

Wilson Pimenta da Silva D'Ávila

# GESTÃO AMBIENTAL & Planejamento Territorial

Caminhos para Gestão  
e Redução de  
RISCOS de Desastres  
Tecnológicos

(GR2D-T)



AYA EDITORA  
2022



## **Direção Editorial**

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

## **Autor**

Wilson Pimenta da Silva D'Ávila

## **Capa**

AYA Editora

## **Revisão**

Wilson Pimenta da Silva D'Ávila  
Tântalo Almeida de Oliveira Campos

## **Executiva de Negócios**

Ana Lucia Ribeiro Soares

## **Produção Editorial**

AYA Editora

## **Imagens de Capa**

br.freepik.com

## **Área do Conhecimento**

Engenharias

# **Conselho Editorial**

Prof.º Dr. Aknaton Toczec Souza

*Centro Universitário Santa Amélia*

Prof.ª Dr.ª Andréa Haddad Barbosa

*Universidade Estadual de Londrina*

Prof.ª Dr.ª Andreia Antunes da Luz

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Dr. Argemiro Midonês Bastos

*Instituto Federal do Amapá*

Prof.º Dr. Carlos López Noriega

*Universidade São Judas Tadeu e Lab. Biomecatrônica - Poli - USP*

Prof.º Me. Clécio Danilo Dias da Silva

*Centro Universitário FACES*

Prof.ª Dr.ª Daiane Maria De Genaro Chiroli

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Danyelle Andrade Mota

*Universidade Federal de Sergipe*

Prof.ª Dr.ª Déborah Aparecida Souza dos Reis

*Universidade do Estado de Minas Gerais*

Prof.ª Ma. Denise Pereira

*Faculdade Sudoeste – FASU*

Prof.ª Dr.ª Eliana Leal Ferreira Hellvig

*Universidade Federal do Paraná*

Prof.º Dr. Emerson Monteiro dos Santos

*Universidade Federal do Amapá*

Prof.º Dr. Fabio José Antonio da Silva

*Universidade Estadual de Londrina*

Prof.º Dr. Gilberto Zammar

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Helenadja Santos Mota

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, IF Baiano - Campus Valença*

Prof.ª Dr.ª Heloísa Thaís Rodrigues de Souza

*Universidade Federal de Sergipe*

Prof.ª Dr.ª Ingridi Vargas Bortolaso

*Universidade de Santa Cruz do Sul*

Prof.ª Ma. Jaqueline Fonseca Rodrigues

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.ª Dr.ª Jéssyka Maria Nunes Galvão

*Faculdade Santa Helena*

Prof.º Dr. João Luiz Kovaleski

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.º Dr. João Paulo Roberti Junior

*Universidade Federal de Roraima*

Prof.º Me. Jorge Soistak

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Dr. José Enildo Elias Bezerra

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Ubajara*

Prof.º Me. José Henrique de Goes

*Centro Universitário Santa Amélia*

Prof.ª Dr.ª Karen Fernanda Bortoloti

*Universidade Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Leozenir Mendes Betim

*Faculdade Sagrada Família e Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais*

Prof.ª Ma. Lucimara Glap

*Faculdade Santana*

Prof.º Dr. Luiz Flávio Arreguy Maia-Filho

*Universidade Federal Rural de Pernambuco*

Prof.º Me. Luiz Henrique Domingues  
*Universidade Norte do Paraná*

Prof.º Dr. Milson dos Santos Barbosa  
*Instituto de Tecnologia e Pesquisa, ITP*

Prof.º Dr. Myller Augusto Santos Gomes  
*Universidade Estadual do Centro-Oeste*

Prof.ª Dr.ª Pauline Balabuch  
*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Me. Pedro Fauth Manhães Miranda  
*Centro Universitário Santa Amélia*

Prof.º Dr. Rafael da Silva Fernandes  
*Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Parauapebas*

Prof.ª Dr.ª Regina Negri Pagani  
*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.º Dr. Ricardo dos Santos Pereira  
*Instituto Federal do Acre*

Prof.ª Ma. Rosângela de França Bail  
*Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais*

Prof.º Dr. Rudy de Barros Ahrens  
*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares  
*Universidade Federal do Piauí*

Prof.ª Dr.ª Silvia Aparecida Medeiros  
Rodrigues  
*Faculdade Sagrada Família*

Prof.ª Dr.ª Silvia Gaia  
*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Sueli de Fátima de Oliveira Miranda  
Santos  
*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Thaisa Rodrigues  
*Instituto Federal de Santa Catarina*

Prof.º Dr. Valdoir Pedro Wathier  
*Fundo Nacional de Desenvolvimento Educacional, FNDE*

© 2022 - AYA Editora - O conteúdo deste Livro foi enviado pelo autor para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição *Creative Commons* 4.0 Internacional (CC BY 4.0). As ilustrações e demais informações contidas neste Livro, bem como as opiniões nele emitidas são de inteira responsabilidade de seu autor e não representam necessariamente a opinião desta editora.

---

D259 D'Ávila, Wilson Pimenta da Silva

Gestão ambiental e planejamento territorial: caminhos para gestão e redução de riscos de desastres tecnológicos (GR2D-T) [recurso eletrônico]. / Wilson Pimenta da Silva D'Ávila. -- Ponta Grossa: Aya, 2022. 90 p.

Inclui biografia

Inclui índice

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-5379-096-4

DOI: 10.47573/aya.5379.1.68

1. Administração - Aspectos ambientais. 2. Gestão ambiental. 3. Política ambiental. 4. Impacto ambiental - Avaliação. I. Título

CDD: 363.7

---

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Bruna Cristina Bonini - CRB 9/1347

## **International Scientific Journals Publicações de Periódicos e Editora EIRELI**

**AYA Editora©**

**CNPJ:** 36.140.631/0001-53

**Fone:** +55 42 3086-3131

**E-mail:** contato@ayaeditora.com.br

**Site:** https://ayaeditora.com.br

**Endereço:** Rua João Rabello Coutinho, 557  
Ponta Grossa - Paraná - Brasil  
84.071-150



## Dedicatória

Dedico a meus pais, pouco letrados, contudo sempre exemplares.

A meu pai – pedreiro – sou grato por um inesquecível ensinamento. Ao vê-lo todo fim de semana afiando seu serrote, indaguei:

– Pai, por que o senhor sempre afia esse serrote sem saber se vai usá-lo?

E ele me disse:

– “É exatamente por isso que estou afiando: quando eu precisar dele, ele tem que tá pronto. ”

A exemplo daquele serrote, aprendi que precisamos nos manter afiados. Aprendi com meus pais que “problemas não foram feitos para serem admirados, e sim, para serem resolvidos”, daí nasce minha paixão pelas Engenharias e pelas Geociências: juntas elas compõem a minha caixa de ferramentas.

Professor Pimenta



## Sobre o Livro

**Gestão ambiental & planejamento territorial: caminhos para Gestão e Redução de Riscos de Desastres Tecnológicos (GR2D-T)** é um livro que nasce com um caráter didático, pretendendo alcançar aqueles que precisam realizar uma primeira aproximação com o tema. Nesse sentido, esta obra foi pensada para contribuir com a prevenção dos acidentes ampliados, haja vista que estes eventos apresentam capacidade para deflagrar impactos de elevada complexidade e abrangência. Desejo que este livro contribua para ampliar a visão do leitor sobre as responsabilidades, cada vez maiores, assumidas pelas empresas, bem como mostrar que a Gestão Ambiental tem ampliado seu leque de atuação e assumido novos desafios, uma vez que proteger as pessoas, o meio ambiente e o patrimônio não é tarefa simples.

Professor Pimenta

# Prefácio



O presente livro é um convite para aqueles/as que buscam uma iniciação nos estudos da área ambiental, em especial no campo da gestão, planejamento e redução de desastres ambientais em empreendimentos industriais. A obra consiste num esforço importante de elencar e sistematizar um conjunto de conhecimentos sobre gestão ambiental e planejamento territorial, detalhando possibilidades de compreensão e promoção de uma gestão comprometida com a redução de riscos de desastres em áreas industriais numa perspectiva integradora.

Na obra, é possível desfrutar de uma leitura acessível, redação objetiva e bem ilustrada, assim como contextualizada com os principais desafios de uma gestão ambiental empenhada em minimizar danos ao meio ambiente. Além disso, será possível perceber a intimidade que autor tem com o tema, a partir das reflexões teóricas e práticas apresentadas, resultantes de seu engajamento profissional e experiência técnica, bem como da atividade de docência na área ambiental, e em particular no campo dos sistemas de gestão integrada, segurança e prevenção de desastres ambientais.

Nesse contexto, o presente trabalho é uma contribuição e uma referência aos profissionais técnicos que cotidianamente lidam com a gestão e redução de riscos nos diferentes empreendimentos, aos professores do ensino técnico e tecnológico que podem usufruir do caráter didático-pedagógico da obra em seus processos de ensino e aos estudantes de diferentes níveis acadêmicos que almejam dar amplitude aos seus conhecimentos sobre o tema.

Assim, sinta-se convidado a conhecer, sublinhar, destacar e refletir sobre as questões trazidas pela obra, dar os primeiros passos, e, se gostar, se aprofundar em algum dos caminhos propostos na busca de entendimento e de sistematização de novos itinerários no âmbito da temática apontada neste livro.

**Me. Fabiano Boscaglia**

*Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - Ifes.*

# SUMÁRIO

1. Do que se trata? Para onde vamos? ...	10
2. Acidentes ampliados: conceitos e implicações.....	13
3. Introdução à Engenharia de Segurança Contra Incêndio: a ciência do fogo.....	20
4. Fenômenos extremos: situações especiais de incêndios e explosões .....	34
5. Fumaça: um desafio ambiental .....	43
6. Segurança de processos: o primeiro passo para prevenção de acidentes ampliados .....	50
7. Estudos de magnitude: definindo o tamanho do problema .....	60
8. Prevenção de desastres tecnológicos: responsabilidades e estratégias.....	67
9. Sistemas de Gestão Integrados: caminhos assertivos e lacunas do sistema.. .....	75
Sobre o autor.....	86
Índice remissivo.....	87

# Apresentação



Diante da necessidade de estabelecer uma diretriz, uma forma de evitar acidentes maiores, esta obra é de grande valia para os estudantes que serão inseridos na indústria, quaisquer que sejam o segmento, óleo e gás, mineração, siderurgia, petroquímico, alimentos, dentre outros. Também é muito relevante para os profissionais que já se encontram nestes segmentos, onde os riscos de desastres tecnológicos estão presentes, são inerentes ao processo e necessitam ser identificados e geridos para reduzir a probabilidade de ocorrência de acidentes maiores, conhecidos também como acidentes de processo. Assim, este livro contribui na adoção de estratégias para minimizar as consequências, tanto dentro dos limites da planta como fora destes, ou seja, contribui para minimizar os impactos negativos e escalonamentos nas comunidades vizinhas e nos ambientes do entorno.

O autor trabalha o tema – título da obra – de forma bastante didática, dividindo os capítulos de forma bem ordenada e encadeada, elencando gentilmente diversos conceitos importantes extraídos de diversificadas instituições, órgãos, literaturas, normas e regulamentos, dando visibilidade do que precisa ser feito para Gestão e Redução de Risco de Desastres Tecnológicos (GR-2D-T) através de um Sistema de Gestão Integrada. O assunto é complexo e exacerbadamente amplo, sendo assim, Mestre Pimenta não teve pretensão de esgotá-lo neste livro, desta forma, faz incitações para aprofundamentos a partir da literatura referenciada. Espera-se que este livro traga bons proveitos para comunidade acadêmica e profissional.

**Engenheiro Tântalo Almeida de Oliveira Campos**

*Engenheiro de Segurança do Trabalho e Especialista em Engenharia de Segurança Contra Incêndio da*

*Petróleo Brasileiro S.A. - Petrobras*



**1. DO QUE SE TRATA?**

**PARA ONDE VAMOS?**

Em algum momento você deve ter se deparado com notícias muito ruins. Elas podem ter diversas origens, inclusive podem estar diretamente relacionadas a eventos de grandes acidentes envolvendo incêndios e explosões. Embora os incêndios sejam mais evidentes em ambientes comerciais e residenciais, incêndios e explosões em atividades produtivas e logísticas também não são incomuns.

Especificamente quanto aos incêndios e explosões ocorridos em fábricas, caminhões-tanques, terminais portuários, dentre outros, estes eventos apresentam potencial para gerar danos muito elevados, podendo causar sérios impactos no entorno dos locais onde ocorrem, e até mesmo em locais distantes dos pontos em que foram originados. Como muitos destes eventos estão relacionados a atividades industriais, é comum que estes também sejam referidos como acidentes tecnológicos, acidentes ampliados, acidentes industriais e, por vezes, emergências ambientais.

Com o passar dos anos, cada vez mais os mecanismos que geram estes fenômenos têm sido melhor compreendidos, bem como, as falhas que levam a sua ocorrência têm sido melhor identificadas e analisadas através de metodologias adequadas, o que não quer dizer que os sistemas nunca irão falhar. Mas então, o que estamos tentando fazer? A resposta não é simples, mas, sendo bem objetivo, trata-se de aprender a adotar estratégias para diminuir a probabilidade de falhas, ou seja, reduzir ao máximo a possibilidade de as coisas darem errado.

Nesse contexto, dentro das novas responsabilidades e interfaces assumidas por diversos profissionais que lidam com Sistemas de Gestão Integrados, dentre estes a Gestão Ambiental, os conhecimentos sobre prevenção de acidentes ampliados têm se tornado cada vez mais relevantes, haja vista que pessoas, meio ambiente e patrimônios precisam ser protegidos. Neste aspecto, tanto empresas quanto governos precisam perceber os riscos e forma mais assertiva de localizá-los nos territórios.

Aos poucos, este livro irá realizar uma abordagem sobre os acidentes ampliados, contudo, devido ao seu caráter didático, não irá aprofundar ou abordar certos temas. Ainda que abordagem aqui realizada possa ser inicialmente simples, entendemos esta primeira aproximação, se bem conduzida, poderá permitir ao leitor abrir seus próprios

caminhos para compreensão e aprofundamento de temas de complexidade mais elevada. Assim, sejam bem-vindos(as) aos estudos de Gestão Ambiental e Planejamento Territorial, em especial, aos caminhos para a Gestão e Redução de Riscos de Desastres Tecnológicos (GR2D-T).



# 2. ACIDENTES AMPLIADOS: CONCEITOS E IMPLICAÇÕES

Para lidar com esse tema – **desastres tecnológicos** – primeiramente é importante que o entendimento deste conceito esteja claro, pois sem tal clareza a compreensão do tema poderá ficar comprometida. Bem, infelizmente a humanidade experimentou diversos eventos muito indesejáveis e de grandes proporções, tais como o acidente nuclear de Chernobyl (1986), a explosão na plataforma Deepwater Horizon (2010), dentre tantos outros. Conforme indicado por Dias (2022), estes eventos fazem parte de uma realidade que precisamos enfrentar.

Embora não sejam exatamente coincidentes, uma série de conceitos foram sendo criados para definir estes eventos catastróficos, assim podemos destacar:

**Acidentes industriais ampliados:** eventos agudos, como explosões, incêndios e emissões nas atividades de produção, isolados ou combinados, envolvendo uma ou mais substâncias perigosas com potencial para causar simultaneamente múltiplos danos, sociais, ambientais e à saúde física e mental dos seres humanos expostos (FREITAS; PORTO; MACHADO, 2000, p. 28, grifo nosso).

**Acidente maior:** ocorrência súbita e inesperada que inclui, particularmente, grande emissão, incêndio ou explosão, resultante de fatos anormais no curso de uma atividade industrial, com grave risco para trabalhadores, público ou meio ambiente, iminente ou não, dentro ou fora da instalação e que envolva uma ou mais substâncias perigosas (FUNDACENTRO, 2002, p. 17).

**Desastres humanos de natureza tecnológica:** consequência indesejável do desenvolvimento econômico, tecnológico e industrial e podem ser reduzidos em função do incremento de medidas preventivas relacionadas com a segurança industrial. Estes desastres também se relacionam com o incremento das trocas comerciais e do deslocamento de cargas perigosas e com o crescimento demográfico das cidades, sem o correspondente desenvolvimento de uma estrutura de serviços essenciais compatível e adequada ao surto de crescimento (BRASIL, 2003, p. 13, grifo nosso).

**Desastre:** é a interrupção séria do funcionamento de uma comunidade ou sociedade que causa perdas materiais, econômicas ou ambientais importantes que excedem a capacidade de resposta própria dessa comunidade ou sociedade (LOZOVEY; 2010, p. 13).

**Emergência Ambiental:** Ameaça súbita ao bem-estar do meio ambiente ou à saúde pública, em decorrência de falhas em sistema tecnológico/industrial, ou, ainda, devido a um desastre natural, constituindo-se em situação de gravidade que obriga a adoção de medidas apropriadas (IBAMA, 2021, p.5, grifo nosso).

Embora não coincidentes, estes conceitos são muito próximos e acabam sendo utilizados como sinônimos. Dessa forma, é assim que os utilizaremos neste livro, como sinônimos, por ser uma abordagem mais livre, bem como por não trazer prejuízos quanto à construção do entendimento sobre o tema. Embora estes conceitos sejam relativamen-

te recentes, estes eventos não constituem novidade na história da humanidade, muito menos são exclusivos do século XX ou XXI, contudo, nas últimas décadas do século XX é que importantes posicionamentos conjuntos, por parte de diversos países, começaram a ser articulados no sentido de barrar estes eventos.



Conforme apontado por Capaz e Horta Nogueira (2010), tem-se a partir da década de 1970 um período de grande reflexão e mudança da percepção dos seres humanos em relação ao ambiente em que vivem. Tais reflexões, que tiveram no Brasil um importante fórum de discussão – a Rio 92 – foram contribuindo para uma percepção mais integradora entre o meio ambiente, a humanidade e os resultados de suas ações.

É nesse caminho, influenciado por uma série de mudanças no pensamento ecológico mundial, bem como uma maior preocupação com as pessoas que atuam nas fábricas, ou que ocupam seus arredores, que nasce no Brasil a Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981), cujos objetivos, dentre outros, é a compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico.

Tal política abriu caminho para outros importantes regulamentos, tais como as resoluções CONAMA, em especial a Resolução 01 (CONAMA, 1986). No Brasil, diversas instituições de regulamentação e controle, tais como Ministério do Trabalho e Previdência, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), dentre outras, para além de suas esferas de competência direta, cada vez mais abordam questões relacionadas à proteção dos trabalhadores, do meio ambiente e das comunidades circunvizinhas aos estabelecimentos produtivos.

Conforme pode ser verificado no Manual de Desastres Humanos de Natureza Tecnológica (BRASIL, 2003), fica evidente o fato de que o maior potencial para geração de acidentes ampliados está concentrado nas instalações que utilizam, armazenam ou transportam substâncias perigosas. Neste aspecto, a Fundacentro (2002, p. 19) aponta que as instalações de risco maior podem causar acidentes, ao menos, em uma das se-

guintes situações:

- a) **Emissão** de substâncias tóxicas, letais ou nocivas, mesmo que a distâncias consideráveis do local da emissão.
- b) Emissão de líquidos ou gases inflamáveis que, ao se inflamarem (**incêndio**), podem produzir altos níveis de radiação térmica ou formar nuvens de vapor explosivo.
- c) **Explosão** de materiais instáveis ou reativos.

Note que Fundacentro (2002) faz referência à emissões, incêndios e explosões. Quanto à caracterização e classificação dos Desastres de Natureza Tecnológica destacados acima, os relacionados aos incêndios constituem um dos grupos mais temidos, pois estes são eventos que apresentam

**grande potencial destrutivo e exigem recursos, técnicas e táticas muito complexas, para combatê-los e controlá-los.** Estes sinistros, normalmente intensificados por combustíveis líquidos ou gasosos, óleos e lubrificantes, costumam ocorrer em instalações industriais, meios de transporte marítimos ou fluviais, depósitos de combustíveis, áreas portuárias e em edificações com grandes densidades de usuários (BRASIL, 2003, p. 88, grifo nosso).

Assim, as preocupações sobre os potenciais danos provocados por acidentes ampliados têm mudado a forma como as unidades produtivas lidam com esses possíveis eventos, enxergando seus impactos diretos nos negócios, o que não se restringe aos prejuízos relacionados à perda total ou parcial de uma planta de processo, mas ao impacto na imagem da empresa, ou seja, o impacto sobre sua marca (BARBIERI; CAJAZEIRA, 2016), que pode valer mais do que algumas das plantas processo – subcontratadas – espalhadas pelo mundo (ANDREF, 2000).

É nesse caminho que Seiffert (2010) apresenta uma concepção de Gestão Ambiental que precisa ser desenvolvida de forma integrada, ou seja, uma gestão capaz de perceber que os impactos gerados pelos processos produtivos dentro e fora das fábricas merecem a mesma atenção. Isso se deve ao fato de que a separação entre as responsabilidades internas e externas das organizações tende a desaparecer, ou a ficar cada vez menos nítida.

No Brasil, um país de industrialização tardia, por questões históricas relacionadas à luta dos trabalhadores na esfera internacional, primeiro foi construída uma preocupação e regulamentação do ambiente interno e, somente décadas depois, foi sendo construída uma preocupação com o ambiente externo. Nesse aspecto, quanto às razões pelas quais as preocupações com o ambiente interno das fábricas terem precedido as preocupações com o ambiente externo, Moraes (2009), ao ensinar sobre a História do Prevenicionismo no Brasil e Mundo, aponta diversos elementos.

#### No que se refere aos empreendedores

Quando especialistas provaram que os acidentes industriais custavam caro e afetavam a produtividade, as organizações começaram a adotar requisitos mais rigorosos de segurança (MORAES, 2009, p. 33).

A preocupação com a prevenção de acidentes se tornou uma necessidade, de modo a impedir a fuga dos investidores dos processos perigosos. Naquela época, o grande risco era o incêndio (MORAES, 2009, p. 35).

#### No que se refere aos trabalhadores

Em 1833 foi declarado o Factory Act [na Inglaterra], considerada a primeira legislação realmente abrangente no campo da saúde do trabalhador, marcando, também, o início das lutas operárias por melhorias nas condições de trabalho (MORAES, 2009, p. 29).

A OIT [Organização Internacional do Trabalho] foi criada na Conferência da Paz, após a primeira guerra mundial, resultado da parte XIII do Tratado de Versalhes. A ideia de uma instituição trabalhista internacional surgiu como resultado das reflexões éticas e econômicas sobre os impactos ao ser humano, resultado da Revolução Industrial. [...] baseou-se nos seguintes aspectos: a) humanitário: condições injustas e degradantes de trabalho; b) político: minimizar os conflitos sociais que ameaçam a estabilidade política e econômica dos países; c) econômico: restrição comercial dos países que não adotassem condições dignas de trabalho (MORAES, 2009, p. 40).

Mas, como dito, as preocupações com ambiente externo também foram se ampliando, exigindo das empresas atitudes diferentes daquelas adotadas num passado não muito distante. Assim, segundo Moraes (2009), cada vez mais tem sido admitido que

A indústria depende totalmente do meio ambiente. Os recursos naturais usados em seus processos e seus produtos ficam mais escassos (e caros) a cada dia e as empresas, para serem competitivas, devem ser muito eficientes no seu uso (MORAES, 2009, p. 64).

Mas, Dias (2022) nos traz uma visão bastante contundente e realista ao apontar que alcançar esse nível de preocupação ambiental, que valoriza o ambiente externo e

seus elementos, pode existir apenas de forma fantasiosa, ou seja, pode não passar de um “discurso verde”, em essência, vazio. Assim, Dias (2022) alerta que

A atuação ambiental da maioria das empresas, salvo honrosas exceções, na maioria dos casos centra-se na diminuição de custos e riscos associados a sanções e na reparação econômica de danos ambientais. São poucas as que investem na adoção de sistemas de gestão ambiental, em sua maioria grandes empresas em função do custo associado à sua implantação. [...] **O ambiente externo deve passar a ser um componente que influi diretamente na competitividade da empresa, e os quadros de dirigentes da organização devem participar ativamente dos eventos realizados, em torno da questão ambiental**, na comunidade local, influenciando diretamente na tomada de decisões e fornecendo instrumental técnico (e pessoal) que contribua para a elucidação dos processos biológicos que envolvem o entorno da empresa (DIAS, 2022, p. 122, grifo nosso).

Analisados os textos de Moraes (2009) e Dias (2022), ambos permitem perceber que agressões antes praticadas sobre o meio ambiente e conseqüentemente sobre as comunidades circunvizinhas, ao longo do tempo, passaram a ser cada vez menos toleradas. Em resposta a essa nova realidade decorre uma série de ações/estratégias que têm sido absorvidas pelas empresas em seus novos modelos de negócio, ou seja, na atualidade, produção e responsabilidade socioambiental precisam caminhar juntas. Empresas que não percebem isso estão fora de compasso com a música verde que está sendo tocada no momento.

Preocupações antes inexistentes hoje fazem parte da nossa realidade e qualquer empresa que queira se manter operando, bem como qualquer trabalhador que queira ocupar ou manter seu posto de trabalho, precisam estar atentos a estas mudanças e adaptar-se rapidamente. Na atualidade, acidentes ampliados são praticamente impossíveis de ficarem escondidos, bem como os atores destes eventos, sejam pessoas físicas ou jurídicas, também não passarão despercebidos.

Diferentemente de décadas anteriores, a proteção do ambiente interno e externo das fábricas agora tem praticamente a mesma importância. Diante do que está sendo colocado, tenta-se aqui demonstrar ao leitor – sejam estudantes ou profissionais de diversas áreas – que, no que se refere a preocupação ambiental, ocorreu uma ruptura entre a forma como se enxerga as atividades produtivas e as profissões. Um novo paradigma já foi estabelecido: gestão ambiental é responsabilidade de todos e a separação

antes razoavelmente nítida entre o ambiente interno e o externo está desaparecendo.

## **Para refletir...**

Ao profissional da área ambiental não compete mais apenas estabelecer um olhar para fora dos limites das empresas, preocupados com os impactos sobre terra, ar, água e solo.

Aos profissionais de segurança ocupacional não é mais adequado voltar suas preocupações apenas para dentro dos limites da fábrica, sem se preocuparem em como proteger comunidades externas dos efeitos das fábricas.

Houve um tempo em que profissionais operacionais e administrativos achavam que responsabilidade ambiental, ocupacional, social, etc., não estavam dentro do escopo de suas responsabilidades.

Mas isso mudou.



# 3. INTRODUÇÃO À ENGENHARIA DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO: a ciência do fogo

### 3.1 A ciência do fogo e seus fundamentos

A ciência do fogo é tão importante para a humanidade quanto as demais ciências que ajudaram a construir as melhorias dos padrões de qualidade de vida. Assim, da mesma forma que vacinas, antibióticos, quimioterápicos e radiodiagnósticos mudaram e estão mudando as perspectivas de vida da sociedade, a evolução no conhecimento sobre o fogo atua no mesmo sentido, por exemplo, permitindo a construção de edificações e plantas de processo mais seguras.

A junção de vários estudos, ensaios, testes, normas, equipamentos e estratégias de combate ao fogo, em geral, estão reunidas numa área que cada vez mais vem sendo conhecida como Engenharia de Segurança Contra Incêndio (PANONNI; SILVA, 2008): a ciência do fogo. O fogo não é algo novo para a humanidade, pois há milhares de anos os humanos aprenderam a dominá-lo e a utilizá-lo a seu favor, contudo, isso não quer dizer que de vez em quando as coisas não saiam de controle e provoquem grandes e graves prejuízos.

Dentro deste tema, ora aqui chamado de ciência do fogo, ora referido como Engenharia de Segurança Contra Incêndio, conceitualmente é consenso chamar de fogo uma reação – em estado controlado – entre combustível e comburente com desprendimentos de luz e calor. Caso esta reação surja sem controle ou caso este controle seja perdido no decorrer de um processo, o fogo passa a ser chamado de incêndio. A Figura 1, mostra uma dessas situações chamadas de incêndios.

Figura 1 – Incêndio em prédio industrial em La Garriga - Barcelona



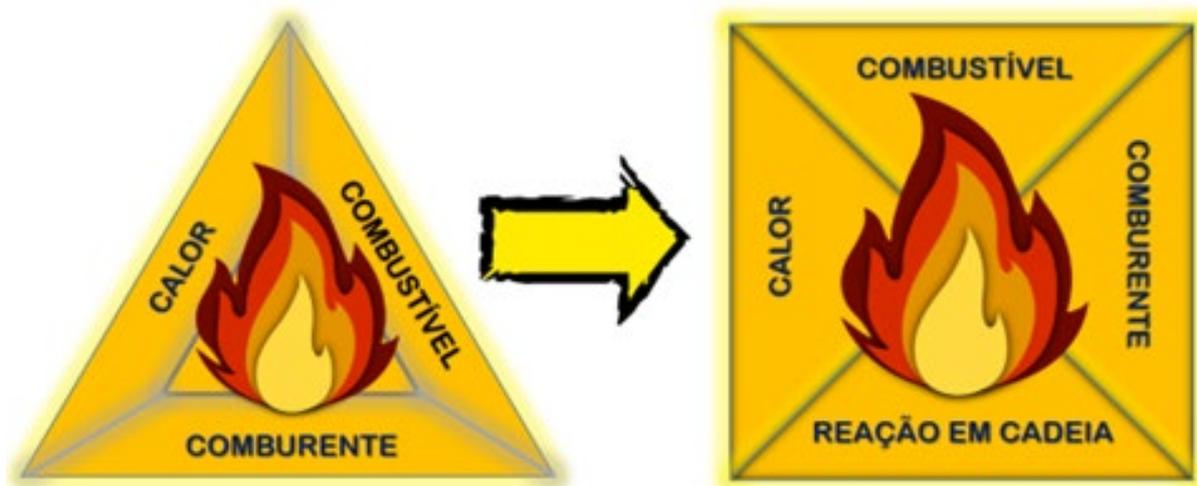
Fonte: El Periódico (2022). Foto de Ramon Ferrandis.

Para que ocorra o fogo, é necessário que algumas condições sejam satisfeitas. A primeira delas trata-se da existência de um material combustível, um comburente e uma fonte de ignição. Podemos chamar de combustível tudo aquilo que pode ser queimado, independentemente do estado físico da substância. Assim, os combustíveis podem ser encontrados no estado sólido, líquido ou gasoso.

O comburente é o oxigênio presente no ar atmosférico; é este gás que irá reagir com o combustível, contudo, para que a reação seja iniciada, é necessária uma fonte de ignição, também chamada de energia de ativação. Uma vez iniciada a combustão, o fogo irá se desenvolver e a reação irá liberar calor. Este calor liberado irá aquecer o próprio combustível onde a reação foi iniciada, bem como irá contribuir para aquecer o ambiente e os materiais localizados em suas proximidades. Estes materiais, ao receberem calor, poderão também encontrar condições favoráveis para entrarem em ignição.

Diante do exposto, ocorrerá uma liberação contínua de calor que irá se propagar para outros ambientes enquanto houver combustível e comburente, ou seja, tem-se um processo chamado de reação em cadeia. Assim, o fogo surge com três elementos: combustível, comburente e calor, por isso costuma-se agrupá-los numa figura geométrica chamada de triângulo do fogo. No entanto, ao evoluir, surge um quarto elemento: a reação em cadeia. Dessa forma, o triângulo incorpora mais um elemento e se transforma numa outra figura: quadrilátero do fogo – Figura 2.

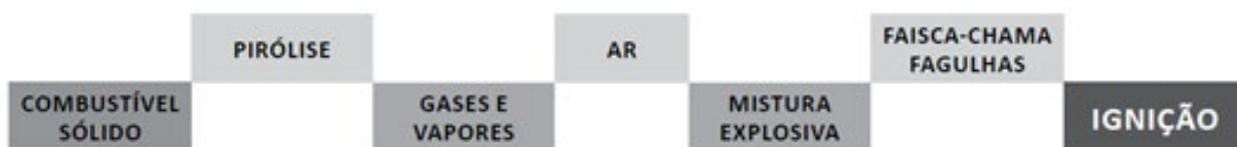
Figura 2 – Triângulo do fogo e sua evolução para o quadrilátero do fogo



Fonte: Elaborada pelo autor

Os combustíveis, dependendo do estado físico em que se encontram, desenvolvem diferentes mecanismos de queima. Combustíveis sólidos, por exemplo, precisam se aquecer e se decompor em gases e vapores que irão se misturar e reagir com o oxigênio (Figura 3). Esta decomposição térmica sob ação do fogo é denominada pirólise. Já os combustíveis líquidos precisam evaporar, pois os vapores combustíveis é que irão reagir com o oxigênio do ar atmosférico (Figura 4). Combustíveis gasosos são um caso à parte, pois não precisam nem pirolisar, nem evaporar, ou seja, eles já estão em estado adequado para se misturarem ao ar atmosférico (Figura 5).

Figura 3 – Mecanismo de queima dos combustíveis sólidos



Fonte: Seito (2008). Adaptada.

Figura 4 – Mecanismo de queima dos combustíveis líquidos



Fonte: Seito (2008). Adaptada.

Figura 5 – Mecanismo de queima dos combustíveis gasosos



Fonte: Seito (2008). Adaptada.

### 3.2 Limites de inflamabilidade: LII e LSI

Continuando nossa análise, você aos poucos vai verificar que outras condições são necessárias para que a combustão possa ser iniciada, ou seja, para que a queima possa ocorrer, além de combustível, comburente e uma fonte de ignição, outras situações precisam estar presentes. Uma mistura entre combustível e comburente não queima em qualquer proporção. Para queimar esta mistura de gases/vapores precisa estar em uma concentração considerada ideal. A esta concentração ideal dá-se o nome de mistura ideal, mistura inflamável ou mistura explosiva.

Assim, a mistura ideal é uma mistura entre combustível e comburente em que os combustíveis se encontram entre concentrações mínimas e máximas, adequadas para a queima. A concentração mínima de combustível necessária para haver queima é chamada de Limite Inferior de Inflamabilidade (LII) ou Limite Inferior de Explosividade (LIE). No extremo oposto, a concentração máxima define o Limite Superior de Inflamabilidade ou Limite Superior de Explosividade (LSE).

Diante do exposto, de acordo com Campos e Conceição (2006), os gases e vapores combustíveis misturados com o ar somente irão desencadear uma queima caso suas concentrações estejam entre o LII e o LSI, o que equivale a dizer que precisam estar entre o LIE e o LSE. Observe atentamente as Figuras 6 e 7, pois através delas você poderá compreender melhor o LII e o LSI.

Figura 6 – Representação dos limites que formam uma mistura ideal



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 7 – Faixa de mistura ideal da gasolina

SUBSTÂNCIA	LIE (% EM VOLUME)	LSE (% EM VOLUME)
Acetona - $\text{CH}_3\text{COCH}_3$	2,6	12,8
Acetonitrila - $\text{CH}_3\text{CN}$	4,4	16,0
Benzeno - $\text{C}_6\text{H}_6$	1,3	7,1
Butano - $\text{C}_4\text{H}_{10}$	1,9	8,5
Dissulfeto de carbono - $\text{CS}_2$	1,3	50,0
Monóxido de carbono - $\text{CO}$	12,5	74,0
Ciclo hexano - $\text{C}_6\text{H}_{12}$	1,3	8,0
Etano - $\text{C}_2\text{H}_6$	3,0	12,5
Etanol - $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	3,3	19,0
Éter - $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$	1,1	5,9
Gás natural	3,8	13,0
<b>Gasolina</b>	<b>1,4</b>	<b>7,6</b>
Metano - $\text{CH}_4$	5,0	15,0
Metanol - $\text{CH}_3\text{OH}$	6,7	36,0
Nafta	0,9	6,0
Pentano - $\text{C}_5\text{H}_{12}$	1,5	7,8
Propano - $\text{C}_3\text{H}_8$	2,2	9,5
Querosene	0,7	5,0
Toluene $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$	1,2	7,1

Tomemos como exemplo a **gasolina** na tabela do lado

Note que,

para queimar, os vapores liberados precisam estar com uma concentração entre

**1,4% e 7,6%**

**LII** ↗ ↖ **LSI**

Fonte: Seito (2008). Adaptada.

### 3.3 O Ponto de Fulgor das substâncias

No que se refere às propriedades das substâncias, existem algumas indicações de temperaturas muito importantes: o Ponto de Fulgor, o Ponto de Inflamação e o Ponto de Ignição. Para atender aos objetivos deste livro iremos direto ao ponto de Fulgor, haja vista que constitui uma das propriedades mais importantes para prevenção de incêndios/desastres tecnológicos:



refere às medidas de prevenção de desastres tecnológicos. **Direto ao ponto:** o PF é a menor temperatura em que uma substância pega fogo e é uma das quatro condições para que ocorra queima – Figura 8.

Figura 8 – As quatro condições necessárias para ocorrência do fogo

**Mas..**  
Quais as condições necessárias para termos fogo ou incêndio?

**Resposta**

- 1° Precisa existir combustível, comburente.
- 2° A mistura precisa ser ideal.
- 3° A substância precisa atingir o PF.
- 4° É preciso uma fonte de ignição.

Fonte: Elaborada pelo autor.

### 3.4 Mecanismos de transmissão do calor

Quando ocorre uma situação de incêndio, o calor gerado pode ser transmitido para outros materiais, ou locais, através de três mecanismos: condução, convecção e irradiação. Observe o Tanque A em chamas na Figura 9. Note que ele está relativamente afastado. Caso você conseguisse chegar bem perto e encostasse sua mão na parede do tanque, você receberia calor por condução, pois iria ocorrer um contato físico entre você e o tanque.

Figura 9 – Incêndio em um tanque de combustível líquido



Fonte: CETESB (2016). Adaptada.

Mas na prática, antes mesmo de você se chegar ao Tanque A, você já teria sido atingido pelo calor proveniente do tanque em chamas, isso porque seu corpo iria receber calor através das ondas eletromagnéticas emitidas pelo incêndio. Neste caso, você teria recebido calor por irradiação. Caso você estivesse em cima do Tanque B, você seria envolvido ou afetado pelo ar ascendente que foi aquecido pela combustão no Tanque A. Neste caso você estaria recebendo calor, principalmente, por convecção. Assim, podemos distinguir três mecanismos de transmissão de calor durante os incêndios:

**Condução:** a vibração dos átomos e moléculas de um corpo (energia) será transmitida a outras estruturas mediante o contato entre corpos diferentes. Tem-se esse tipo de transmissão, por exemplo, quando o calor se propaga de um ambiente para o outro através do concreto. Imagine uma lage aquecida por um incêndio no pavimento térreo transmitindo calor, por contato, aos móveis localizados no pavimento imediatamente superior.

**Convecção:** transmissão do calor através de movimentos convectivos do ar. Nesta situação, o ar aquecido, geralmente visível na forma de fumaça – gases, vapores e materiais particulados – sobe por estar menos denso, ou seja, mais leve que o ar adjacente. Nesse processo de subida, o ar aquecido transfere calor para outros corpos em sua trajetória.

**Irradiação:** neste tipo de transmissão de calor, ocorre uma propagação através de ondas eletromagnéticas. Estas ondas constituem um fluxo radiativo, que se manifesta independentemente da existência de um meio material. Note que, no exemplo, o Tanque B está sendo resfriado, justamente para evitar que ele seja sobreaquecido pela radiação térmica proveniente do Tanque A.

### 3.5 Classe dos combustíveis ou classes de incêndio

Os combustíveis estão espalhados por diversos ambientes, tais como escolas, padarias, residências, indústrias, ou seja, nos mais diversos lugares. Entretanto, eles podem estar presentes em diferentes estados físicos, ou seja, podem estar no estado sólido, líquido ou gasoso. Estes estados dos combustíveis contribuem de modo muito significativo com a forma de queima destes materiais. Assim, existem diversas classes de combustíveis, também conhecidas como classes de fogo ou incêndio – Figura 10. As mais significativas a serem apresentadas são:

Figura 10 – Classe dos combustíveis ou classes de incêndio



Fonte: Flores, Ornelas e Dias (2016). Adaptada.

#### Classe A

São combustíveis sólidos. Estes combustíveis têm como particularidade o fato de queimarem em superfície, em profundidade e deixarem resíduos. Ou seja, eles queimam nas três dimensões e, se apresentarem reentrâncias, também queimarão internamente. Nesta classe encontram-se papel, madeira, plásticos, alimentos, etc.

#### Classe B

São combustíveis líquidos que, como propriedade fundamental, queimam somente em superfície, ou seja, não queimam em profundidade e não deixam resíduos no recipiente ou área onde a queima foi processada. Nesta classe estão os líquidos, tais como gasolina, diesel, etc. Os gases também estão nesta classe.

#### Classe C

Esta classe foi criada para designar os materiais que estejam em combustão e energi-

zados. Caso não estejam energizados, geralmente estes materiais pertencem a classe A. Neste caso, por exemplo, televisores, geladeiras, painéis elétricos, motores elétricos, dentre outros, caso estejam em estado de queima e estejam energizados, pertencem a Classe C. Ao serem desligados voltam a ser da Classe A. Atenção deve ser dada aos componentes que, mesmo desenergizados, acumulam energia elétrica, ou seja, que mesmo desligados continuam pertencendo a Classe C.

### **Classe D**

Esta classe é representada por certos materiais sólidos chamados de pirofóricos, em especial metais, que entram em combustão e cuja extinção depende de agentes extintores específicos. Para ampliar seu conhecimento, leia o item saiba mais, localizado adiante.

## **ATENÇÃO!**

Nas indústrias, é muito comum que tenhamos as três primeiras classes de incêndio na planta de processos. Contudo, por haver muitas máquinas e equipamentos que podem gerar incêndios da Classe C, um dos primeiros procedimentos executados por equipes de contingência é cortar o fornecimento de energia elétrica para converter focos de incêndio da Classe C para Classe A, bem como utilizar estratégias adequadas para combater todas as demais classes.

### **Saiba mais sobre a Classe D: os metais pirofóricos**

Incêndio envolvendo metais combustíveis pirofóricos (magnésio, selênio, antimônio, lítio, potássio, alumínio fragmentado, zinco, titânio, sódio, zircônio). É caracterizado pela queima em altas temperaturas e por reagir com agentes extintores comuns (principalmente os que contenham água).

A reação com água é violenta, pois, ocorre a quebra das moléculas de água (hidrólise) liberando  $O_2$ , que é comburente e alimenta as chamas e  $H_2$ , que é um gás explosivo. Como é difícil o resfriamento sem utilização de água, surge a extinção química como método mais eficiente de extinção.

Para a extinção química, necessitam-se de agentes extintores especiais (normalmente pós) que se fundam em contato com o metal combustível, formando uma espécie de capa que o isola do ar atmosférico, interrompendo a combustão.

Muitos entendem isso como abafamento, pela separação entre combustível e comburente, entretanto, a separação dá-se pelo fato de que o agente extintor funde-se com o metal pirofórico, há ligação química entre eles. Assim, o “abafamento” nada mais é do que consequência da interferência química do agente extintor no combustível.

O abafamento também pode ser feito por meio de gases ou pós inertes que substituam o O<sub>2</sub> nas proximidades do combustível, mas não é tão eficiente pois, devido às altíssimas temperaturas que esse tipo de queima atinge, a menor baforada de ar é capaz de propiciar a reignição.

Pós especiais (PQE – Pó Químico Especial) para classe “D” dependem do tipo de material que queima e, normalmente, são a base de grafite ou cloreto de sódio ou pó de talco. Usam o CO<sub>2</sub> ou o N<sub>2</sub> como propulsores. Podem ser ainda compostos dos seguintes materiais: cloreto de sódio, cloreto de bário, monofosfato de amônia e grafite seco (FERRARI JÚNIOR, 2016, p. 53).

### 3.6 Agentes extintores e métodos de extinção

Quando o fogo sai de controle é preciso que seja extinto o mais rápido possível. Para isso são utilizados agentes extintores, ou seja, substâncias capazes de intervir na cadeia de combustão, interrompendo a reação química. Pense na reação química em processamento e em todos os seus elementos: calor, combustível, comburente, reação em cadeia e lembre-se do quadrilátero do fogo. Caso um dos lados do quadrilátero seja retirado, a reação química será interrompida e o incêndio será extinguido. Assim, diversos agentes podem vir a ser utilizados, contudo, serão destacados aqui apenas os mais comuns encontrados em plantas de processo.

**Água** – Agente extintor mais comum. Este agente atua sobre o combustível em queima retirando o calor, reduzindo a pirólise até a sua eliminação. Assim, a água atua nos incêndios por resfriamento. Devido às suas características, não deve ser utilizada em materiais energizados. A utilização em líquidos deve ser realizada apenas por profissionais/especialistas (bombeiros) cuja experiência permite utilizá-la e controlar o sinistro sem agravar o cenário emergencial, e/ou colocar vidas em risco (FERRARI JÚNIOR, 2016). A água é um agente extintor muito utilizado em incêndios da Classe A e, por ser bom condutor de eletricidade, não deve ser utilizada na Classe C.

**Espuma** – Este agente extintor pode ser gerado mecanicamente, através de equipamentos especiais. Em geral, sua aplicação ocorre através do seu lançamento sobre o líquido em chamas, de modo a formar uma cobertura (colchão de espuma) que dificulta a evaporação do líquido, bem como atua como uma barreira à penetração de oxigênio. Assim, este agente atua por isolamento-abafamen-

to. Espumas são muito utilizadas em incêndios da Classe B. Também podem ser utilizadas em incêndio da Classe A, todavia, o uso deste agente desnecessariamente eleva os custos envolvidos. Espumas, por conterem água, também não devem ser utilizadas na Classe C.

**Dióxido de carbono** – Trata-se de um gás é muito utilizado em incêndios que ocorrem em equipamentos energizados, haja vista que é mau condutor de calor e eletricidade. Esse gás, ao ser lançado sobre o elemento em combustão, ocupa a atmosfera e diminui a concentração de oxigênio. Esta forma de extinção em que o oxigênio é retirado da reação é chamado de abafamento. Este agente é o mais indicado para incêndios da Classe C, mas não o único, pois o Pó Químico também pode ser utilizado neste tipo de incêndio.

**Pó químico** – Estes agentes extintores são compostos comumente por bicarbonato de sódio e bicarbonato de potássio. Quando lançados sobre o fogo estes elementos capturam os radicais livres presentes na combustão, impedindo o processamento das chamas. Este mecanismo de extinção é conhecido como extinção química. Estes agentes são muito utilizados em incêndios da Classe B e C.

Diante do que tem sido colocado sobre a extinção dos incêndios, é fundamental que você tenha percebido que as ações executadas se resumem a desfazer o quadrilátero do fogo, agindo em qualquer um de seus lados – Figura 11. Estas ações são chamadas de resfriamento, retirada, abafamento e extinção química.

Figura 11 – Extinção do fogo através da atuação sobre os elementos do quadrilátero



Fonte: Elaborada pelo autor.

Ainda quanto aos agentes extintores, note na Figura 12 que o combate ao incêndio está sendo realizado com o agente extintor espuma. Este é um dos principais agentes utilizados em plantas que possuem reservatórios de combustíveis líquidos, pois ao mesmo tempo resfria e abafa a superfície do líquido em chamas, bem como representa um menor perigo para brigadistas, pois combustíveis líquidos podem ser muito perigosos, conforme você irá verificar no próximo capítulo.

Figura 12 – Combate a incêndio utilizando espuma mecânica



Fonte: Bucka (2017)

## Ampliando o conhecimento...

Garó, Vantelon e Fernandez-Pello (1994) apontam situações pouco comuns, capazes de surpreender ou assustar as pessoas. Trata-se da queima de combustível sobre a água – Figura 13 – gerando, inclusive, microexplosões e fervura da camada superficial. Situações deste tipo podem agravar ainda mais os riscos, pois a maioria das pessoas não imagina a ocorrência de fogo sobre a água e, por curiosidade, podem se aproximar do fogo, ao invés do contrário.

**Figura 13 – Incêndio em curso d'água**



Fonte: Elcacho (2016)



# 4. FENÔMENOS EXTREMOS: situações especiais de incêndios e EXPLOSÕES

Diante dos diversos eventos relacionados com a ocorrência de acidentes maiores, os incêndios, as explosões, a liberação de nuvens de poluentes tóxicos ou a associação destes três cenários estão entre os eventos mais temidos e isso se deve ao grande impacto que podem causar, tanto em gravidade quanto em abrangência. Assim, conhecer estes eventos é primordial para prevenção de acidentes maiores.

Embora a teoria do fogo/incêndios tenha sido inicialmente apresentada, ela precisa ser aprofundada para que alguns eventos sejam melhores compreendidos. Uma vez que este livro tem por finalidade a adoção de uma abordagem didática e, ao mesmo tempo, voltada para a prevenção de acidentes maiores, incêndios em estabelecimentos residenciais não serão aqui abordados, contudo, para saber mais, recomendamos a literatura referenciada, em especial, produzida por Ferrari Júnior (2016), bem como Flores, Ornelas e Dias (2016).

Em geral, salvo exceções apontadas por Ferrari Júnior (2016), os combustíveis sólidos apresentam um mecanismo de queima mais facilmente compreensível. Os cenários de explosão envolvendo ambientes contendo combustíveis sólidos da Classe A, ocorrem quando os gases e vapores dele provenientes ficam confinados num determinado compartimento.

Nessas condições, havendo um decaimento de oxigênio, a entrada repentina de ar poderá provocar uma grande explosão denominada bakdraft (Figura 14), haja vista que a entrada de oxigênio poderá fazer com que a nuvem de combustível presente no ambiente queime repentinamente gerando uma forte onda de calor e pressão.

Figura 14 – Explosão do tipo backdraft



Fonte: Raffel (2018)

Combustíveis líquidos apresentam um mecanismo de queima considerado muito perigoso, ou seja, eles evaporam para depois queimar. Quando estes vapores são misturados com o ar e a ignição se processa quase instantaneamente, tem-se o que se chama incêndio em poça, ou mais comumente um *pool fire*. Este tipo de evento é o mais comum entre os incêndios em combustíveis líquidos, mas, caso a ignição demore, uma mistura explosiva (nuvem) poderá se formar e permanecer no ambiente.

Uma vez que a mistura foi formada, mas não queimada, ao surgir uma fonte de ignição, a nuvem de vapor poderá queimar de forma muito rápida, levando a uma forte expansão da massa de ar combinada com uma grande transferência de calor para o ambiente. Neste caso, trata-se de uma explosão em nuvem denominada *Unconfined Vapour Cloud Explosion*, conhecida pela sigla *UVCE* (Figura 15).

Figura 15 – Mecanismos de formação de *pool fire* e *UVCE*



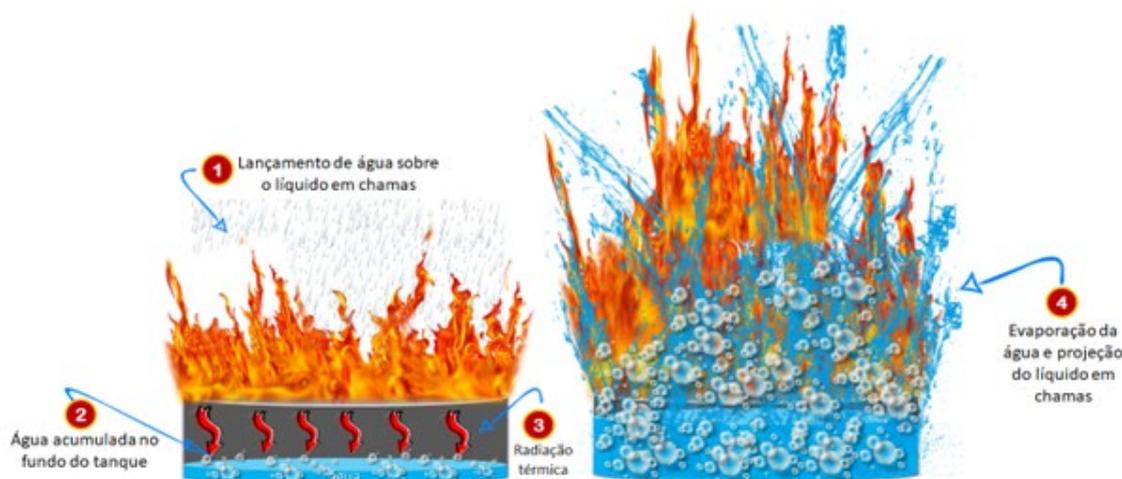
Fonte: Luketa-Hanlin (2006). Adaptada.

Além do exposto, diante de líquidos combustíveis em chamas, uma decisão errada poderá agravar um cenário de incêndio que já tenha sido instaurado: o lançamento de água sobre o líquido em chamas. Muitos combustíveis utilizados em processos produtivos, ou transportados pelas rodovias, são derivados de petróleo e apresentam densidade menor do que a densidade da água.

Assim, a tentativa de combate a incêndio com lançamento de água sobre um líquido em chamas, contidos num tanque por exemplo, poderá gerar condições para que a água seja lentamente drenada para o fundo do tanque e, aos poucos, ir recebendo a radiação das chamas que estão na superfície. Nesta condição, tem-se o risco de a água se sobreaquecer no fundo do tanque e, mesmo estando sob uma camada de líquido, evaporar – aumentar de volume – e vencer o peso da coluna de líquido que está sobre ela.

Considerando que, segundo Diniz *et al.* (2007), a água ao evaporar poderá aumentar de volume cerca de 1700 vezes em relação ao volume inicial. Nesta situação o líquido em chamas poderá ser lançado em diversas direções, ou poderá apresentar efervescência na superfície de modo a se espalhar violentamente. Este mecanismo é conhecido como *boilover*, apresentado na Figura 16.

Figura 16 – Mecanismo de formação de um *boilover*



Fonte: Elaborada pelo autor.

Mas, existe outro evento não tão catastrófico, que também é considerado muito perigoso: o *sloperover*. Nesse caso, a água ao atingir o líquido aquecido evapora quase

imediatamente, projetando fragmentos de líquidos em chamas, gerando ruídos, estalos ou estouros. Tal projeção de líquido aquecido, como dito, também é perigosa, mas, pelo menos, não é tão silenciosa quanto o *boilover* (Figura 17). Assim, os eventos extremos descritos para os combustíveis líquidos precisam ser cuidadosamente reconhecidos e analisados.

Figura 17 – Mecanismo de formação de um *sloper*



Fonte: Elaborada pelo autor.

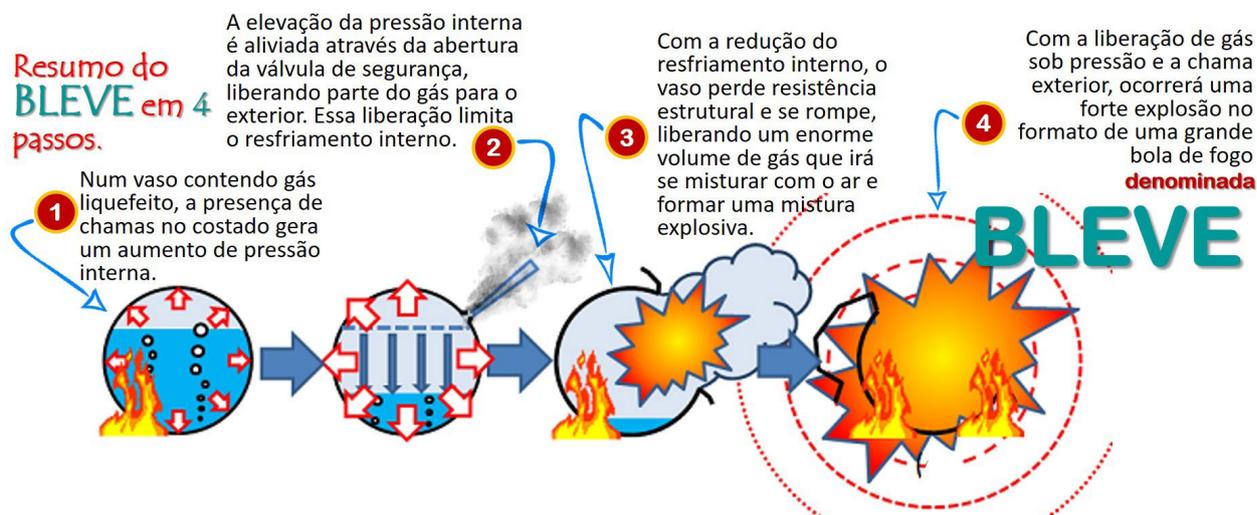
Em relação aos combustíveis gasosos, um dos perigos mais iminentes é o *BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion)*. Esse fenômeno está associado ao armazenamento de gás combustível sob pressão, num reservatório, onde coexistem uma fase líquida e outra gasosa. Caso, por alguma razão, ocorra um incêndio que atinja externamente o costado (chapa) do reservatório, internamente o gás liquefeito irá realizar movimentos circulares – convecção – que irá trocar calor internamente, resfriando o costado do reservatório.

Mas, diante do aumento de temperatura do gás, também ocorrerá um aumento de pressão no interior do reservatório, podendo levar à abertura da válvula de segurança e conseqüente liberação de parte do gás para atmosfera. Quando isso ocorre, o resfriamento interno será reduzido e, nesta nova condição, o costado poderá perder parcialmente sua resistência mecânica-estrutural e se romper.

Caso ocorra esse rompimento, diversos fragmentos do tanque, das suas bases

de sustentação e de equipamentos próximos poderão ser projetados em diversas direções, bem como ocorrerá rápida liberação de todo o gás que estava armazenado. O gás liberado, ao se misturar com oxigênio formará uma mistura inflamável que entrará em ignição e irá gerar uma “bola de fogo” (Figura 18) de elevado fluxo radiativo: o *BLEVE*.

Figura 18 – Mecanismo de ruptura de vaso de pressão e formação de BLEVE



Fonte: Elaborada pelo autor.

Conforme mostrado na Figura 9 – Tanque A e Tanque B – talvez você já tenha percebido que os reservatórios de líquidos geralmente são chamados de tanques. No caso de combustíveis gasosos, estes reservatórios são comumente chamados de vasos de pressão, ou simplesmente vasos. Estes equipamentos podem ter formas diversas, contudo, na indústria de petróleo e gás é muito comum a existência de vários vasos no formato de esferas, tal como mostrado na figura 19.

Figura 19 – Reservatórios de gás – vasos de pressão – no formato de esferas



Fonte: World Energy Trade (2020)

### **casos reais**

Há 25 anos, há 19 de novembro de 1984, ocorreu um grande incêndio e uma série de explosões catastróficas num terminal de armazenagem e distribuição de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) na cidade do México. Morreram cerca de 600 pessoas, cerca de 7.000 ficaram feridas, 200.000 pessoas foram evacuadas e o terminal foi destruído. As explosões foram detectadas num sismômetro a 20 km do terminal. Nove explosões foram registadas, sendo a mais intensa de 0,5 na escala de Richter. Devido aos danos não há certeza quanto à causa do acidente. Aparentemente houve uma grande fuga de GLP, de uma tubagem ou tanque, que se derramou para uma zona confinada e formou-se uma nuvem inflamável que incendiou. O incêndio repentino e a explosão atingiram outras esferas, tanques e tubagens, libertando mais GLP e expondo outros tanques ao fogo. Muitas das explosões foram do tipo designado por expansão explosiva da nuvem de vapor de um líquido em ebulição (BLEVE). Estas foram causadas pela ruptura dos recipientes de GLP expostos às chamas, ou calor dos incêndios. Após o incidente foi reportada a existência de muitos problemas com dispositivos de segurança inoperacionais ou em by-pass, ausência de uma válvula de alívio e instrumentos sem precisão.



Fonte: Center for Chemical Process Safety (2009)

Embora grande ênfase tenha sido dada aos combustíveis líquidos, é preciso chamar atenção para explosões em poeiras orgânicas. Comumente, grãos tais como soja, milho, entre outros, são armazenados em silos, contudo, também são constantemente transferidos de um local para outro. Nessas transferências são geradas poeiras que, se formarem uma mistura ideal, poderão queimar de forma muito rápida, gerando uma onda de calor e pressão, ou seja, uma explosão – Figura 20.

**Figura 20 – Explosão em silos agrícolas**



**Fonte: Zanatta (2020)**

Segundo Rosa *et al.* (2018), devido as características dos materiais armazenados nos silos agrícolas, nestes sistemas podem ser originados diversos eventos indesejáveis, tais como combustão com chamas (incêndios), explosão com gases e explosão com poeiras, dentre outros. Dentro dos aspectos sobre a ciência do fogo e que já foram apresentados ao longo deste livro, a explosão em poeiras também precisa ser bem compreendida. Ainda segundo Rosa *et al.* (2018), as explosões ocorrem devido à coexistência de cinco requisitos que, juntos, formarão o “pentágono da explosão” (Figura 21). Assim, tem-se os seguintes mecanismos:

#### **Explosão com gases**

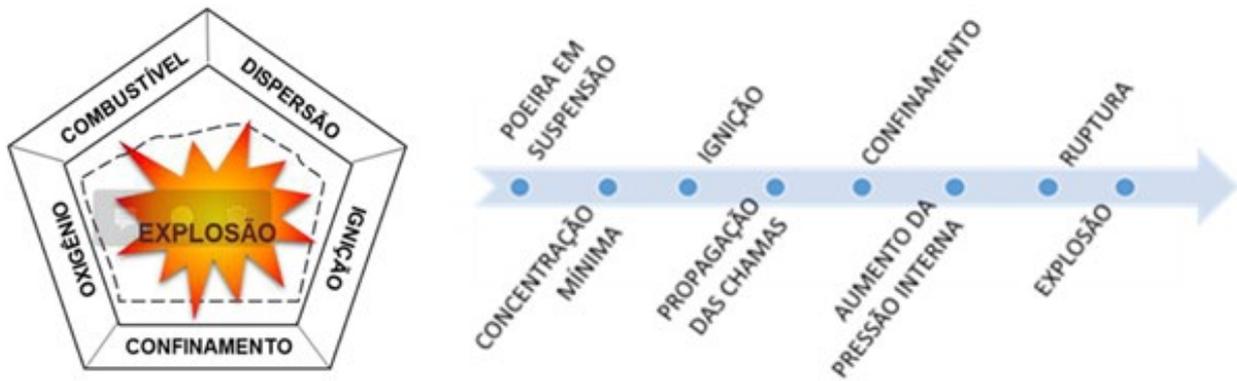
Durante o armazenamento, gases inflamáveis podem ser gerados a partir de algumas reações químicas no interior do material granular alocados no interior do silo. Estes gases permeiam os espaços entre os grãos até que se acumulem

na parte superior do silo. Com a presença de uma fonte de ignição com energia suficiente para inflamar estes gases, explosões com gases podem ser acionadas dentro da estrutura. Para o desenvolvimento de explosões de gás, é necessário que a concentração dos gases inflamáveis e do oxigênio presentes no interior do silo forme uma mistura dentro dos limites de explosividade (ROSA *et al.*, 2018, p, 11).

### Explosão com poeiras

Para a ocorrência da primeira explosão com poeira, é necessário que o pó esteja suspenso e atinja a concentração mínima no ar que se tornará explosivo, formando assim uma nuvem de poeira que diante de uma fonte de ignição com energia mínima suficiente pode ser inflamado. [...] se o local onde a ignição da nuvem de poeira ocorreu apresentar algum nível de contenção, o aumento da pressão pode tornar-se suficientemente alto para quebrar a estrutura do confinamento e desencadear a primeira explosão com poeira (ROSA *et al.*, 2018, p, 11).

Figura 21 – Pentágono do fogo e mecanismo de explosão em poeiras



Fonte: Rosa et al. (2018)



# 5. FUMAÇA: um desafio ambiental

Diante das situações que têm sido apresentadas e relacionadas principalmente aos incêndios e explosões, a estes eventos quase sempre estão associados um outro grave problema: a fumaça (Figura 22). Em ambientes abertos, a fumaça constitui pluma ascendente de poluentes que constitui um enorme risco para as populações, haja vista que esta pluma, segundo Ferrari Júnior (2016), é quente, opaca, móvel, inflamável e tóxica.

**Figura 22 – Fumaça associada a um evento de incêndio/explosão**



**Fonte: Soares (2019)**

Muita coisa poderia ser dita sobre a fumaça, cuja dispersão é influenciada por diversos fatores, contudo, uma breve descrição direta sobre seus efeitos certamente irá contribuir para que o leitor tenha uma boa noção dos riscos a ela associados, bem como dos prejuízos ambientais como um todo. Assim, sobre a fumaça, tem-se que:

Segundo Seito (2008)

**A fumaça desenvolvida no incêndio afeta a segurança das pessoas das seguintes maneiras:** a) tira a visibilidade das rotas de fuga. b) tira a visibilidade por provocar lacrimejamento, tosses e sufocação. c) aumenta a palpitação devido à presença de gás carbônico. e) provoca o pânico por ocupar grande volume do ambiente. f) provoca o pânico devido ao lacrimejamento, tosses e sufocação. g) debilita a movimentação das pessoas pelo efeito tóxico de seus componentes. h) **tem grande mobilidade podendo atingir ambientes distantes em poucos minutos** (SEITO, 2008, p, 48, grifo nosso).

Freitas, Porte e Gomez (1994) apontam que

**além da radiação de calor** e dos possíveis incêndios e explosões adicionais, existem ainda os riscos associados à própria combustão das substâncias químicas envolvidas, resultando na **emissão de múltiplos gases e fumaças tóxicas e atingindo áreas distantes** (FREITAS; PORTE; GOMEZ, 1994, p. 505, grifo nosso).

Segundo Seito (2008), a toxicidade da fumaça depende das substâncias gasosas que a compõe. As mais comuns são:

**a) monóxido de carbono - CO:** é encontrado em todos os incêndios e é resultado da combustão incompleta dos materiais combustíveis a base de carbono, como a madeira, tecidos, plásticos, líquidos inflamáveis, gases combustíveis, etc. **O efeito tóxico deste gás é a asfixia**, pois ele substitui o oxigênio no processo de oxigenação do cérebro efetuado pela hemoglobina.

**b) gás carbônico - CO<sub>2</sub>:** é encontrado também em todos os incêndios e é resultado da combustão completa dos materiais combustíveis a base de carbono. A toxicidade do gás carbônico é discutível. Algumas publicações não o citam como gás tóxico dizem que o mal-estar é devido à diminuição da concentração de oxigênio pela presença dele no ambiente, enquanto outras dizem ser tóxico. Entretanto, como efeito nas pessoas que inalam o gás carbônico foi verificado que a respiração é estimulada, os pulmões dilatam-se e **umenta a aceleração cardíaca**.

**c) gás cianídrico, cianeto ou cianureto de hidrogênio - HCN:** é produzido quando materiais que contêm nitrogênio em sua estrutura molecular sofrem a decomposição térmica. Materiais mais comuns que produzem o gás cianídrico na sua queima são: seda, náilon, orlon, poliuretano, uréia-formoldeido, acrilonitrila, butadieno e estireno. O gás cianídrico e outros compostos cianógenos bloqueiam a atividade de todas as formas de seres vivos. Eles exercem uma **ação inibidora de oxigenação nas células vivas**.

**d) gás clorídrico - HCl:** é um gás da família dos halogenados; os outros são HBr (gás bromídrico), HF (gás fluorídrico) e HI (gás iodídrico). O cloro é o halogênio utilizado para inibir o fogo nos materiais sintéticos, sendo comum encontrá-lo nas estruturas dos diversos materiais de construção que sejam feitos de PVC - cloreto de polivinil. Seu efeito é **lesar a mucosa do aparelho respiratório**, em forma de ácido clorídrico (gás clorídrico + umidade da mucosa), provocando irritação quando a concentração é pequena, tosse e ânsia de vômito em concentrações maiores e finalmente lesão seguido de infecção.

**e) óxidos de nitrogênio - NO<sub>x</sub>:** As suas formas mais comuns são: monóxido de dinitrogênio (N<sub>2</sub>O); óxido de nitrogênio (NO); dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e tetróxido de dinitrogênio (N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>). O óxido de nitrogênio não é encontrado livre na atmosfera porque é muito reativo com o oxigênio formando o dióxido de nitrogênio. Esses componentes são bastante **irritantes** inicialmente; em seguida, tornam-se **anestésicos** e atacam particularmente o aparelho respiratório, onde forma os ácidos nitroso e nítrico, em contato com a umidade da mucosa. Esses óxidos são produzidos, principalmente, pela queima de nitrato de celulose e decomposição dos nitratos inorgânicos.

**f) gás sulfídrico - H<sub>2</sub>S:** é um gás muito comum no incêndio e é produzido na queima de madeira, alimentos, gorduras e produtos que contenham enxofre.

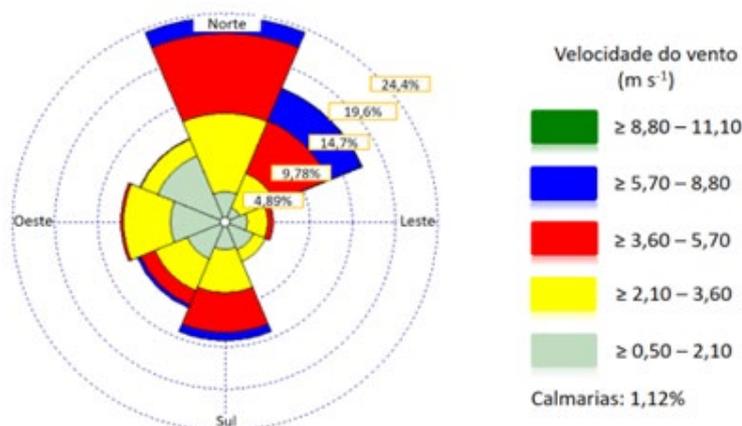
Seu efeito tóxico sobre o homem é a **paralisação do sistema respiratório e dano ao sistema nervoso**. (SEITO, 2008, p, 51, grifos nosso).

Para onde vai a fumaça dos incêndios? Responder a esta pergunta é um grande desafio, assim, neste livro, só conseguiremos fornecer algumas dicas, haja vista que o tema é muito complexo. Começamos dizendo que a forma como a fumaça se propaga no ambiente externo (fora das edificações) depende de diversos fatores, em especial dos atmosféricos. Assim, a direção e velocidade dos ventos, a temperatura do ar, dentre outros aspectos irão interferir tanto na concentração quanto na localização geográfica das áreas atingidas (GOMES, 2010).

No que se refere ao vento, por exemplo, sabemos que este é um fluxo de ar que se desloca das áreas de maior pressão para as de menor pressão. Contudo, esta direção de propagação pode variar de território para território; bem como, num mesmo território, pode se alterar várias vezes ao dia. Frentes frias, por exemplo, são fatores capazes de mudar o padrão de ventos normalmente instaurados num determinado local (YNOUE, *et al.* 2017).

Assim, gráficos que permitam analisar a direção predominante dos ventos incidentes sobre um determinado local, tal como mostrado na Figura 23, contribuem para que se tenha uma pista sobre as regiões do território em torno de uma planta industrial com maior probabilidade de serem afetadas pelos efeitos da fumaça dos incêndios. Isso não significa que somente a direção do vento irá determinar a área afetada, mas, com certeza, a direção do vento constitui uma informação muito importante para fins de planejamento territorial das instalações e definição de seus planos de contingência.

**Figura 23 – Levantamento da direção e intensidade dos ventos**



Fonte: D'Ávila (2021)

Considerando a Figura 23, note por exemplo que os ventos que atingem o empreendimento provêm da direção Norte e que estes ventos não são superiores a  $8,8 \text{ m s}^{-1}$ ; na verdade é possível perceber que em sua maioria, estes ventos estão situados numa faixa de  $2,1 \text{ m s}^{-1}$  a  $5,7 \text{ m s}^{-1}$ . Porém, o mais importante é perceber que quando os ventos provêm do Norte, a região mais afetada estará no Sul.

Exemplificando o que foi dito, agora considerando a Figura 24, D'Ávila (2021) descreve que, diante de um vento Norte as áreas localizadas ao Sul (delimitadas por  $N_0$  e  $N_n$ ) possivelmente seriam as mais afetadas pela fumaça. Veja, neste exemplo, que se trata de uma área densamente habitada, assim, os efeitos da fumaça poderiam provocar transtornos significativos, ainda mais se um cenário tão indesejável como um incêndio ocorresse num dia de inversão térmica, conforme apontado pelo autor.

**Figura 24 – Região possivelmente afetada pela fumaça de um incêndio**



**Fonte: D'Ávila (2021)**

Contudo, a Figura 24 mostra apenas a faixa através da qual os poluentes possivelmente iriam se deslocar caso ocorresse um incêndio no ponto F, numa situação com predomínio de vento Norte. Assim, segundo Guimarães (2016), só essa informação não permite, por exemplo, definir como a pluma de poluentes iria se comportar. Será que ela – a pluma – iria subir e se manter suspensa? Qual seria a altura máxima por ela atingida? Iria subir e depois descer a ponto de tocar o solo? Se tocasse o solo, subiria novamente?

Diante destas indagações, certamente você já percebeu a complexidade do

tema quando se trata da fumaça, um dos mais severos poluentes atmosféricos. Por essa razão, cada vez mais, estudos ambientais envolvendo a dispersão de poluentes na atmosfera têm sido realizados pelos profissionais da área ambiental, justamente para definir onde os maiores impactos poderão ocorrer e sob quais circunstâncias.

Lopes (2018), por exemplo, em sua pesquisa analisou as consequências de acidentes tecnológicos a comunidades presentes no entorno de plantas industriais da Região do Porto de Santos – SP (Figura 25). Um dos resultados obtidos a partir dos modelos e softwares escolhidos pelo autor, permitiram que fosse gerada uma imagem bidimensional sobre as regiões mais atingidas no território analisado, diante de um cenário de vazamento de substância química e consequente transporte na atmosfera.

**Figura 25 - Distâncias das diferentes zonas de perigo no entorno de uma empresa**



Fonte: Lopes (2018)

Embora o foco deste trabalho seja os eventos de origem tecnológica, não se pode descartar a possibilidade de incêndios em plantas de processo ou em caminhões-tanques se propagarem para vegetação, conforme descrito por D'Ávila e Peixoto (2021). Caso isso ocorra, é comum que a biomassa em combustão coloque na atmosfera uma grande quantidade de fumaça, a depender de formação vegetal, das condições em que esta se encontra, bem como das condições meteorológicas do dia da ocorrência, dentre

outros aspectos.

A Figura 26 mostra um incêndio em vegetação registrado por D'Ávila (2022). Este incêndio não é resultado de um acidente industrial, ou logístico, contudo, permite demonstrar o quanto um incêndio em vegetação também pode se tornar um grave problema social e ambiental. Tal gravidade, conforme descrito por Seito (2008), está diretamente relacionada com as substâncias presentes na fumaça, bem como ao fato de que uma destas substâncias é o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que contribui significativamente para intensificação do Efeito Estufa.

**Figura 26 – Incêndio em vegetação**



**Fonte: D'Ávila (2022)**

No que se refere à segurança e à saúde das pessoas que por ventura ocupem territórios possivelmente atingidos pela fumaça dos incêndios, é relevante que se tenha muita clareza quanto ao fato de que fumaça é muito perigosa, haja vista que, conforme nos ensina Silva *et al.* (2008), a principal causa das mortes nos incêndios não são as labaredas, mas a fumaça asfixiante e tóxica.



# 6. SEGURANÇA DE PROCESSOS: o primeiro passo para PREVENÇÃO de acidentes ampliados

## 6.1 A prevenção de acidentes ampliados: de dentro pra fora

Para iniciar este capítulo, é importante retomar o conceito de acidentes maiores, ou acidentes ampliados. A partir da Figura 27 você poderá notar como os conceitos de emergência ambiental e de acidente maior se assemelham, bem como, você poderá perceber que estes eventos irão gerar, inevitavelmente, poluição e/ou impacto ambiental, cujos conceitos também são semelhantes.

Figura 27 – Acidentes maiores e suas consequências



Fonte: elaborada pelo autor.

Embora não sejam os únicos eventos capazes de produzir impactos ambientais ou poluição ambiental, os impactos causados por acidentes maiores são de fato muito ampliados seja em abrangência geográfica, número de vítimas, ou complexidade. Assim, a pergunta que nos incomoda é: diante dos fatos, o que fazer?

Nesse aspecto, nos vale muito os ensinamentos da professora Mari Elizabete Bernardini Seiffert ao lançar luz sobre um ponto muito significativo. Segundo Seiffert (2010) os grandes problemas que se refletem fora das fábricas, em essência, são gerados dentro de seus limites, ou seja, no interior de seus muros. A partir dessa concepção, não se tem todas as respostas, mas tem-se uma importante via de análise: iniciar o enfrentamento – prevenção – dos acidentes ampliados de dentro para fora.

Tal percepção permite com que nosso olhar sobre os processos internos, projetos, procedimentos, ações, controles, etc., se torne mais apurado e assertivo. Assim primeiramente pensando o ambiente interno, aqui serão apontados alguns caminhos – mas

não os únicos – a serem percorridos para prevenção de acidentes maiores.

## 6.2 Estudo de processos: importância e oportunidades

No que se refere à prevenção de acidentes maiores, não há o que fazer no sentido de evitá-los, caso não se tenha um elevado nível de conhecimento sobre o processo produtivo. Conhecer os subprocessos, os equipamentos e suas características operacionais constitui uma ação muito complexa, demorada e, muitas vezes, exaustiva. Mas, com o tempo, cada vez mais, os profissionais que atuam nestes processos vão assimilando-os, além disso, não se deve esquecer que as operações que se dão dentro de uma unidade de processo são extremamente colaborativas.

Assim, por exemplo, embora os profissionais da área ambiental, ocupacional ou administrativa não conheçam tão profundamente o processo, eles devem contar com o apoio dos engenheiros e técnicos das diversas áreas que atuam em prol do funcionamento de uma planta, tais como os profissionais de automação, manutenção, operação, dentre outros. Tal postura, aberta ao saber e ao aprendizado coletivo, abre espaço para decisões que serão tomadas preferencialmente em conjunto, ou ainda que sejam individualizadas, sejam mais assertivas.

A Figura 28 ilustra dois vasos de separação, bifásico e trifásico, respectivamente, já a Figura 29 ilustra um diagrama de processo. Estes equipamentos e diagramas são muito comuns em diversas etapas do processamento de óleo e gás. Assim, por exemplo, o profissional interessado em contribuir com a prevenção de acidentes nestas plantas de processo, embora não sejam necessariamente técnicos operacionais, precisam conhecer os princípios de funcionamento destes equipamentos, identificá-los dentro da planta de processo (Figura 30), buscar a experiência da equipe para entender quais as situações de maior risco envolvendo estes equipamentos, etc.



sistemas operacionais muito complexos, todavia, é a aproximação, o interesse, o diálogo, o estudo e o tempo, que irão lhe permitir compreender como estas plantas funcionam e como, de fato, você poderá colaborar ativamente na prevenção dos desastres.

### 6.3 Levantamento de riscos

À medida que se conhece o processo, tem-se um melhor potencial para reconhecer os possíveis riscos da unidade. Vamos ao exemplo de uma planta que utiliza combustível líquido e gasoso em seu processo produtivo. Note que, uma vez conhecido o processo produtivo, é provável que algumas situações passem a ser reconhecidas com mais facilidade, tais como:

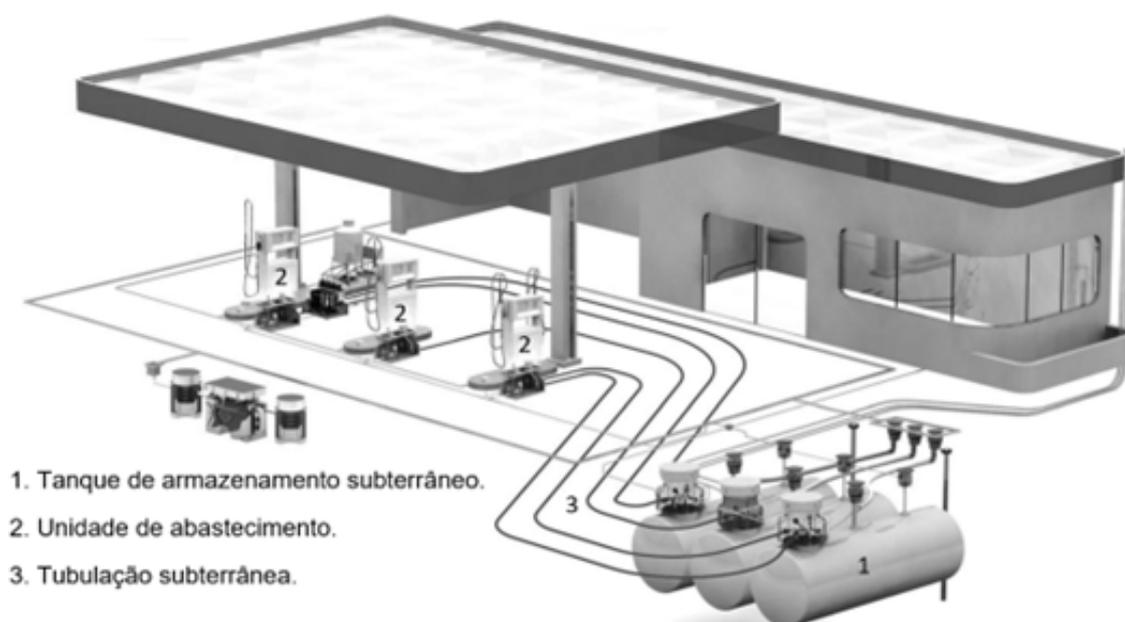
- a) Tipo de combustível e forma de armazenamento
- b) Localização dos tanques e vasos
- c) Quantidade de combustível presente na planta
- d) Características das substâncias armazenadas
- e) Equipamentos em que os combustíveis são utilizados
- f) Linhas (tubulações) que conduzem os combustíveis até os equipamentos
- g) Resíduos líquidos ou gasosos gerados no processo, etc.

A identificação destas informações permite, por exemplo, que seja verificado se os tanques apresentam distâncias adequadas em relação à circunvizinhança; se estão devidamente protegidos por diques de contenção; se existem equipamentos de combate a incêndio nas proximidades; se existem estudos de dispersão de poluentes para situações de emergência. Note que tais conhecimentos irão impactar diretamente na definição de estratégias de combate a incêndio, definição dos locais e distâncias seguras para operadores da planta e brigadistas.

Enfim, repare que tudo nasce, a princípio, de um projeto, mas, a posteriori, o aprofundamento se dá a partir do conhecimento que se tem da planta de processo, de seus equipamentos, dos requisitos normativos para funcionamento, etc.

Vamos a um exemplo cotidiano. Provavelmente você já esteve em um posto revendedor de combustível e fez algumas observações. Lembre-se deste local, sua aparência, seus equipamentos, os profissionais nele atuando, as substâncias presentes, o fluxo de veículos, a entrada e saída de caminhões-tanques, etc. Provavelmente você sempre soube que este local apresenta algum tipo de perigo e que, em lugares assim, alguns cuidados são muito importantes. Mas agora, vamos analisar mais tecnicamente esse ambiente e seus equipamentos (Figura 31), em especial sob o ponto de vista do seu principal risco: incêndio e explosão.

**Figura 31 – Posto revendedor de combustíveis e seus equipamentos de armazenamento e transferência de fluidos**



**Fonte: ABIEPS (2012). Adaptada.**

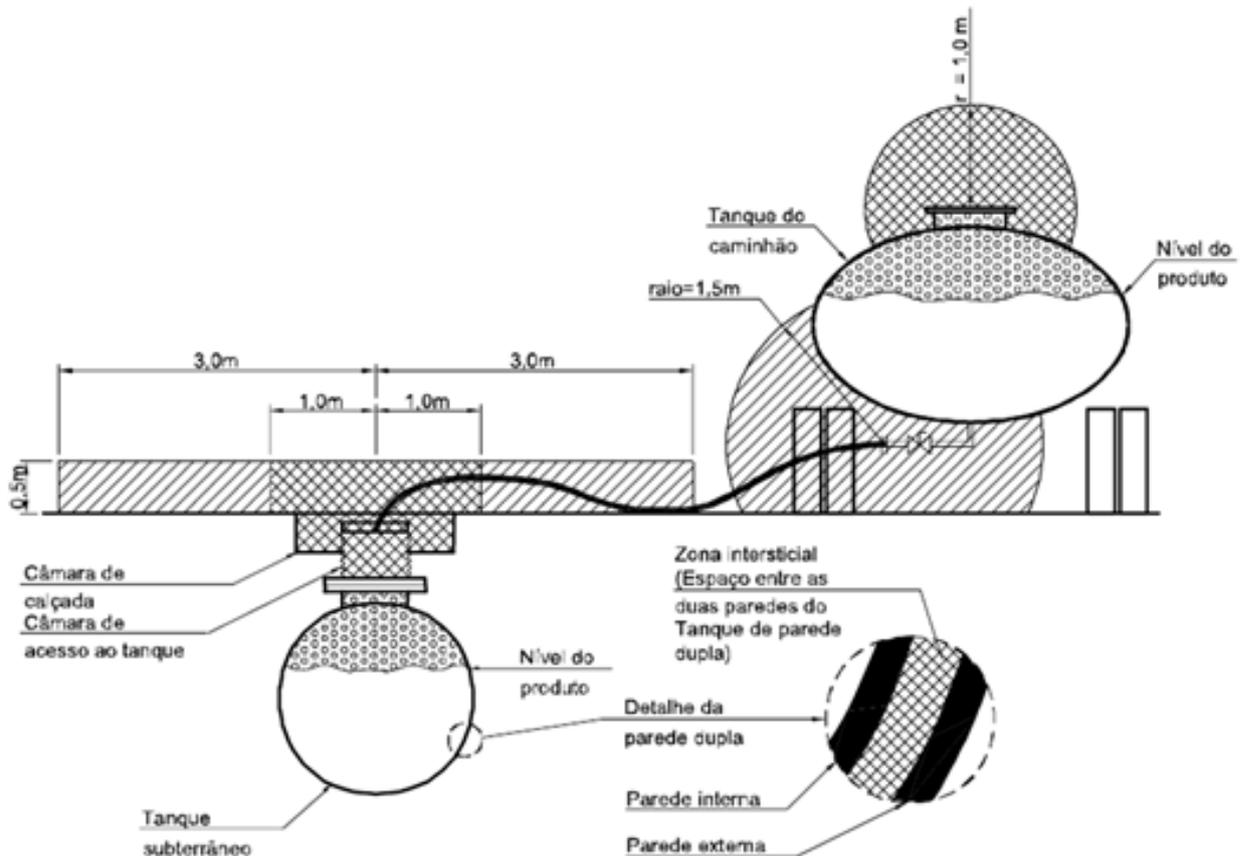
Neste tipo de planta, por armazenar e distribuir combustível líquido, surgem regiões/locais conhecidos como áreas classificadas. Segundo Ministério do Trabalho e Previdência (2019, p. 11), área classificada é um “local com potencialidade de ocorrência de atmosfera explosiva”, ou seja, locais onde exista probabilidade dos vapores combustíveis formarem uma mistura ideal - entre o LII e o LSI.

Agora, analise atentamente a Figura 32, observe o tanque de armazenamento subterrâneo, as tubulações e o caminhão-tanque; veja em cada um deles existe uma área classificada. Quanto ao tanque subterrâneo, utilizando-o como exemplo, note que tanto internamente quanto externamente existem áreas classificadas. O mesmo acontece com o caminhão-tanque, inclusive no momento em que está realizando a transferên-

cia do líquido combustível para o tanque subterrâneo.

Agora, pense no seguinte cenário: e se uma fonte de ignição entrasse em contato com a mistura inflamável na área classificada, o que poderia ocorrer? A resposta a esta pergunta é relativamente simples: existe uma grande probabilidade de termos uma ignição, seja na forma de incêndio ou explosão.

**Figura 32 – Formação de áreas classificadas em torno de um tanque subterrâneo e de um caminhão-tanque durante a transferência de fluido**



Fonte: ABNT (2014). Adaptada.

Ainda quanto a Figura 32, note que as áreas classificadas são divididas em zonas, sendo chamada de Zona 0, aquela onde a atmosfera explosiva está sempre presente; Zona 1, em que a atmosfera explosiva está frequentemente presente; Zona 2, em que a atmosfera explosiva está acidentalmente presente (ABNT, 2014). Esse conhecimento sobre áreas classificadas é válido para diversas plantas industriais, pois, praticamente todas, utilizam combustíveis líquidos e gasosos em seus processos. Diante o exposto, ao atuar numa planta industrial, segue algumas recomendações:

a) Descubra onde estão localizados os tanques e vasos armazenadores de com-

bustíveis, bem como as linhas que os interligam a outros equipamentos.

b) Veja se existe um projeto indicando as áreas classificadas, caso não exista, informe à gerência operacional, solicite um projeto.

c) Sinalize – ou até isole – a área classificada para que pessoas inadvertidas não permaneçam próxima deste local.

d) Estabeleça medidas de prevenção, proteção e precaução.

e) Não permita a execução de trabalho a quente sem uma Análise de Riscos, realizada com a participação de profissionais de segurança do trabalho.

f) Inspeccione os sistemas de combate a incêndios, solicite inspeções e manutenções periódicas a profissionais habilitados.

g) Veja quais são os treinamentos necessários para que a equipe possa atuar nesse tipo de empreendimento.

h) Conheça os procedimentos de segurança da unidade.

i) Estude o processo, certamente você irá encontrar outras providências a serem tomadas para garantir a segurança da instalação.

A prevenção de acidentes maiores nasce na concepção do projeto, mas, talvez você comece a trabalhar numa planta que já esteja em operação. Assim, siga meu conselho, conheça os projetos existentes e os fluxogramas, conheça os equipamentos e estabeleça muitos diálogos com outros profissionais. Participe das diversas inspeções de segurança e análises de chão de fábrica, mas essencialmente, mantenha-se motivado a proteger pessoas, o meio ambiente e o patrimônio. Assim é que se inicia a prevenção de acidentes maiores, ou seja, assim se inicia a segurança de processos, que você está aprendendo.

Mas, talvez você esteja se perguntando: porque, mesmo diante de tantos perigos, os acidentes maiores não constituem uma regra? Bem, por hora é importante que você saiba que nos processos não industriais existe somente uma barreira (proteção) de segurança para evitar acidentes ampliados. De fato, existem vários equipamentos,

procedimentos, dispositivos, boas práticas, dentre outros, que visam barrar o evento indesejável. Assim, quando um acidente ocorre, significa que houve falha em mais de uma barreira. Para saber mais sobre essas barreiras, recomendo a leitura do livro do Professor Moraes (2009), em especial o seu capítulo dedicado à Teoria da Vulnerabilidade.

## Saiba mais!

### Importância dos produtos Ex na prevenção de explosões em unidades agrícolas

Diante da possibilidade de incêndios e explosões em silos, Zanata (2020) coloca que:

As instalações industriais que processam os grãos também apresentam elevado risco de explosões por causa de substâncias inflamáveis presentes nos vapores dos produtos fabricados. Há ainda grande presença de poeira de grãos em muitas etapas do processo, como em tombadores hidráulicos, moegas, transportadores helicoidais, armazéns horizontais e silos. Uma das fontes de ignição dessas explosões são os atritos de partes mecânica móveis ou por equipamentos elétricos como motores, contadores, chaves liga/desliga e por partes eletrônicas de transmissores e sensores, por exemplo. Há muitas medidas de prevenir as explosões, uma delas é a utilização de produtos elétricos com proteção Ex, isto é, itens dedicados para locais com potencial risco de explosões. Os produtos Ex devem ser certificados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) (ZANATA, 2020).

Equipamentos Ex. referidos no texto são equipamentos tradicionalmente conhecidos como “a prova de explosão”, por isso a sigla Ex. Estes equipamentos são produzidos para serem utilizados em áreas classificadas, justamente para não desencadear um incêndio ou explosão. Desse modo, diversos processos produtivos utilizam equipamentos Ex, seja por exemplo, luminárias, caixas de passagem, motores elétricos, rádios de comunicação, dentre outros. Considerando a Figura 33, veja que existem vários tipos de equipamentos Ex.

**Figura 33 – Classificação de equipamentos Ex segundo o tipo de proteção**

Tipo de proteção	Simbologia
Equipamento à Prova de Explosão	Ex d
Equipamento Pressurizado	Ex p
Equipamento Imerso em Óleo	Ex o
Equipamento Imerso em Areia	Ex q
Equipamento Imerso em Resina	Ex m
Equipamento de Segurança Aumentada	Ex e
Equipamento Não Acendível	Ex n
Equipamento Hermético	Ex h
Equipamento de Segurança Intrínseca	Ex i
Equipamento Especial	Ex s

Fonte: Mantecon (2010)

Figura 34 - Plaqueta Ex



Fonte: NN (2020). Adaptada.

## Atenção!

Os equipamentos do tipo Ex, sejam motores, rádios, turbinas, etc., recebem uma plaqueta (Figura 34) indicando o tipo de proteção que oferecem. Para saber mais, sobre classificação de área, consulte Mantecon (2010).



# 7. ESTUDOS DE MAGNITUDE:

definindo o tamanho do problema

Quando se tem a necessidade de realizar Análises de Riscos, é muito comum que o iniciante não tenha clareza do que seja risco ou perigo. Assim, antes de prosseguir, é importante realizar uma abordagem conceitual. Embora muitas vezes risco seja utilizado como sinônimo de perigo, tem-se que o perigo é um tipo de situação, força, matéria, substância, energia, dentre outros, que existe, mas que não necessariamente atinge pessoas. Quando você observa por exemplo um poste contendo cabos elétricos de alta tensão tem-se ali um perigo, mas, note que a probabilidade de você o tocar, em função da altura do cabo, é bem remota.

Outro exemplo é a gasolina. Trata-se de uma substância perigosa, pois possui baixíssimo PF (- 42 °C), contudo, caso ela esteja devidamente confinada, protegida, monitorada, as chances de ela vir a queimar acidentalmente poderá ser considerada relativamente baixa, o que não significa que ela não seja perigosa.

Diante do exposto, tem-se aqui a intenção de demonstrar através destes dois exemplos – eletricidade e gasolina – que tanto uma quanto a outra representam perigo, contudo, se estiverem devidamente sob controle, podem oferecer um risco baixo, podendo até, talvez, ser considerado aceitável dentro do processo. Para a definição de risco aceitável, outras teorias e técnicas precisariam ser apresentadas, mas, por hora, para atingir os objetivos deste livro, manteremos nosso foco na distinção entre perigo e risco. Segundo CETESB (2011), tem-se que:

**Perigo:** uma ou mais condições físicas ou químicas com potencial para causar danos às pessoas, à propriedade e ao meio ambiente. **Risco:** medida de danos à vida humana, resultante da combinação entre frequência de ocorrência de um ou mais cenários acidentais e a magnitude dos efeitos físicos associados a esses cenários (CETESB, 2011, p. 6, grifo nosso)

Diante dos conceitos apresentados, note que o risco decorre da existência de um perigo e de sua probabilidade de ocorrência. Assim, consideramos que para o leitor já seja possível perceber que tal probabilidade será cada vez menor à medida que mais e mais ações de prevenção forem sendo adotadas. Daí a importância do avanço dos estudos na área da Engenharia de Segurança Contra Incêndio que está sendo pouco a pouco apresentada, juntamente com a segurança de processos.

Contudo, como dito em momento anterior, a humanidade já lida com o fogo há

muito tempo, assim, importantes organizações e pesquisadores de diversos países, em especial os desenvolvidos, têm se dedicado a compreender esse fenômeno com vistas a evitar os acidentes ampliados.

Nesse sentido, não somente organizações e pesquisadores têm evoluído sobre o tema, mas também a própria legislação e regulamentação construídas por órgãos governamentais, tal como – no Brasil – Ministério do Trabalho e Previdência, IBAMA, CETESB, dentre outros. Assim, como tem sido mostrado, considerando que acidentes maiores frequentemente nascem nos ambientes ocupacionais, o Ministério do Trabalho e Previdência define que:

A organização deve selecionar as ferramentas e técnicas de **avaliação de riscos** que sejam adequadas ao risco ou circunstância em avaliação. A graduação da severidade das lesões ou agravos à saúde deve levar em conta a **magnitude da consequência** e o número de trabalhadores possivelmente afetados. A magnitude deve levar em conta as consequências de ocorrência de **acidentes ampliados** (MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA, 2020, p.5, grifo nosso).

No que se refere ao ambiente externo, segundo o CONAMA (1986), um estudo de impacto ambiental deverá desenvolver no mínimo, as seguintes atividades técnicas:

Análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas, através de identificação, **previsão da magnitude** e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando: os impactos positivos e negativos (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazos, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais. III - Definição das **medidas mitigadoras** dos impactos negativos, entre elas os equipamentos de controle e sistemas de tratamento de despejos, avaliando a eficiência de cada uma delas. IV - Elaboração do programa de **acompanhamento e monitoramento** (os impactos positivos e negativos, indicando os fatores e parâmetros a serem considerados (CONAMA, 1986, p. 638, grifo nosso).

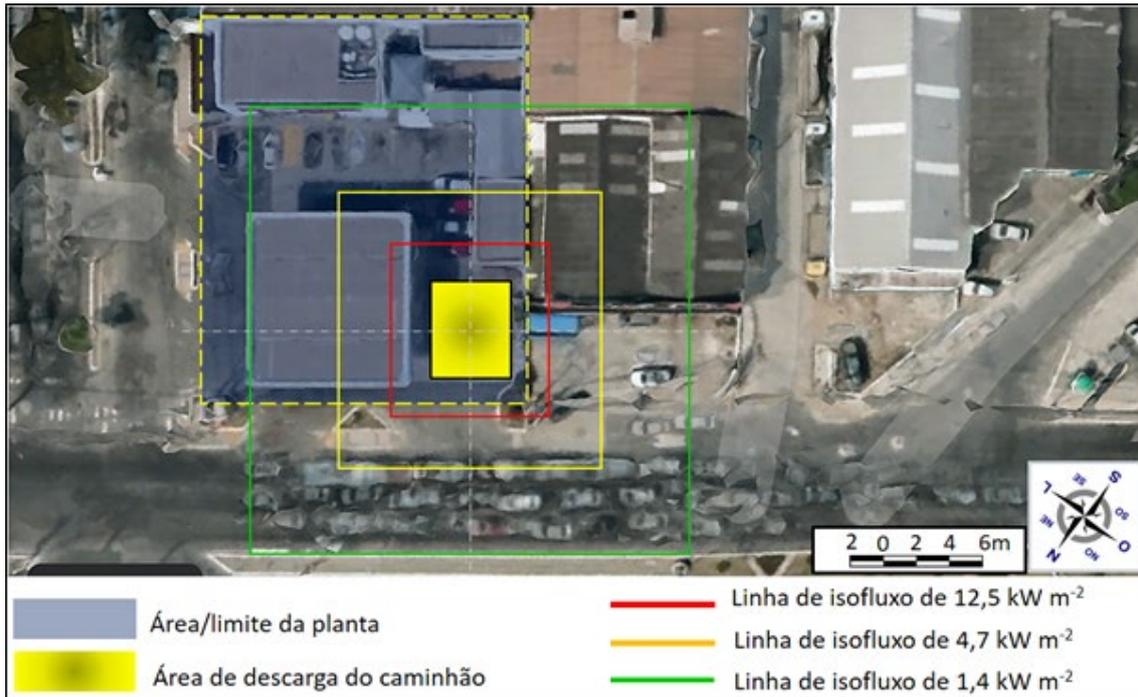
Veja que, tanto para o Ministério do Trabalho e Previdência quanto para o CONAMA, os estudos de magnitude são considerados relevantes. Tais estudos implicam não somente em identificar uma situação de perigo, mas avaliar o risco e definir qual o seu “tamanho”. Caso uma unidade operacional entre em processo de incêndio, quais as áreas que possivelmente serão mais afetadas pelo efeito da fumaça? Quais os equipamentos e ou locais na circunvizinhança possivelmente serão atingidos pelos efeitos térmicos dos incêndios de modo a ameaçarem pessoas?

Vários caminhos técnicos-metodológicos, em especial na área das engenharias, estão sendo construídos. Cetesb (2011), por exemplo, aponta que:

**Os acidentes industriais ocorridos nos últimos anos, em particular na década de 80, contribuíram de forma significativa para despertar a atenção das autoridades governamentais, da indústria e da sociedade como um todo no sentido de buscar mecanismos para a prevenção desses episódios que comprometem a segurança das pessoas e a qualidade do meio ambiente.** Assim, as técnicas e métodos já amplamente utilizados nas indústrias bélica, aeronáutica e nuclear passaram a ser adaptados para a realização de estudos de análise e avaliação do risco associado a outras atividades industriais, em especial nas áreas de petróleo, química e petroquímica. [...] os Estudos de Análise de Risco passaram a ser requeridos pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) para determinados tipos de empreendimentos, de forma que, além dos aspectos relacionados aos impactos ambientais e à poluição crônica, também **a prevenção de acidentes maiores fosse contemplada no processo de licenciamento** (CETESB, 2011, p.2, grifo nosso).

Assim, considerando que a CETESB é uma organização de grande renome no Brasil e que suas normas acabam por constituir um forte referencial metodológico para muitos pesquisadores, diversos trabalhos têm sido desenvolvidos para estabelecer, por exemplo, as magnitudes dos riscos. D'Ávila (2021), por exemplo, ao estabelecer as linhas de isofluxo ou iso-risco em um posto revendedor de combustíveis, identificou que as radiações térmicas emitidas por um possível incêndio na área de abastecimento dos tanques subterrâneos seriam capazes de ultrapassar os limites do estabelecimento e oferecer riscos para circunvizinhança – Figura 35.

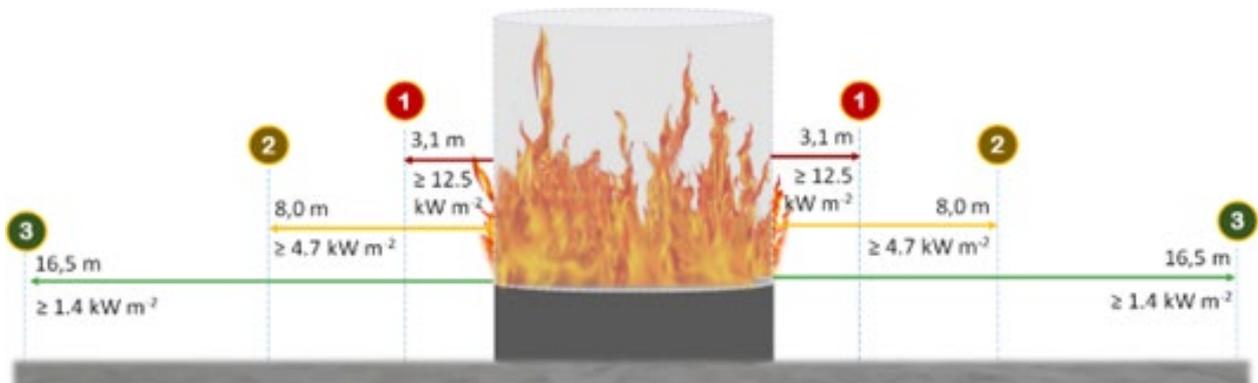
Figura 35 – Linhas de isofluxo ou isso-risco geradas pela queima de gasolina



Fonte: D'Ávila (2021)

Nesse mesmo caminho, D'Ávila, Matos e Campos (2022) descreveram um procedimento de modelagem matemática para definição das linhas de fluxo térmico de incêndios. Procuraram fazer isso de forma didática, para que tal metodologia pudesse ser utilizada em outros estudos, afim de facilitar uma aproximação com tema em questão. Assim, por exemplo, utilizaram como cenário hipotético um incêndio em tanque com 10 m de diâmetro, contendo gasolina. Nesse caso, para as condições realizadas no estudo, obtiveram as distâncias nas quais os fluxos térmicos atingiam 1,4 kW m<sup>-2</sup>, 4,7 kW m<sup>-2</sup> e 12,5 kW m<sup>-2</sup> – Figura 36.

Figura 36 – Linhas de isofluxo térmico estabelecidas em torno de um tanque contendo gasolina em chamas



Fonte: D'Ávila, Matos e Campos (2022)

É importante notar que, nos dois exemplos citados – incêndio em local de descarga de caminhão-tanque e incêndio em tanque, a determinação das linhas iso-fluxo, ou iso-risco, são apontadas como fundamentais para que seja possível gerenciar os riscos de incêndio numa planta, bem como perceber sua interação com as áreas circunvizinhas. A definição das linhas de iso-risco não são uma regra, assim, por exemplo, nos dois trabalhos citados, os próprios autores definiram os limites de fluxo térmico – magnitude – que consideraram mais relevantes. Estes autores fizeram tais escolhas considerando que:

Segundo National Fire Protection Association (2002), por exemplo, fluxos de  $12,5 \text{ kW m}^{-2}$  possuem energia suficiente para produzir fusão de materiais plásticos, bem como podem produzir queimaduras de primeiro grau após 10 s de exposição. Zárate, Arnaldos e Casal (2008) apontam que fluxos térmicos de  $4,7 \text{ kW m}^{-2}$  são capazes de produzir sensação de dor para exposições de 15 s a 20 s e que fluxos de  $1,4 \text{ kW m}^{-2}$  são inofensivos para pessoas sem qualquer proteção (D'ÁVILA; MATOS; CAMPOS, 2022, p. 22).

Estudos de magnitude, cada vez mais, têm se tornado importantes no estabelecimento de parâmetros para proteger pessoas, o meio ambiente e o patrimônio. Tanto D'Ávila (2021), quanto D'Ávila, Matos e Campos (2022) demonstram que os estudos de fluxos térmicos permitem perceber em que medida problemas na planta de processo podem afetar a circunvizinhança, afetar equipamentos e estruturas internas e externas à planta.

Assim, além da importância dos estudos de magnitude para a definição dos procedimentos de engenharia, tais como apontar os afastamentos de estruturas, alteração do layout da planta ainda na fase de projeto, ou ainda, definir as barreiras e sistemas necessários para proteger as estruturas mais vulneráveis, tais estudos se estabelecem como importantes ferramentas para os órgãos planejadores do uso e ocupação do território. Segundo Santos (2004),

**Uso e ocupação das terras é um tema básico para o planejamento ambiental**, porque retrata as atividades humanas que podem significar pressão e impacto sobre os elementos naturais. **É uma ponte essencial para análise de fontes de poluição** e um elo importante de ligação entre as informações dos meios biofísico e socioeconômico (SANTOS, 2004. p. 97, grifo nosso).

É imprescindível que a interpretação da dinâmica demográfica e das condições de vida da população esteja atrelada aos fenômenos relativos à produção, à distribuição e ao consumo de bens. **Dessa forma, devem ser identificadas as atividades econômicas e seu arranjo no território**. Da mesma maneira deve

ser enfatizada a polarização, bem como os fluxos da produção e dos trabalhadores [...]. Em planejamento ambiental esta compreensão é importante, **tanto em sítio urbano quando em rural**, porque conduz à elaboração de alternativas de ação sob diferentes contextos, sempre tendo em vista a proteção do potencial econômico da terra ou do próprio sistema de produção (SANTOS, 2004. p. 103, grifo nosso).

Enfim, diante de um ambiente tão complexo, tanto interno quanto externo às fábricas, bem como considerando a complexidade dos impactos negativos possíveis de serem deflagrados sobre a circunvizinhança das plantas industriais, não há espaço para dicotomias entre as diversas áreas do conhecimento. Tem-se aqui uma situação em que as engenharias, as geociências, as ciências humanas e sociais, dentre tantas outras ciências ambientais, precisam ser colaborativas, cada uma a seu modo, e contribuir para que os órgãos governamentais tenham disponíveis todas as ferramentas, metodologias e técnicas necessárias à gestão do território.

Veja que, para construir sua percepção, foi sendo pouco a pouco dito que para evitar acidentes ampliados, é importante que as ações preventivas nasçam a partir de um projeto. Agora, acho que fica evidente que o projeto a que nos referimos não é somente o projeto da fábrica, do seu layout e seus dispositivos, trata-se de um projeto bem maior, que deve ser de longe superior às decisões corporativas, trata-se aqui de um planejamento territorial que tenha como missão e/ou visão a proteção dos indivíduos, seus patrimônios, suas relações sociais, econômicas e culturais.



# **8. PREVENÇÃO DE DESASTRES TECNOLÓGICOS: responsabilidades e estratégias**

Considerando que os acidentes ampliados constituem uma realidade que precisa ser cuidadosamente evitada, ao longo do tempo foram sendo construídos vários manuais, normas, convenções que tratam sobre o tema; assim, a prevenção destes desastres não segue um caminho único. Contudo, diversas leituras nos permitem fazer algumas escolhas e apontamentos e, desse modo, considera-se muito assertiva fazer uma escolha que tenha como fundamento algumas orientações produzidas diretamente para serem aplicadas no território brasileiro. Nesse aspecto, Brasil (2003) estabelece importante ponto de partida ao definir que

**As autoridades competentes devem tomar providências para que novas instalações de risco maior estejam devidamente afastadas das pessoas que vivem ou trabalham na vizinhança.** Essas providências devem levar plenamente em conta tanto a relativa probabilidade de acidente maior com suas consequências, levando em consideração todos os fatores especiais locais. Devem, além disso, **fazer com que essas providências evitem a implantação de projetos habitacionais perto de instalações de risco maior**, especialmente quando esses projetos de construção envolverem significativos número de pessoas (FUNDACENTRO, 2002, p.79, grifo nosso).

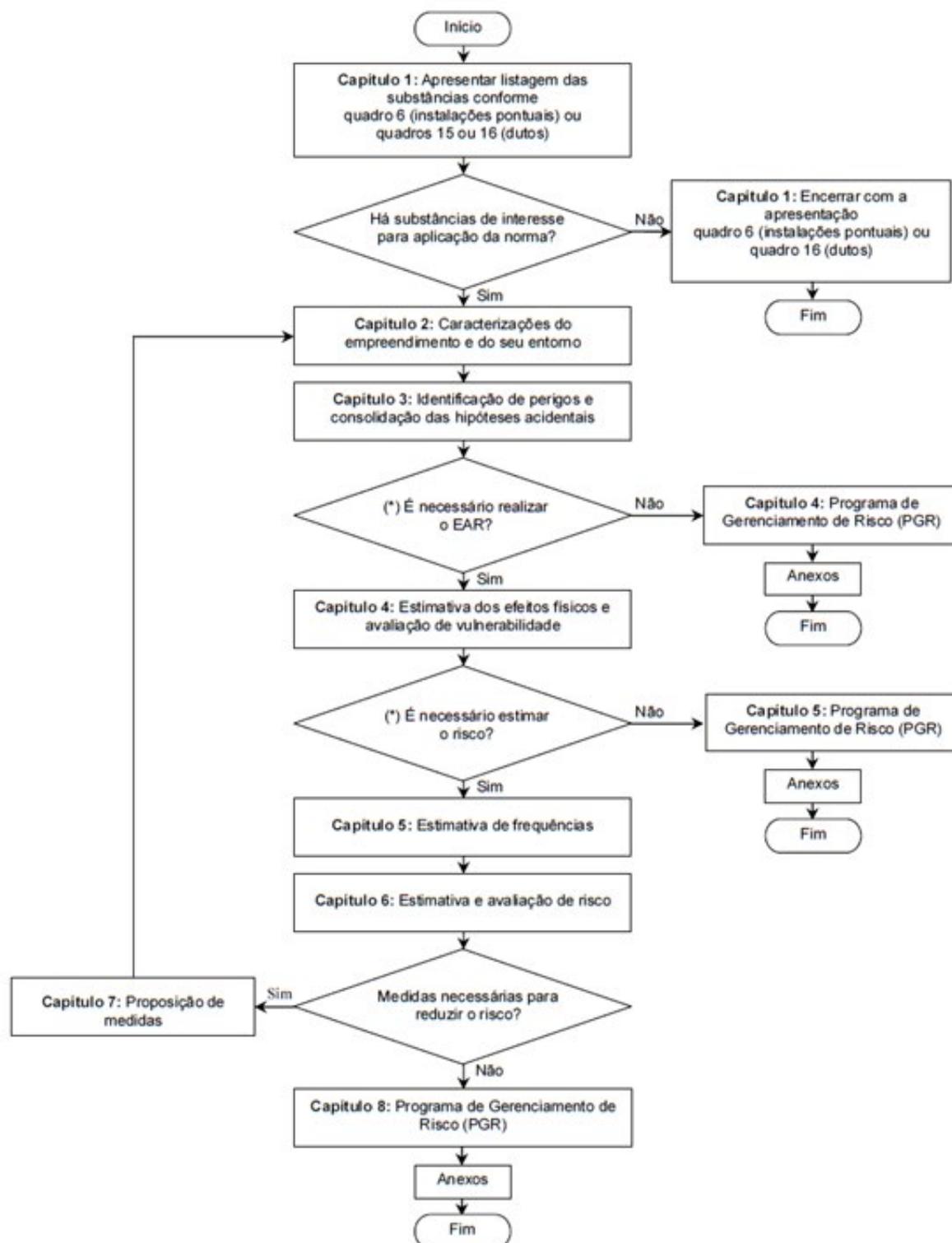
Nesse caminho, reconhecidamente é muito útil tomar a metodologia elaborada pela CESTESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – como um exemplo/referencial muito assertivo quanto ao posicionamento do Estado na prevenção de acidentes ampliados.

Através da Norma P4. 261 que trata da Risco de Acidente de Origem Tecnológica - Método para decisão e termos de referência, essa instituição estabelece critérios para instalação de empreendimentos de risco maior no Estado de São Paulo. Assim, por exemplo, os fluxogramas – Figuras 37 e 38 – mostram todo o caminho a ser percorrido para licenciar as instalações, o que envolve a caracterização do empreendimento e seu entorno, a identificação dos perigos, as estimativas dos efeitos físicos – estudos de magnitude – dentre outros.

Nessa sistemática, uma série de avaliações/estudos vão sendo realizados, revistos e reajustados até que o risco deixe de ser intolerável e passe a ser tolerável, o que não exclui a responsabilidade de adoção de outras medidas de controle durante o funcionamento do empreendimento. De modo mais amplo, nota-se que existe uma preocupação já desde a implantação do projeto, e não somente após o seu funcionamento.

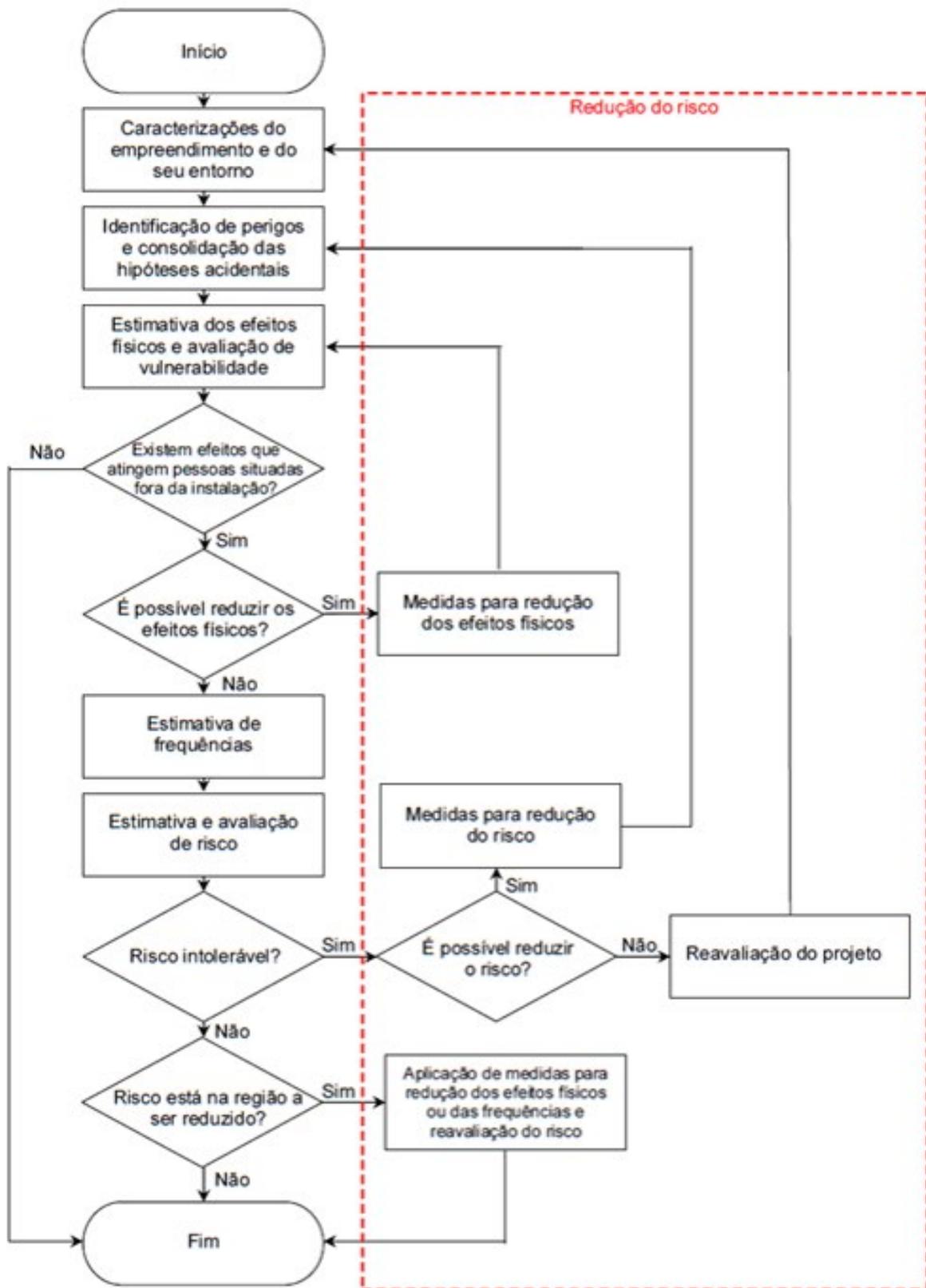
Estudos voltados para a caracterização do empreendimento e de seu entorno estabelecem um tom que permite inferir a existência de um planejamento maior, que se propõe a pensar o território, e não somente a fábrica.

Figura 37 - Sequência de capítulos que compõem o documento a ser apresentados no processo de licenciamento ambiental



Fonte: CETESB (2011)

Figura 38 - Orientação para a elaboração de um Estudo de Análise de Risco (EAR) para empreendimentos pontuais



Fonte: CETESB (2011)

Ao analisar os dois fluxogramas, nota-se que diversas etapas incluem a elabo-

ração de um Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR), mesmo em situações em que não seja necessário realizar um Estudo de Análise de Risco (EAR). Quanto ao PGR, CETESB (2011) esclarece que

**O objetivo do Programa de Gerenciamento de Risco (PGR) é** prover uma sistemática voltada para o estabelecimento de requisitos contendo orientações gerais de gestão, com vistas à **prevenção de acidentes**. O PGR deve refletir a realidade do empreendimento no tocante às suas características e condições operacionais e às ações pertinentes a cada um dos itens do PGR, tais como, procedimentos e sistemática para realização das tarefas. [...] de forma **a abranger, passo a passo, todas as ações a serem seguidas pelos técnicos envolvidos com o empreendimento, de forma que este seja operado e mantido ao longo de sua vida útil dentro de padrões toleráveis de risco**. Para tanto, as diretrizes apresentadas neste item não esgotam a necessidade de orientações adicionais, em decorrência da complexidade do empreendimento (CETESB; 2011, p. 66, grifo nosso).

Uma vez que as instalações entrem em funcionamento, algumas regras precisam ser respeitadas, neste sentido, quanto à operação das instalações de risco maior, FUNDACENTRO (2002) aponta que:

**A segurança operacional de uma instalação de risco maior é responsabilidade da gerência operacional.** A gerência operacional deve assegurar que o funcionamento da instalação de risco maior nunca extrapole as limitações de seu projeto. A gerência operacional **deve levar em conta todos os riscos identificados na análise de risco, juntamente com as medidas de controle técnico e organizacional**. As medidas utilizadas para prevenção de riscos devem incluir: Projeto de componentes. Fabricação de componentes. Controle de processo. sistemas de segurança. Monitorização. Gestão de mudanças. Inspeção manutenção e reparos. Formação de trabalhadores. Supervisão. Controle de trabalhos de terceiros (FUNDACENTRO, 2002, p. 53, grifo nosso).

Diante das recomendações de Fundacentro (2002), alguns comentários poderiam até serem importantes, contudo, nesse momento, consideramos que para o aprendizado da área de prevenção de acidentes maiores, é muito assertivo entender que as normas, regulamentos e procedimentos operacionais falam por si mesmos. Estas são algumas das características marcantes da área operacional/industrial.

Tal postura não quer dizer que os procedimentos não possam ser melhorados – na verdade eles devem – mas o princípio aqui colocado consiste em reconhecer que os regulamentos existentes foram construídos colaborativamente ao longo de décadas. Nesse aspecto, ao invés de discutir, prefere-se aqui apenas destacar alguns pontos, para que o professor possa discuti-los em momento que julgar oportuno.

## 1. Projeto de componentes

Todo componente de uma instalação de risco maior, como reatores, tanques de estocagem, bombas, e assim por diante, deve ser projetado para suportar todas as condições de operação especificadas (FUNDACENTRO, 2002, p. 54).

## 2. Fabricação de componentes

A gerência operacional ou fornecedor de tecnologia deve assegurar que a fabricação de componentes importantes para segurança da instalação seja feita com medidas de garantia de qualidade adequadas (FUNDACENTRO, 2002, p. 54).

## 3. Controle de processo.

Para manter a instalação em segurança, nas condições de projeto, a gerência operacional deve criar um sistema de controle adequado. Esse sistema de controle, quando for o caso, deve fazer uso de elementos como: controle manual das operações, controle automático das operações, sistemas de paradas automática, sistemas de segurança e sistemas de alarme (FUNDACENTRO, 2002, p. 55).

## 4. sistemas de segurança

Todas as instalações de risco devem ser equipadas pela gerência operacional com sistemas de segurança, na medida e na necessidade dos possíveis riscos presentes na instalação. Para evitar anormalidades no funcionamento, a gerência operacional, quando for o caso, deve dotar a instalação de risco de: a) sensores e reguladores de temperatura, pressão e vazão, e de acionamento de mecanismos, tais como de resfriamento de emergência, etc. b) sistemas de redução de pressão, como, válvulas de segurança ou, diafragmas de segurança, os quais onde necessário, devem estar conectados a um sistema “*blow-down*”, exaustores (FUNDACENTRO, 2002, p. 56).

Além dos sistemas de segurança que ajudam a manter a instalação em condições seguras, a gerência operacional deve tomar providências para limitar as consequências de um acidente. Essas medidas podem incluir: a) sistema de neblina (para refrescar tanques ou extinguir incêndio), b) sistemas de dispersão de vapores; c) bacias e tanques de contenção; d) sistemas geradores de espuma; e) sistemas ativados por detectores (FUNDACENTRO, 2002, p. 56).

## 5. Monitorização

Para assegurar a segurança de uma instalação de risco maior, a gerência operacional deve preparar um programa de monitoramento de todos os componentes e sistemas relacionados com a segurança. Um programa de monitoramento deve incluir tarefas como: a) verificação de condições de operação relacionadas com a segurança tanto na sala de controle como nas demais seções da instalação, b) verificação dos componentes da instalação relacionados com a segurança; c) monitoramento de utilidades relacionadas com a segurança (eletricidade, vapor,

líquido de refrigeração, ar comprimido, etc.), d) monitoramento da corrosão dos componentes críticos (FUNDACENTRO, 2002, p. 58).

## 6. Gestão de mudanças

Toda mudança de tecnologia, operação e equipamento que exceda os limites do projeto atual está sujeita à mesma revisão que a realizada em novas instalações. Antes de autorizar uma mudança, a direção de operação deve completar a documentação da mudança proposta, com a inclusão dos: efeitos sobre a segurança; efeitos sobre o equipamento e os procedimentos de funcionamento (FUNDACENTRO, 2002, p. 59).

## 7. Inspeção manutenção e reparos

A gerência operacional, com a colaboração de trabalhadores familiarizados com a instalação, elaborará um plano de inspeção, manutenção e reparos da instalação de risco maior. Um plano de inspeção da instalação deve incluir cronograma, equipamento e procedimentos a serem adotados durante o trabalho de inspeção (FUNDACENTRO, 2002, p. 58).

Na execução de reparos, rigorosos procedimentos devem ser estabelecidos para realizar quaisquer tarefas que envolvam o trabalho a quente, abertura de vasos ou de tubulações normalmente fechados, ou trabalho que possa comprometer o sistema de segurança ou que volva qualquer mudança na qualidade do projeto ou do componente. Esses procedimentos devem observar as qualificações profissionais, exigência de qualidade para o trabalho a ser feito e a necessária supervisão das tarefas de reparo (FUNDACENTRO, 2002, p. 59).

## 8. Formação de trabalhadores

As diretrizes principais de segurança numa instalação de risco maior deve levar em consideração que o fator humano é fundamental para a segurança da instalação. Por conseguinte, a gerência operacional deve treinar adequadamente os trabalhadores em matéria de operação da instalação de risco maior. Para novas instalações, esse treinamento deve ser refeito antes do início das operações. A gerência operacional deve proporcionar os meios necessários para essa formação (FUNDACENTRO, 2002, p. 59).

## 9. Supervisão

A gerência operacional deve providenciar adequada supervisão de todas as atividades desenvolvidas numa instalação de riscos maior. Os supervisores devem ter a necessária autoridade, competência e treinamento para exercerem devidamente seu papel (FUNDACENTRO, 2002, p. 60).

## 10. Controle de trabalhos de terceiros

Atenção especial deve ser dada ao trabalho executado por terceiros ou trabalhadores temporários. A gerência operacional deve zelar para que o trabalho

executado por terceirizados ou trabalhadores temporários satisfaça a todas as disposições mencionadas neste capítulo, quando for o caso (FUNDACENTRO, 2003, p. 60).

Note que, embora saibamos o poder de comando ou influência que podem permear a organização, seja por parte de forças externas ligadas à acionistas majoritários, ou internas, tais como as provenientes de outras gerências, numa planta de processo a responsabilidade maior está nas mãos da gerência operacional. Numa planta industrial, tudo gira em torno do processo. As áreas administrativas, de gestão ambiental, qualidade, manutenção, segurança ocupacional, logística, dentre tantas outras organizam-se em torno da gerência operacional, dando a ela condições de operar de modo adequado, rentável, competitivo e – nos moldes atuais – sobretudo, seguro, em todos os aspectos.



# 9. SISTEMAS DE GESTÃO INTEGRADOS: caminhos assertivos e lacunas do sistema



Considerando o diagrama proposto por Seiffert (2010), para implantação de um Sistema de Gestão, preferencialmente integrados, diversas etapas são importantes. Para fins didáticos, enumeramos alguns pontos para realizar nossas orientações.

**1. Identificação de aspectos e perigos e requisitos legais.** Essa etapa deve ser iniciada preferencialmente na fase de projeto, em especial ainda na fase de definição da localização geográfica da planta. Nesta etapa devem participar profissionais/especialistas de diversas áreas, tanto das Ciências Humanas quanto das Ciências Exatas e da Terra. A combinação das diversas áreas do saber, e suas respectivas metodologias, é que irá possibilitar um adequado levantamento dos requisitos legais e dos perigos do processo produtivo.

**2. Avaliação de impactos ambientais e riscos de SSO (Segurança e Saúde Ocupacional) significativos.** Esta etapa reflete os resultados e aprofundamento da primeira. Está diretamente ligada ao próprio licenciamento ambiental da atividade a ser implantada. Assim, continua sendo requerido o parecer de especialistas de diversas áreas, haja vista, por exemplo, que os impactos de um processo produtivo sobre o ambiente, seja interno ou externo, pode ser de natureza diversa. Impactos sobre os recursos hídricos, fauna, flora, atmosfera, bem como sobre os aspectos relacionados às humanidades, no que se refere ao patrimônio histórico, cultural, dentre outros aspectos imateriais, também precisam ser identificados, analisados e considerados na tomada de decisão. Nesta etapa, por exemplo, estão inseridos os estudos de magnitude, citados neste livro.

**3. Opções de gerenciamento.** Diante dos riscos e impactos identificados, a organização precisará desenvolver metodologias para gerenciar estes riscos, de modo que o controle sobre estes não escape e, se escapar, a empresa saiba exatamente o que fazer. Ou seja, serão implantados planos, definidas responsabilidades, dentre outras estratégias. Todas as ações de gerenciamento tendem a criar um caminho a ser percorrido pela gerência operacional, administrativa, de manutenção, etc., de modo a garantir um funcionamento seguro.

**4. Controles operacionais.** Estes controles são algumas das ações empreendidas enquanto opções de gerenciamento. Assim, nesta fase são definidos os controles a serem realizados sobre as tarefas mais críticas, a metodologia para criação, manutenção e registro de procedimentos de trabalho, etc. Tudo isso combinado com os controles de engenharia de processos, através de instrumentos, dispositivos, vigilância operacional, dentre outras possibilidades.

**5. PAE – Plano de Atendimento a Emergência.** Ainda que um conjunto de ações e controles para operação segura da planta tenha sido definido e implantado, falhas de processo, falhas de equipamentos, falhas humanas, etc. poderão criar anormalidades e desencadear um evento acidental, cujos efeitos precisam ser freados ou minimizados. Assim, toda organização precisa desenvolver um PAE, para retomar o controle e impedir que o acidente industrial cause danos mais severos e/ou abrangentes, sejam eles internos ou externos.

É através do PAE que a organização tem documentado os possíveis cenários emergenciais que poderá ter que enfrentar, os recursos materiais e humanos necessários para conter tais cenários, bem como as estratégias de comunicação com órgãos reguladores e com as comunidades circunvizinhas. Tudo isso para tentar evitar, por exemplo, que uma falha no processo evolua para um acidente ampliado.

**6. Objetivos e metas.** Ainda que planta opere dentro dos requisitos legais, nas condições e preocupações atuais, tal como o desempenho financeiro-ambiental e a responsabilidade social, objetivos e metas devem ser traçados para que a organização possa criar e amadurecer sua cultura de gestão, qualidade, segurança ocupacional e proteção ambiental. Neste sentido, para que possam ser verificados e acompanhados, segundo Seiffert (2010), os objetivos precisam ser: específicos, mensuráveis, acordados entre as partes envolvidas, alcançáveis e terem prazos definidos. Assim, nesta fase, é essencial que a organização defina os indicadores que serão utilizados.

**7. Monitoramento e medição.** Uma vez traçados objetivos e metas, estes devem ser, em intervalos regulares, verificados. Para isso, os indicadores anteriormente definidos deverão ser utilizados como parâmetros de controle. Tal verificação, se realizada corretamente, irá conduzir a organização num processo de melhoria contínua, em que o empreendimento, com o passar dos anos, irá adquirir maior expertise na gestão do seu negócio, bem como irá reforçar o compromisso de seus recursos humanos com as diversas questões/situações consideradas relevantes pela organização.

**8. Plano de Gestão Integrados.** Como temos mostrado, existe um consenso entre especialistas da área de gestão de que os diversos sistemas – qualidade, segurança ocupacional, ambiental, responsabilidade social, dentre outros – alcançam melhores resultados quando integrados. Não se trata aqui, por exemplo, de integrar (fundir) o setor de Qualidade ao Setor de Segurança Ocupacional, mas de estabelecer mecanismos de gestão compartilhados. Imagine um setor mal iluminado, note que problemas como este pode interferir na velocidade ou qualidade de uma tarefa, expor trabalhadores a riscos, interferir na qualidade do produto, demonstrar falhas na rotina de manutenção, dentre outros. Agora, imagine 4 auditores – Operacional, Qualidade, Segurança, Manutenção – fazendo suas próprias auditorias em momentos diferentes e, no final, apontando a mesma não conformidade. Perceba que existe aí uma ingerência, uma redundância, ou, no mínimo, uma perda de tempo.

**9. Visão empresarial.** Da mesma forma que a integração de sistemas é consenso, também é consenso de que nada disso funciona se tais estratégias não fizerem parte do pensamento da Alta Direção do empreendimento. Nas mais diversas empresas, é a Alta Direção que estabelece a missão, a visão e os valores. Geralmente, tudo que acontece nas posições hierárquicas inferiores refletem o comando da organização. Infelizmente, o que se tem observado é que quando certos interesses/valores não fazem parte da visão da Alta Direção, dificilmente eles sobrevivem. Muitos documentos poderão até serem produzidos e serem capazes de demonstrar o cumprimento dos requisitos legais e/ou outros requisitos

para as partes interessadas; mas, na atualidade, isso está bem longe de ser um Sistema de Gestão Integrado.

**10. Política.** Quando a organização tem uma visão de que seus sistemas de gestão são importantes – Qualidade, Segurança, Responsabilidade Social, etc. – estejam eles integrados ou não, ela demonstra isso através de uma Política. A Política, que pode ser de Gestão Ambiental, Saúde e Segurança Ocupacional, de Responsabilidade Social, ou ainda, uma Política de Gestão Integrada, é um documento, geralmente objetivo, de poucas páginas, em que a Alta Direção demonstra para as partes interessadas o seu compromisso. Assim, a Política é um documento tornado público pela organização, com o objetivo de alcançar as partes interessadas, tais como, acionistas, colaboradores, consumidores, comunidade circunvizinha, órgãos fiscalizadores, sindicatos, dentre outros.

**11. Partes interessadas e opções estratégicas.** No item anterior foi exemplificado o que constitui as partes interessadas. Tais atores sociais formam um grupo bastante diverso, cujos interesses em maior ou menor nível impactam diretamente as estratégias de negócio da organização. Assim, por exemplo, caso você seja um consumidor atento às tendências de mercado, ao marketing, às mudanças demográficas, ao pensamento ecológico, etc., é muito provável que você tenha notado o reposicionamento de certas organizações quanto a seus valores. Enfim, note, por exemplo, que tanto consumidores quanto órgãos regulamentadores podem levar organizações a redefinirem os alicerces que constituíram o ponto de partida de seus sistemas de gestão, apresentado no item 1.

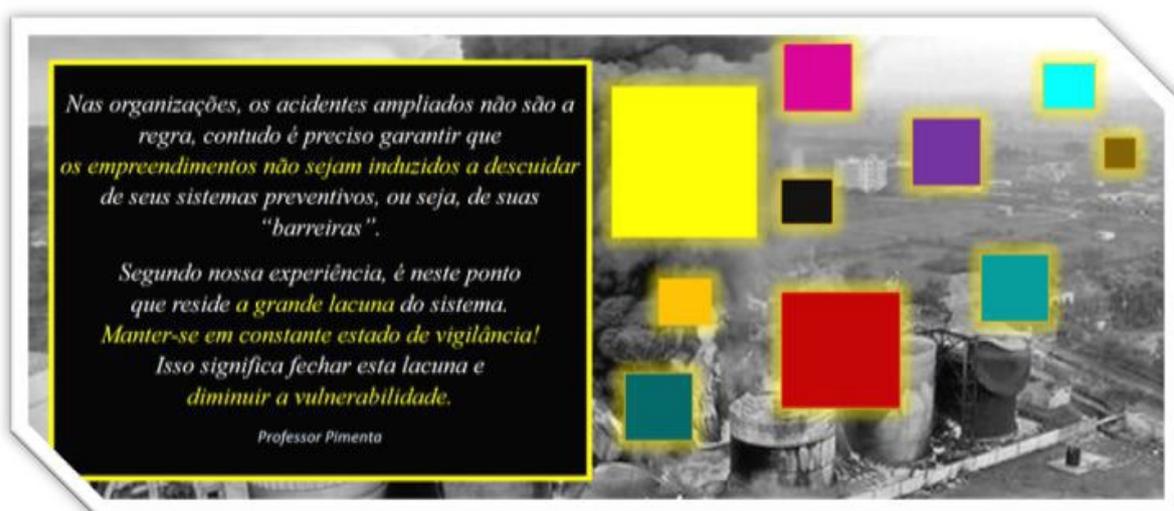
Existem outras interações para além daquelas aqui discutidas, bem como, é importante que você considere que existe uma série de outras situações que não estão descritas no diagrama proposto por Seiffert (2010). Contudo, acreditamos que a análise que foi desenvolvida – através da Figura 39 – irá contribuir para que você compreenda a importância dos Sistemas de Gestão Integrados.

A Gestão Ambiental, especialmente neste início de século XXI, constitui uma área do saber que está em expansão, haja vista as pressões que estão sendo exercidas

pela sociedade sobre as organizações, seus produtos e seus valores corporativos. Neste aspecto, empresas que não se reposicionarem e construírem relações de confiança e credibilidade com seus clientes – a sociedade – poderão enfrentar dificuldades para sobreviver nas próximas décadas.

A sociedade está cada vez mais atenta às posturas adotadas pelas organizações, em especial aquelas onde o discurso verde (DIAS, 2022) é enganoso, tendencioso, sem atitude, sem credibilidade, ou seja, vazio. Ainda mais, quando o discurso vazio fica evidenciado por situações em que as organizações se mostram incapazes de gerir os impactos socioambientais gerados por seus processos. Nesse aspecto, o PAE – Plano de Atendimento a Emergência – se apresenta como uma das peças mais importantes do Sistema de Gestão Ambiental, tanto para proteger o meio ambiente e as comunidades, quanto para proteger a imagem da empresa.

Conforme nos orienta Valle a Lage (2004), a organização deve assumir o compromisso de analisar todas as possibilidades de falhas e definir como irá se posicionar/reagir a cada uma delas. Existem sistemas que, quando falham, provocam impactos tão abrangentes, agressivos e severos, que as marcas deixadas sobre as comunidades e seus territórios são praticamente impossíveis de serem apagadas. É exatamente por esse motivo que dedicamos este livro a apontar alguns caminhos para a Gestão e Redução de Riscos de Desastres Tecnológicos (GR2D-T), em especial, dentro de uma perspectiva da Gestão Ambiental e do Planejamento Territorial.



## REFERÊNCIAS

ABIEPS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE EQUIPAMENTOS PARA POSTOS DE SERVIÇOS. Palestra para os agentes ambientais da FATMA – Fundação do Meio Ambiente Santa Catarina – SC. (2012).

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14639: Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis – Posto revendedor veicular (serviços) e ponto de abastecimento – Instalações elétricas. Rio de Janeiro, 2014.

ANDREFF, W. Multinacionais globais. Tradução Maria Leonor Loureiro. Bauru: EDUSC, 2000.

BARBIERI, J.C.; CAJAZEIRA, J.C. Responsabilidade social empresarial e empresa sustentável: da teoria à prática. 3, ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

BRASIL – MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL (MI). Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC). Manual de desastres humanos: desastres humanos de natureza tecnológica. Brasília: MI, 2003.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 02 set. 1981.

BUCKA. O que é espuma mecânica - combate a Incêndio, dicas de utilização, equipamentos de combate a incêndios. 2017.

CAMPOS, A. T.; CONCEIÇÃO, A.L.S. Manual de segurança contra incêndio e pânico. Proteção passiva. Corpo de Bombeiros Militar d Distrito Federal. Brasília: CBMDF, 2006.

CAPAZ, R.; HORTA NOGUEIRA, L.A. (Orgs). Ciências Ambientais para Engenharia. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY – CCPS. Guidelines for Fire Protection in Chemical Petrochemical, and Hydrocarbon Processing Facilities. New York (NY): American Institute for Chemical Engineers, 2003.

CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY – CCPS. Process Safety Beacon. BLEVE: Mensagens para pessoal operacional. New York (NY): American Institute for Chemical Engineers, 2009.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Risco de Acidente de Origem Tecnológica - Método para decisão e termos de referência. São Paulo: CETESB, 2011.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Incêndio em tanque de etanol no município de Paraíso. São Paulo: CETESB, 2016.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (BRASIL). Resolução Nº 001: critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília, 1986.

COSTA, D.S.O. Avaliação do desempenho do processo de desidratação do gás natural de uma unidade offshore com a equação de estado REDLICH-KWONG-ASPEN. 2014. 63 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Química) – Instituto de Tecnologia – Faculdade de Engenharia

Química da Universidade Federal do Pará, Belém, 2014.

D'ÁVILA, W. P. S. A contribuição dos estudos de fluxos térmicos como ferramenta para prevenção da poluição atmosférica na circunvizinhança de plantas com armazenamento de combustíveis líquidos. *Meio Ambiente (Brasil)*, v.3, n.2. p. 056-074, 2021.

D'ÁVILA, W.P.S. Pluma de poluição gerada atmosférica gerada por incêndio em vegetação em Vila Velha, Espírito Santo. *Fotografia*. 2022.

D'ÁVILA, W.P.S.; PEIXOTO, E.A.F. Prevenção de acidentes ambientais: um levantamento dos cenários emergenciais gerados por vazamento de combustível líquido, com vistas à elaboração de planos de atendimento à emergência ambiental em rodovias. In: 18ª Mostra de Pós-Graduação, Santo Amaro, 2021. Anais.

D'ÁVILA, W. P. S.; CAMPOS, T. A. O. ; MATOS, L. F. Segurança de processos e prevenção de acidentes ambientais: uma introdução aos estudos de fluxos térmicos como ferramenta de gerenciamento de riscos. In: Adriano Mesquita Soares (Org.). *Engenharia de Produção: novas pesquisas e tendências*. 3 ed. São Paulo: AYA, 2022, p. 20-36.

DIAS, R. *Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade*. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2022.

DINIZ, F.L.B., OLIVEIRA, L.F.Z.; BARDY, M.B.; VIEIRA, N.V. Modelos de Avaliação de Consequência de Acidentes (vazamentos, incêndios, explosões, contaminação ambiental). Apostila do curso sobre estudo de análise de riscos e programa de gerenciamento de riscos - Módulo 5: Modelos de Avaliação de Consequência de Acidentes (vazamentos, incêndios, explosões, contaminação ambiental). Rio de Janeiro: DNV, 2007.

EL PERIÓDICO. Un incendio quema dos naves industriales en La Garriga. Ramon Ferrandis. 2022. *Fotografia*.

ELCACHO, J. Um rio em chamas, por causa do fraturamento? *LAVANGUARDIA*, 2016. *Fotografia*.

FERRARI JÚNIOR, B. *Curso de Formação de Brigadistas Profissionais: prevenção e combate a incêndio*. Vitória: Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Espírito Santo, 2016.

FLORES, B. C.; ORNELAS, É. A.; DIAS, L. E. *Fundamentos de Combate a Incêndio – Manual de Bombeiros*. Goiânia: Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás. 2016.

FREITAS, C. M.; PORTO, M.F.S.; MACHADO, J.M.H. (Orgs) *Acidentes industriais ampliados: desafios e perspectivas para o controle e a prevenção*. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2000.

FREITAS, C.M.; PORTE, M.F.S.; GOMEZ, C.M. *Acidentes químicos ampliados: um desafio para saúde pública*. *Revista Saúde Pública*, v.29, n.6. p. 503-514, 1995.

FUNDADENTRO – FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO. *Prevenção de Acidentes Industriais Maiores: contribuição da OIT para o Programa Internacional de Segurança Química do PNUMA, OIT e OMS (IPCS) – Um código de práticas da OIT*. São Paulo: Fundacentro, 2002.

GARO, J.P.; VANTELON, J.P.; FERNANDEZ-PELLO, A.C. Boilover burning of oil spilled on water. Twenty-Fifth Symposium (International) on Combustion. The Combustion Institute, 1994,

p.1481-1488.

GOMES, J. Poluição Atmosférica – Um Manual Universitário. 2.ed. Cidade do Porto: Pubindústria, 2010.

GUIMARÃES, C.S. Controle e monitoramento de poluentes atmosféricos. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Relatório de Acidentes Ambientais 2020. Brasília: IBAMA, 2021.

LOPES, C.F. Análise de consequências de acidentes tecnológicos à comunidades presentes no entorno de plantas industriais da Região do Porto De Santos – SP. 2018. 140 f. Monografia (MBA em Gestão e Tecnologias Ambientais) – Universidade de São Paulo – Escola Politécnica – Programa de Educação Continuada em Engenharia, São Paulo, 2018.

LOZOVEY, J.C.A. Saúde em contingência com produtos químicos: estudo de caso e modelo de gestão. São Paulo: Santos, 2010.

LUKETA-HANLIN, A. A review of large-scale LNG spills: Experiments and modeling. Journal of Hazardous Materials, p. 119-140, 2006

MANTECON, V.S. instalações elétricas em atmosferas explosivas. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2010.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA (BRASIL). Norma Regulamentadora Nº 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Brasília, 2019.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA (BRASIL). Norma Regulamentadora Nº 1 – Disposições gerais e gerenciamento de riscos ocupacionais. Brasília, 2020.

MORAES, G. Elementos do Sistema de Gestão de SMSQRS – Segurança, Meio ambiente, Saúde Ocupacional, Qualidade e Responsabilidade Social: teoria da vulnerabilidade. Rio de Janeiro: GVC, 2009.

NN. Placas submersas e industriais para identificação de equipamentos. 2020.

PANONNI, F.D.; V.O. SILVA. Engenharia de Segurança Contra Incêndio. In: SEITO, A.I. *et al.* (Coord.). A Segurança Contra Incêndio no Brasil. São Paulo: Projeto Editora, 2008, cap. 26, p. 411-427.

RAFFEL, S. Backdraft Training South Korea. 2018. Imagem.

ROSA, A.C.; LACASTA, A.M.; HAURIE, L.; HADDAD, A. Gerenciamento dos riscos durante o armazenamento de materiais agrícolas em silos. Revista Gestão e Gerenciamento, n.10. p. 9-17, 2018.

SANTOS, R.F. Planejamento ambiental: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

Seiffert, Maria Elizabete Bernardine. Sistemas de gestão ambiental (ISSO 14001) e saúde e segurança ocupacional (OSHAS 18001): vantagens da implantação integrada. São Paulo: Atlas, 2010.

SEITO, A.I. Fundamentos de fogo e incêndio. In: SEITO, A.I. *et al.* (Coord.). A Segurança Contra Incêndio no Brasil. São Paulo: Projeto Editora, 2008, cap. 4, p. 35-54.

SILVA, V.P.; PINTO, E.M.; PANONNI, F.D.; SILVA, A.A. Segurança das estruturas em situação de incêndio. In: SEITO, A.I. *et al.* (Coord.). A Segurança Contra Incêndio no Brasil. São Paulo: Projeto Editora, 2008, cap. 10, p. 135-167.

SOARES, P.R. O Efeito Dominó e as Emergências Industriais. LinkedIn. 2019. Fotografia

THOMAS, J.E. (Org). Fundamentos de Engenharia de Petróleo. Rio de Janeiro: Interciência: Petrobras, 2001.

VALLE, C.E., LAGE, H. Meio ambiente, acidentes, lições, soluções. São Paulo: Senac, 2004.

WORLD ENERGY TRADE. Crisis de almacenamiento de gas en Europa, ¿Qué soluciones se plantean? 2020.

YNOUE, R.Y.; REBOITA, M.S.; AMBRIZZI, T.; SILVA; A.M. Meteorologia: noções básicas. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

Zanatta. Importância dos produtos Ex na prevenção de explosões em unidades agrícolas. São Paulo: Revista Incêndio, 2020.

## **SOBRE O AUTOR**



## **Wilson Pimenta da Silva D'Ávila**

Mestre em Engenharia Ambiental, Engenheiro Ambiental, Geógrafo. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (Ifes). Ex-combatente do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Espírito Santo (CBMES), foi treinado para desenvolver ações de prevenção e combate a incêndios, com vistas a proteção da vida, do meio ambiente e do patrimônio. Atuou durante muitos anos como profissional dos Serviços Especializados em Engenharia de Segurança do Trabalho, tendo consolidado seus conhecimentos sobre prevenção de acidentes ampliados na indústria de petróleo e gás – Petrobras – onde recebeu importantes ensinamentos de uma forte equipe formada Técnicos e Engenheiros de Alta Competência, profissionais que lidam todos os dias com processos de elevada complexidade. Lecionou disciplinas nas áreas de Segurança Contra Incêndio e Pânico, Segurança em Processos Industriais, Fundamentos de Controle da Poluição, Gestão Ambiental, dentre outras. Atualmente, tem desenvolvido estudos ambientais voltados para a compreensão de eventos – naturais ou tecnológicos – capazes de impactar negativamente na segurança, saúde e bem-estar das populações e/ou provocar a degradação dos recursos naturais. Assim, os estudos de impacto ambiental, as análises de riscos, a prevenção da poluição e o monitoramento ambiental têm sido utilizados como instrumentos para fortalecer as ações e o conhecimento técnico-científico sobre gerenciamento e redução de riscos, gestão ambiental e planejamento territorial.

# ÍNDICE REMISSIVO

## A

acidente 14, 40, 49, 51, 58, 68, 72, 78  
acidentes 6, 8, 11, 15, 16, 17, 18, 35, 48, 50, 51, 52,  
57, 62, 63, 66, 68, 71, 83, 84, 85, 86  
ambientais 11, 14, 18, 28, 44, 48, 51, 62, 63, 66, 77,  
82, 83, 86  
ambiental 6, 8, 18, 19, 43, 48, 49, 51, 52, 62, 65, 66,  
69, 74, 77, 78, 79, 83, 84, 86  
ambientes 11, 22, 35, 44, 62  
atividades 11, 14, 18, 62, 63, 65, 73

## C

calor 21, 22, 26, 27, 30, 31, 35, 36, 38, 40, 41, 45  
causa 14, 40, 49, 58, 83  
combustão 22, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 41, 45, 48  
combustíveis 16, 22, 23, 24, 26, 28, 29, 32, 35, 36, 37,  
38, 39, 41, 45, 54, 55, 56, 63, 82, 83  
combustível 21, 22, 24, 27, 29, 30, 33, 35, 38, 54, 55,  
56, 83  
comerciais 11, 14

## D

desastres 8, 14, 25, 26, 54, 68, 82

## E

ecológico 15, 80  
emergências ambientais 11  
eventos 6, 11, 14, 15, 16, 18, 35, 38, 41, 44, 48, 51, 86  
explosões 8, 11, 14, 16, 35, 40, 41, 42, 44, 45, 58, 83,  
85

## F

fábricas 11, 15, 16, 17, 18, 19, 51, 66  
fenômenos 11, 65  
fogo 8, 20, 21, 22, 23, 26, 28, 30, 31, 32, 33, 35, 39,  
40, 41, 42, 45, 61, 85  
fumaça 27, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 62

## G

gás 22, 29, 31, 38, 39, 40, 42, 44, 45, 52, 82, 86  
gases 16, 23, 24, 26, 27, 28, 30, 35, 41, 42, 45  
Gestão 6, 8, 11, 12, 16, 71, 73, 76, 77, 79, 80, 81, 83,  
84, 86  
Gestão Ambiental 6, 11, 12, 16, 76, 80, 81, 86  
governos 11  
GR2D-T 6, 12, 81

gravidade 14, 35, 49

## I

incêndio 14, 16, 17, 21, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 36, 37, 38, 40, 44, 45, 47, 49, 54, 55, 56, 58, 62, 63, 64, 65, 72, 76, 82, 83, 85

incêndios 8, 11, 14, 16, 21, 25, 27, 29, 30, 31, 34, 35, 36, 40, 41, 44, 45, 46, 48, 49, 57, 58, 62, 64, 82, 83, 86

industriais 11, 14, 16, 17, 48, 56, 58, 63, 66, 83, 84

instalações 15, 16, 46, 58, 68, 71, 72, 73, 84

## M

manutenção 52, 71, 73, 74, 76, 77, 78, 79

mecanismos 11, 23, 26, 27, 41, 63, 72, 79, 82

meio ambiente 6, 11, 14, 15, 17, 18, 57, 61, 63, 65, 76, 81, 86

## N

natureza 14, 77, 82

## P

perdas 14

perigosas 14, 15

pessoas 6, 11, 15, 18, 33, 40, 44, 45, 49, 57, 61, 62, 63, 65, 68

petróleo 37, 39, 63, 86

poluição 51, 63, 65, 83, 86

prejuízos 14, 16, 21, 44

prevenção 6, 8, 11, 17, 25, 26, 35, 51, 52, 54, 57, 58, 61, 63, 68, 71, 83, 85, 86

processo 16, 21, 22, 27, 30, 45, 48, 52, 53, 54, 57, 58, 61, 62, 63, 65, 69, 71, 72, 74, 76, 77, 78, 79, 82

## Q

qualidade 15, 21, 63, 72, 73, 74, 78, 79

química 29, 30, 31, 48, 63

## R

responsabilidades 6, 8, 11, 16, 19, 67, 77

risco 14, 15, 17, 30, 37, 44, 52, 55, 58, 61, 62, 63, 64, 65, 68, 71, 72, 73, 76

## S

saúde 14, 17, 49, 62, 76, 83, 84, 86

segurança 14, 17, 19, 38, 40, 44, 49, 57, 61, 63, 71, 72, 73, 74, 76, 78, 79, 82, 84, 86

seres humanos 14, 15  
sociais 14, 17, 62, 66, 80

## T

tecnológica 14, 48, 82  
tecnológicos 8, 11, 14, 25, 26, 48, 84, 86  
trabalhador 17, 18  
trabalhadores 14, 15, 17, 62, 66, 71, 73, 74, 79



**AYA EDITORA**  
**2022**



9178655317909641