$$57 \text{ Mton} = 57 \times 1.162.222,22 \text{ MWh} \Rightarrow 66.246.666,54 \text{ MWh}$$

Comparativo entre os potenciais energéticos do acidente ocorrido em abril de 2015 e do Tsar-Bomb, bomba atômica testada em território soviético durante a Guerra Fria:

$$x_{5.1} = \frac{178.653,09 \text{ MWh} \cdot 100\%}{66.246.666,54 \text{ MWh}} \Rightarrow 0,27 \% \quad (99)$$

$$z_{5.1} = \frac{178.653,09 \text{ MWh} \cdot 57 \text{ Mton}}{66.246.666,54 \text{ MWh}} \Rightarrow 0,15 \text{ Mton} \quad (100)$$

### Fazendo a conversão em horas:

Dados: 1 dia = 24 horas / 1 ano = 365 dias

$$y_{5.1} = 1 \text{ ano} \cdot \frac{365 \text{ dias}}{1 \text{ ano}} \cdot \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ dia}} \Rightarrow 8760 \text{ horas} \quad (101)$$

### Cálculo das horas consumidas:

$$tc_{5.1} = \frac{y_{5.1} \cdot 0,27 \%}{100 \%} \Rightarrow \frac{8.760 \text{ horas} \cdot 0,27 \%}{100 \%} \Rightarrow 23,65 \text{ horas} \quad (102)$$

**Conversão de horas para dias:**

Dados: 1 mês = 30 dias / 1 dia = 24 horas

$$mc_{5.1} = \frac{tc_{5.1} \cdot 1 \text{ dia}}{24 \text{ horas}} = \frac{23,65 \text{ horas} \cdot 1 \text{ dia}}{24 \text{ horas}} \Rightarrow 0,985 \text{ dias} \quad (103)$$

O volume total dos 08 (oito) tanques de combustíveis queimados durante o incêndio apresentava potencial energético calorífico similar a 0,15 Mton (megatons), com potencial para geração, transmissão e distribuição de aproximadamente 1 dia (23,65 horas) consumida no Município de Santos, equivalentes a 0,27% do potencial energético calorífico apresentado no Tsar-Bomb.

**9.2. Cálculo das hipóteses pelo dimensionamento do volume inicial:****Hipótese 1.2:**

- Energia potencial elétrica máxima dos tanques afetados pelo incêndio, e localizados próximos da CETRAN IV: **303.737,24 MWh**.

- Consumo de energia elétrica no Município de Santos em 2016: **1.359.996,78 MWh** (SÃO PAULO (ESTADO), 2017).

**Cálculos da hipótese 1.2:**

$$x_{1.2} = \frac{303.737,24 \text{ MWh} \cdot 100\%}{1.359.996,78 \text{ MWh}} \Rightarrow 22,33\% \quad (104)$$

**Fazendo a conversão para horas:**

Dados: 1 dia = 24 horas / 1 ano = 365 dias

$$y_{1.2} = 1 \text{ ano} \cdot \frac{365 \text{ dias}}{1 \text{ ano}} \cdot \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ dia}} \Rightarrow 8.760 \text{ horas} \quad (105)$$

**Cálculo das horas consumidas:**

$$tc_{1.2} = \frac{y_{1.2} \cdot 22,33\%}{100\%} = \frac{8.760 \text{ horas} \cdot 22,33\%}{100\%} \Rightarrow 1.956 \text{ horas} \quad (106)$$

**Conversão de horas para dias:**

Dados: 1 dia = 24 horas

$$mc_{1.2} = \frac{tc_{1.2} \cdot 1 \text{ dia}}{24 \text{ horas}} = \frac{1.956 \text{ horas} \cdot 1 \text{ dia}}{24 \text{ horas}} \Rightarrow 81 \text{ dias} \quad (107)$$

O volume total dos 08 (oito) tanques de combustíveis estocados antes do incêndio, apresentava energia com potencial energético calorífico na geração,

transmissão e distribuição de aproximadamente 81 dias (2 meses e 21 dias e/ou 1.956 horas) de energia elétrica no Município de Santos, tendo como referência o Anuário de Energéticos por Município do Estado de São Paulo - 2017 ano base 2016.

### Hipótese 2.2:

- Energia potencial elétrica máxima dos tanques afetados pelo incêndio, e localizados próximos da CETRAN IV: **303.737,24 MWh**.

- Consumo total de energia elétrica voltada para a Iluminação Pública no Município de Santos, no ano de 2016: **31.363,47 MWh** (SÃO PAULO (ESTADO), 2017).

### Cálculos da hipótese 2.2:

$$x_{2.2} = \frac{303.737,24 \text{ MWh} \cdot 100\%}{31.363,47 \text{ MWh}} \Rightarrow 968,44 \% \quad (108)$$

### Fazendo a conversão em horas:

Dados: 1 dia = 24 horas / 1 ano = 365 dias

$$y_{2.2} = 1 \text{ ano} \cdot \frac{365 \text{ dias}}{1 \text{ ano}} \cdot \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ dia}} \Rightarrow 8760 \text{ horas} \quad (109)$$

### Cálculo das horas consumidas:

$$tc_{2.2} = \frac{y_{2.2} \cdot 968,44 \%}{100 \%} \Rightarrow \frac{8.760 \text{ horas} \cdot 968,44 \%}{100 \%} \Rightarrow 84.835 \text{ horas} \quad (110)$$

### Conversão de horas para dias:

Dados: 1 mês = 30 dias / 1 dia = 24 horas

$$mc_{2.2} = \frac{tc_{2.2} \cdot 1 \text{ dia}}{24 \text{ horas}} = \frac{84.835 \text{ horas} \cdot 1 \text{ dia}}{24 \text{ horas}} \Rightarrow 3.535 \text{ dias} \quad (111)$$

O volume total dos 08 (oito) tanques de combustíveis estocados antes do incêndio, apresentava energia com potencial para geração, transmissão e distribuição de aproximadamente 3.535 dias (84.835 horas) de energia elétrica consumida no Município de Santos, tendo como referência o Anuário de Energéticos por Município do Estado de São Paulo - 2017 ano base 2016.

### Hipótese 3.2:

Fora realizada análise do potencial energético calorífico do volume de combustível nos tanques de combustível estocados antes do incêndio, comparando com a energia gerada pela Usina Hidrelétrica de Itaipu Binacional em 2016. Segundo ITAIPU BINACIONAL (2017), foram gerados em 2016 103.098.366,00 de megawatts-hora (MWh). Seguem os cálculos comparativos:

- Energia potencial elétrica máxima dos tanques afetados pelo incêndio, e localizados próximos da CETRAN IV: **303.737,24 MWh**.
- Geração total máxima de energia elétrica na Usina Hidrelétrica de Itaipu Binacional em 2016: **103.098.366,00 MWh** (ITAIPU BINACIONAL, 2017).

### Cálculos da hipótese 3.2:

$$x_{3.2} = \frac{303.737,24 \text{ MWh} \cdot 100 \%}{103.098.366,00 \text{ MWh}} \Rightarrow \frac{30.373.724,00 \text{ MWh}}{103.098.366,00 \text{ MWh}} \Rightarrow 0,295 \% \quad (112)$$

### Fazendo a conversão em horas:

**Dados:** 1 dia = 24 horas / 1 ano = 365 dias

$$y_{3.2} = 1 \text{ ano} \cdot \frac{365 \text{ dias}}{1 \text{ ano}} \cdot \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ dia}} \Rightarrow 8760 \text{ horas} \quad (113)$$

### Cálculo da geração diária de energia:

Dados: 1 ano = 365 dias / 1 dia = 24 horas / 1 hora = 60 minutos / 1 minuto = 60 segundos.

### Conversão de horas para minutos:

$$z_{3.2} = \frac{103.098.366,00 \text{ MWh}}{365 \text{ dias}} \Rightarrow 282.461,28 \frac{\text{MWh}}{\text{dia}} \cdot \frac{1 \text{ dia}}{24 \text{ horas}} \Rightarrow 11.769,22 \frac{\text{MWh}}{\text{h}} \quad (114)$$

$$tc_{3.2} = \frac{z_{3.2} \cdot 100 \%}{303.737,24 \text{ MWh}} = \frac{11.769,22 \frac{\text{MWh}}{\text{h}} \cdot 100\%}{303.737,24 \text{ MWh}} \Rightarrow 3,87 \text{ horas} \quad (115)$$

O volume total dos 08 (oito) tanques de combustíveis estocados antes do incêndio, apresentavam potencial para geração, transmissão, distribuição e consumo de aproximadamente 4 horas de energia elétrica no Brasil, comparando com a produção da Usina Hidrelétrica de Itaipu Binacional em 2016.

### Hipótese 4.2:

Analisou-se o potencial energético calorífico do volume de combustível dos tanques de combustível estocados antes do incêndio, comparando com uma bomba atômica, nos mesmos aspectos da lançada na cidade japonesa de Hiroshima, em 06 de agosto de 1945. De acordo com o PORTAL UOL (2017), a mesma apresentava potencial de 15 quilotoneladas (0,015 megatoneladas). Seguem cálculos:

- Energia potencial elétrica máxima dos tanques afetados pelo incêndio, e localizados próximos da CETRAN IV: **303.737,24 MWh**.
- Poder energético da bomba atômica de urânio lançada na cidade japonesa de

Hiroshima: **15 quilotoneladas** (PORTAL UOL, 2017).

### Cálculos da hipótese 4.2:

Fazendo a conversão em kT (quilotoneladas):

Dados: 1 kT = 1.162,22 MWh

$$15 \text{ kT} = 15 \times 1.162,22 \text{ MWh} \Rightarrow 17.433,30 \text{ MWh}$$

$$x_{4.2} = \frac{303.737,24 \text{ MWh} \cdot 100\%}{17.433,30 \text{ MWh}} = \frac{30.373.724,00 \text{ MWh}}{17.433,30 \text{ MWh}} \Rightarrow 1.742,28 \% \quad (116)$$

$$z_{4.2} = \frac{303.737,24 \text{ MWh} \cdot 15 \text{ kT}}{17.433,30 \text{ MWh}} \Rightarrow 261,34 \text{ kT} \quad (117)$$

### Fazendo a conversão em horas:

Dados: 1 dia = 24 horas / 1 ano = 365 dias

$$y_{4.2} = 1 \text{ ano} \cdot \frac{365 \text{ dias}}{1 \text{ ano}} \cdot \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ dia}} \Rightarrow 8760 \text{ horas} \quad (118)$$

### Cálculo das horas consumidas:

$$tc_{4.2} = \frac{y_{4.2} \cdot 1.742,28 \%}{100 \%} \Rightarrow \frac{8.760 \text{ horas} \cdot 1.742,28 \%}{100 \%} \Rightarrow 152.624 \text{ horas} \quad (119)$$

### Conversão de horas para dias:

Dados: 1 mês = 30 dias / 1 dia = 24 horas

$$mc_{4.2} = \frac{tc_{4.2} \cdot 1 \text{ dia}}{24 \text{ horas}} = \frac{152.624 \text{ horas} \cdot 1 \text{ dia}}{24 \text{ horas}} \Rightarrow 6.359 \text{ dias} \quad (120)$$

O volume total dos 08 (oito) tanques de combustíveis estocados antes do incêndio, apresentava potencial energético similar a 261,34 kT (quilotoneladas), com potencial para geração, transmissão e distribuição de 6.359 dias e/ou 152.624 horas consumidas no Município de Santos, equivalentes a 1.742,28% do potencial energético apresentado na bomba atômica de urânio lançada sobre a cidade japonesa de Hiroshima.

### Hipótese 5.2:

Por fim, fora analisado potencial energético calorífico do volume de combustível nos tanques de combustível estocados antes do incêndio, comparando com o Tsar-Bomb, bomba atômica planejada e confeccionada na antiga União Soviética durante a Guerra Fria, testada em território russo em 30 de outubro de 1961.

Segundo BBC (2017), o Tsar-Bomb apresentava o potencial energético de 57 megatons (57.000.000,00 milhões de toneladas), valor 1.500 vezes maior que o

apresentado pela bomba de urânio lançada sobre Hiroshima. Diante das informações supracitadas, seguem os cálculos comparativos:

- Energia potencial elétrica máxima dos tanques afetados pelo incêndio, localizados próximos da CETRAN IV: **303.737,24 MWh**.
- Poder energético do Tsar-Bomb: **57 megatons** (BBC, 2017).

### **Cálculos da hipótese 5.2:**

Fazendo a conversão em Mton (megaton):

Dados: 1 Mton = 1.162.222,22 MWh

$$57 \text{ Mton} = 57 \times 1.162.222,22 \text{ MWh} \Rightarrow 66.246.666,54 \text{ MWh}$$

Comparativo entre os potenciais energéticos do acidente ocorrido em abril de 2015 e do Tsar-Bomb, bomba atômica soviética testada durante a Guerra Fria:

$$x_{5.2} = \frac{303.737,24 \text{ MWh} \cdot 100\%}{66.246.666,54 \text{ MWh}} \Rightarrow \frac{30.373.724,00 \text{ MWh}}{66.246.666,54 \text{ MWh}} \Rightarrow 0,458 \% \quad (121)$$

$$z_{5.2} = \frac{303.737,24 \text{ MWh} \cdot 57 \text{ Mton}}{66.246.666,54 \text{ MWh}} \Rightarrow \frac{17.313.022,68 \text{ MWh}}{66.246.666,54 \text{ MWh}} \Rightarrow 0,26 \text{ Mton} \quad (122)$$

### **Fazendo a conversão em horas:**

Dados: 1 dia = 24 horas / 1 ano = 365 dias

$$y_{5.2} = 1 \text{ ano} \cdot \frac{365 \text{ dias}}{1 \text{ ano}} \cdot \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ dia}} \Rightarrow 8760 \text{ horas} \quad (123)$$

### **Cálculo das horas consumidas:**

$$tc_{5.2} = \frac{y_{5.2} \cdot 0,458 \%}{100 \%} \Rightarrow \frac{8.760 \text{ horas} \cdot 0,458 \%}{100 \%} \Rightarrow 40,12 \text{ horas} \quad (124)$$

### **Conversão de horas para dias:**

Dados: 1 mês = 30 dias / 1 dia = 24 horas

$$mc_{5.2} = \frac{tc_{5.2} \cdot 1 \text{ dia}}{24 \text{ horas}} = \frac{40,12 \text{ horas} \cdot 1 \text{ dia}}{24 \text{ horas}} \Rightarrow 1,67 \text{ dias} \quad (125)$$

O volume total dos 08 (oito) tanques de combustíveis estocados antes do incêndio, apresentava potencial energético similar a 0,26 Mton (megatons), com potencial para geração, transmissão e distribuição de aproximadamente 2 dias (40,12 horas) consumida no Município de Santos, equivalentes a 0,46% do potencial energético apresentado no Tsar-Bomb.

## 10. ANEXOS

### 10.1. Legislação e Normas Técnicas

A implantação da Convenção 174 pela OIT e da Recomendação 181, abordou questões essenciais para assegurar a prevenção de acidentes industriais que envolvam substâncias perigosas, ou em instalações sujeitas a riscos de acidentes maiores, chamadas em áreas classificadas. Por exemplo:

- a) São estabelecidos os princípios da autoridade competente na criação de sistema capaz de identificar as instalações mais sujeitas a riscos de acidentes maiores, baseadas em listagem de substâncias perigosas descritas em normas internacionais ou leis e regulamentos nacionais (art. 5º);
- b) Identificação e notificação dos empregadores sobre as instalações sujeitas a riscos de acidentes maiores, junto à autoridade competente (art. 8º);
- c) Criação e manutenção por parte dos terminais portuários, de sistema documentado para prevenção e controle de riscos em instalações sujeita a risco maior (art. 9º);
- d) Os gestores dos terminais portuários deverão emitir relatório de segurança, contendo: identificação e estudo dos perigos e avaliação dos riscos; medidas técnicas (projeto, sistemas de segurança, construção, seleção de substâncias químicas, operação, manutenção e inspeção sistemática da instalação); medidas organizacionais (fornecimento de equipamentos de segurança, níveis do pessoal, horas de trabalho, definição de responsabilidades); planos e procedimentos de emergência; medidas para redução de acidentes; medidas para coleta de informações e análise de acidentes ou “quase-acidentes” (art. 9 a 11);
- e) Baseado em informação fornecida pelo empregador, o gestor do terminal portuário deverá assegurar a criação de planos e procedimentos de emergência contendo medidas para proteção da população e do meio ambiente fora do local de cada instalação, além de atualização em intervalos apropriados, e coordenação com autoridades e órgãos pertinentes (art. 15º);
- f) A autoridade competente deverá assegurar que informações e alertas sobre medidas de segurança e comportamento apropriado em casos de acidentes maiores sejam atualizadas e retransmitidas o mais breve possível, em intervalos apropriados; além de estabelecer uma política global de

zoneamento, tendo em vista isolamento adequado de novas instalações de risco maior em áreas residenciais e de trabalho, e logradouros públicos, assim como medidas adequadas para instalações já existentes (art. 16º e 17º);

- g) Representantes do empregador e dos trabalhadores de uma instalação de risco de acidente maior terão a oportunidade de acompanhar os inspetores na supervisão da aplicação das medidas prescritas por força desta Convenção, excetuando-se quando os inspetores considerem à luz de instruções gerais da autoridade competente (art. 18º);
- h) Visando assegurar sistemas seguros de trabalho em instalações com risco de acidente maior, dentre as obrigatoriedades de competência dos trabalhadores e seus representantes (art. 20º):

h<sub>1</sub>) Estar suficiente e adequadamente informados sobre potenciais riscos ligados à instalação e possíveis consequências; ordens, instruções ou recomendações feitas pela autoridade competente;

h<sub>2</sub>) Ser consultados e ter acesso na elaboração de: relatório de segurança; planos e procedimentos de emergência e relatórios de acidente;

h<sub>3</sub>) Discutir com o empregador qualquer risco potencial existente, considerado capaz de gerar um acidente maior e ter direito de informar a autoridade competente sobre eventuais perigos.

Em paralelo aos parâmetros de segurança no trabalho e gerenciamento de riscos no setor portuário, o Brasil apresenta as seguintes Normas Regulamentadoras:

- I. A **NR-09 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais**, estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação, por parte de todos os empregadores e instituições que admitam trabalhadores como empregados, do PPRA, visando à preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e conseqüente controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho, tendo em consideração a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais. A redação é amparada pela Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978 (MTPS, 2018);
- II. A **NR-10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**, estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e

a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade. A redação é amparada pela Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978 (MTPS, 2018);

- I. A **NR-20 – Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis**, estabelece requisitos mínimos para a gestão da segurança e saúde no trabalho contra os fatores de risco de acidentes provenientes das atividades de extração, produção, armazenamento, transferência, manuseio e manipulação de inflamáveis e líquidos combustíveis. A redação é amparada pela Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978 (MTPS, 2018);
- II. A **NR-23 – Proteção Contra Incêndios**, obriga os empregadores para adotar medidas de prevenção de incêndios, em conformidade com a legislação estadual e normas técnicas aplicáveis. A redação é amparada pela Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978 (MTPS, 2018);
- III. A **NR-29 - Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho Portuário**, tem o objetivo de regular a proteção obrigatória contra acidentes e doenças profissionais, facilitar os primeiros socorros a acidentados e alcançar as melhores condições possíveis de segurança e saúde aos trabalhadores portuários. A redação é amparada pela Portaria SSST n.º 53, de 17 de dezembro de 1997 (MTPS, 2018).

Encontra-se em discussão no Ministério do Trabalho e Previdência Social – MTPS, o texto-base da nova **NR-37 – Gestão de Segurança e Saúde no Trabalho**, que terá como objetivo estabelecer princípios e requisitos nas empresas, com enfoque em gestão da segurança e saúde no trabalho e implementação de ações para avaliação e controle de riscos no meio ambiente do trabalho (sem previsão para homologação). Além das Normas Regulamentadoras, os parâmetros de segurança no trabalho e gerenciamento de riscos no setor portuário também apresentam diretrizes e amparo técnico nas seguintes normas internacionais:

- 1) A **Norma ISO OHSAS 18.001/2007 – Sistema de Gestão da Saúde e Segurança Ocupacional**, tem o objetivo de assegurar o bom cumprimento de procedimentos e cuidados que venham a garantir o gerenciamento dos riscos de saúde e segurança em uma organização. A Certificação do Sistema da Segurança e Saúde Ocupacional demonstra o grau de seriedade do trabalho

desenvolvido numa empresa, tanto para fornecedores quanto para consumidores (OHSAS 18.001, 2017);

- 2) A **Norma ISO 31.001/2009 – Gerenciamento de Riscos**, fornece princípios, estrutura e um processo de gerenciamento de riscos, com aplicação em pequenas, médias e grandes organizações. A Certificação pode auxiliar as empresas em aumentar a probabilidade de alcançar objetivos, melhorando na identificação de oportunidades e ameaças e efetivamente na alocação e utilização de recursos para tratamento de risco (ISO, 2017);
- 3) A **Norma ABNT NBR 18.801/2010 – Sistema de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho**, especifica condições de um Sistema de Gestão de Segurança e Saúde no Trabalho (SGSST), permitindo o controle de uma organização nos respectivos riscos de Segurança e Saúde no Trabalho (SST), com melhoria no respectivo desempenho. A norma não indica os critérios específicos para o desempenho de um SST, nem especificações detalhadas para o projeto de um sistema de gestão (ABNT, 2017);
- 4) A **Norma ISO / DIS 45.001/2017 – Sistema Internacional de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional (SSO)**, é a primeira norma internacional de SSO do mundo, específica no auxílio de organizações a proporcionar um ambiente de trabalho seguro e saudável para os seus trabalhadores e outras pessoas, evitar mortes, lesões e problemas de saúde relacionados com o trabalho e melhorar continuamente o seu desempenho de SSO. A norma prevê as seguintes inovações: alinhamento estratégico para que as empresas melhorem o desempenho da saúde e segurança ocupacional; introdução à gestão de riscos e oportunidades; liderança; integração dos sistemas de gestão e aplicação de linguagem comum a todos as normas e o ciclo Plan-Do-Check-Act (PDCA) pode ser aplicado a todo sistema de gestão (BSI GROUP, 2017).

A existência de uma legislação que ampare os princípios de segurança do trabalho e gerenciamento de riscos no setor portuário torna-se relevante na identificação de ambientes com potencial risco de perigo e/ou explosões, visando a prevenção de acidentes. Por consequência, a prevenção de acidentes elétricos, mecânicos e/ou químicos em ambientes de trabalho como o portuário, poderão refletir diretamente na identificação de causas e de eventuais consequências; no estabelecimento de medidas preventivas para o controle de perdas materiais e principalmente, na mitigação de perdas humanas.

## 10.2. Descrição dos riscos apresentados na CETRAN IV após o incêndio.

### 10.2.1. Situação I: Retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678 instaladas na Central de Transferência IV, com a utilização de caminhão munck.

O Quadro 12 apresenta 22 (vinte e dois) recomendações para os cenários de riscos apontados na situação I, ocorrida no dia 03 de dezembro de 2015, data de realização da referida operação na Central de Transferência IV:

**Quadro 12 – Apresentação de tipo de risco e recomendações propostas por técnicos da empresa Ultracargo na situação I.**

<b>TEQUIMAR – Análise de Riscos (AR)</b>		
<b>Situação I: Retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678 instaladas na Central de Transferência IV, com a utilização de caminhão munck.</b>		
<b>Cenário</b>	<b>Possíveis Riscos e Causas</b>	<b>Recomendações</b>
<b>1</b>	Risco de queda de materiais soltos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar o escoramento da estrutura conforme o projeto;</li> <li>- Realizar uma inspeção visual e remover materiais soltos manualmente a uma distância segura, entre material x colaborador com orientação da área de SSMA;</li> <li>- Os materiais soltos serão retirados conforme a progressão da atividade desde que estes materiais não apresentam risco aos colaboradores em atividades no local.</li> </ul>
<b>2</b>	Choques contra materiais ou peças sem fixação ou fixados, porém obstruindo a passagem.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar limpeza da área e reposicionamento de mangueiras do sistema de combate a incêndio;</li> <li>- Sinalizar os pontos onde possam haver a possibilidade do colaborador bater contra durante a sua movimentação;</li> <li>- Recolher materiais/peças não fixados que apresentem risco aos colaboradores;</li> <li>- Isolar com espuma superfícies cortantes / em extremidade protuberante.</li> </ul>
<b>3</b>	Queda de pessoas em piso escorregadio, tropeço, espaço vazio ou em desnível.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sinalizar com placa ou fita aérea de pontos com desnível;</li> <li>- Construir guarda corpo com tubo de andaime para proteção do local da atividade;</li> <li>- Utilizar cinto de segurança duplo talabarte em locais que haja risco de queda de níveis diferentes e bota com antiderrapante adequado ao ambiente a ser trabalhado;</li> <li>- Identificar pontos para atrelar o cinto sempre acima da linha da cintura. Colocar linha de vida, se necessário.</li> </ul>
<b>4</b>	Queda de material solto na estrutura ou de ferramental.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fazer uma avaliação visual a uma distância segura;</li> <li>- Realizar a atividade com acompanhamento da área de SSMA;</li> <li>- Não remover materiais que estejam apoiados ou servindo de apoio e que possam provocar projeção ou queda de outros materiais desde que estejam apoiados de forma segura. Em caso contrário, serão ancorados conforme projeto.</li> </ul>
<b>5</b>	Queda ou tropeço de pessoas em piso escorregadio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sinalização com placa ou fita aérea de pontos com desnível e escorregadio, provendo a limpeza do local;</li> <li>- Utilizar o corrimão para acesso no uso da escada fixa e com antiderrapante adequado ao ambiente a ser trabalhado.</li> </ul>

**Quadro 12 – Apresentação de tipo de risco e recomendações propostas por técnicos da empresa Ultracargo na situação I (continuação).**

<b>TEQUIMAR – Análise de Riscos (AR)</b>		
<b>Situação I: Retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678 instaladas na Central de Transferência IV, com a utilização de caminhão munck.</b>		
<b>Cenário</b>	<b>Possíveis Riscos e Causas</b>	<b>Recomendações</b>
<b>6</b>	Pessoas atingidas por queda de materiais soltos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar uma inspeção visual e remover materiais soltos manualmente a uma distância segura entre material x colaborador com orientação da área de SSMA;</li> <li>- Inspeccionar as estruturas de escoramento antes do início das atividades, certificando-se de que se encontram com identificação e que não haja nenhuma mudança na estrutura;</li> <li>- Não remover materiais que estejam apoiados ou servindo de apoio em que possam provocar proteção ou queda de outros materiais. Avaliar se estes materiais não apresentam risco aos colaboradores em atividades no local;</li> <li>- Os materiais soltos serão retirados na evolução da atividade.</li> </ul>
<b>7</b>	Queda de materiais ou ferramentas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizar a luva jaqueta durante a atividade;</li> <li>- Transportar materiais e ferramentas necessárias para a atividade.</li> </ul>
<b>8</b>	Utilização de ferramenta inadequada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Não posicionar as mãos em pontos de prensamento;</li> <li>- Utilizar somente ferramenta adequada para a realização do serviço.</li> </ul>
<b>9</b>	Contaminação com produtos insalubres e/ou perigosos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar o alinhamento da válvula do dreno do filtro da sucção após a realização da conexão da mangueira;</li> <li>- Utilizar luva nitrílica e proteção respiratória durante a atividade retirada do plug da voluta da bomba, conforme MTO dos produtos.</li> </ul>
<b>10</b>	Contato com equipamento e/ou superfície energizada (Choque elétrico).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Assegurar que a alimentação elétrica dos equipamentos e sistema de iluminação da CETRAN IV estejam desenergizados;</li> <li>- Realizar procedimento de bloqueio de energia (utilizar cadeado) e etiquetar conforme recomendação da PTS;</li> <li>- Seguir as recomendações do padrão de isolamento de fontes de energia por meio da EVP e da EVC;</li> <li>- Confirmar desenergização com uso de instrumentos de medição de tensão específicos, segundo o padrão de trabalhos elétricos específicos, inclusive quanto ao uso dos EPI's elétricos.</li> </ul>
<b>11</b>	Incêndio por geração de centelha.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Não jogar parafusos, plugs ou caps ao chão para evitar risco de faísca.</li> </ul>
<b>12</b>	Incêndio provocado por ambiente com eletricidade estática, com utilização de ferramental inadequado, presença de fonte de ignição.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar aterramento da bomba pneumática e tambor;</li> <li>- Assegurar que o cabo terra e ponto de aterramento estejam íntegros (fazer medição com o Terrômetro);</li> <li>- Utilizar mangotes adequados para o produto conforme recomendação do MTO;</li> <li>- Fazer o bombeamento pneumático com o uso do nitrogênio (sem utilização do ar).</li> </ul>

**Quadro 12 – Apresentação de tipo de risco e recomendações propostas por técnicos da empresa Ultracargo na situação I (continuação).**

<b>TEQUIMAR – Análise de Riscos (AR)</b>		
<b>Situação I: Retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678 instaladas na Central de Transferência IV, com a utilização de caminhão munck.</b>		
<b>Cenário</b>	<b>Possíveis Riscos e Causas</b>	<b>Recomendações</b>
<b>13</b>	Contato com equipamento e/ou superfície energizada (Choque elétrico).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizar ferramenta antifaiscante durante a retirada de parafusos de plug da voluta das bombas e onde haja a possibilidade de ignição de produto inflamável.</li> <li>- Não bater ferramenta durante a remoção de parafusos, caps ou plugs, nem jogar ao chão para evitar risco de faísca;</li> <li>- Utilizar juntas e vedações em bom estado e adequadas ao produto conforme MTO;</li> <li>- Usar N<sub>2</sub> para alimentação da bomba pneumática;</li> <li>- Só utilizar mangotes inspecionados, aprovados e compatíveis com o material a ser transferido;</li> <li>- Após início de operação da bomba pneumática, inspecionar mangotes, conexões, válvulas e bombas no caso de vazamento;</li> <li>- Se for constatada a presença de vazamento, interromper a atividade e realizar reparo;</li> <li>- Após o término da operação de esgotamento, dar a destinação adequada ao produto retirado;</li> <li>- Assegurar que a alimentação elétrica dos equipamentos e CETRAN IV estejam desenergizados;</li> <li>- Realizar procedimento de bloqueio de energia (utilizar cadeado) e etiquetar conforme recomendações da PTS;</li> <li>- Seguir as recomendações do padrão de isolamento de fontes de energia, com a utilização da EVP e da EVC;</li> <li>- Confirmar desenergização com uso de instrumentos de medição de tensão específicos, segundo o padrão de trabalhos elétricos específicos, inclusive quanto ao uso dos EPI's elétricos.</li> </ul>
<b>14</b>	Prensamento de membros por ferramenta inadequada ou corte a frio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Não posicionar as mãos em pontos de prensamento;</li> <li>- Utilizar os EPI's conforme recomendações da PTS e tão somente ferramentas adequadas para a realização do serviço;</li> <li>- Realizar o corte de parafuso a frio com arco de serra.</li> </ul>
<b>15</b>	Atingido por deslocamento do spool durante a desconexão.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permanecer no local do serviço somente pessoas envolvidas na atividade;</li> <li>- Assegurar que a estrutura que está sobre o spool da bomba B-2642 esteja ancorada de modo que permita a retirada da bomba sem que haja movimentação da estrutura;</li> <li>- Posicionar-se de forma segura fora da linha de queda de material.</li> </ul>
<b>16</b>	Liberação de substância perigosa (inflamável, tóxica) por emanção, gotejamento e/ou conexões da tubulação.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Antes do início da atividade, realizar monitoramento no entorno da área com oxiexplosímetro na presença de VOC ou explosividade;</li> <li>- Inspeccionar visualmente o sistema no local da atividade quanto à existência de vazamentos;</li> <li>- Se for identificado alguma anormalidade, paralisar a atividade e evadir o pessoal da área;</li> <li>- Realizar lavagem do spool pela tomada de refrigeração da bomba.</li> </ul>

**Quadro 12 – Apresentação de tipo de risco e recomendações propostas por técnicos da empresa Ultracargo na situação I (continuação).**

<b>TEQUIMAR – Análise de Riscos (AR)</b>		
<b>Situação I: Retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678 instaladas na Central de Transferência IV, com a utilização de caminhão munck.</b>		
<b>Cenário</b>	<b>Possíveis Riscos e Causas</b>	<b>Recomendações</b>
<b>17</b>	Exposição das pessoas em piso escorregadio, tropeço, espaço vazio ou desnível.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sinalizar área de pontos com desnível e escorregadio;</li> <li>- Não transportar material na escada com apoio das duas mãos;</li> <li>- Retirada de materiais soltos que coloquem em risco o colaborador e/ou impacte na atividade;</li> <li>- Não pisar em tubulações, estruturas ou mangotes durante a movimentação interna;</li> <li>- Utilizar o corrimão para acesso no uso da escada fixa;</li> <li>- Prover acesso, proteção contra queda (guarda-corpo), fechamento de espaço vazio (piso) onde possível.</li> <li>- Utilizar bota antiderrapante no ambiente a ser trabalhado;</li> </ul>
<b>18</b>	Incêndio provocado por uso de ferramenta inadequada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizar ferramenta antifaiscante durante a retirada de parafusos;</li> <li>- Não jogar sobre o piso parafusos, plugs e caps para evitar faísca.</li> </ul>
<b>19</b>	Tombamento da máquina de carga. Queda da carga por cinta ou lingamento inadequados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Assegurar que o local do Patolamento seja compatível com a área de esforço da patola;</li> <li>- Solicitar avaliação da Engenharia se existe alguma interferência na região onde será realizado o Patolamento).</li> <li>- Colocar calços compatíveis com a carga e solo (tipo fogueira);</li> <li>- Seguir as recomendações do plano RIGGING e assegurar que a carga tenha o peso compatível para içamento.</li> <li>- Seguir a orientação da engenharia quanto ao local de posicionamento das patolas no solo.</li> </ul>
<b>20</b>	Atingido por balanço da carga. Incêndio provocado por uso de ferramenta inadequada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Assegurar que a cinta possui identificação da capacidade compatível com a carga;</li> <li>- Inspeccionar a cinta visualmente assegurando que esteja em boas condições e tenha inspeção prévia e aprovada ao uso;</li> <li>- Preparar o içamento para a cinta não ter contato em canto vivo;</li> <li>- Não utilizar cabo de aço para amarração e içamento da carga.</li> </ul> <p>- Fazer lingamento no içamento do volume/carga com equilíbrio.</p>
<b>21</b>	Tombamento da máquina de carga.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Amarrar duas cordas guia antes de içar a carga;</li> <li>- Posicionar-se da máquina deverá se posicionar ao lado do guincho do mesmo lado da operação de içamento;</li> <li>- Utilizar duas cordas guia amarrada em uma das extremidades do equipamento para controle e direcionamento da carga.</li> </ul>
<b>22</b>	Atingido por balanço da carga.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Operador da máquina não deverá passar a carga por cima de si próprio ou de outra pessoa;</li> <li>- Isolar a área do entorno da máquina e raio e operação;</li> <li>- Permanecer no local somente as máquinas envolvidas na atividade;</li> <li>- Não deverá permanecer nenhum colaborador na parte interna da CETRAN IV durante o içamento da carga.</li> </ul>

**Adaptado pelo autor.**

**Fonte: (MPSP GAEMA/BS, 2015).**

**10.2.2. Situação II: Montagem de estrutura para escoramento na Central de Transferência IV, com a utilização de material tubular e abraçadeiras na retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678.**

O Quadro 13 apresenta recomendações 18 (dezoito) para os cenários de riscos observados na situação II, em 02 de dezembro de 2015, data de realização da operação na Central de Transferência IV:

**Quadro 13 – Apresentação de tipo de risco e recomendações propostas por técnicos da empresa Ultracargo na situação II.**

<b>Situação II: Montagem de estrutura para escoramento na Central de Transferência IV, com a utilização de material tubular e abraçadeiras para retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678.</b>		
<b>Cenário</b>	<b>Possíveis Riscos e Causas</b>	<b>Recomendações</b>
<b>1</b>	Atingido por queda de materiais soltos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Remover materiais soltos manualmente, a uma distância segura entre material x colaborador;</li> <li>- Realizar a atividade com acompanhamento de área de SSMA e atender as solicitações conforme indicação do preposto da área de SSMA;</li> <li>- Não remover materiais que estejam apoiados ou servindo de apoio e que possam provocar projeção ou queda de outros materiais;</li> <li>- Avaliar se estes materiais não apresentam risco aos colaboradores em atividades no local.</li> <li>- Os materiais soltos serão retirados conforme a progressão da atividade;</li> <li>- Realizar lavagem das estruturas envolvidas com uso de água e espuma.</li> </ul>
<b>2</b>	Bater contra materiais / peças com ou sem fixação, com obstrução de passagem.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proteger os pontos cortantes e protuberantes;</li> <li>- Sinalizar com placa ou fita os pontos onde possa haver possibilidade do colaborador bater contra durante a sua movimentação;</li> <li>- Recolher materiais/peças não fixados que apresentem risco aos colaboradores;</li> <li>- Definir rota de circulação interna no interior da CETRAN IV;</li> <li>- Utilizar os tubos e pisos nas medidas adequadas.</li> </ul>
<b>3</b>	Queda de pessoas em piso escorregadio, tropeço, espaço vazio ou em desnível.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sinalizar com placa ou fita aérea de pontos com desnível ou escorregadio;</li> <li>- Utilizar corrimãos durante os acessos;</li> <li>- Não se posicionar na borda de local que não possui guarda corpo;</li> <li>- Utilizar bota com antiderrapante adequado ao ambiente a ser trabalhado;</li> <li>- Utilizar cinto de segurança duplo talabarte em locais que haja risco de queda de níveis diferentes;</li> <li>- Prover a limpeza do local, onde possível;</li> <li>- Identificar pontos para atrelar o cinto sempre acima da linha da cintura. Colocar linha de vida, se necessário.</li> </ul>

**Quadro 13 – Apresentação de tipo de risco e recomendações propostas por técnicos da empresa Ultracargo na situação II (continuação).**

<b>Situação II: Montagem de estrutura para escoramento na Central de Transferência IV, com a utilização de material tubular e abraçadeiras para retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678.</b>		
<b>Cenário</b>	<b>Possíveis Riscos e Causas</b>	<b>Recomendações</b>
<b>4</b>	Queda de material solto na estrutura ou de ferramental.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fazer uma avaliação visual a uma distância segura;</li> <li>- Realizar a atividade com acompanhamento da área de SSMA e atender as solicitações conforme indicação do preposto da área de SSMA;</li> <li>- Não remover materiais que estejam apoiados ou servindo de apoio e que possam provocar projeção ou queda de outros materiais desde que estejam apoiados de forma segura. Em caso contrário, serão ancorados conforme projeto de ancoragem.</li> </ul>
<b>5</b>	Prensamento e/ou esmagamento de membros (mão, braço, perna, pé), por meio da queda de materiais (tubos, vigas, forçado, base ajustável, ferramentas, prancha de madeira, abraçadeira).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Não posicionar as mãos em pontos de prensamento;</li> <li>- Fazer o isolamento, segregar e sinalizar a área onde está sendo realizado o serviço;</li> <li>- Manusear as peças longas de modo que seja erguida uma extremidade depois da outra.</li> <li>- Manusear peças longas com mais de uma pessoa.</li> </ul>
<b>6</b>	Presença inadvertida de pessoas no local da movimentação e/ou arremesso de material.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permanecer no local do serviço somente as pessoas envolvidas na atividade;</li> <li>- Isolar a área de movimentação de materiais;</li> <li>- Passar o tubo de mão e mão. Não arremessar o material.</li> </ul>
<b>7</b>	Queda de materiais por escapar das mãos, tropeço ou piso escorregadio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizar a luva vaqueta mista durante a atividade;</li> <li>- Limpeza do piso e organização da área;</li> <li>- Sinalizar área de pontos com desnível.</li> </ul>
<b>8</b>	Queda de pessoas em níveis iguais e/ou diferentes, seja por piso escorregadio, tropeço, espaço vazio ou em desnível.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sinalizar área de pontos com desnível e escorregadio;</li> <li>- Por ver acesso, proteção contra queda (guarda corpo), fechamento de espaço vazio (piso) onde possível;</li> <li>- Utilizar bota com antiderrapante adequado ao ambiente a ser trabalhado, cinto de segurança duplo talabarte e linha de vida durante a descarga do material.</li> </ul>
<b>9</b>	Perfuração de membros e corte contuso por contato com cantos vivos e/ou objetos pontiagudos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspeccionar os pranchões quanto a existência de objetos pontiagudos, eliminar todos os objetos pontiagudos;</li> <li>- Utilizar os EPI's adequados (luvas raspa).</li> </ul>
<b>10</b>	Prensamento de membro por queda de materiais (tubos, vigas, forçado, base ajustável, ferramentas, prancha de madeira, abraçadeira)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Não posicionar as mãos em pontos de prensamento;</li> <li>- Fazer o isolamento, segregar e sinalizar a área onde está sendo realizado o serviço;</li> <li>- Utilizar somente ferramenta adequada para a montagem das estruturas;</li> </ul>

**Quadro 13 – Apresentação de tipo de risco e recomendações propostas por técnicos da empresa Ultracargo na situação II (continuação).**

<b>Situação II: Montagem de estrutura para escoramento na Central de Transferência IV, com a utilização de material tubular e abraçadeiras para retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678.</b>		
<b>Cenário</b>	<b>Possíveis Riscos e Causas</b>	<b>Recomendações</b>
<b>10</b>	Prensamento de membro por queda de materiais (tubos, vigas, forçado, base ajustável, ferramentas, prancha de madeira, abraçadeira)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usar cordas para o içamento de peças e estruturas manualmente. Se necessário, uso de roldanas para elevar a carga, avaliar ponto de fixação juntamente com a área de SSMA;</li> <li>- Manusear as peças longas com mais de uma pessoa, de modo que seja erguida uma extremidade, depois a outra.</li> </ul>
<b>11</b>	Presença inadvertida de pessoas no local, nos instantes de movimentação e/ou arremesso de material.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permanecer no local do serviço somente as pessoas autorizadas;</li> <li>- Isolar e sinalizar a área de movimentação de materiais;</li> <li>- Passar o tubo de mão em mão. Não arremessar o material.</li> </ul>
<b>12</b>	Queda de materiais por escapar das mãos, piso escorregadio, tropeço e/ou deslocamento da estrutura.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizar a luva vaqueta mista durante a atividade;</li> <li>- Limpeza do piso e organização da área;</li> <li>- Fazer uma avaliação visual a uma distância segura juntamente com a área de SSMA;</li> <li>- Usar cordas para o içamento de peças e estruturas após avaliar ponto de fixação juntamente com a área de SSMA;</li> <li>- Realizar o escoramento de modo a não tencionar a estrutura (mantendo-a imóvel).</li> <li>- Não remover materiais que estejam apoiados ou servindo de apoio e que possam provocar projeção ou queda de outros materiais, desde que estejam apoiados de forma segura. Caso contrário, serão ancorados conforme projeto de ancoragem.</li> </ul>
<b>13</b>	Queda de pessoas em nível igual e/ou diferente, por piso escorregadio, tropeço, espaço vazio ou desnível, ou trabalho de montagem da estrutura de escoramento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpeza do piso e organização da área;</li> <li>- Sinalizar área de pontos com desnível;</li> <li>- Utilizar corrimãos durante os acessos;</li> <li>- Utilizar bota com antiderrapante adequado ao ambiente a ser trabalhado;</li> <li>- Utilizar o cinto de segurança duplo talabarte. Identificar pontos para atrelar o cinto sempre acima da linha da cintura. Colocar linha de vida, se necessário;</li> <li>- Realizar o esgotamento da CETRAN IV conforme APR-Retirada das bombas B-2642, B-2644 e 2678 com auxílio de caminhão munck;</li> <li>- Prover acesso, proteção contra quedas (guarda corpo), fechamento de espaço vazio (piso) onde possível.</li> </ul>
<b>14</b>	Contato com cantos vivos, objetos pontiagudos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Retirar todos os objetos pontiagudos;</li> <li>- Utilizar os EPI's adequados conforme PTS;</li> <li>- Isolar superfícies cortantes / pontiagudas com espuma.</li> </ul>

**Quadro 13 – Apresentação de tipo de risco e recomendações propostas por técnicos da empresa Ultracargo na situação II (continuação).**

<b>Situação II: Montagem de estrutura para escoramento na Central de Transferência IV, com a utilização de material tubular e abraçadeiras para retirada das bombas B-2642, B-2644 e B-2678.</b>		
<b>Cenário</b>	<b>Possíveis Riscos e Causas</b>	<b>Recomendações</b>
<b>15</b>	Presença inadvertida de pessoas na movimentação, queda ou arremesso de material no meio ambiente do trabalho.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permanecer no local do serviço somente as pessoas envolvidas na atividade;</li> <li>- Isolar / Sinalizar a área de movimentação de materiais;</li> <li>- Passar o material de mão em mão. Não arremessar o material;</li> <li>- Amarrar as ferramentas manuais no cinto porta ferramentas;</li> <li>- Posicionar-se de forma segura, fora da linha de projeção/queda de material;</li> <li>- Verificar se o colaborador que irá receber o material está atento à recepção antes de repassar o material.</li> </ul>
<b>16</b>	Liberação de substâncias perigosas (inflamáveis, tóxicas, corrosivas e outras), por meio da emanção, gotejamento, conexões, válvulas ou tubulações.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Antes do início da atividade, realizar o monitoramento no entorno da área com oxiexplosímetro quanto a presença de VOC ou explosividade;</li> <li>- Inspeccionar visualmente o sistema no local da atividade na existência de vazamentos;</li> <li>- Se for identificada alguma anormalidade, paralisar a atividade e evadir o pessoal da área;</li> <li>- Não realizar operações de sopragem, pigagem de linhas ou transferência de produtos dos tanques deste dique durante a realização da atividade;</li> <li>- Comunicar a Segurança do Trabalho, Supervisão de Operações e equipe do Corpo de Bombeiro Civil;</li> <li>- Identificar e conter a emanção e vazamento de produtos/vapores;</li> <li>- Ao entrar na CETRAN IV, será necessária a utilização de máscara adequada;</li> <li>- Seguir toda a orientação de uso de EPI listado na PTS.</li> </ul>
<b>17</b>	Contato com superfície ou equipamento energizado (choque elétrico).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Assegurar que o cabo utilizado no aterramento esteja íntegro e testado por aparelho de medição de continuidade por profissional electricista.</li> </ul>
<b>18</b>	Ruídos por impacto entre ferramentas / equipamentos / tubos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizar proteção auditiva adequada durante as atividades (plug ou concha);</li> <li>- Permanecer no local somente pessoal autorizado.</li> </ul>

**Adaptado pelo autor.**

**Fonte: (MPSP GAEMA/BS, 2015).**

### 10.3. Medidas Preventivas

#### 10.3.1. Generalidades

Visando a prevenção de acidentes no setor portuário, para que episódios como o estudado neste trabalho não se repitam, faz-se necessário planejamento e desenvolvimento de medidas preventivas, baseadas em marcos legais.

No ano de 2004 foi sancionado o Decreto-Lei nº.5.098, que homologou a criação do Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Químicos Perigosos (P2R2); cujos objetivos são a prevenção de acidentes com produtos químicos perigosos e aprimorar o sistema nacional de preparação e resposta a emergências químicas (Brasil, 2004).

Segundo MMA (2007), visando alcançar o cumprimento dos objetivos estabelecidos, serão trabalhados no P2R2 os enfoques preventivo e corretivo, comprometidos com aspectos de prevenção, preparação e resposta rápida aos acidentes que envolvam produtos químicos perigosos, no planejamento das ações organizacionais e operacionais para o desenvolvimento adequado dos projetos.

O enfoque preventivo visa implantação de sistemas, programas, ações, procedimentos e iniciativas preventivas voltadas para atingir o desempenho planejado nos âmbitos nacional e estadual; além de prevenir, coibir, inibir e/ou desmotivar práticas que levem à ocorrência de acidentes envolvendo produtos químicos perigosos (MMA, 2007).

O enfoque corretivo contempla implantação de sistemas, programas, ações, procedimentos e iniciativas de preparação e resposta (PAE - Plano de Ação de Emergência) dos órgãos públicos e privados, responsáveis pelo atendimento de forma integrada, otimizando os recursos materiais e humanos disponíveis em âmbito municipal, estadual e federal. Ou seja, a preparação, a capacitação, a integração e a otimização de sistemas para atendimento de emergência com produtos químicos perigosos, dos órgãos públicos e privados, visando responder de forma rápida e eficaz os acidentes que envolvam produtos químicos perigosos (MMA, 2007).

Estão em andamento as investigações para apuração do acidente ocorrido em abril de 2015, por parte do GAEMA e da Polícia Civil de forma criteriosa e detalhista. Por consequência, após a conclusão dos inquéritos, os órgãos competentes poderão adotar medidas para prevenção de novos acidentes, além de apresentar junto à opinião pública a conclusão dos fatos.

Segundo CREA (2016), fica evidenciado que as exigências para se obter as necessárias certidões, licenças, autorizações, etc. para construir e operar instalações destinadas à extração, produção, armazenamento, transferência, manuseio e/ou manipulação de produtos químicos e de quaisquer tipos que potencializam reação química, explosão ou incêndio são bastante abrangentes e que procuram abordar os diversos aspectos que conduzem a obtenção de instalações seguras e de qualidades.

Deve-se buscar a permanência das instalações nas condições originais, pelas quais as mesmas foram concebidas e aprovadas pelas autoridades competentes. A garantia de que as instalações permaneçam adequadas e atualizadas é obtida pelo desenvolvimento de procedimentos de manutenção e constante atualização tecnológica de: equipamentos, instrumentação, rede elétrica, sistemas de prevenção e combate a incêndio, sistemas de alerta, etc., de forma que sempre estejam em plenas condições operacionais como concebidas nas fases de projeto, construção, comissionamento, inspeção, pré-operação e operação (CREA, 2016).

Em tempo, programas para treinamento, reciclagem e aprimoramento das equipes operacionais e de manutenção de instalações se fazem necessários para atender demandas exigidas em empreendimentos portuários. Este fator contribui para que as empresas portuárias adotem a “Cultura da Excelência”, conceito fundamentado em ações de segurança e qualidade nas diversas fases de um processo.

### **10.3.2. Análise de sugestões da “Carta de Santos”**

Após análise das condições de segurança e meio ambiente do trabalho, apresentadas, os autores apontaram potenciais medidas descritas nos níveis de curto, médio e longo prazo, representando a importância da prevenção e mitigação de acidentes.

#### **10.3.2.1. Medidas de Curto Prazo**

O Quadro 14 descreve sugestões de medidas de curto prazo apontadas no Relatório Final do CREA/SP (2016), para o cumprimento do design estrutural de instalações portuárias e retro portuárias:

**Quadro 14 – Apresentação de medidas de curto prazo ou para aplicação imediata.**

Nº.	Descrição da Medida
1	Adequação das legislações municipais relativas a Códigos de Edificações, com ênfase nas empresas e complexos cuja atividade econômica envolva produtos químicos e iminentes riscos de reações químicas, explosões e/ou incêndios;
2	Intensificação de Fiscalização em empresas e complexos cuja atividade econômica envolva produtos químicos e iminentes riscos de reações químicas, explosões e/ou incêndios que garantam regularidades perante a legislação vigente;
3	Exigência de presença de responsável (is) técnico (s) legalmente habilitado (s), de acordo com as atividades econômicas das empresas e complexos envolvam produtos químicos e iminentes riscos de reações químicas, explosões e/ou incêndios;
4	Divulgação, pelo CREA/SP, do presente Relatório junto aos demais Conselhos Regionais, com vistas à formação de massa crítica para implementação das recomendações juntos aos órgãos públicos e empresas privadas;
5	Implementação nacional dos cursos e alteração de cargas horárias propostos pelo Corpo de Bombeiros da Polícia Militar Estado de São Paulo;
6	Estabelecimento, por meio do recurso legal mais adequado, a obrigatoriedade de implantação de procedimentos que assegurem inventário atualizado de produtos armazenados, seja a granel, de forma unitizada ou estocada em contêineres. Esse inventário deverá considerar compatibilidade entre produtos estocados e ser atualizado em tempo real, disponibilizado imediatamente aos órgãos competentes em caso de vistoria ou emergência;
7	Exigência de atestado anual de conformidade perante as normas técnicas vigentes das instalações operacionais e de prevenção e combate a sinistros de empresas que extraíam, produzam, armazenem, transfiram, manuseiem e/ou manipulem produtos químicos e tipos que potencializam reação química, explosão ou incêndio;
8	Estabelecimento cronograma de visitas conjuntas a empresas e complexos cuja atividade econômica envolva produtos químicos e iminentes riscos de reações químicas, explosões e/ou incêndios;
9	Aquisição de recursos físicos (produtos, equipamentos, veículos especiais, etc.) destinados ao combate a sinistros, conforme especificações dos Corpos de Bombeiros, para o atendimento de medidas compensatórias no licenciamento de empreendimentos cuja atividade econômica envolva produtos químicos e iminentes riscos de reações químicas, explosões e/ou incêndios.

**Adaptado pelo autor.  
Fonte: (CREA/SP, 2016).**

Quanto à análise do item 1, acerca do perímetro que compõe o Porto de Santos, com ênfase às áreas ocupadas por concessão; ganham apoio ideias e propostas de reorganização paisagística e logística, voltadas para auxiliar as empresas portuárias na regularização de registros, licenças, segurança no meio ambiente do trabalho e estrutura física. Além disso, o crescimento em sequência dos números de exportações no Porto de Santos, mediante seguidas quebras de recordes ano após ano, de transporte dos mais variados tipos de cargas; reflete no aumento da presença de veículos circulantes em vias e entorno de áreas privadas para armazenagem e transporte de cargas. Em 2017, a previsão foi de 120,6 milhões de

toneladas, número maior que 2015 (último ano com recorde atingido), com 119,9 milhões de toneladas (ACERVO FOLHA, 2017).

Em relação aos itens 2 e 3, as ações fiscalizatórias deverão ocorrer de forma constante, seguidas de análises acerca da documentação das empresas portuárias, com vista aos aspectos ergonômicos e ambientais. O trabalho preventivo refletirá na mitigação de acidentes, e por consequência, na eliminação de acidentes com vítimas fatais. Para maior efetividade no monitoramento de informações acerca do meio ambiente de trabalho no planejamento e execução de atividades portuárias, torna-se salutar a criação e atualização de banco de dados interno, contemplando todas as ocorrências que venham a ocorrer nas empresas, com ou sem registro de CAT.

O autor recomenda que a CIPA esteja envolvida diretamente no trabalho de conscientização junto a trabalhadores da empresa, com vistas a exemplos práticos e verídicos de acidentes internos. Ferramentas como esta auxiliarão no processo de compreensão da importância em seguir a orientação das Normas Regulamentadoras.

Quanto ao item 4, recomenda-se a realização de audiências públicas para apresentar as causas, consequências e medidas preventivas acerca do episódio estudado no presente trabalho. A participação da sociedade civil organizada, instituições educacionais públicas e privadas, representantes do setor portuário e membros das esferas públicas municipal, estadual e federal tornam-se cruciais na promoção de ações construtivas perante à população santista e Região Metropolitana.

No item 5, é fundamental a divulgação de cursos à população local, para que qualquer cidadão manifeste interesse na busca de conhecimento. Torna-se importante a constante atualização do conteúdo programático previsto nos cursos, além da disponibilização de espaço físico para realização de treinamentos.

Quanto aos itens 6, 7 e 8, por uma questão de organização nas empresas e cumprimento de política interna para gerenciamento de riscos, tornam-se ações cruciais na mitigação de qualquer condição adversa para exposição ao trabalhador, sendo produtos perigosos e/ou explosivos em ambientes inadequados.

Como exemplo, o autor cita o caso dos cilindros descobertos por técnicos da área de meio ambiente da CODESP, em armazém no Porto de Santos. Foram encontrados 115 cilindros com gases tóxicos e inflamáveis, como silano ( $\text{SiH}_4$ ), fosfina ( $\text{PH}_2$ ), cloreto de hidrogênio ( $\text{H Cl}$ ) e diborano ( $\text{B}_2\text{H}_6$ ). Na ocorrência de um cilindro ser afetado, haveria risco de explosão e vazamento de gases tóxicos com capacidade máxima de atingir o raio de 10 km, com iminente evacuação de vários bairros em

Santos. Após a realização de muitas reuniões entre representantes do MPSP, CODESP e Prefeitura de Santos, fora definida a destruição dos cilindros em alto mar.

Episódios como o supracitado e o estudo de caso deste trabalho ressaltam a importância de empresas portuárias atualizarem documentação de cunho ambiental, com a elaboração de inventários e levantamento de produtos químicos armazenados.

### 10.3.2.2. Medidas de Médio Prazo

O planejamento de ações e medidas de médio prazo representam a importância da prevenção e mitigação de acidentes como o abordado no estudo de caso deste trabalho. Tendo em vista o cumprimento do design estrutural das instalações portuárias, o Relatório Final do CREA/SP (2016) apontou proposituras para sugestões de medidas a médio prazo, apresentadas no Quadro 15:

**Quadro 15 – Apresentação de medidas de médio prazo.**

Nº.	Descrição da Medida
1	Implantação de Planos de Governança de Risco nas empresas e complexos cuja atividade econômica envolva produtos químicos e iminentes riscos de reações químicas, explosões e/ou incêndios;
2	Criação de fórum permanente anual, destinado à promoção de eventos nacionais e regionais destinados ao intercâmbio de experiências, pesquisas e propostas na área de prevenção e combate a sinistros;
3	Viabilização de recursos públicos e privados destinados à aquisição, manutenção e modernização de equipamentos, bem como a treinamento para profissionais (brigadistas, bombeiros e funcionários da Defesa Civil) no combate a sinistros em empresas e complexos que extraíam, produzam, armazenem, transfiram, manuseiem e/ou manipulem produtos químicos e riscos de explosão ou incêndio;
4	Viabilização de acesso multimodal para evitar conflitos entre modais de transporte e incentivando o uso de duto vias, ferrovias e hidrovias;
5	Criação dos Centros Regionais de Armazenamento de LGE, dependendo de manifestação favorável do Estado Maior da Aeronáutica, ou de alternativas a serem propostas e viabilizadas;
6	Revisão e aprimoramento das normas e legislações pertinentes;
7	Criação do Fundo Nacional de Resposta a Grandes Emergências e Desastres (FUNGED), para captação de recursos destinados ao atendimento de necessidades imediatas para o atendimento a grandes emergências ou desastres.

**Adaptado pelo autor.  
Fonte: (CREA/SP, 2016).**

Quanto ao item 1, o Plano de Governança de Riscos colocaria em prática o conceito de Análise de Riscos, com a participação dos mais diversos órgãos na sua formação. Basicamente os componentes adotariam metodologia e adequariam aos potenciais riscos do meio ambiente do trabalho encontrados no Porto de Santos.

O incêndio estudado teve o envolvimento de substâncias químicas perigosas (combustíveis inflamáveis com alto grau de explosão). Dessa forma, recomenda-se um detalhado estudo de possibilidades, com ênfase à causa, consequências e medidas preventivas de curto, médio e longo prazo.

Por consequência, a proposta poderá amparar tecnicamente o Plano de Governança de Riscos, além de estimular a realização de articulações intersetoriais com órgãos públicos das esferas municipal, estadual e federal, além da sociedade civil e empresas instaladas no perímetro que abrange o Porto de Santos, voltadas principalmente na estocagem, armazenamento e transporte de graneis líquidos.

Em relação ao item 3, o autor avalia que as três esferas governamentais (municipais, estaduais e federais) deverão estar integradas no processo de elaboração de diretivas e planejamento de ações e campanhas de divulgação acerca da prevenção e gerenciamento de riscos no meio ambiente do trabalho portuário.

As alianças intersetoriais em conjunto com instituições educacionais públicas e privadas tornam-se relevantes na operacionalização das campanhas de marketing, realização de congressos, simpósios e fóruns específicos, além do treinamento de profissionais e aperfeiçoamento de metodologias.

No caso do item 4, os modais marítimo, estuarino, fluvial e/ou lacustre de instalações portuárias podem apresentar como vantagem a possibilidade de apoio marítimo por meio de embarcações equipadas especificamente no combate a incêndio ou rebocadores com sistema de canhão hidráulico. O potencial de alcance dos jatos deverá ser considerado em projetos para prevenção e combate a incêndios.

No âmbito terrestre, valem as recomendações relativas à acessibilidade multimodal, sendo que os modais disponíveis devem ser considerados para o suprimento de materiais de combate a incêndio, como parte da estratégia de provisionamento de distribuição na movimentação e armazenamento desses produtos (CREA/SP, 2016).

Quanto ao item 5, com a utilização completa dos estoques nacionais de LGE, se faz necessário que haja considerável ampliação em todas as regiões do país, bem como a ampliação de investimentos no segmento portuário, com ênfase à pesquisa e tecnologia por meio do fomento e financiamento das universidades e demais centros acadêmicos, em prol da busca por novas tecnologias de combate a incêndios mais eficazes e que proporcionem o menor impacto ambiental possível.

Por tratar-se de um produto oneroso e de pouco acesso no Brasil, a recomendação do autor se faz extremamente salutar para que tanto os órgãos e

instituições responsáveis pelo armazenamento de LGE, como a INFRAERO; e as próprias empresas portuárias integrantes de PAM's realizem a estocagem do produto de forma descentralizada, com viabilidade logística para transporte e deslocamento para eventuais situações de combate a incêndios no território brasileiro.

No caso do item 6, as legislações e Normas Regulamentadoras estão em constante processo de aprimoramento, com maior eficiência e suporte técnico e legal para trabalhadores e empregadores. Está em fase de estudo e iminente implantação a nova NR 37 – Gestão na Saúde e Segurança do Trabalho. Recentemente fora anunciada homologação da nova ISO 45.001/2016, que tem o objetivo de agregar as propostas de outras normas internacionais como a OHSAS 18.001/2017.

Além disso, se faz necessário para o setor portuário a criação de Estações de Estratégia para Prevenção e Combate a Emergências, instaladas preferencialmente em local único e acessível, onde haja posto policial, atendimento médico de urgência, centro de treinamento para brigadas de combate a acidentes; centro de gerenciamento; equipamentos e materiais e outros.

Em relação ao item 7, faz-se extremamente oportuna a criação do FUNGED para financiamento de diversos projetos e ações voltadas para a prevenção e combate a incêndios nos municípios, regiões metropolitanas e estados, com a participação dos órgãos competentes e o envolvimento direto do Corpo de Bombeiros e das empresas que venham a integrar PAM's nas esferas municipal e estadual.

### 10.3.2.3. Medidas de Longo Prazo

O Quadro 16 descreve as sugestões de medidas a longo prazo apontadas no relatório do CREA/SP (2016).

**Quadro 16 – Apresentação de medidas de longo prazo.**

<b>Nº.</b>	<b>Descrição da Medida</b>
<b>1</b>	Verificação e, caso necessário, adequação de empresas e complexos que extraíam, produzam, armazenem, transfiram, manuseiem e/ou manipulem produtos químicos e de quaisquer tipos que potencializam reação química, explosão ou incêndio;
<b>2</b>	Criação de Centro de Treinamento para combate a sinistros, nos moldes dos existentes nos EUA e Espanha, que considerem cenários convencionais e extraordinários, a serem definidos pelas Corporações de Bombeiros dos Estados e órgãos de Defesa Civil;
<b>3</b>	Inclusão da “Cultura da Excelência” nas escolas públicas e privadas do país.

**Adaptado pelo autor.  
Fonte: (CREA/SP, 2016).**

No caso do item 1, o autor avalia que os complexos portuários e/ou retro portuários é uma ação complementar preventiva, perante os empreendimentos devidamente instalados. Não basta a adequação sem a implantação de uma eficiente política interna de gerenciamento de riscos nas empresas portuárias.

Além disso, o olhar, a preocupação ambiental se faz necessária como política interna das empresas, envolvendo todos os trabalhadores. Desde a fase de planejamento do empreendimento, na elaboração dos estudos de impacto ambiental, estudos de impacto de vizinhança, licenciamento ambiental; até a operação propriamente dita, com a implantação e participação da CIPA no cumprimento das Normas Regulamentadoras, com ênfase às NR's 09, 10, 20, 23 e 29, até no processo de recuperação de áreas degradadas no perímetro operacional da empresa.

No caso do item 2, é fundamental integrar os Centros de Controle Operacional (CCO's) existentes, vinculados ao Corpo de Bombeiros e demais esferas públicas municipais, estaduais e/ou federais. Em paralelo, torna-se necessário desenvolver ações educacionais no combate de acidentes, similares aos existentes nos Estados Unidos, na Espanha e Austrália. Visando capacitar a população para lidar com acidentes similares ao deste trabalho, se faz necessário envolver as Defesas Civas dos Municípios e Estados, as equipes de treinamento e salvaguarda do Corpo de Bombeiros, além das instituições educacionais públicas e particulares para o desenvolvimento de alianças intersetoriais.

Além da criação dos Centros de Treinamento, sem a construção e debate de conceitos a serem apresentados para a população, como a Cultura de Segurança, analisada no item 3 e o Gerenciamento de Riscos.

### **10.3.3. Cultura de Segurança**

O conceito de cultura de segurança trata-se como o produto de valores individuais e coletivos, atitudes, competências, padrões de comportamento que determinam o compromisso com o estilo e competência, da "saúde" de uma organização e dos programas de segurança, representando importante e ampla perspectiva na pesquisa para prevenção de danos (GADD, 2002).

Na identificação e desenvolvimento institucional da cultura de segurança, consegue-se abordar e tratar a causa de problemas de desempenho. Cada indivíduo da organização apresenta uma função, pois a responsabilidade de manter e promover uma sólida cultura de segurança deve ser desenvolvida em todas as escalas

hierárquicas, desde a liderança até os operadores. O livro *Guidelines for Risk Based Process Safety* do CCPS (AIChE, 2007), apresenta conceitos para o controle de riscos nos processos aplicados nas empresas, para estabelecer uma sólida cultura de segurança. O Quadro 17 apresenta comparações entre os modelos designados como “cultura fraca” e “cultura sólida”:

**Quadro 17 – Cultura Fraca x Cultura Sólida.**

<b>Cultura fraca</b>	<b>Cultura sólida</b>
Atribui pouco valor para segurança de processo.	Integra um imperativo para operação segura nas organizações de valores fundamentais.
Tem pouca percepção das vulnerabilidades da segurança de processo.	Tem um foco em possíveis falhas que o conduz a buscar uma compreensão clara dos riscos e os meios de controle.
Dedica recursos mínimos para controlar o risco residual.	Apresenta recursos proporcionais aos riscos que visa controlar.
Negligencia sinais de problemas de segurança.	Ênfase em aprender com experiências passadas a fim de evitar problemas futuros.
Geralmente aceita e normaliza o desempenho cada vez mais pobres.	Melhora continua do desempenho.
Depende da gestão para identificar os riscos e determinar quais ações devem ser tomadas.	Os funcionários estão envolvidos em identificar os riscos e decidir como devem ser abordados. Empregados tomam medidas para lidar com riscos, sem envolvimento da gerência.

**Atualizado pelo autor.**

**Fonte: (AIChE, 2007).**

Uma cultura de segurança deve ser construída de modo que as pessoas apresentem motivações para reportar os seus erros. A ocorrência de acidentes do trabalho gera consequências traumáticas, não apenas ao corpo físico do trabalhador, podendo comprometer sua integridade psicológica, além de sua morte (Budel, 2012).

#### **10.4. Check List de Leis, Decretos, Normativas Técnicas Internacionais e Resoluções.**

**BRASIL. Decreto-Lei nº 4.871, de 07 de novembro de 2003. Dispõe sobre a Instituição dos Planos de Áreas para o Combate à Poluição por Óleo em Águas sob Jurisdição Nacional, e dá outras providências.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2003/d4871.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/d4871.htm)>. Acesso em 01 de novembro de 2017.

**BRASIL. Lei nº. 12.815, de 05 de junho de 2013. A Nova Lei dos Portos.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2013/lei/l12815.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/l12815.htm)>. Acesso em 20 de outubro de 2017.

**MMA – Ministério de Estado do Meio Ambiente. Declaração Final da Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio + 20) - O Futuro que**

**Queremos.** Disponível em:  
<<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/61AA3835/O-Futuro-que-queremos1.pdf>>. Acesso em 29 de outubro de 2017.

OIT - Oficina Internacional del Trabajo. 1991. **Prevención de Accidentes Industriales Mayores: Manual Práctico.** Ginebra: OIT.

OIT – Organização Internacional do Trabalho. **Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo de la OIT. Volumen I, Parte IV – Herramientas y Enfoques. Capítulo 29. Ergonomía.** 2001. Disponível em:  
<<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/tomo1/29.pdf>>. Acesso em 06 de novembro de 2017.

OIT – Organização Internacional do Trabalho. **Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo de la OIT. Volumen II, Parte VIII – Accidentes y gestión de la seguridad. Capítulo 56. Prevención de accidentes.** 2001. Disponível em:  
<<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/56.pdf>>. Acesso em 06 de novembro de 2017.

OIT – Organização Internacional do Trabalho. **Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo de la OIT. Volumen II, Parte IX – Productos Químicos. Capítulo 61. Utilización, almacenamiento y transporte de productos químicos.** 2001. Disponível em:  
<<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/61.pdf>>. Acesso em 07 de novembro de 2017.

OIT – Organização Internacional do Trabalho. **Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo de la OIT. Volumen II, Parte IX – Productos Químicos. Capítulo 63. Metales: propiedades químicas y toxicidad.** 2001. Disponível em:  
<<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/63.pdf>>. Acesso em 26 de fevereiro de 2018.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Declaração da Rio 1992 sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento.** Disponível em:  
<<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/rio92.pdf>>. Acesso em 29 de outubro de 2017.

PMS/CP – Polícia Militar do Estado de São Paulo / Corpo de Bombeiros. **Instrução Técnica Nº. 02/2011.** Disponível em:  
<[http://www.corpodebombeiros.sp.gov.br/dsci\\_publicacoes2/\\_lib/file](http://www.corpodebombeiros.sp.gov.br/dsci_publicacoes2/_lib/file)>. Acesso em 30 de outubro de 2017.

PREFEITURA DE SANTOS. **Lei Ordinária Nº 3.348, de 13 de janeiro de 2017. Institui Diretrizes para Formulação do Programa de Alerta e Preparação para Emergência no Município de Santos (PAPES), e dá outras diretrizes.** Disponível em:  
<<https://egov.santos.sp.gov.br/legis/document/?code=6236&tid=106>>. Acesso em: 02 de novembro de 2017.

PREFEITURA DE SANTOS. **Lei Complementar Nº 978, de 11 de setembro de 2017. Acrescenta o § 8º ao Artigo 429 da Lei Nº 3.531, de 16 de abril de 1968, que institui o Código de Posturas do Município de Santos.** Disponível em:  
<<https://egov.santos.sp.gov.br/legis/document/?code=6548&tid=107>>. Acesso em 02 de novembro de 2017.

PREFEITURA DE SANTOS. **Lei Complementar nº. 1.005, de 16 de julho de 2018. Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento e Expansão Urbana do Município de Santos, e dá outras providências.** Disponível em: <<https://egov.santos.sp.gov.br/legis/document/?code=6957&tid=117>>. Acesso em: 04 de agosto de 2018.

SÃO PAULO. **Decreto Estadual nº. 8.468, de 08 de setembro de 1976. Aprova o Regimento da Lei nº. 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente.** Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1976/decreto-8468-08.09.1976.html>>. Acesso em 20 de novembro de 2017.